



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ (НС РАН)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР -  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН (МНИЦ - ГП)

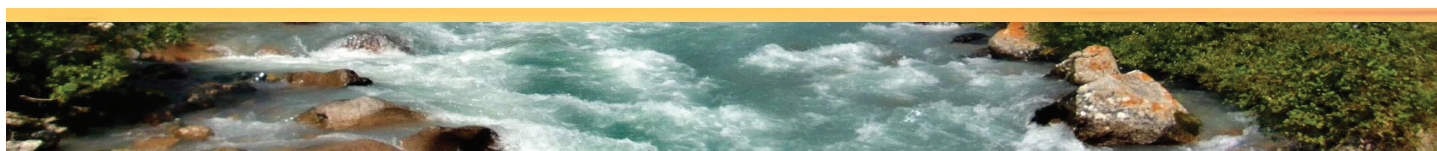
Х МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

18 - 20 апреля 2018 года  
г. Бишкек



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР –  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Сборник материалов  
X Международной конференции молодых ученых и студентов**

**18-20 апреля 2018 года  
г. Бишкек**

**УДК 001**  
**ББК 30.6**  
**С56**

Ответственные редакторы:

Забинякова О.Б., Матюков В.Е., Имашев С.А.

Редакционная коллегия:

Лашин О.А., Чешев М.Е., Лисимов М.О., Саламатина Ю.М., Непеина К.С.

**С56 Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов  
X Междунар. конф. молодых ученых и студентов.** – Бишкек: НС РАН, 2018. – 430 с.

**ISBN 978-9967-12-728-9**

В данный сборник включены материалы X Международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», которая была проведена Научной станцией РАН и Международным научно-исследовательским центром – геодинамическим полигоном в г. Бишкеке, Кыргызская Республика. В сборнике представлены работы молодых ученых и студентов из Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Таджикистана и России, охватывающие исследования в области мониторинга геосреды, физики и механики горных пород, оценки сейсмического и геологического риска, математического моделирования различных процессов и других научных направлений.

Сборник может быть полезен студентам, аспирантам и специалистам, занимающимся исследованиями в области наук о Земле, механики и прикладной математики.

Издание сборника материалов конференции и иной печатной продукции осуществлялось при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций (субсидия № 007-02-2018-653)

Утверждено к печати Ученым советом  
ФГБУН НС РАН в г. Бишкеке

**УДК 001**  
**ББК 30.6**

**С 2001000000-18**  
**ISBN 978-9967-12-728-9**

©ФГБУН Научная станция РАН в г. Бишкеке

©Международный научно-исследовательский  
центр - геодинамический полигон в г. Бишкеке

© Коллектив авторов, 2018

---

# **Геофизический мониторинг и геоинформационные системы**

---

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ КООРДИНАТ GPS И АСТРОФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

Амиров Н.Б.<sup>1</sup>, Смирнов Ан.Л.<sup>2</sup>, Смирнов Ал.Л.<sup>2</sup>  
nurkhanat@mail.ru

<sup>1</sup>ТОО «Институт сейсмологии», <sup>2</sup>ТОО Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией физики геодинамических и сейсмических процессов  
ТОО «Институт сейсмологии», академик НАН РК, проф. Курскеев А.К.*

**Аннотация.** Рассматривается связь между изменениями координат GPS мониторинга и астрофизическими параметрами, такими как: количество солнечных пятен и изменение продолжительности суток. В результате исследования выявлено существование влияния астрофизических факторов на изменение координат GPS мониторинга.

**Ключевые слова:** GPS, солнечная активность, продолжительность суток.

**Введение.** В целях изучения проблем современной геодинамики на территории Тянь-Шаня учеными КНР, США, РФ, КР и РК проводятся наблюдения за пространственно-временными изменениями координат пунктов GPS [1, 2]. Учитывая важность проблемы обеспечения сейсмической безопасности страны на территории Северного Тянь-Шаня создан мониторинг современных движений методом GPS-геодезии. На нем мониторинг проводится на 11-ти перманентных станциях в непрерывном режиме. Исходные данные GPS обработаны сотрудниками СОМЭ Ал. и Ан. Смирновыми по программе LGO (Лейка Гео Офис) швейцарской фирмы «Leica Geosystems». Для исследования GPS измерений и визуализации были применены простейшие арифметические и геометрические вычисления и построения графиков средствами компьютерных программ Microsoft Excel, Originlab, GoogleMaps.

**Методика.** Обработка исходных данных по изменению координат пунктов показала, что меридиональные (Lш), долготные (Lд) и высотные (H) составляющие на всех пунктах мониторинга изменяются синхронно. Коэффициенты корреляции между одноименными составляющими в единичных случаях не ниже порядка 0.8, а в большинстве случаев порядка 0.9 – 1.0. Для выявления вклада внутриземных процессов в наблюдаемые движения применяется так называемая «методика разностей». Для расчета движения поверхности пункт Курты принимается за точку отсчета, относительно которой рассчитываются изменения координат остальных пунктов в горизонтальном и вертикальном направлениях. На рисунке 1 показаны скорости изменения координат пунктов Кастек, Чилик и Саты относительно пункта Курты за период с января 2005 по сентябрь 2017 года. Верхний график рисунка показывает скорость изменения высотных составляющих относительно пункта Курты. На нем видно, что все три пункта «удаляются» по вертикали относительно пункта Курты. Нижний график рисунка показывает горизонтальные вектора скоростей движения, которые направлены на север и, как бы, приближаются к пункту Курты. Численные значения изменений показаны в таблице 1.

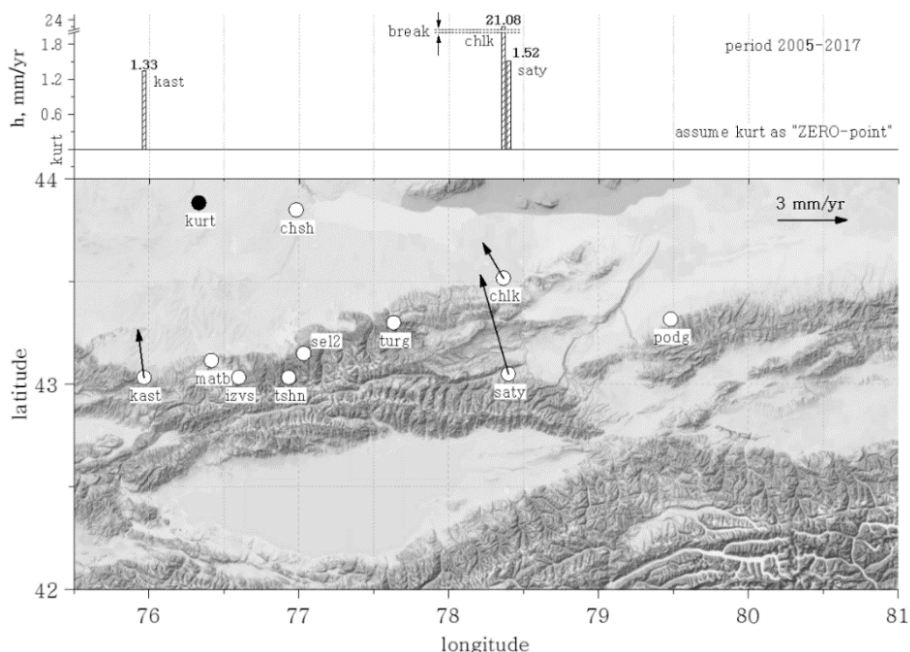


Рисунок 1 – Скорость изменения движения координат вертикальной и горизонтальной составляющих пунктов GPS наблюдений Кастек (kast), Чилик (chlk), Саты (saty) относительно пункта Курты (kurt) за период с января 2005 по сентябрь 2017

Таблица 1 – Данные о смещениях, скоростях смещений, направлениях векторов скоростей смещений, деформации и т.д. для пунктов Кастек, Чилик, Саты относительно пункта Курты за период 2005-2017 гг. (1 – пункты, 2 – расстояние между пунктами (см), 3 – смещение по широте (см), 4 – смещение по долготе (см), 5 – смещение по горизонтальному модулю (см), 6 – смещение по высоте (см), 7 – период наблюдения (лет), 8 – скорость смещения по горизонтальному модулю (мм/год), 9 – угол направления вектора горизонтального смещения (в градусах против часовой стрелки от оси абсцисс), 10 – скорость смещения по вертикали (мм/год), 11 – деформация ( $dLm/length$  или  $\{5\}/\{2\}$ ))

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2005-2017	length, cm	dLш, cm	dLд, cm	dLм, cm	dH, cm	period, yr	VdLм, mm/yr	angle, °grad	VH, mm/yr	Def, $\{3\}/\{2\}$
Кастек-Курты	9.9E+6	-2.64	0.33	<b>2.66</b>	<b>1.70</b>	12.7	2.1	97	1.33	26.9E-8
Чилик-Курты	17.0E+6	-1.93	-1.14	<b>2.24</b>	<b>26.80</b>	12.7	1.8	120	21.08	13.2E-8
Саты-Курты	19.2E+6	-4.95	-1.41	<b>5.15</b>	<b>1.75</b>	11.5	4.5	106	1.52	26.9E-8

Аналогичный график показан на рисунке 2, где также приведены скорости изменения значений координат всех пунктов GPS наблюдений, но уже за период с января 2009 года по сентябрь 2017 года. Здесь на верхней части рисунка скорости изменения относительно пункта Курты. Однако стоит заметить, что значения скоростей высотных составляющих пунктов Кастек, Тургеня и Саты незначительные (как отрицательные, так и положительные), пунктов Тянь-Шаня и Чушкалы отрицательные, остальных пунктов положительные. Горизонтальные вектора скоростей (нижняя часть рисунка) всех пунктов направлены «от» пункта Курты, как бы «убегают» от него, и подразделяются на две группы: пункты Кастек, Майтобе, Известковый и Тянь-Шань, которые имеют малые скорости, и пункты Чушкалы, Тургеня, Чилик, Саты и Подгорное, скорости которых выше скоростей первой группы, а векторы направлены на восток. Численные значения показаны в таблице 2. Что касается высоких значений скоростей высотной составляющей пункта Чилик равных 21 мм/год (рисунок 1) и 38 мм/год (рисунок 2), за 2005-2017 и 2009-2017 годы соответственно, то возможно это связано с аппаратным фактором (имеется промежуток времени с пропуском данных, после которого был ремонт оборудования).

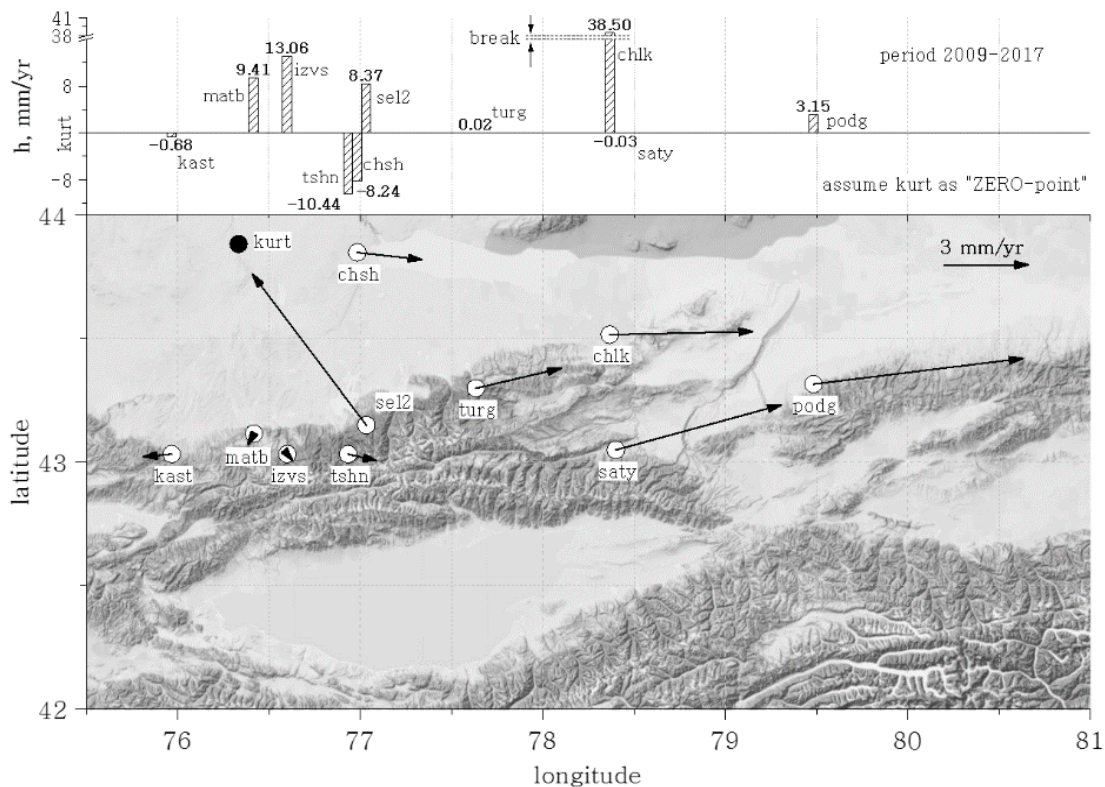


Рисунок 2 – Скорость изменения движения координат вертикальной и горизонтальной составляющих пунктов GPS наблюдений за период с января 2009 (кроме sel2 – с 2016) по сентябрь 2017

Таблица 2 – Данные о смещениях, скоростях смещений, направлениях векторов скоростей смещений, деформации и т.д. для пунктов GPS наблюдений относительно пункта Курты за период 2009-2017 гг. (1 – пункты, 2 – расстояние между пунктами (см), 3 – смещение по широте (см), 4 – смещение по долготе (см), 5 – смещение по горизонтальному модулю (см), 6 – смещение по высоте (см), 7 – период наблюдения (лет), 8 – скорость смещения по горизонтальному модулю (мм/год), 9 – угол направления вектора горизонтального смещения (в градусах против часовой стрелки от оси абсцисс), 10 – скорость смещения по вертикали (мм/год), 11 – деформация ( $dLm/length$  или  $\{5\}/\{2\}$ ))

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2009-2017	length, cm	dLш, cm	dLд, cm	dLм, cm	dH, cm	period, yr	VdLм, mm/yr	angle, °grad	VH, mm/yr	Def, $\{3\}/\{2\}$
Кастек-Курты	9.9E+6	0.08	0.89	<b>0.89</b>	<b>-0.60</b>	8.7	1.0	185	-0.68	9.0E-8
Чилик-Курты	17.0E+6	-0.10	4.38	<b>4.38</b>	<b>33.04</b>	8.6	5.1	1	38.50	25.8E-8
Саты-Курты	19.2E+6	-1.20	4.38	<b>4.54</b>	<b>-0.02</b>	7.4	6.1	15	-0.03	23.7E-8
Тургень-Курты	12.3E+6	-0.65	2.74	<b>2.81</b>	<b>0.02</b>	9.0	3.1	13	0.02	22.8E-8
Майтобе-Курты	8.5E+6	0.35	-0.20	<b>0.40</b>	<b>8.20</b>	8.7	0.5	240	9.41	4.7E-8
Известковый-Курты	9.8E+6	0.21	0.17	<b>0.27</b>	<b>11.34</b>	8.7	0.3	309	13.06	2.8E-8
Тянь-Шань-Курты	10.6E+6	0.21	0.89	<b>0.92</b>	<b>-9.10</b>	8.7	1.1	346	-10.44	8.6E-8
Чумкалы-Курты	5.4E+6	0.23	2.01	<b>2.02</b>	<b>-7.18</b>	8.7	2.3	354	-8.24	37.8E-8
Подгорное-Курты	26.2E+6	-0.81	6.51	<b>6.56</b>	<b>2.74</b>	8.7	7.5	7	3.15	25.0E-8

С 2009 года имеются данные об изменениях базисных линий, соединяющих пункты напрямую (прямые расстояния между пунктами). Всего 11 пунктов имеют 55 базисных линий. В качестве примера на рисунке 3 представлены скорости изменения базисных линий относительно пункта Курты, численные значения деформации показаны в таблице 3. На рисунке 3 видно, что длины базисных линий между пунктами Кастек-Курты, Майтобе-Курты, Известковый-Курты и Тянь-Шань-Курты сокращаются со скоростью около 1 мм/год, а длины базисных линий между пунктами Чумкалы-Курты, Тургень-Курты, Чилик-Курты, Саты-Курты и Подгорное-Курты удлиняется со скоростью от 0.3 до 2.4 мм/год. Смена знаков

деформации среды, определенной по изменениям базисных линий, происходит в районе ущелья Малая Алматинка. Величины деформации, определенные между «приближающимися» к пункту Курты, имеют отрицательные знаки, а величины деформации, определенные между «расходящимися» от пункта Курты, имеют положительные знаки. Абсолютные значения деформации как с положительными, так и отрицательными знаками, находятся на уровне  $10^{-8} - 10^{-9}$ .

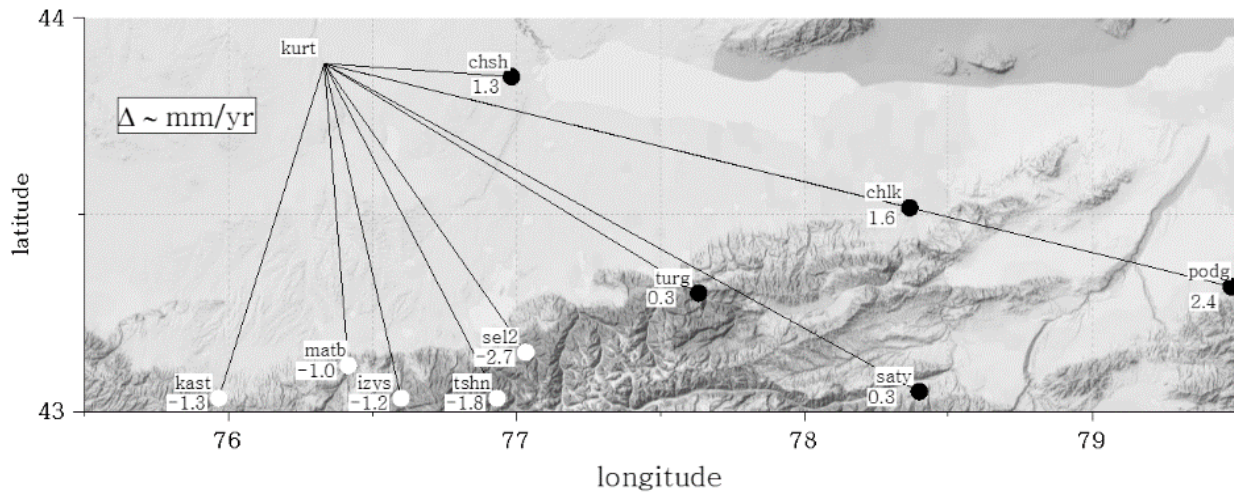


Рисунок 3 – Скорость изменения длины базисных линий пунктов GPS наблюдений относительно пункта Курты за период с января 2009 (кроме sel2 – с 2016) по сентябрь 2017 г.

Таблица 3 – Данные изменения базисных для пунктов GPS наблюдений относительно пункта Курты за период 2009-2017 гг. (1 – пункты, 2 – расстояние между пунктами (см), 3 – изменение длины базисных линий (см), 4 – период наблюдения (лет), 5 – скорость смещения по базисной линии (мм/год), 6 – деформация ( $dB/length$  или  $\{3\}/\{2\}$ ))

1	2	3	4	5	6
2009-2017	length, cm	dB, cm	period, yr	VdB, mm/yr	Def, $\{3\}/\{2\}$
Кастек-Курты	9.9E+6	<b>-1.16</b>	8.7	-1.33	-11.7E-8
Чилик-Курты	17.0E+6	<b>1.37</b>	8.6	1.60	8.1E-8
Саты-Курты	19.2E+6	<b>0.20</b>	7.4	0.27	1.0E-8
Тургень-Курты	12.3E+6	<b>0.24</b>	8.7	0.28	2.0E-8
Майтобе-Курты	8.5E+6	<b>-0.87</b>	8.7	-1.00	-10.2E-8
Известковый-Курты	9.8E+6	<b>-1.02</b>	8.7	-1.18	-10.5E-8
Тянь-Шань-Курты	10.6E+6	<b>-1.60</b>	8.7	-1.84	-15.0E-8
Чумкалы-Курты	5.4E+6	<b>1.16</b>	8.7	1.33	21.7E-8
Подгорное-Курты	26.2E+6	<b>2.11</b>	8.7	2.42	8.0E-8

Исследована корреляционная связь между изменениями разностей составляющих пунктов GPS с изменениями солнечной активности (количество солнечных пятен – число Вольфа) и продолжительности суток (таблица 4). Приведены коэффициенты корреляции между составляющими «современных движений пунктов и солнечной активности» и «современных движений пунктов и изменением продолжительности суток».



Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между изменениями абсолютных значений разностей составляющих пунктов GPS с количеством солнечных пятен (*ssn*) и изменением продолжительности суток (*lod*)

Разность составляющих пунктов GPS	Коэффициенты корреляции между солнечной активностью ( <i>ssn</i> ) и составляющими (Лш,Лд,Н)		Коэффициенты корреляции между изменением продолжительности суток (LOD) и составляющими (Лш,Лд,Н)	
	среднемесячны е	среднегодовы е	среднемесячны е	среднегодовы е
Кастек_Лш-Курты_Лш	0.3	0.6	0.0	0.4
Кастек_Лд-Курты_Лд	0.3	0.4	0.0	0.4
Кастек_Н-Курты_Н	0.1	0.1	0.2	0.3
Чилик_Лш-Курты_Лш	0.4	0.7	0.2	0.4
Чилик_Лд-Курты_Лд	0.2	0.3	0.1	0.2
Чилик_Н-Курты_Н	0.2	0.1	0.3	0.8
Саты_Лш-Курты_Лш	0.5	0.7	0.2	0.6
Саты_Лд-Курты_Лд	0.1	0.3	0.2	0.2
Саты_Н-Курты_Н	0.0	0.2	0.0	0.6
Тургень_Лш-Курты_Лш	0.4	0.8	0.4	0.1
Тургень_Лд-Курты_Лд	0.1	0.2	0.3	0.8
Тургень_Н-Курты_Н	0.6	0.7	0.2	0.0
Майтобе_Лш-Курты_Лш	0.5	0.7	0.4	0.5
Майтобе_Лд-Курты_Лд	0.1	0.6	0.3	0.2
Майтобе_Н-Курты_Н	0.2	0.4	0.2	0.5
Известковый_Лш-Курты_Лш	0.5	0.8	0.4	0.4
Известковый_Лд-Курты_Лд	0.0	0.2	0.4	0.6
Известковый_Н-Курты_Н	0.2	0.0	0.2	0.9
Тянь-Шань_Лш-Курты_Лш	0.5	0.7	0.3	0.5
Тянь-Шань_Лд-Курты_Лд	0.1	0.1	0.5	0.9
Тянь-Шань_Н-Курты_Н	0.2	0.1	0.1	0.5
Чушкалы_Лш-Курты_Лш	0.1	0.5	0.0	0.3
Чушкалы_Лд-Курты_Лд	0.1	0.1	0.5	1.0
Чушкалы_Н-Курты_Н	0.2	0.4	0.2	0.5
Подгорное_Лш-Курты_Лш	0.6	0.9	0.0	0.4
Подгорное_Лд-Курты_Лд	0.2	0.1	0.4	0.9
Подгорное_Н-Курты_Н	0.1	0.0	0.1	0.8

В таблице 4 видно, что изменения длины линий в меридиональном направлении чаще коррелируют с количеством солнечных пятен (особенно для среднегодовых данных), а в долготном и высотном направлении с изменением продолжительности суток. Также, рассчитаны коэффициенты корреляции между изменениями базисных линий GPS с

изменениями солнечных пятен (*ssn*) и продолжительности суток (*lod*) (таблица 5). Как видно из таблицы коэффициенты корреляции для среднемесячных данных невысоки, а для среднегодовых данных корреляции базисных линий с изменением продолжительности суток для всех пунктов по абсолютной величине достигают 0,8-0,9.

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции между изменениями базисных линий GPS измерений с количеством солнечных пятен (*ssn*) и с изменением продолжительности суток (*lod*)

2009-2017	среднемесяч ные		среднегодов ые	
	ssn	lod	ssn	lod
Базисные линии				
Кастек-Курты	-0.22	-0.15	-0.44	-0.88
Чилик-Курты	-0.30	0.25	-0.17	0.90
Саты-Курты	-0.32	0.09	-0.62	0.63
Тургень-Курты	-0.04	0.35	-0.15	0.82
Майтобе-Курты	-0.34	-0.35	-0.63	-0.81
Известковый- Курты	-0.35	-0.32	-0.74	-0.71
Тянь-Шань- Курты	-0.17	-0.23	-0.61	-0.73
Чушкалы-Курты	-0.01	0.31	0.29	0.94
Подгорное- Курты	-0.01	0.14	0.07	0.93

**Выводы.** Таким образом анализ данных о современных движениях пунктов GPS, наблюдаемых в 2005-2017 гг. на территории Северного-Тянь-Шаня, показал, что на изменения скоростей движения пунктов GPS наибольшие влияния оказывают астрофизические факторы.

### Литература

1. Зубович А., Бейсенбаев Р., Ван Сяочан, Джан Юнфен и др. О некоторых результатах анализа кинетики Тянь-Шаня и окружающих районов по данным GPS наблюдений // Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска. Алматы. 2005. С. 34-40.
2. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). М.: Научный мир. 2005. 400 с.
3. Курскеев А.К., Тихомиров А.В., Смирнов А.Л. О возможности использования методов космической геодезии в решении проблемы современной геодинамики // Геология Казахстана. 1998. № 4. С. 30-34.
4. Курскеев А.К. Современная геодинамика Тянь-Шаня по данным космической геодезии // Известия НАН РК. Серия геология и технические науки. 2012. № 3. С. 8-17.

## ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ СУУСАМЫРСКОГО РЕГИОНА МЕТОДОМ ТРЕНЧИНГА

Байкулов С.К.

Sultan\_baikulov@mail.ru

Институт сейсмологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

директор института сейсмологии НАН КР,  
д.г.-м.н., проф. Абдрахматов К.Е.

### **Аннотация.**

В статье изложен материал и новые данные о повторяемости сильных землетрясений в эпицентральной зоне Суусамырского землетрясения 1992 г с  $M = 7,3$ . Рассмотрены оценки сейсмической опасности исследуемой территории в различные временные периоды.

**Ключевые слова:** сеймотектоника, Суусамыр, землетрясения, сейсмичность, разлом, разрыв, эрозия.

Под активными разломами понимаются нарушения с признаками тектонических перемещений в позднем плейстоцене и голоцене, т.е. в течение последних 100 тыс. лет [1]. Выявление и изучение зон активных разломов помогает решить проблемы современной геодинамики, является важнейшим элементом проведения сейсмического районирования и оценки сейсмической опасности. С активностью разломов связаны сильные землетрясения и другие стихийные бедствия – обвалы, оползни, сели, сходы лавин и т. п. Такие разломы могут иметь протяженность от менее метра до тысячи километров и более с соответствующей шириной. Глубины больших разломов ограничены мощностью земной коры и литосферы, в каком регионе они находятся.

По оценкам исследователей в Суусамырской впадине имеется ряд активных разломов, которые достигают длины с 3 до 15 км (рис. 1).

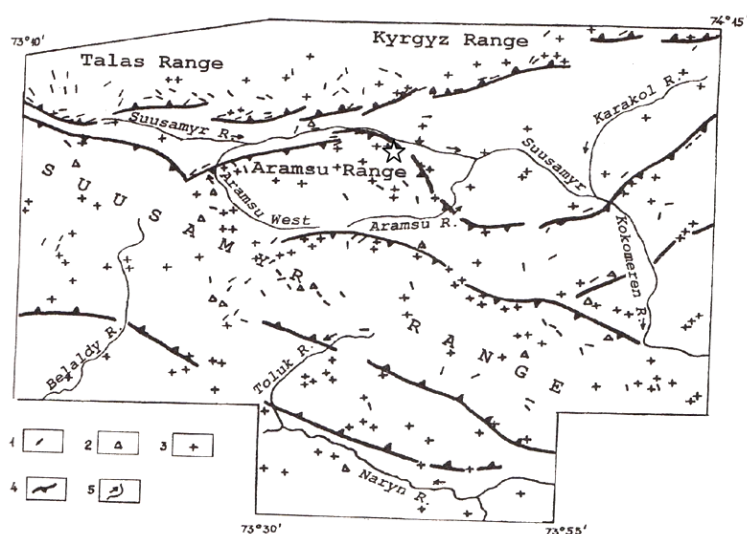


Рисунок 1 – Карта палеосейсмодислокаций Суусамырской впадины и её горного обрамления [2,3]. Условные обозначения: 1 – сейсморвы, 2 – структуры типа «битой тарелки», 3 – обвалы и оползни, 4 – зоны неотектонических краевых разломов, 5 - главные реки; «звездочкой» обозначен эпицентр Суусамырского землетрясения

За последние девяносто лет на территории Суусамырской впадины и её горного обрамления произошло множество землетрясений, которые часто сопровождались вторичными явлениями, как образования рвов и запрудных озёр, оползни, обвалы, камнепады (рис. 2). Одним из наиболее крупных сейсмособытий в данном регионе стало Суусамырское землетрясение, произошедшее 19 августа 1992 г. ( $M = 7,3$ ;  $K = 16-17$ ;  $I_0 = 9-10$ ). Эпицентр его приурочен к узлу пересечения Восточно-Арамсуйского разлома северо-западного простирания и предполагаемого под рыхлыми отложениями разлома (линеамента) субширотного простирания (рис. 1) [2]. В результате этой катастрофы погибли люди, в сёлах пришли в негодность дома из кирпича-самана и сырца. Вдоль автотрассы Бишкек-Ош, начиная со 162 км, со склонов поднятия Чет-Курумды сошло несколько крупных оползней и образовался грабенообразный провал шириной до 30 м и протяженностью до 200 м. В горах произошли массовые камнепады, обвалы, взрывообразные выбросы пород, фонтанирование воды, окрашенной в белый цвет. Сотрясения от Суусамырского землетрясения охватили огромную территорию, включающую всю площадь Кыргызстана и прилегающие районы Узбекистана, Таджикистана и Казахстана.

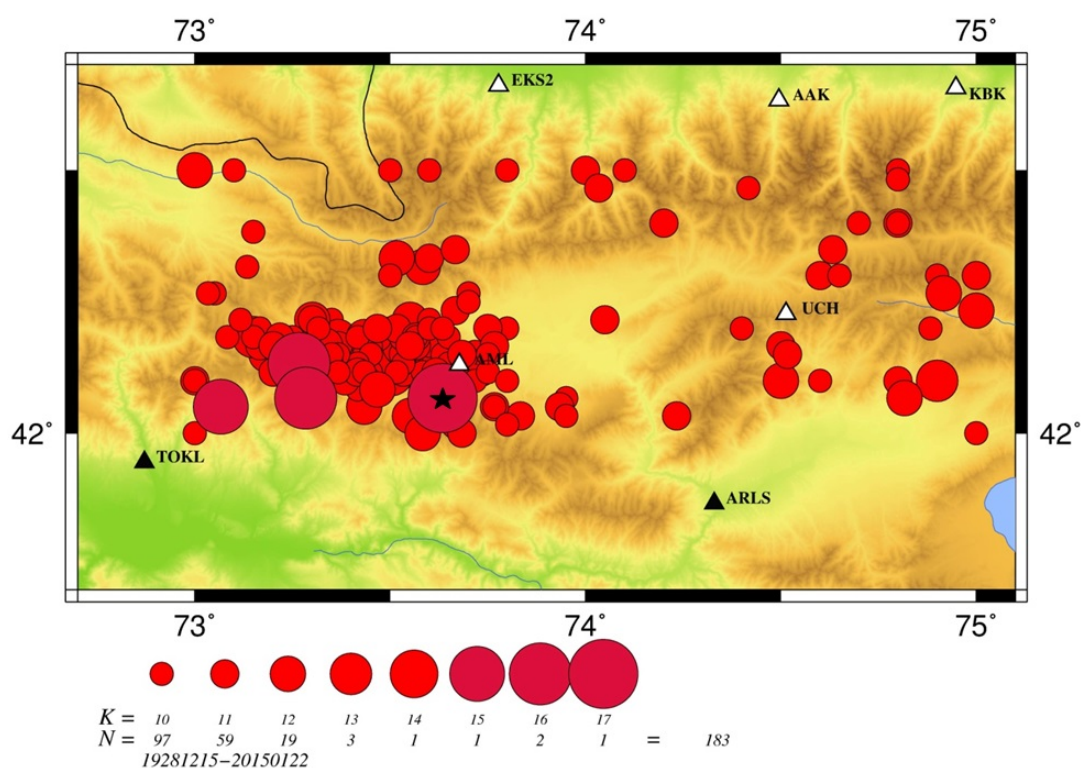


Рисунок 2 – Карта расположения эпицентров землетрясений, произошедших в Суусамырском регионе с 1928 г. по 2015 г. (составила Молдобекова С.). Черной «звездочкой» обозначен эпицентр Суусамырского землетрясения

Важность активных разломов, как источника сейсмологической информации, обусловлена тем, что для оценки максимальных магнитуд необходимо знать сейсмическую историю региона за длительный срок, в течении которого происходили землетрясения больших магнитуд и проявилась их повторяемость. С этой целью в последние года стали применять метод тренчинга – проходка канав поперёк зоны активного разлома. Такие исследования были проведенные нами в Суусамырской впадине в составе международной группы ученых [4]. В пределах активного разрыва «Чет-Курумду», который протягивается вдоль небольшой антиклинали - Чет-Курумду (предгорья южного склона Кыргызского хребта), в неогеновых отложениях была прокопана траншея длиной 6 м и глубиной 2 метра с отбором проб на абсолютный возраст – на радиоуглеродный метод. К указанному разрыву приурочено широтное колено реки Чет-Курумду, которая огибает западную периклиналь

одноименной антиклинали. При этом река течет в направлении обратном общему наклону Суусамырской долины (рис.3).



Рисунок 3 – Рисунок, объясняющий перераспределение смещений по главному разлому на глубине между несколькими вторичными плоскостями, достигающими поверхности, и положение разрывов, указанных в тексте [5]

При обследовании траншеи были выявлены доказательства, по меньшей мере, двух палеоземлетрясений (рис. 4). Более раннее землетрясение заблокировало русло реки Чет-Корумду, эрозионная способность которой оказалась не достаточной, чтобы пропилить возникшее препятствие. Более позднее событие привело к деформации слоистых мелкоземистых отложений. Возраст стратиграфически самых низких из этих отложений около 5500 лет. Возраст недеформированных перекрывающих отложений около 3.2 тыс. лет назад. Таким образом, мы имеем доказательства о двух землетрясениях, которые привели к образованию разрывов на поверхности, в течение немногим более 6000 тысяч лет, которые произошли до возникновения Суусамырского землетрясения в 1992 году. Наши данные показывают, что интервал повторяемости сильных землетрясений здесь меньше чем 2 тыс. лет. Это гораздо меньше, чем предполагалось предшествующими исследованиями [5].

Весьма интересным фактом является то, что поверхностный разрыв Суусамырского землетрясения 1992 года (восточный сегмент) образовался всего в 3 км южнее активного разлома, ограничивающего антиклиналь Чет-Корумду. По всей видимости, оба этих разрыва являются ответвлениями одного и того же новейшего разрыва, ограничивающего мегантиклиналь Арамсу с севера, так как оба обладают сходной vergentностью (рис.4) и очень сближены в пространстве. Однако, при Суусамырском землетрясении никаких признаков обновления или реактивизации рассмотренного выше разрыва, который был весьма активен в недалеком прошлом, не произошло.

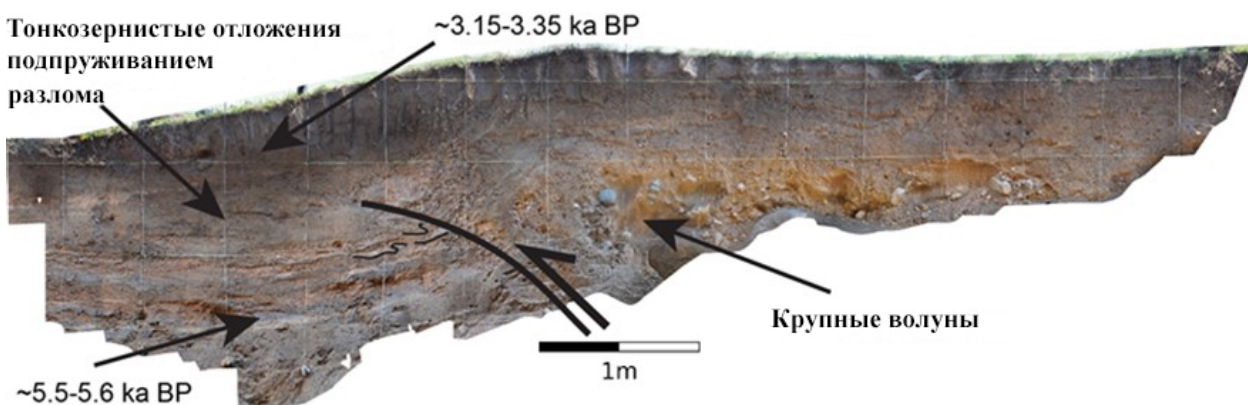


Рисунок 4 – Фотография траншеи. Черная линия – положение разлома, обнажающегося в восточной стенке траншеи. Цифры означают возраст отложений [4]

Таким образом, разрядка напряжений, которая имела место при Суусамырском землетрясении 1992 года, произошла в довольно узкой зоне и обладала определенной избирательностью. Механизм перераспределения смещений, когда реактивируются разрывы, не обладающие свидетельствами повышенной активности, но расположены пространственно ближе к основному разлому, и при этом, не затронуты разрывы, еще в недавнем прошлом сгенерировавшие сильные землетрясения, еще не ясен. Возможно, это связано с тем, что разрыв «Чет-Корумду» занимает промежуточное (срединное) положение между поверхностными разрывами Суусамырского землетрясения.

### Литература

1. Трифонов В.Г. Особенности развития активных разломов // Геотектоника. 1985. № 2. С. 16-26.
2. Корженков А.М. Сейсмология Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов). Бишкек: Илим. 2006. 289 с.
3. Чаримов Т.А. Каталог сейсмодислокаций Кыргызстана // Геолого-геофизические исследования Института сейсмологии НАН КР. Бишкек: АСКО. 2006. С. 137-171.
4. Grützner C., Walker R., Elliott A., Anlscoe E., Abdrakhmatov K.E. Paleoseismological challenges in Central Asia. 7h International INQUA meeting, Crestone, Colorado, 2016, p. 67-70.
5. Чедия О.К., Михель Г., Михайлев В. О скоростях голоценовых тектонических движений и попытке определения продолжительности сейсмического затишья в Срединном Тянь-Шане // Эхо науки. Известия НАН КР. 1997. № 1. С. 13-17.
6. Корженков А.М., Бауман Д., Мамыров Э. и др. Об отклонениях дренажной сети, обусловленной современной тектоникой в Суусамырской впадине, Северный Тянь-Шань // Русское Географическое общество. 2003. Т. 135. Вып. 2. С. 49-61
7. Карта сейсмического районирования Киргизии (масштаб 1:2 500 000). Фрунзе: Илим. 1979. 23 с.
8. Юдахин Ф.Н., Джанузаков К.Д., Ильясов Б. и др. Суусамырское землетрясение 19 августа 1992 г. Бишкек: Фонды ИС НАН КР. 1992. (Отчет).

## БИБЛИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИКЕ С 1996 ПО 2016 ГГ.

Гуреев В.Н.<sup>1,2</sup>  
GureyevVN@ipgg.sbras.ru

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Россия,

<sup>2</sup> Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

### **Научный руководитель:**

*заведующий информационно-аналитическим центром Института  
нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
к.т.н. Мазов Н.А.*

**Аннотация.** В докладе обсуждаются результаты библиометрического анализа публикаций в области скважинной геофизики за последние 20 лет с целью выявления современных тенденций в развитии данного направления. Научная активность в области скважинной геофизики имеет волнообразный характер. Вместе с тем число публикаций неуклонно растет, начиная с 2005 г. Определен список стран с наибольшим числом исследований и показаны сети научных коллабораций между странами. Анализ цитирования позволил определить страны, проводящие наиболее качественные исследования по скважинной геофизике. Выявлены наиболее востребованные среди специалистов по анализируемой тематике журналы и составлен список наиболее продуктивных авторов.

**Ключевые слова:** скважинная геофизика, геоэлектрика, электромагнитный каротаж, библиометрический анализ, анализ цитирования, научные коллаборации, публикационная активность

Библиометрические подходы для сопровождения научных исследований и проектов позволяют выявлять точки научного роста и перспективные направления [1], определять место и потенциал научных коллективов, проводить информационный поиск нестандартных и нетрадиционных приложений методов геофизики в науке и инновациях. Результаты анализа могут использоваться при моделировании информационной поддержки научных исследований в области геофизики: так, в работах [2, 3] анализ цитирования журналов применялся к выявлению информационных требований ученых и оптимизации информационного сопровождения научных исследований в организациях геологического профиля.

В докладе представлены результаты анализа международного потока публикаций в области скважинной геофизики. Исследования публикаций по геофизике вызывают особый интерес в связи с тем, что данная область среди прочих направлений наук о Земле всегда являлась наиболее динамично развивающейся [4]. Скважинная геофизика – значимая часть геофизических исследований, поскольку непосредственно влияет не только на результаты геологоразведки и подсчет запасов, но и на выбор оптимальных технологий эксплуатации и разработки месторождений.

Для проведения наукометрического анализа использовалась международная база данных (БД) Scopus. Запросы по ключевым словам проводились в режиме простого поиска по полю «Заглавие статьи». Рассматриваемый временной период охватил публикации за последний 21 год: с 1996 по 2016 г. Для всех ключевых слов использовалось тематическое ограничение по наукам о Земле (Earth and Planetary Sciences).

**Публикации в области скважинной геофизики.** Усложнение структуры геофизических исследований, расширение сфер применения геофизических методов, появление новых субдисциплин влекут за собой появление массивов новой информации, публикаций, статистических данных. Последние десятилетия демонстрируют быстрое увеличение объемов информации в сфере геофизики. На рис. 1 показан рост числа публикаций в области скважинной геофизики за последний 21 год.

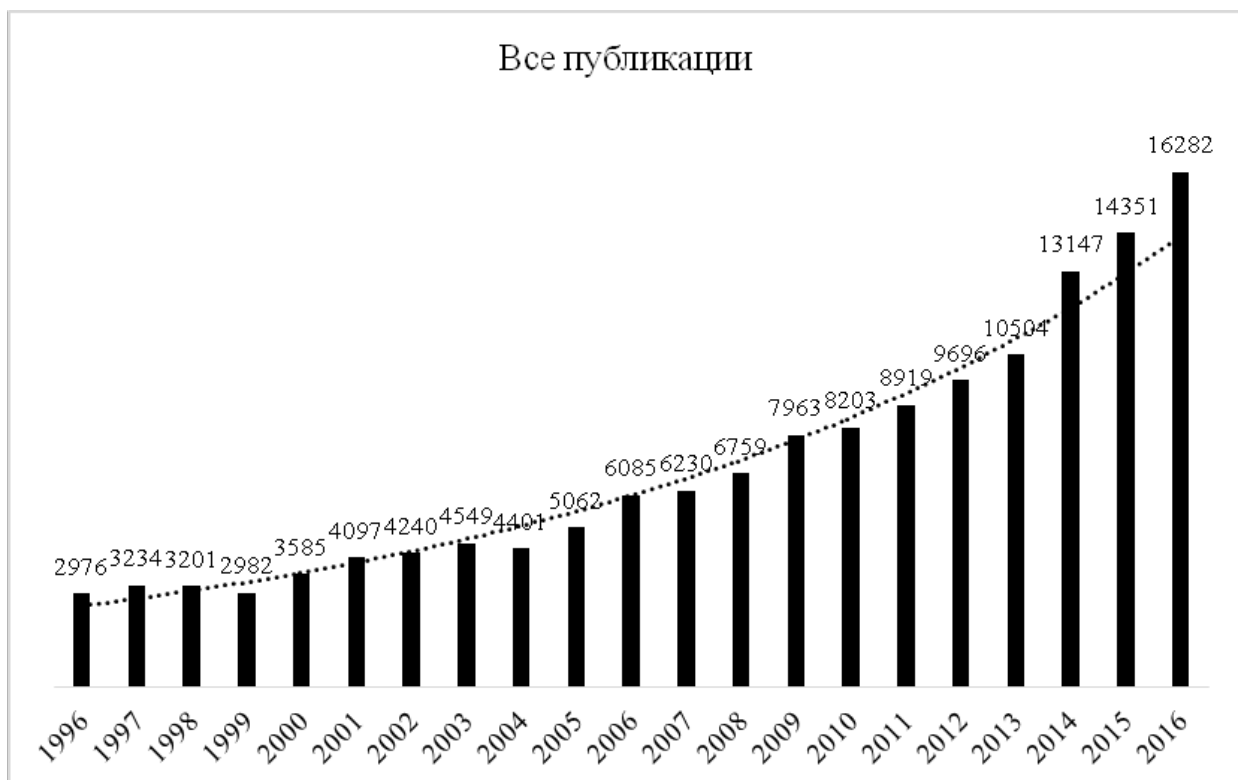


Рисунок 1 – Распределение числа публикаций по скважинной геофизике по годам

Данные на рис. 1 демонстрируют наиболее интенсивный рост числа публикаций по скважинной геофизике начиная с 2005 г., и особенно быстрый рост в последние три года. За 21-летний период публикационная активность организаций увеличилась в 5,5 раз: с 2976 публикаций в 1996 г. до 16282 в 2016 г. Примечательно, что пики публикационной активности проходят волнообразно с интервалами в 4–6 лет и приходятся на 2000-й, 2005-й, 2009-й и 2014-й годы. Отметим, что ученые и прежде отмечали волнообразность публикационной активности в литературе по наукам о Земле [5]. Начиная с 2005 г. в публикационной активности по скважинной геофизике перестала наблюдаться отрицательная динамика – ежегодно число публикаций только увеличивается. На пиковые годы приходится рост числа публикаций от 15 % (2005-й г.) до 25 % (2014-й г.).



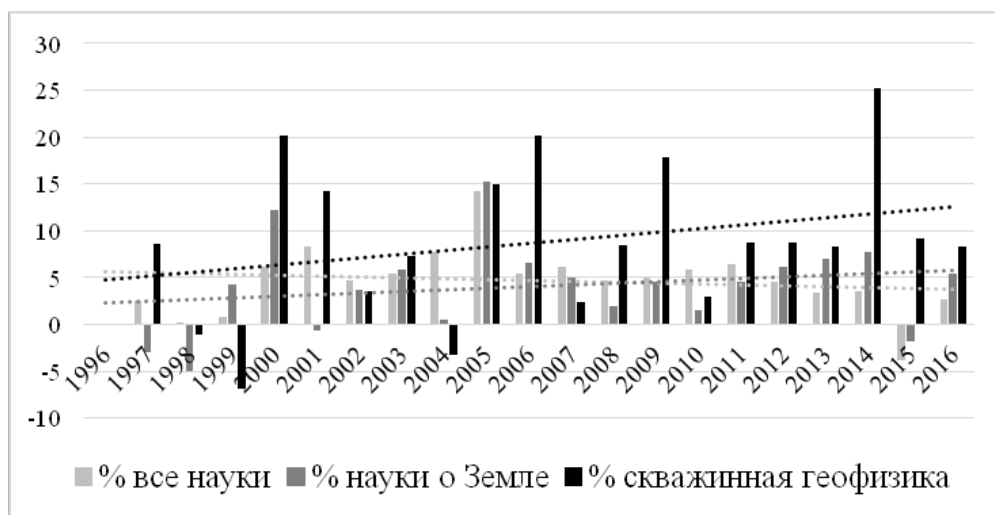


Рисунок 2 – Темпы роста числа публикаций по всем наукам, по наукам о Земле и по направлению скважинной геофизики

Продемонстрированная интенсивность публикационной активности в целом согласуется с полученными нами прежде результатами, показывающими наиболее быстрое развитие геофизики среди прочих направлений по наукам о Земле [6, 7]. На рис. 2 показаны темпы роста числа публикаций по всем наукам, по наукам о Земле и по направлению скважинной геофизики.

Как видно из рис. 2, темпы роста числа публикаций в области скважинной геофизики в большинстве случаев превышают усредненные показатели темпов роста публикаций по наукам о Земле в целом, а также общемировые темпы роста числа публикаций, что указывает на высокую значимость и обращаемость данного направления.

**Типы публикаций.** За исследуемый 21-летний период в области скважинной геофизики мировым научным сообществом было опубликовано 114062 научных статьи в журналах (77,87 %), 26043 публикации в материалах конференций (17,78 %), 3797 обзорных статей (2,59 %), 2047 монографий и глав в монографиях (1,39 %). На долю писем, редакционных колонок, рекламных статей и кратких сообщений приходится 585 публикаций (0,39 %). Ретроспективный анализ публикационной активности по 5-летним периодам показывает смещение научной коммуникации по скважинной геофизике с письменного уровня научных статей на вербальный уровень докладов на конференциях. Так, за анализируемый период число статей в журналах снизилось на 10 %, тогда как доля материалов конференций выросла на 6 %. Значимый рост демонстрирует научный жанр монографии, показавший рост с 0,13 % в первые 5 лет до 1,82 % в последние пять лет. Число обзоров и прочих видов публикаций меняется незначительно (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение доли различных типов публикаций в 5-летние периоды

Тип публикации	Число публикаций и доля в процентах			
	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015
▼ статьи	13747 (86,03 %)	17917 (80,16 %)	26833 (76,15 %)	44161 (77,90 %)
▲ материалы конференций	1795 (11,23 %)	3331 (14,90 %)	6776 (19,22 %)	9890 (17,44 %)
– обзоры	388 (2,42 %)	830 (4,16 %)	782 (2,21 %)	1401 (2,47 %)
▲ монографии и главы в монографиях	21 (0,13 %)	158 (0,70 %)	661 (1,87 %)	1036 (1,82 %)
– прочее	27 (0,16 %)	113 (0,50 %)	185 (0,52 %)	200 (0,35 %)
<b>Итого:</b>	<b>15978 (100 %)</b>	<b>22349 (100 %)</b>	<b>35237 (100 %)</b>	<b>56688 (100 %)</b>

**Языки и страны публикаций.** Результаты исследований по скважинной геофизике за последний 21 год опубликованы на 27 языках. При этом более 90 % публикаций написаны на английском языке, а на все остальные приходится менее 10 %. В верхний список вошли следующие языки:

- английский: 133194 (90,93 %);
- китайский: 11137 (7,60 %);
- русский: 820 (0,56 %);
- испанский: 470 (0,32 %);
- французский: 349 (0,24 %);
- немецкий: 283 (0,19 %);
- португальский: 273 (0,18 %);
- польский: 183 (0,12 %);
- венгерский: 89 (0,06 %);
- японский: 79 (0,05 %).

Распределение публикаций по странам представлено в табл. 2.

Таблица 2 – Распределение публикаций по скважинной геофизике по странам

Страны-лидеры по числу публикаций	Число публикаций и доля в процентах от общего числа публикаций				
	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015	1996–2016
1. ▼ США	6144 (38,45 %)	8358 (37,39 %)	11688 (33,16 %)	16099 (28,39 %)	46347 (31,64 %)
2. ▲ Китай	533 (3,33 %)	1803 (8,06 %)	5380 (15,26 %)	13423 (23,67 %)	26539 (18,12 %)
3. ▼ Великобритания	1492 (9,33 %)	2012 (9,00 %)	3229 (9,16 %)	4622 (8,15 %)	12497 (8,53 %)
4. ▲ Германия	1144 (7,15 %)	1777 (7,95 %)	2991 (8,48 %)	4642 (8,18 %)	11741 (8,02 %)
5. ▲ Франция	1071 (6,70 %)	1638 (7,32 %)	2717 (7,71 %)	4122 (7,27 %)	10604 (7,10 %)
6. ▼ Канада	1043 (6,52 %)	1394 (6,23 %)	2035 (5,77 %)	3128 (5,51 %)	8415 (5,75 %)
7. ▲ Италия	636 (3,98 %)	1231 (5,50 %)	2077 (5,89 %)	3504 (6,18 %)	8344 (5,69 %)
8. ▼ Япония	957 (5,98 %)	1508 (6,74 %)	2028 (5,75 %)	2675 (4,71 %)	7770 (5,30 %)
9. ▼ Россия	1024 (6,40 %)	1213 (5,42 %)	1744 (4,94 %)	2485 (4,38 %)	7175 (4,89 %)
10. ▲ Австралия	543 (3,39 %)	808 (3,61%)	1336 (3,79 %)	2229 (3,93 %)	5616 (3,83 %)
<b>Все страны:</b>	15978 (100 %)	22349 (100 %)	35237 (100 %)	56688 (100 %)	146466 (100 %)

На долю первых 10 стран – лидеров по числу публикаций – приходится 78,39 %. Примечательно, что во все четыре анализируемых периода список стран, наиболее активно занимающихся скважинной геофизикой, ни разу не изменил своего состава. В то же время ранговые места различных стран с течением времени изменялись. Так, существенный рост числа публикаций по скважинной геофизике произошел в Китае, что позволило этой стране подняться с 9-го на 2-е место по научной продуктивности и практически сравняться с лидером по числу публикаций – США. Доля публикаций из США, Канады и Великобритании сокращается. Незначительный рост числа публикаций наблюдается в Германии, Франции, Италии и Австралии. Число публикаций из России имеет неуклонную тенденцию к сокращению, причем это касается только публикаций по скважинной геофизике. Как мы показывали в предыдущем исследовании [6], доля российских публикаций по геонаукам в целом выше, а по отдельным направлениям, например, палеонтологии или минералогии, доля публикаций составляет 7,28 и 8,88 % соответственно.

**Отражение публикаций в научных журналах.** За анализируемый период в десяти журналах из верхнего списка было опубликовано 28127 научных работ из 115653 журнальных публикаций, что составляет 26,76 % и подтверждает закон распределения Бредфорда [8]. Среди первых 10-ти журналов по количеству публикаций по скважинной геофизике находятся следующие:

- Journal of Geophysical Research (все серии) – 7468 (6,46 %);
- IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing – 3529 (3,05 %);
- Astrophysical Journal – 3501 (3,02 %);
- Astronomy and Astrophysics – 3246 (2,81 %);
- Geophysical Research Letters – 2771 (2,39 %);
- Geophysics – 2284 (1,97 %);
- Geophysical Journal International – 2111 (1,83 %);
- Monthly Notices of the Royal Astronomical Society – 2081 (1,79 %);
- Radio Science – 1543 (1,33 %);
- IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing – 1461 (1,26 %).

Список журналов из верхних позиций списка практически не меняется с течением времени. Во многом данный список также коррелирует со списком журналов по геофизике, рекомендованных к библиотечной подписке в работе 1991 г., что также подтверждает устойчивость популярных журналов по данному направлению [2]. Среди российских журналов наиболее востребованными являются следующие:

- «Физика Земли» – 37-е место, 554 статьи;
- «Геомагнетизм и аэрономия» – 50-е место, 456 статей;
- «Геология и геофизика» – 176-е место, 176 статей.

**Международное сотрудничество.** В первую десятку стран по наибольшему числу публикаций, написанных в сотрудничестве с другими странами, входят США и Канада, несколько западноевропейских стран, Австралия, Япония, Китай и Россия. Распределение стран по числу совместных публикаций с каждой из девяти остальных стран-лидеров показано в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение публикаций первых десяти стран, написанных в сотрудничестве с каждой из девяти других стран-лидеров. В скобках указана доля от общего числа публикаций соответствующей страны

Страны-лидеры по числу публикаций	Число публикаций, написанных совместно с девятью остальными странами-лидерами				Общее число стран-сотрудников
	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015	
1. ▲ США	1248 (20,31 %)	2157 (25,80 %)	3696 (31,62 %)	5953 (36,97 %)	160
2. ▼ Китай	108 (20,26 %)	307 (17,02 %)	818 (15,20 %)	2374 (17,68 %)	100
3. ▲ Великобритания	506 (33,91 %)	966 (48,01 %)	1735 (53,73 %)	2752 (59,54 %)	153
4. ▲ Германия	508 (44,40 %)	866 (48,73 %)	1568 (52,42 %)	2536 (54,63 %)	141
5. ▲ Франция	427 (39,86 %)	841 (51,34 %)	1496 (55,06 %)	2369 (57,47 %)	147
6. ▲ Канада	366 (35,09 %)	642 (46,05 %)	984 (48,35 %)	1665 (53,22 %)	126
7. ▲ Италия	200 (31,44 %)	458 (37,20 %)	917 (44,15 %)	1526 (43,55 %)	122
8. ▲ Япония	290 (30,30 %)	549 (36,40 %)	872 (42,99 %)	1194 (44,63 %)	109
9. ▼ Россия	285 (27,83 %)	468 (38,58 %)	624 (35,77 %)	784 (31,54 %)	101
10. ▲ Австралия	192 (35,35 %)	332 (41,08 %)	630 (47,15 %)	1183 (53,97 %)	127

Данные табл. 3 демонстрируют существенный рост коллаборации в странах Западной Европы, США, Канаде, Австралии и Японии. В Китае и России заметны небольшие колебания при общем сохранении незначительной доли сотрудничества, выраженного как небольшим числом публикаций, написанных совместно с другими странами, так и наименьшим числом стран-сотрудников. Наиболее низкий уровень сотрудничества (17 %) показывает Китай, что говорит о замкнутости разработок по скважинной геофизике в этой стране. Россия и США имеют приблизительно одинаковый уровень международного сотрудничества в 30 %, однако

тенденции их развития различны: США демонстрируют рост, тогда как в России уровень на протяжении анализируемого периода практически не изменялся.

**Распределение цитирований по странам.** В табл. 4 показано распределение цитирований публикаций по скважинной геофизике по странам. Таблица 5 демонстрирует среднее число цитирований одной публикации, а также долю нецитируемых работ в соответствующих странах.

Таблица 4 – Распределение цитирований по странам. В скобках указана доля цитирований, приходящихся на публикации каждой из стран от общего числа цитирований по всем странам

Страны-лидеры по числу публикаций	Число цитирований публикаций				
	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2014	1996–2014
1. ▼ США	23250 (54,03 %)	41658 (52,81 %)	76049 (50,48 %)	100023 (47,78%)	240980 (50,00 %)
2. ▲ Китай	521 (1,21 %)	2139 (2,71 %)	9464 (6,28 %)	31495 (15,05 %)	43619 (9,05 %)
3. ▲ Великобритания	5369 (12,48 %)	11564 (14,66 %)	27440 (18,21 %)	39342 (18,79 %)	83715 (17,37 %)
4. ▲ Германия	4671 (10,85 %)	10768 (13,65 %)	22057 (14,64 %)	35408 (16,91 %)	72904 (15,13 %)
5. ▲ Франция	4090 (9,50 %)	9294 (11,78 %)	21408 (14,21 %)	30283 (14,47 %)	65075 (13,50 %)
6. ▲ Канада	3143 (7,30 %)	6211 (7,87 %)	15288 (10,15 %)	27697 (13,23 %)	52339 (10,86 %)
7. ▲ Италия	2056 (4,78 %)	6244 (7,92 %)	16217 (10,76 %)	23617 (11,28 %)	48134 (9,99 %)
8. ▲ Япония	2467 (5,73 %)	5358 (6,79 %)	14071 (9,34 %)	16074 (7,68 %)	37970 (7,88 %)
9. ▲ Россия	1621 (3,77 %)	3286 (4,17 %)	5090 (3,38 %)	9148 (4,37 %)	19145 (3,97 %)
10. ▲ Австралия	1820 (4,23 %)	3527 (4,47 %)	9107 (6,05 %)	14556 (6,95 %)	29010 (6,02 %)
<b>Все страны</b>	<b>43035</b>	<b>78888</b>	<b>150651</b>	<b>209338</b>	<b>481912</b>

Таблица 5 – Среднее число цитирований одной публикации в лидирующих странах и доля нецитируемых работ

Страны-лидеры по числу публикаций	Число цитирований в расчете на одну публикацию					Нецитируемые работы
	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2014	1996–2014	
1. США	3,78	4,98	6,51	8,01	6,23	6332 (16,37 %)
2. Китай	0,98	1,19	1,76	3,30	2,53	4584 (26,56 %)
3. Великобритания	3,60	5,75	8,50	10,98	8,12	1109 (10,75 %)
4. Германия	4,08	6,06	7,37	9,99	7,71	1018 (10,77 %)
5. Франция	3,82	5,67	7,88	9,62	7,59	754 (8,79 %)
6. Канада	3,01	4,46	7,51	11,41	7,59	956 (13,86 %)
7. Италия	3,23	5,07	7,81	9,39	7,45	697 (10,79 %)
8. Япония	2,58	3,55	6,94	7,67	5,76	916 (13,90 %)
9. Россия	1,58	2,71	2,92	4,86	3,26	1714 (29,23 %)
10. Австралия	3,35	4,37	6,82	8,50	6,59	540 (12,28 %)
<b>Все страны</b>	<b>2,69</b>	<b>3,53</b>	<b>4,28</b>	<b>4,94</b>	<b>4,16</b>	<b>25043 (21,62 %)</b>

По значениям среднего числа цитирований в расчете на одну публикацию все лидирующие страны показывают устойчивый рост. При этом в среднем цитируемость одной публикации на мировом уровне за последний 21 год утроилась, что с очевидностью указывает на значимость исследований в области скважинной геофизики и общий тренд интенсивного развития этой дисциплины. Наивысшие показатели демонстрируют западноевропейские страны и Канада с показателями в диапазоне от 9 до 11 цитирований в расчете на одну публикацию при 3-летнем окне цитирований. При этом Канада и Великобритания показывают наибольший качественный рост исследований, поскольку, несмотря на снижение общей доли публикаций (табл. 2), у этих стран наивысшие показатели цитируемости в расчете на публикацию (табл. 5).

Менее высокие показатели, хотя и с тенденцией к увеличению, наблюдаются для публикаций из Китая, Японии и России. Несмотря на более чем трехкратное отставание России по числу публикаций от Китая российские публикации почти в полтора раза чаще цитируются.

По такому значению, как число нецитируемых публикаций, первые места занимают Россия и Китай, где каждая третья публикация по скважинной геофизике не цитируется. Это может быть связано как с языковым барьером, препятствующим ознакомлению мировой аудитории с китайскими разработками, так и, возможно, с менее высоким качеством этих работ и менее развитой публикационной этикой, на что уже обращалось внимание исследователей [9, 10]. За Россией и Китаем следуют США с долей нецитируемых публикаций в 16 %. У остальных стран доля нецитируемых работ находится в диапазоне от 10 до 13 %. Важно отметить, что данный показатель для всех стран на протяжении всех анализируемых лет остается практически неизменным.

Десять процентов публикаций являются высокоцитируемыми (более 40 цитирований), и на них приходится до 60 % всех ссылок. Эти данные еще раз подчеркивают актуальность текущих исследований в области скважинной геофизики.

В докладе показана высокая степень актуальности научных исследований по скважинной геофизике в мире и ее лидирующие позиции среди наук о Земле. Это подтверждается неуклонным ростом числа публикаций, начиная с 2005 г., а также тем фактом, что средняя цитируемость одной публикации за последний 21 год выросла в три раза. Важно отметить возрастающий интерес исследователей к представлению результатов на научных конференциях, доля докладов на которых увеличивается в общем массиве публикаций, а также в монографиях. Доля журнальных статей, которые продолжают быть преобладающим типом публикаций, неизменно сокращается. Выявлены 10 стран, включая Россию, с наибольшим числом публикаций по скважинной геофизике, на которые приходится до 80 % всех публикаций. Примечательно, что список стран-лидеров остается одинаковым, хотя ранговые места в нем меняются.

Отмечен спад числа публикаций в Великобритании и странах Северной Америки, незначительный рост числа исследований в европейских странах и существенный рост – в Китае. Анализ научного сотрудничества между странами показал высокую степень коллаборации во всех странах, за исключением Китая, где разработки по скважинной геофизике носят замкнутый характер. Анализ цитирования позволил выявить, что в Канаде и Великобритании одновременно со спадом публикационной активности наблюдается качественный рост исследований, выраженный ростом числа цитирований. Менее всего цитируются работы из России и Китая, что, по-видимому, связано с языковым барьером и определенной обособленностью исследований по скважинной геофизике в этих странах. При этом российские публикации цитируются в 1,5 раза чаще китайских, несмотря на трехкратное отставание России от Китая по числу публикаций, что указывает на более высокое качество проводимых в России исследований.

## Литература

1. Petersohn S. Using bibliometrics in research evaluation and research support - Academic librarians as professional providers of bibliometric services. Context Counts: Pathways to Master Big and Little Data (3–5 September 2014, Leiden, Netherlands). E. Noyons. Leiden, Netherlands, 2014. P. 431–433.
2. Spies B.R. The effectiveness of journals in exploration geophysics // Geophysics. 1991. V. 56, No 6. P. 844–858.

3. Gureyev V.N., Mazov N.A. Detection of information requirements of researchers using bibliometric analyses to identify target journals // *Information Technology and Libraries*. 2013. V. 32, No 4. P. 66–77.
4. Kohut J.J. A comparative analysis of obsolescence patterns of the U.S. Geoscience literature // *Journal of the American Society for Information Science*. 1974. V. 25, No 4. P. 242–251.
5. Frohlich C., Resler L. Analysis of publications and citations from a geophysics research institute // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2001. V. 52, No 9. P. 701–713.
6. Мазов Н.А., Гуреев В.Н., Эпов М.И. Российские публикации и журналы по наукам о Земле в международных базах данных // *Вестник Российской академии наук*. 2015. Т. 85. № 1. С. 26–31.
7. Мазов Н.А., Гуреев В.Н., Эпов М.И. Результаты наукометрического анализа мирового потока публикаций в области скважинной геофизики // *Каротажник*. 2017. № 12. С. 65–86.
8. Bradford S. G. *Documentation*. Washington, D.C.: Public Affairs Press, 1950. 156 p.
9. Hvistendahl M. China's Publication Bazaar // *Science*. 2013 V. 342, No 6162. P. 1035–1039.
10. Новиков Д.А. Померяемся «Хиршами»? (Размышления о наукометрии) // *Высшее образование в России*. 2015. № 2. С. 5–13.

## ОБРАБОТКА МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ДАННЫХ С УДАЛЕННОЙ БАЗОЙ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА

Дзалба А.Л.  
Galelei@list.ru

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** При проведении работ магнитотеллурическим методом возникают проблемы регистрации поля, из-за влияния промышленных или иного рода помех. Обработка данных с помощью удаленной базы помогает решить данные проблемы и улучшить качество и уменьшить соотношение сигнал-шум.

**Ключевые слова:** метод удаленной базы, магнитотеллурический метод, МТ-данные.

Магнитотеллурический метод отличается от других методов электроразведки высокой глубиной, портативностью используемой аппаратуры и небольшой стоимостью работ. Это обусловлено тем, что в методе МТЗ используется естественное электромагнитное (ЭМ) поле и, поэтому, не требуется применения больших, тяжелых генераторных установок. Принципиальные возможности метода магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и современные тенденции повышения его эффективности в сложно построенных регионах и областях с высоким уровнем промышленных шумов обсуждаются в работе [1]. В настоящее время метод МТЗ, по сравнению с другими электроразведочными методами, имеет наиболее разработанный аппарат анализа и интерпретации данных, в том числе и для сложно построенных трехмерно-неоднородных сред. Ключевой особенностью современной методики работ методом МТЗ являются **измерения в синхронном режиме**. Синхронизация записей МТ-поля осуществляется с помощью систем GPS или ГЛОНАСС. Последующая обработка синхронных записей МТ-поля производят по специальным методикам. Так, в современной магнитотеллурике измерения, чаще всего, проводят методом с **удаленной базой**. Этот подход позволяет увеличить точность и производительность наблюдений. В этом случае, базовая измерительная комплекс развертывается в зоне свободной от промышленных электромагнитных помех, и измерения на нем ведутся синхронно с рядовыми точками. Такой метод позволяет при обработке исключать из получаемых в рядовых точках данных не коррелируемые с базовой станцией локальные помехи. Это обусловлено с тем, что вариации магнитотеллурического поля (горизонтальных магнитных компонент) похожи по спектральному составу на достаточно больших расстояниях. Обычно расстояние до базовой станции составляет от 10 до 2000 км в зависимости от частотного диапазона в режиме МТЗ и ГМТЗ и первые километры в режиме АМТЗ. В ряде случаев, можно использовать и несколько рабочих станций, находящихся на достаточном удалении друг от друга для выявления не коррелируемых шумов [2].

**Использование всех каналов удаленной базы.** Как известно, оценки рассматриваемых передаточных функций являются смещенными из-за неизбежного присутствия шума в наблюдаемых полях [3]. Довольно простое решение этой проблемы было предложено Гэмблом Т.Д. в США и Безруком И.А. и Лахтиновым В.О. в СССР (1979) [4]. Влияние шумов можно уменьшить, вводя в обработку поле, измеренное на некотором расстоянии от точки наблюдения (на удаленной базе). Такой способ борьбы с помехами хорошо себя зарекомендовал [5]. Удаленную базу развертывают так, чтобы обеспечить достаточную линейную связь между полезным сигналом на основной точке измерения и на удаленной базовой точке и одновременно избежать коррелированности шумов между этими точками. При этом методе робастные процедуры используются один раз — при расчете соответствующих спектральных плотностей. При этом шумы в магнитных каналах

оказывают меньшее влияние на результат, поскольку их вклад в решение существенно снижается при условии, что они слабо коррелируют с шумами на базовой точке [6]. В рамках метода удаленной базы часто одновременно с магнитным полем измеряются и компоненты электрического поля. Однако в большинстве случаев оказывается, что электрические каналы зашумлены сильнее магнитных, и их использование в рамках общепринятых схем решения с удаленной базой, приводит к еще большему смещению оценок. Было предложено использовать алгоритм обработки, названный Remote reference (удаленная база) и его модификации [7]. Такой подход оказывается эффективным вследствие локальности электрических шумов. Шум в электрических каналах может присутствовать одновременно на базовой и локальной точке, но он редко коррелирует при значительном расстоянии между этими точками. Проверка эффективности описываемого метода выполнялась на наборе МТ-данных разного качества. Сравнение проводилось с результатами, получаемыми с помощью аппаратуры «Phoenix Geophysics». Комплекс MTU-5 (Phoenix Geophysics Ltd., Канада) позволяет регистрировать вариации ЭМ поля в диапазоне периодов 0.003-2000 с. АЦП станции отличается высокой разрядностью 24 бит. Параллельная запись измерений осуществляется непрерывно. Измерение трех компонент магнитного поля ведется с использованием индукционных датчиков. В случае, когда первичные записи МТ-поля характеризуются достаточно высоким соотношением сигнал/шум, результаты, получаемые в режимах простой одноточечной обработки и обработки с использованием магнитных каналов удаленной базы с помощью алгоритма SSMT 2000 (рис. 1).

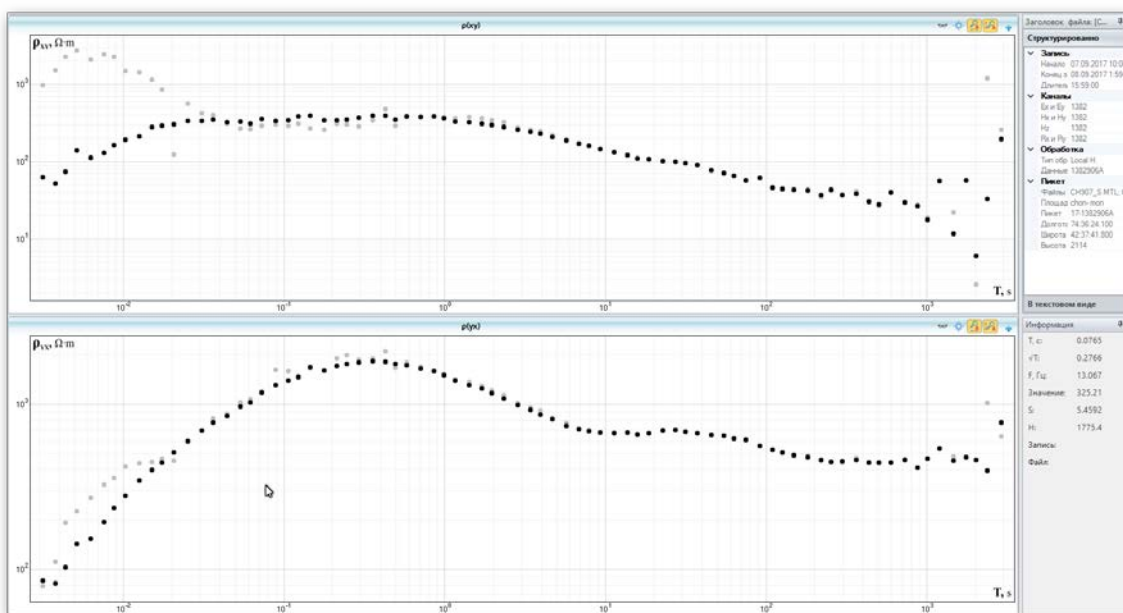


Рисунок 1 - Сравнение результатов обработки без удаленной базы (серый) и с удаленной базой (черный)

Видим улучшения качества материала (черная кривая). Влияние электрической помехи снизилось!

На (рисунке 2) представлена обработка данных без удаленной базы (а) разбита грозовой помехой и (б) обработка с удаленной базой видим уменьшение отскоков и заполнения всего диапазона. Расстояние до базовой точки 1 км.



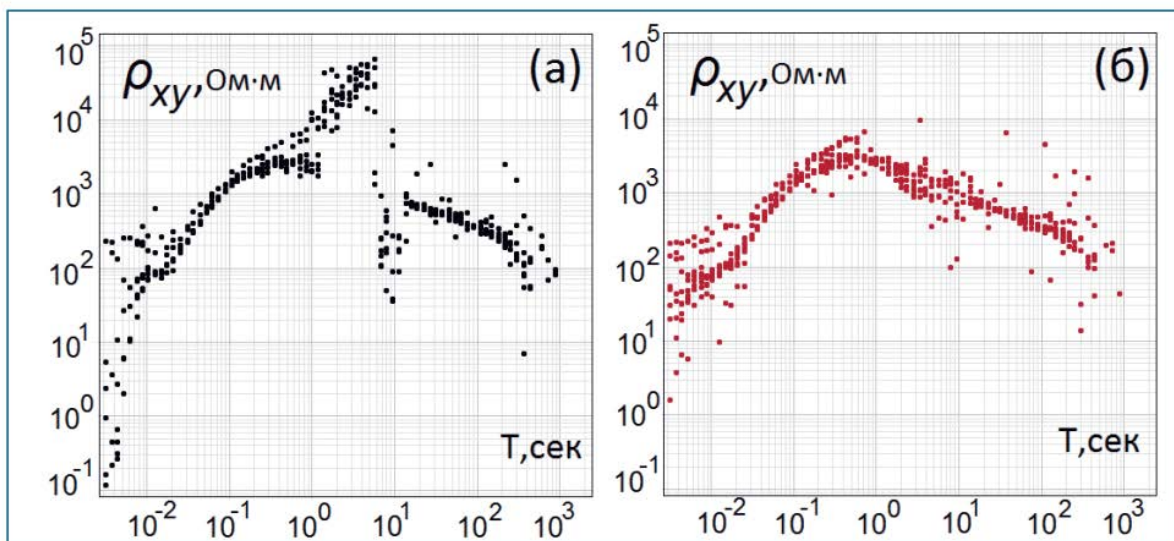


Рисунок 2 - Обработка данных без удаленной базы (а) и с удаленной базой (б)

На (рисунке 3) мы видим незначительное улучшение, так как исходный материал достаточно хорошего качества.

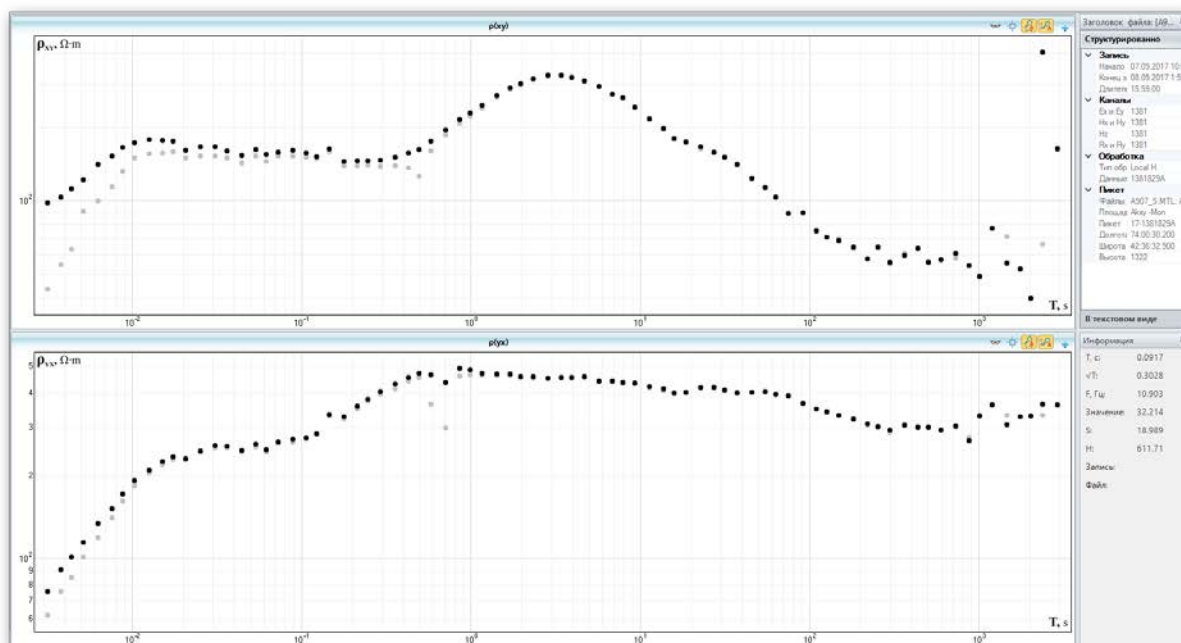


Рисунок 3 - Сравнение результатов обработки без удаленной базы (Аксу) и с удаленной базой (Чон тюз)

На рисунках 4,5,6,7 представлены результаты обработки, которая проводилась по алгоритму удаленной базы с заменой магнитных каналов и сравнительным анализом электрической составляющей в программе Ері Kit. Подробнее о методе описано в статье Д.В. Епишкина [6]. Так же сильное влияние на качество обработки поверхностные неоднородности.

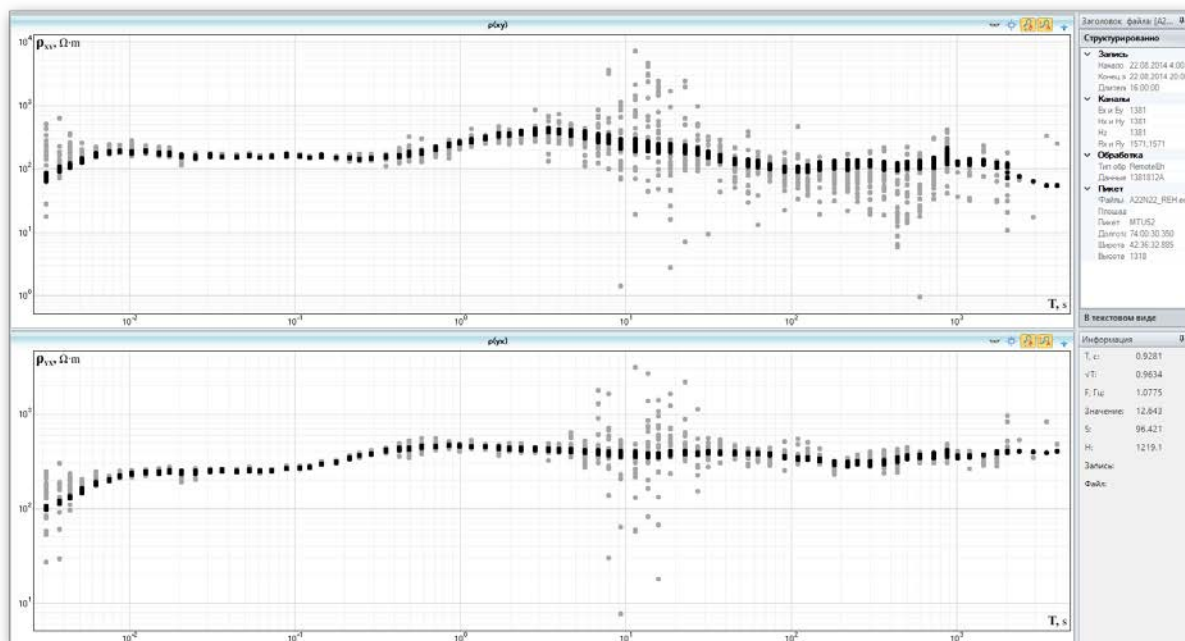


Рисунок 4 - Сравнение результатов обработки без удаленной базы (серый) (Аксу) и с удаленной базой (черный) (Ноокат)

На (рисунке 5) мы видим даже ухудшения качества. Методика не всегда работает в сторону улучшения качества.

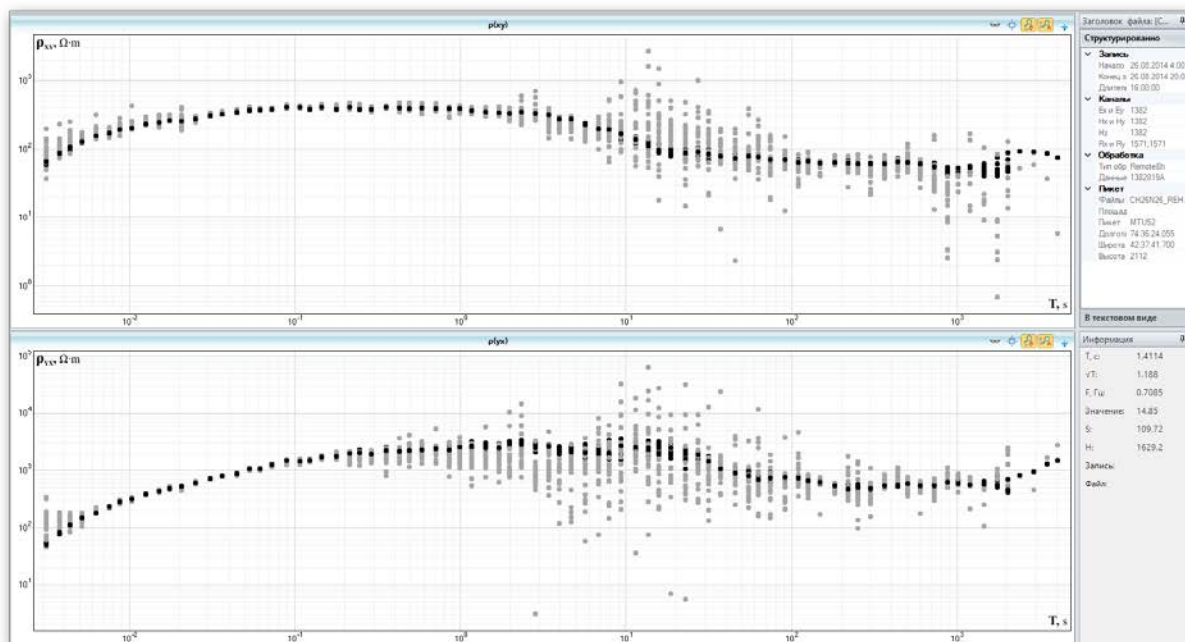


Рисунок 5 - Сравнение результатов обработки без удаленной базы(черный) и с удаленной базой (серый)

Для материала удовлетворительного и хорошего качества (рисунок 6) эффект от обработки с удаленной базой незначителен и, в некоторых случаях, приводит к неоднозначности трактовки одной из компонент.

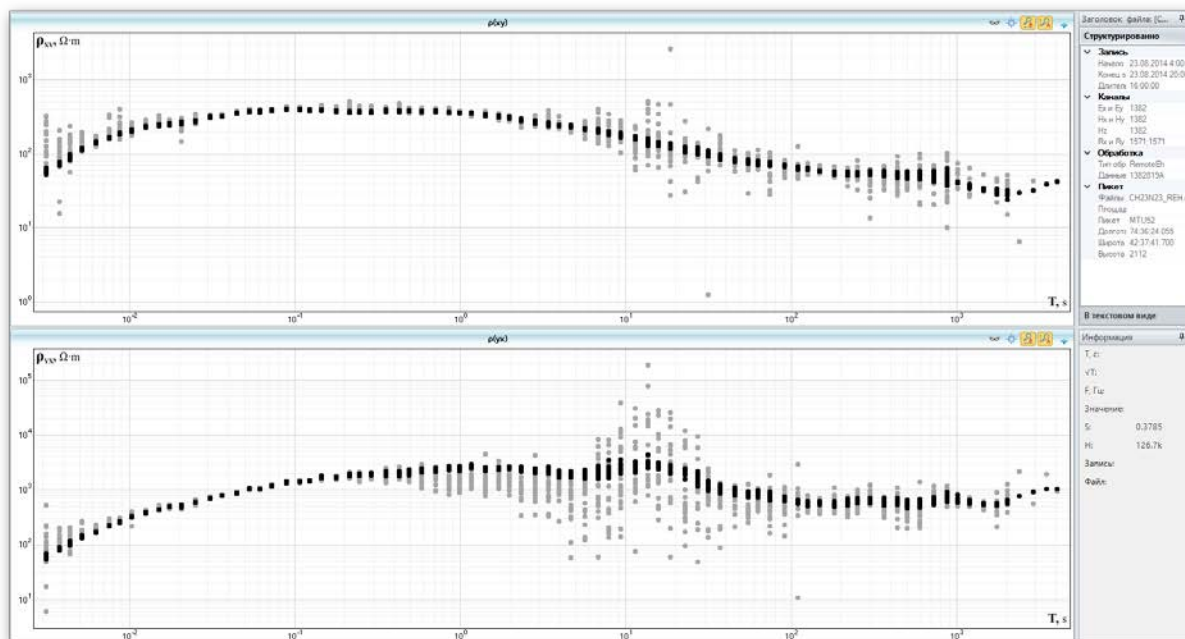


Рисунок 6 - Сравнение результатов обработки без удаленной базы (черный) и с удаленной базой (серый)

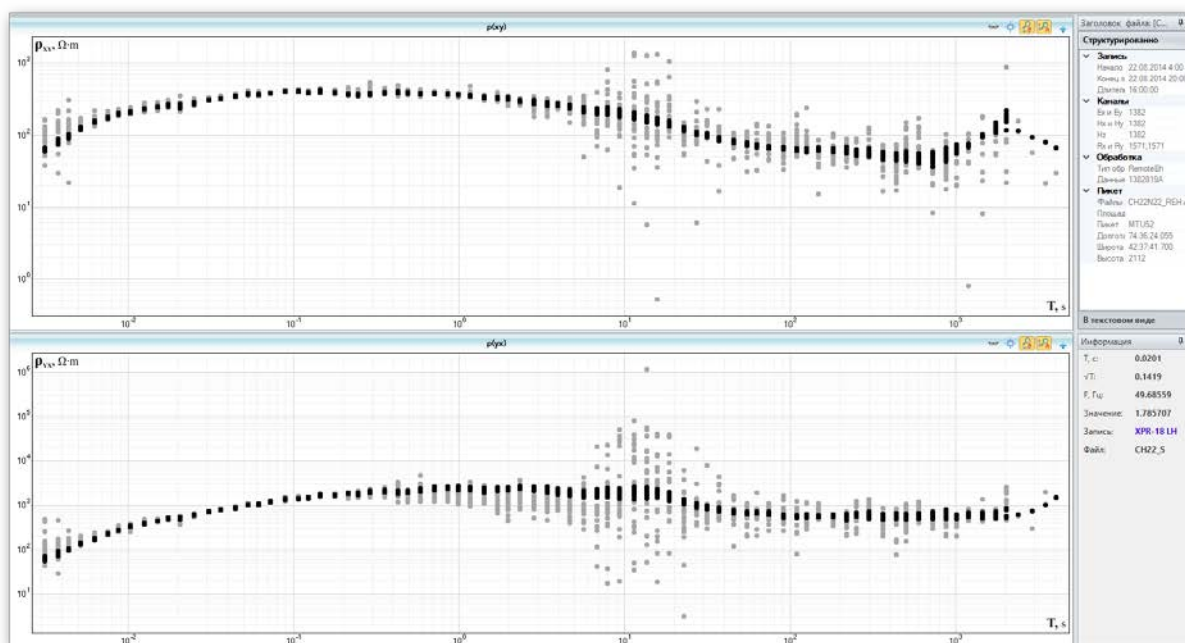


Рисунок 7 - Сравнение результатов обработки без удаленной базы (серый) и с удаленной базой (черный)

**Выводы.** В работе была выполнена оценка эффективности использования удаленной базы для подавления шумов разной природы. В большинстве случаев не требуется располагать удаленную базу на максимально возможных расстояниях. Иногда, в случае локальных помех, чтобы устранить помеху хватает расстояния в несколько километров. В случае присутствия сильных помех, чтобы улучшить качество кривых требуется располагать удаленную базу на расстоянии порядка 100 километров. В отдельных же случаях, может понадобиться расстояние порядка 500 километров и более, но и это не гарантирует улучшения качества.

## Литература

1. Варенцов И.М. Разрешающая способность современных электромагнитных геофизических методов с естественным возбуждением поля // Разведка и охрана недр. 2006. № 8. С. 66-71.
2. Электроразведка. Учеб. пособие. по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей / Ред. В.К. Хмелевской, И.Н. Модин, А.Г. Яковлев. Гл. 4, 13. Прил. № 5, 6. М.: МГУ. 2005. <http://nw-geophysics.ru/geophysics/tech/amt/>
3. Gamble T.D., Goubau W.M., Clarke J. Magnetotellurics with a remote magnetic reference // Geophysics. Vol. 44. No. 1. 1979. P. 53-68.
4. Жданов М.С. Электроразведка. М.: Недра. 1986. 316 с.
5. Jones A.G., Chave A.D., Egbert G., Auld D., Bahr K. A comparison of techniques for magnetotelluric response function estimation // J. Geophysical Research. Vol. 94. No. B10, P.14,201-14,213. October 10, 1989.
6. Епишкин Д.В. Развитие методов обработки данных магнитотеллурического зондирования // Вестник Московского Университета. Серия 4: Геология. 2016. № 4. С. 40-46.
7. Епишкин Д.В., Яковлев А.Г. О границах применимости метода удалённой базы при магнитотеллурических исследованиях // Геофизика. 2016. № 3. С. 55-64.

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ  
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ Г.БУХАРЫ  
НА ОСНОВЕ ARCGIS)**

Ёдгоров Ш.И.

engineer\_geolog@mail.ru

Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан,  
г. Ташкент, Узбекистан

***Научный руководитель:***

*заведующий лабораторией “Инженерной сейсмологии” института  
сейсмологии АН РУз, старший научный сотрудник, к.г.-м.н. Туйчиева М.А.*

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме использования возможностей современных геоинформационных технологий в оценке факторов сейсмического риска для урбанизированных территорий сейсмоопасных районов. Исследованы особенности истории геолого-тектонического развития, состояние современных тектонических движений, геолого-литологического строения, положения уровня подземных вод и его динамики, особенности и динамика развития на территории г. Бухары эндогенных и экзогенных процессов и явлений, произведена интегральная оценка уровня геоэкологического риска для территорий г. Бухара путем послойного анализа особенностей состояния факторов риска с помощью ARCGIS.

**Ключевые слова:** факторы сейсмического риска, геоэкологический риск, уровни потенциала геоэкологического риска, программа для ЭВМ "MapGeoEcoRisk" и "BaseGeoEcoRisk" на языке C#.

Территория Узбекистана в большей своей части относится к высоко и средне сейсмичным густонаселенным регионам. Факторами, определяющими сейсмический риск территорий, являются основные его составляющие, такие как: природные - геолого-тектонические, искусственные - техногенные, экологические, социально-экономические и управленческие, состояние которых обуславливают потенциал ущерба, его степень и последствия землетрясений [1-3]. *Каждый из этих факторов характеризуется особенностями состояния рассматриваемого фактора.* Современные геоинформационные технологии на основе ARCGIS с послойным анализом каждого компонента фактора позволяют исследовать состояние каждого фактора и увязать их совместно. В настоящей статье рассматриваются только геоэкологические факторы сейсмического риска для территории г. Бухары.

Геоэкологический риск в современном понимании определяется вероятностью развития ущербобразующих природных или природно-техногенных процессов и явлений – результатов активизации инженерно-геодинамических природно-техногенных процессов, которые создают угрозу безопасности жизни населения и объектам недропользования [2,3]. Чтобы пространственно отобразить комплексное взаимодействие компонент геоэкологического риска с видами землепользования, была разработана методика оценки и управления геоэкологическим риском для урбанизированных территорий, произведена оценка состояния потенциала геоэкологического риска и составлена в ARCGIS формате интегрированной карты с экспертной растровой оценкой геоэкологического риска для территории г.Бухары и его окрестностей. А также были разработаны рекомендации по уменьшению ущерба и снижению геоэкологического риска.

При оценке и составлении карты геоэкологического риска разработана программа для ЭВМ "MapGeoEcoRisk" на языке С# и получено "Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин "MapGeoEcoRisk" за №DGU04704 от 28.08.2017г., а также разработано и получено "Свидетельство об официальной регистрации программного продукта по созданию поисковой системы базы данных для оценки и управления сейсмическим риском - База данных для ЭВМ "BaseGeoEcoRisk" за №DGU04824 от 27.10.2017г. [4,5].

Совместный анализ компонентов геоэкологического риска и информации о видах землепользования осуществлялся с применением технологии геоинформационных систем ARCGIS. Все картографические наборы данных, характеризующие компоненты геоэкологического состояния города, были преобразованы в растровый формат с размером ячейки 250x250 метров. Каждой ячейке были присвоены геологические характеристики в соответствии с их классификацией, а также соответствующий вид землепользования. На следующем этапе, для каждой ячейки были определены частные значения составляющих риска в соответствии с матрицей геоэкологических рисков. В интегральной карте соответствия учитывались следующие геоэкологические характеристики приповерхностной части: особенности геолого-литологического строения зоны аэрации, расположение от поверхности земли водоупора, а также его мощность и уклон, крутизна поверхности, глубина залегания уровня грунтовых вод, степень просадочности лёссовых пород, фильтрационные свойства приповерхностной части земли, покомпонентный состав загрязняющих веществ и наличие выше норм ПДК тяжелых металлов, нитратов, фенолов и особо опасных веществ. Анализ факторов геоэкологического риска и информации о видах землепользования осуществлялся на основе ARCGIS. На следующем этапе, для каждой ячейки были определены частные значения потенциала риска в соответствии с матрицей геоэкологических рисков. Таким образом, если в ячейке растра имеется, хотя бы одна характеристика со значением 4, это означает, что в данном месте имеется потенциально высокий риск для выбранного вида землепользования и обязательно должна быть обеспечена система учета факторов риска. Потенциал геоэкологического риска оценивается для каждого типа землепользования и каждого класса компонента геоэкологического риска в отдельности. Он имеет четыре уровня и определяется в условных величинах от 1 до 4. На карте геоэкологического риска отражается уровень геоэкологических опасностей (потенциал риска), показанный четырьмя оттенками коричневого цветами. Для анализа структуры комплексного геоэкологического риска в Атласе приводятся также карты частных рисков. За величину комплексного геоэкологического риска в каждой ячейке принимается максимальное значение частных параметров. Оценка уровней риска для условий урбанизированных территорий сейсмоактивных регионов осуществляется на основе экспертной оценки инженерно-геологических условий и планирования землепользования.

В описанной методике риски рассматриваются как потенциальные, поскольку матрица рисков описывает только предпосылки для их возникновения. Таким образом, значение фактора геоэкологического риска, присвоенного конкретной территории, характеризует предпосылки, способствующие возникновению того или иного типа опасности на ней, однако не может рассматриваться, как оценка вероятности возникновения опасного события. С другой стороны, существующие виды землепользования не определяют непосредственный потенциальный ущерб при возникновении опасного события (возможное число пострадавших, стоимость материальных потерь). Они указывают на предпосылки, способствующие увеличению этого ущерба. При этом для решения потенциальных проблем, связанных с рисками, требуются специальные исследования. Описанная методика пространственного анализа компонент геоэкологического риска в комплексе с условиями наземного строительства является первым опытом оценки соответствия перспектив городского развития условиям геоэкологической среды. В данном случае при расчете величины геоэкологического риска было принято предположение о равнозначности всех компонент риска.

Таким образом, произведена интегральная оценка уровня геоэкологического риска для территории г. Бухара. Выбор объекта исследований обоснован программой развития регионов Узбекистана на ближайшую перспективу принятый правительством Республики, которым предусмотрено планирование строительства новых рабочих мест и гражданского строительства в юго-западном направлении.

В формировании геоэкологических условий урбанизированных территорий особая роль принадлежит природным геолого-тектоническим и техногенным факторам риска, которые обусловили особенности как региональных геологических, так и локальных физико-географических факторов.

К природным геолого-тектоническим факторам риска относятся особенности истории развития геолого-тектонического строения, особенности литологического строения, показатели гидрогеологических условий, а также особенности состава и состояния пород слагающих территорию. Особое внимание при оценке геолого-тектонического строения уделяется выявлению и положению регионального и локального водоупора. В зависимости от наличия водоупора и глубины его залегания можно прогнозировать условия поведения и распространения загрязнения геологической среды вредными компонентами, такими как тяжелые металлы и нефтепродукты, нитратами, фенолами и другими опасными веществами. Не маловажная роль в формировании состояния геоэкологических условий принадлежит зонам геоэкологического влияния инженерного сооружения на геологическую среду. Зона геоэкологического влияния инженерного сооружения на геологическую среду называется та часть геологической среды, в пределах которой под влиянием прямого или косвенного техногенного воздействия происходят существенные изменения всех или некоторых ее элементов, имеющие экологическое значение для человека. Границами этой зоны являются пределы, за которыми эти изменения отсутствуют или несущественны с экологической точки зрения. Центральный и пока нерешенный вопрос в рассматриваемой проблеме - это вопрос о критериях выделения границ зон геоэкологического влияния. Поэтому на начальном этапе исследований в качестве критерия может приниматься положение о том, что любые изменения тех или иных элементов геологической среды могут иметь экологические последствия для человека и вследствие этого граница влияния должна разграничивать ту область, где эти изменения отсутствуют, от области, где они имеют место. В зависимости от масштабного уровня геоэкологических исследований подходы к выделению зон геоэкологического влияния различны, как и различны сами цели и задачи таких исследований. На региональном уровне исследований зоны геоэкологического влияния по сути совпадают с зонами техногенной измененной геологической среды и зонами инженерно-хозяйственного освоения территорий, при этом для данного уровня исследований источники техногенных воздействий и сами воздействия носят комплексный характер, что часто не позволяет вычленить отдельные зоны, возникшие от тех или иных видов воздействий. На локальном уровне исследований возможно более детальное выделение зон геоэкологического влияния от тех или иных конкретных видов техногенной нагрузки; наряду с плоскими топографическими моделями для их оценки и отображения могут использоваться объемные показатели и объемные модели. На детальном уровне исследований дается наиболее подробная характеристика зоны геоэкологического влияния, ее состав, происхождение, конфигурация в плане и разрезе и т. п. Размеры и границы зон геоэкологического влияния на детальном уровне наиболее достоверно устанавливаются экспериментальным путем. Более достоверная оценка зон геоэкологического влияния различных инженерных сооружений возможна лишь на основе действующей системы мониторинга геологической среды.

При определении современного состояния геоэкологического риска для территории г. Бухары проводилась экспертная оценка соответствия конкретной местности строительным требованиям по приведенной выше методике. При этом для успешной реализации поставленных задач по оценке потенциальной величины геоэкологической составляющей сейсмического риска, урбанизированных территорий с применением современных

технологий, нами был организован сбор, анализ и экспертная оценка материалов находящихся в различных геологических организациях Узбекистана характеризующих природные геолого-тектонические особенности территории города, глубину залегания уровня грунтовых вод и его режим, наличие, мощность и характер залегания водоупора, фильтрационные свойства пород зоны аэрации, характер техногенной нагрузки по типам и видам производств как селитебной так и в сельскохозяйственной части города, характеристику покомпонентного состава загрязняющих веществ, наличие опасных производств, наличие и превышения содержания тяжелых металлов в грунтовых водах, состояние канализационных систем, состояние дренажных систем (как вертикальных, так и горизонтальных), наличие и состояние работы очистных сооружений, а также состояние утилизации твердых отходов для территории г. Бухары. Сложность оценки геоэкологического риска и в том числе сейсмического, заключается в разнообразии инженерно-геодинамических условий на территории Узбекистана.

В целом по республике по региональным особенностям инженерно-геологических условий, выделяются два пояса сосредоточения урбанизированных территорий: 1) Межгорные и предгорные впадины Тянь-Шаньского горно-складчатого региона (Восточный Узбекистан); 2) Равнинные впадины и низкогорья Туранской плиты (Южный и Западный Узбекистан) [1-3,9,10]. Территория г. Бухары расположена в Юго-Западной части Узбекистана в геологическом отношении совпадает с восточной частью Туранской плиты, которая входит в состав молодой эпипалеозойской Урало-Сибирской платформы. Морфоструктура Западного Узбекистана генетически связана с Южно-Тянь-Шаньским орогеном, являясь его запад-северо-западным погружением. Неотектонические структуры, развитые здесь, представляют собой цепь горных сооружений, ступенчато погружающихся с востока на запад. В том же направлении наблюдается убывание амплитуд неотектонических движений, мощностей и размеров, кайнозойских моласс, интенсивность расчленения рельефа, его абсолютной высоты [9].

Особенности геолого-тектонического и сейсмологического строения юго-западного Узбекистана. Оценка современного состояния геоэкологического риска начинается с определения степени сейсмической опасности территории, то есть с установления сейсмического потенциала региона который определяется возможностью проявления максимально возможных землетрясений  $M_{max}$ . На основе анализа и сопоставления сеймотектонических, геолого-геофизических, сейсмологических методов сейсмический потенциал  $M_{max}$  для территории г. Бухары оценивается в  $M=6,9$  [10].

Территория юго-западного Узбекистана является одним из интересных регионов Средней Азии. Она в отличие от других регионов характеризуется специфической для платформы обстановкой, где внешние геологические проявления (неотчетливая морфологическая выраженность, низкие значения амплитуды новейших тектонических движений и другие) слабо выражены.

Западная и Центральные части Узбекистана являются одним из опасных сейсмоактивных регионов Узбекистана, где происходили в далеком прошлом Бухарские, 942, 1390, 1821, 1822 гг.,  $M\sim 7.0$ , и уже в наши дни, известные Газлийские 1976, 1984гг. с  $M\geq 7.3$ ,  $I=9-10$  балльные катастрофические землетрясения [10].

Основными природными факторами для территории г. Бухары, определяющими особенности инженерно-геологических условий влияющими на окружающую среду являются зональные климатические, региональные инженерно-геологические особенности территории. Среди этих особенностей отмечаются: аридность климата; пологие и моноклинально падающие тектонические структуры, образующие на поверхности низменные, слаборасчлененные равнины с замкнутыми по краям и бессточными положениями; низкая фильтрационная способность водоносных слоев; близкое залегание к поверхности земли неогеновых песчаников и алевролитов (5-30 м), служащих региональным водоупором; малые уклоны потока грунтовых вод.



Эти особенности способствуют затрудненному водообмену и слабой дренированности территории, следовательно, повышению уровня грунтовых вод. С аридным климатом связаны интенсивное испарение почвенной влаги и вторичное засоление грунтов.

Основные техногенные факторы, влияющие на окружающую среду, для территории г.Бухары состоят из: а) сельскохозяйственных, связанные с развитием орошения, с химизацией сельского хозяйства; б) промышленных; в) бытовых (проживание человека).

При разработке методики оценки и управления геоэкологическим риском для урбанизированных территорий, произведена оценка состояния потенциала геоэкологического риска по совокупности природно-техногенных факторов сложившихся на территории г. Бухары с помощью ARCGIS системы [6-8]. Путем послойной оценки компонентов геоэкологического риска составлена карта геоэкологического риска, где выделены для территории г. Бухары и его окрестностей площади с различными уровнями потенциала геоэкологического риска: 1-низкий, 2-умеренный, 3-высокий и 4-очень высокий. 11% общей площади г.Бухары и его окрестностей имеют очень высокий потенциал геоэкологического риска; 33% площади составляют площади с высоким потенциалом геоэкологического риска и 56% площади характеризуются как площади с умеренным потенциалом геоэкологического риска; площади с низким потенциалом геоэкологического риска на территории г.Бухара и его окрестностей отсутствуют (рисунок) и разработаны рекомендации по уменьшению ущерба и снижению геоэкологического риска.

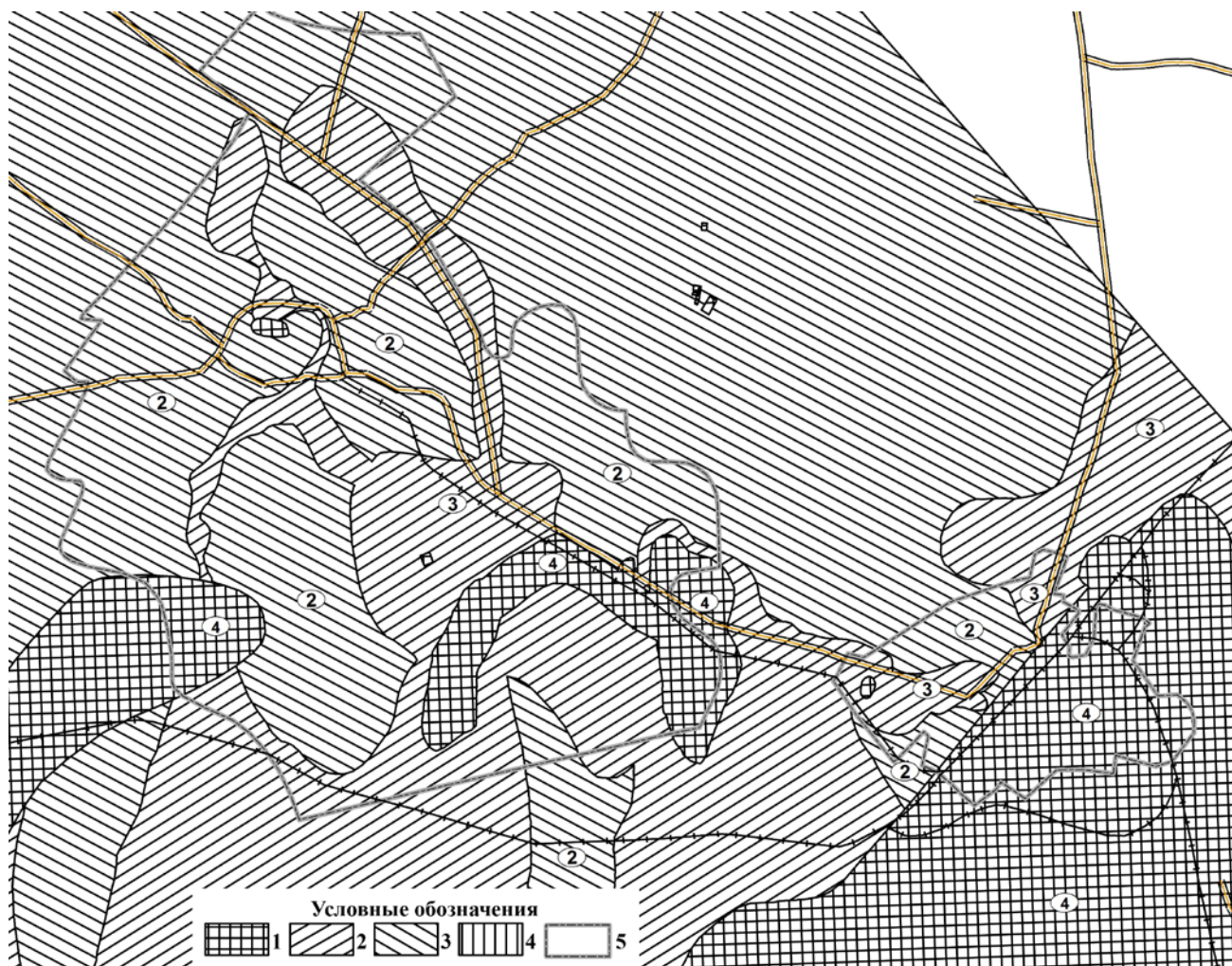


Рисунок - Схематическая карта геоэкологического риска для территории г.Бухары и его окрестности на основе ARCGIS. Уровни риска: 1-низкий, 2-умеренный, 3-высокий, 4-очень высокий

**Характеристика потенциала уровня геоэкологического риска.** *Потенциально низкий геоэкологический риск* – уровень загрязнения грунтовых вод (по отношению к степени концентрации относительно ПДК) допустимый менее 1 ПДК; присутствуют покомпонентные показатели химического состава постоянно превышающие 1 ПДК такие как: Sr, Se, Mn, As, Al, Be и NO<sub>3</sub> и показатели периодически превышающие ПДК такие как: NH<sub>4</sub>, Н.П. и α-ГХЦГ. Минерализация подземных вод до 1,5г/л. Инженерно-геологические процессы не происходят. Техногенная нагрузка характеризуется как незастроенная и малозастроенная. Глубина залегания уровня грунтовых вод более 3 м.

*Потенциально умеренный геоэкологический риск* - уровень загрязнения грунтов вод (по отношению к степени концентрации относительно ПДК) умеренно опасные с показателем постоянно превышающим от 1-5 ПДК такие элементы как Sr, Se, As, Al, Be и от 1 до 10 ПДК NO<sub>3</sub>, Mn и показатели периодически превышающие 1-10 ПДК такие как NH<sub>4</sub>, Н.П.(содержание нефтепродуктов) 1-10 ПДК и α-ГХЦГ 1-5 ПДК. Минерализация подземных вод от 1,5г/л до 3,0г/л. Из инженерно-геологических процессов - развито вторичное засоление почво грунтов. Техногенная нагрузка характеризуется как зона одноэтажной застройки без канализации территории. Глубина залегания уровня грунтовых вод от 2 до 3м.

*Потенциально высокий геоэкологический риск* - уровень загрязнения грунтов вод (по отношению к степени концентрации относительно ПДК) опасные с показателем постоянно превышающим от 5-10 ПДК такие элементы как As, 10-15 ПДК Mn и показатели периодически превышающие 10-15 ПДК такие как Н.П. (содержание нефтепродуктов). Минерализация подземных вод от 3,0 г/л до 5,0г/л. Из инженерно-геологических процессов - развито подтопление территории. Техногенная нагрузка характеризуется как зона многоэтажной застройки с канализацией территории. Глубина залегания уровня грунтовых вод от 1 до 2 м.

*Потенциально очень высокий геоэкологический риск* - уровень загрязнения грунтовых вод (по отношению к степени концентрации относительно ПДК) чрезвычайно опасные с показателем постоянно превышающим более 15 ПДК такие элементы как Se и показатели периодически превышают более 15 ПДК NH<sub>4</sub>. Минерализация подземных вод более 5,0г/л. Из инженерно-геологических процессов - развито засоление почво грунтов, просадка и заболоченные территории. Техногенная нагрузка характеризуется как промышленные зоны. Глубина залегания уровня грунтовых вод менее 1м.

## Литература

1. Худайбергенов А.М., Нурмухамедов К.Ш., Туйчиева М.А., Джураев Н.М., Ёдгоров Ш.И. Геоэкология и сейсмоэкология городов Узбекистана. Ташкент: Иқтисодиёт. 2014. 309 с.
2. Туйчиева М.А., Джураев Н.М., Джураев А., Худайбергенов А.М., Нурмухамедов К.Ш. Закономерности формирования и изменения инженерно-геологических условий и факторов сейсмического риска на урбанизированных территориях Узбекистана. Ташкент: Навруз. 2015. 333 с.
3. Туйчиева М.А., Джураев Н.М., Сапаров А., Ёдгоров Ш.И. Закономерности формирования природно-техногенных изменений геологической среды в качестве основы сейсмического риска. Ташкент: Tafakkur qanoti. 2016. 188 с.
4. Туйчиева М.А., Джураев Н.М., Ёдгоров Ш.И., Матвапаев С.Р., Жахонгиров Н.Ж. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин "MapGeoEcoRisk" за №DGU04704 от 28.08.2017.
5. Туйчиева М.А., Джураев Н.М., Ёдгоров Ш.И., Матвапаев С.Р., Жахонгиров Н.Ж. Свидетельство об официальной регистрации поисковой программы для электронно-вычислительных машин База данных "BaseGeoEcoRisk" за №DGU04824 от 27.10.2017г. по оценке геоэкологического фактора сейсмического риска.
6. Джураев Н.М., Ёдгоров Ш.И., Туйчиева М.А. Особенности техногенной нагрузки и оценка геоэкологического фактора сейсмического риска для территории г. Бухары на

- основе ARCGIS // Сб. материалов научной конференции "Хоразм Маъмун Академиясининг ривожланиш истикболлари", 11 ноября 2017 г., Хива. С. 28-30.
7. Ёдгоров Ш.И., Туйчиев М.А., Матвапаев С.Р., Жахонгиров Н.Ж. Программное обеспечение для ЭВМ "MapGeoEcoRisk" по оценке геоэкологического фактора сейсмического риска городских территорий // Сб. материалов научной конференции "Хоразм Маъмун Академиясининг ривожланиш истикболлари", 11 ноября 2017 г., Хива. С. 35-39.
  8. Ёдгоров Ш.И., Джураев Н.М., Матвапаев С.Р., Жахонгиров Н.Ж. Формирование "BaseGeoEcoRisk" базы данных по оценке геоэкологического фактора сейсмического риска городских территорий // Сб. материалов научной конференции "Хоразм Маъмун Академиясининг ривожланиш истикболлари", 11 ноября 2017 г., Хива. С. 39-43.
  9. Нурматов У.А., Ибрагимов Р.Н. Особенности проявления землетрясений в Южно-Ферганской, Бесапано-Северо-Кульджуктау-Туркестанской сейсмогенных зонах // Актуальные проблемы сейсмологии. Доклады международной конференции, г. Ташкент, октябрь 2016 г. С. 433-440.
  10. Усманова М.Т., Юлдашев Ж.Л., Юлдашев Л.Р. К вопросу о современной сейсмической активизации территории Центральной Азии // Актуальные проблемы современной сейсмологии. Сб. тезисов Международной конференции, посвященной 50-летию Института сейсмологии АН РУз., 2016 г. Ташкент. 2016. С. 40.

## ИСТОКООБРАЗНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ В ЗАДАЧАХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Забинякова О.Б.

zabinyakova@gdirc.ru

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** В работе рассматривается возможность применения метода истокообразной аппроксимации при количественной интерпретации магнитотеллурических данных.

**Ключевые слова:** истокообразная аппроксимация, прямая трехмерная задача магнитотеллурического зондирования, корреляция.

Известно [1], что все задачи магнитотеллурического зондирования (МТЗ) условно можно разделить на два больших класса: прямые и обратные задачи. Решение *прямых задач МТЗ* заключается в моделировании электромагнитного поля для рассматриваемой модели среды с известным распределением удельного электрического сопротивления. Основная цель решения *обратных задач МТЗ* направлена на восстановление распределения геоэлектрических параметров в рассматриваемой геосреде, при этом компоненты электромагнитного поля на поверхности Земли считаются известными.

Так же все решаемые задачи (прямые и обратные) можно классифицировать и по их размерности: одномерные, двумерные и трехмерные [1]. Наибольший интерес с практической точки зрения представляют трехмерные обратные задачи – они позволяют делать выводы о пространственном распределении геоэлектрических свойств рассматриваемой среды по соответствующим наблюдаемым магнитотеллурическим полям. При этом обратные задачи являются некорректными, то есть получаемое решение напрямую зависит от стартовой модели (начального приближения) геосреды. *Истокообразная аппроксимация* позволяет определить первоначальное приближение для решения некорректной обратной задачи магнитотеллурического зондирования и по возможности снизить размерность решаемой обратной задачи (рис. 1).

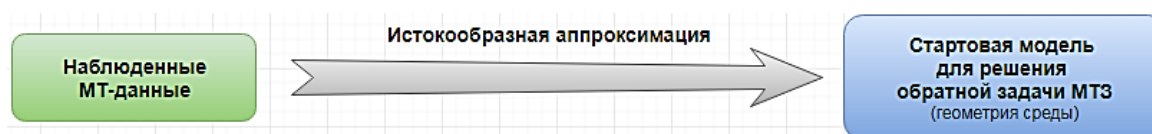


Рисунок 1 – Роль истокообразной аппроксимации при анализе магнитотеллурических данных

Истокообразная аппроксимация для трехмерных сред заключается в коррелировании компонент наблюдаемого магнитотеллурического поля с соответствующими компонентами магнитотеллурического поля, смоделированного для однородного проводящего полупространства, с включенным в него элементарным объёмом, характеризующегося избыточной электропроводностью [2]. Для каждого варианта размещения элементарного объема в проводящей однородной среде можно получить коэффициент корреляции, а при перемещении элементарного объема по всему рассматриваемому полупространству получается совокупность (матрица) коэффициентов корреляции, которую в дальнейшем следует понимать как трехмерную функцию местоположения элементарного объема. Анализируя получаемую матрицу коэффициентов корреляции, можно оценить

местоположение неоднородностей в рассматриваемой среде. Критерием наличия неоднородности считается отличие коэффициента корреляции от нуля.

Программная реализация метода истокообразной аппроксимации для *тестовых моделей* осуществлялась в интегрированной среде *Matlab* на одноименном языке программирования, позволяющем выполнять объемные математические расчеты в матричном виде.

Разработанный алгоритм истокообразной аппроксимации можно условно разделить на несколько этапов. Первым шагом выполняется построение трехмерной геоэлектрической ячеистой модели среды, представляющей собой проводящее полупространство с включенным в него элементарным объемом, характеризующимся избыточной электропроводностью. Входными данными для этого этапа служит следующая информация о модели: количество и длина ячеек по каждой из осей  $x$ ,  $y$  и  $z$  (трехмерная сетка); значение сопротивления проводящего полупространства; значение сопротивления элементарного объема, размещенного в конкретной ячейке трехмерной сетки (считается, что размеры элементарного объема совпадают с размерами ячейки, в которую он размещается). На втором этапе с помощью программы *mt3dfwd.exe* [3] осуществляется решение прямой трехмерной задачи магнитотеллурического зондирования для построенной геоэлектрической модели на разных периодах (частотах), которые предварительно задаются пользователем в отдельном текстовом файле. Полученное решение прямой задачи сохраняется в *rslt*-файл, содержащий значения действительных и мнимых частей пяти комплексных компонент электромагнитного поля в ячейках модели, рассчитанных на соответствующих периодах (частотах): три компоненты вектора магнитной напряженности  $(H_x, H_y, H_z)$  и две

компоненты вектора электрической напряженности  $(E_x, E_y)$ . Далее происходит считывание рассчитанных данных в комплексную двумерную матрицу (*матрица рассчитанных данных*). Следующим шагом выполняется вычисление коэффициента корреляции между соответствующими компонентами нормированных матриц рассчитанных и наблюдаемых данных. Для этого предварительно формируется двумерная матрица значений наблюдаемых полей (*матрица наблюдаемых данных*), поэлементно соответствующая матрице рассчитанных данных. Полученное значение коэффициента корреляции «закрепляется» за той ячейкой исходной геоэлектрической модели, в которую на первом этапе был помещен элементарный объем с избыточной электропроводностью. Таким образом, перемещая элементарный объем с избыточной электропроводностью по всему однородному проводящему полупространству, и, выполняя для каждого варианта его размещения описанную выше процедуру, можно сформировать трехмерную матрицу комплексных коэффициентов корреляции. По анализу полученной матрицы можно делать предположения о геометрии строения геосреды. Наиболее удобно осуществлять такой анализ по визуализированным картам линий уровня или по слайсам.

Для апробации метода истокообразной аппроксимации были проведены численные расчеты для ряда тестовых моделей. В рамках данной работы приведем результаты численных экспериментов с простой тестовой моделью геоэлектрической среды, представляющей собой ограниченную однородную среду прямоугольной формы  $25\text{км} \times 25\text{км} \times 1,65\text{км}$  сопротивлением  $1000\text{Ом}$  со вставкой прямоугольной формы  $10\text{км} \times 10\text{км} \times 0,2\text{км}$  сопротивлением  $100\text{Ом}$ , находящейся на глубине  $150\text{м}$  от поверхности. Для этой модели была введена прямоугольная трехмерная сетка: 10 ячеек по каждой из осей  $x$  и  $y$  (шаг сетки по каждому из направлений составил 2500); 5 слоев в глубину (мощности слоев: 50, 100, 200, 500, 800, то есть неоднородная вставка располагается в третьем слое) (рис. 2).

1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	100	100	100	100	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Рисунок 2 – Горизонтальное сечение модели по третьему слою

Для имитации наблюдаемых полей для этой синтетической модели предварительно была решена прямая трехмерная задача магнитотеллурического зондирования с помощью программы *mt3dfwd.exe*. Полученные значения компонент электромагнитного поля составили матрицу наблюдаемых данных.

Первый шаг применения метода истокообразной аппроксимации заключался в следующем: для вмещающего объема  $25000\text{м} \times 25000\text{м} \times 1650\text{м}$  и для элементарного объема задавались произвольные сопротивление (некоторые варианты сочетаний представлены в таблице 1), элементарный объем помещался поочередно в каждую из ячеек модели (рис. 3).

Таблица 1 – Варианты сочетания параметров истокообразной аппроксимации

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сопротивление вмещающего пространства, Ом	10	10	10	10	100	100	100	100	1000	1000	1000	1000
Сопротивление элементарного объема, Ом	0,1	1	50	100	1	10	200	1000	1	100	500	10000

Модель 1

50	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Модель 2

10	50	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Модель 3

10	10	50	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Рисунок 3 – Пример перемещения элементарного объема по вмещающему полупространству (третий вариант параметров истокообразной аппроксимации). При каждом перемещении получается новая геоэлектрическая модель среды

Для каждой модели, полученной при перемещении элементарного объема, с помощью *mt3dfwd.exe* моделировалось электромагнитное поле, и, соответственно, для каждого месторасположения элементарного объема определялась корреляция рассчитанных полей с наблюдаемыми. Анализ полученных корреляционных зависимостей удобно проводить по слайсам, то есть по горизонтальным или вертикальным сечениям трехмерной матрицы коэффициентов корреляции, где значения этих коэффициентов для каждой соответствующей ячейки пространства отображаются с помощью цветовой шкалы (рис. 4-15). На выполнение всей описанной процедуры для каждого из вариантов потребовалось около 25 минут.

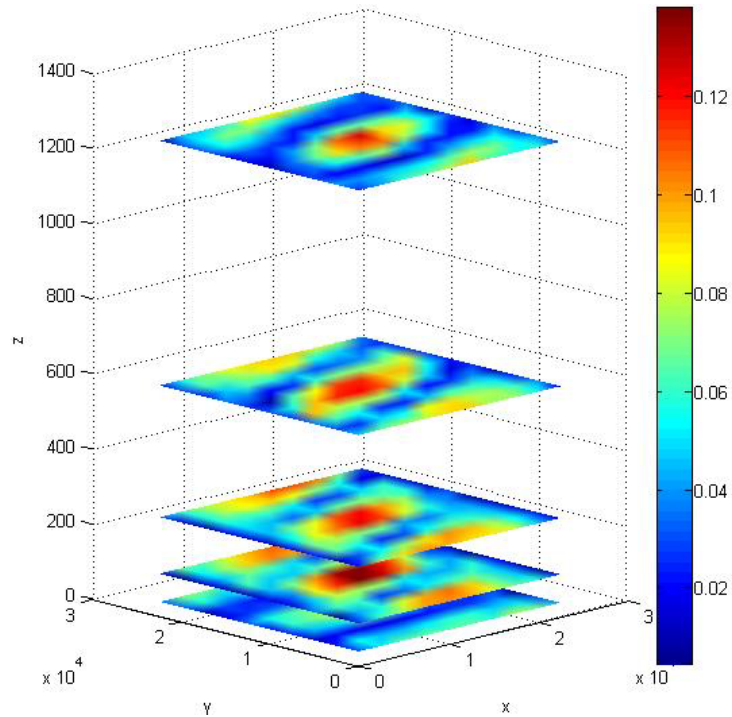


Рисунок 4 – Вариант 1: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

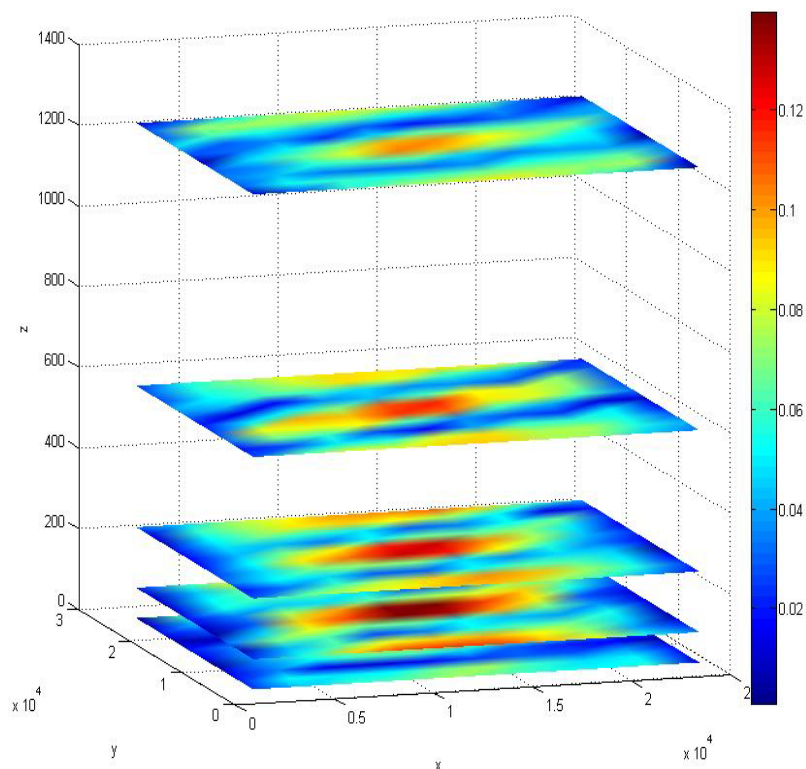


Рисунок 5 – Вариант 2: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

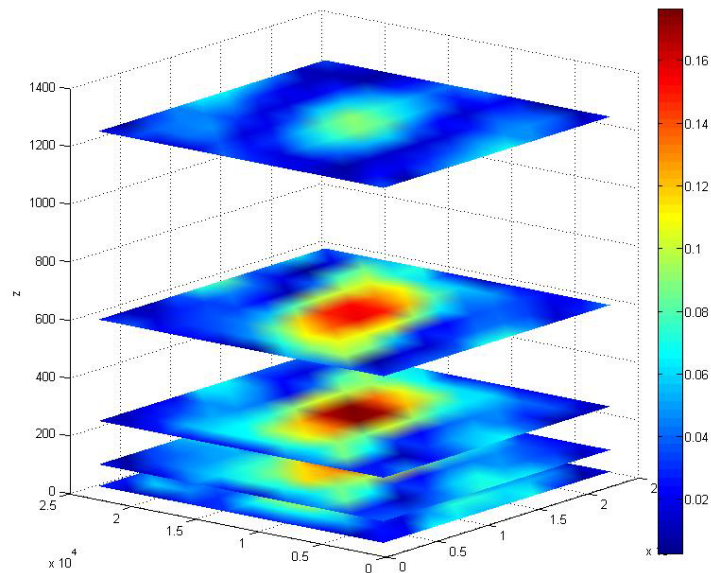


Рисунок 6 – Вариант 3: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

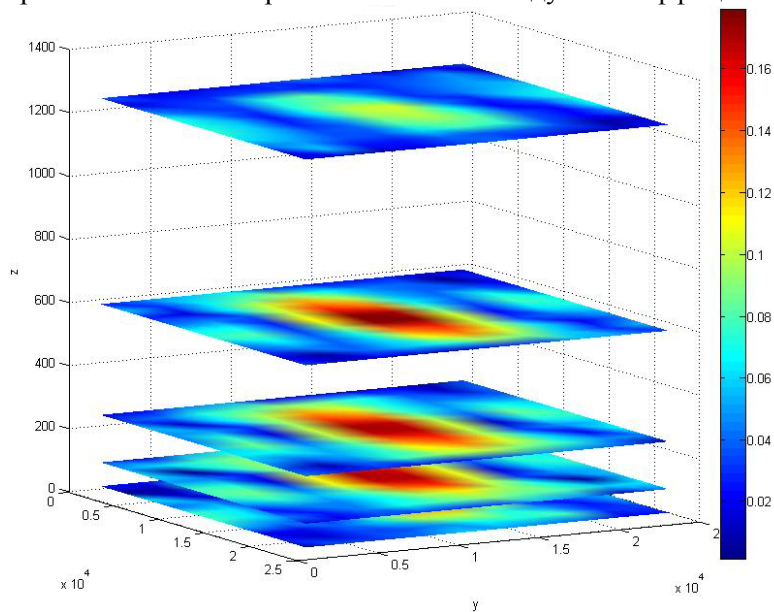


Рисунок 7 – Вариант 4: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

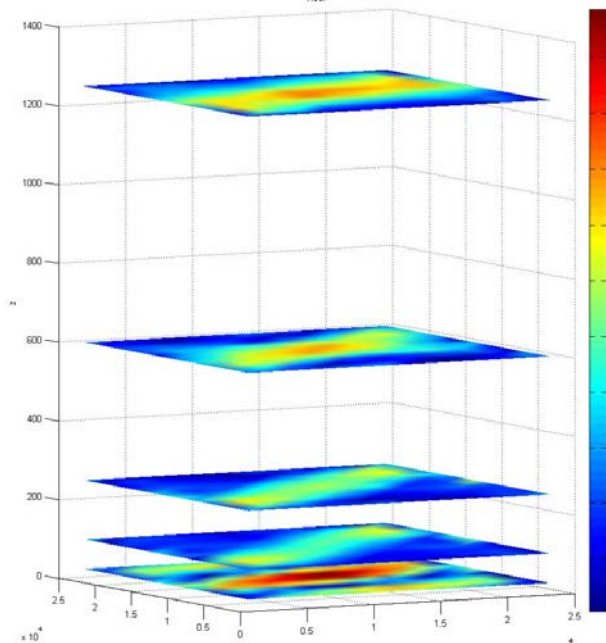


Рисунок 8 – Вариант 5: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции



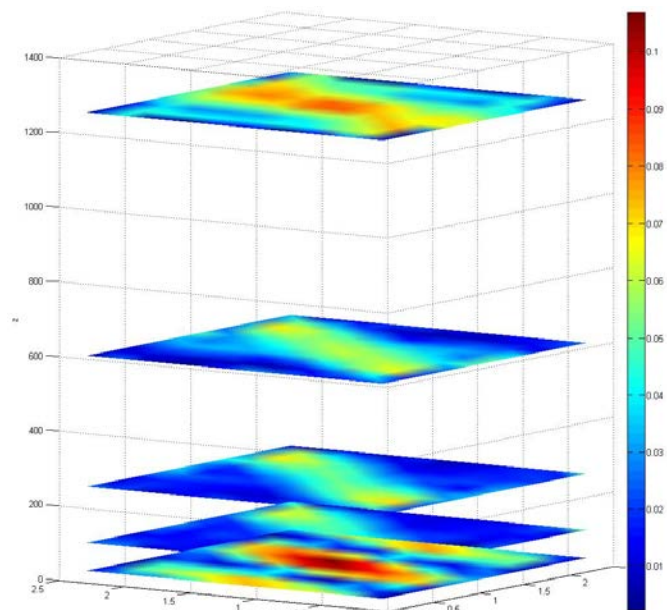


Рисунок 9 – Вариант 6: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

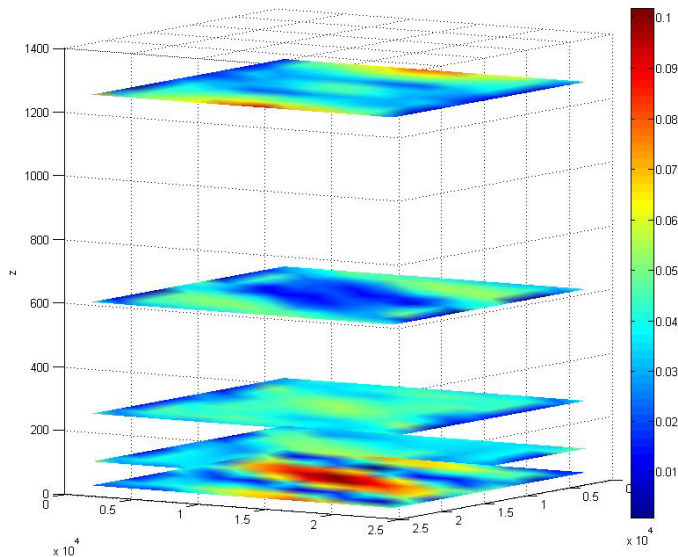


Рисунок 10 – Вариант 7: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

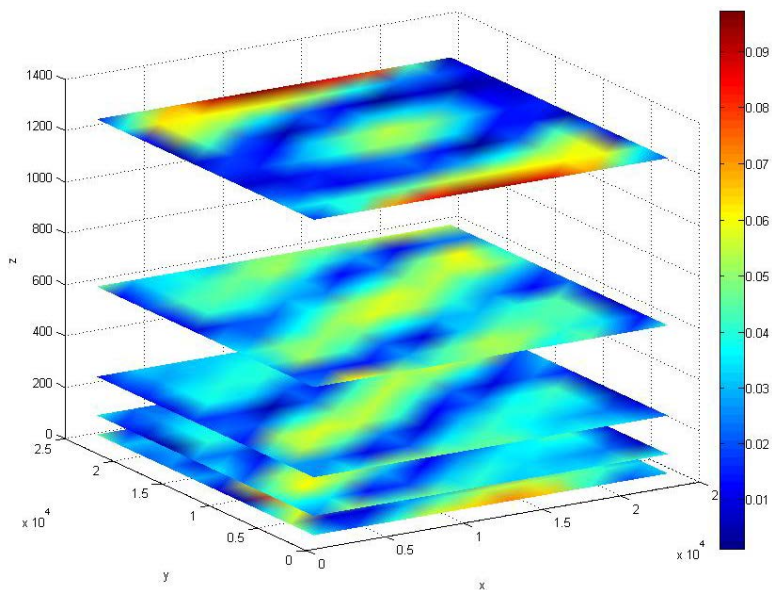


Рисунок 11 – Вариант 8: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

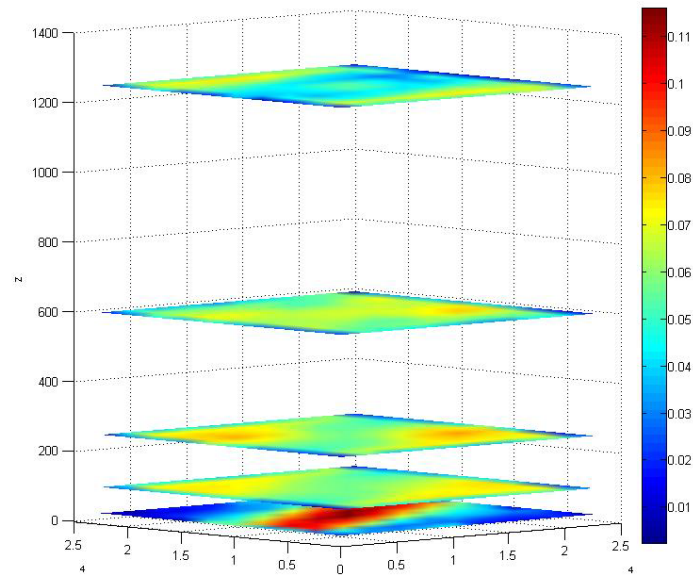


Рисунок 12 – Вариант 9: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

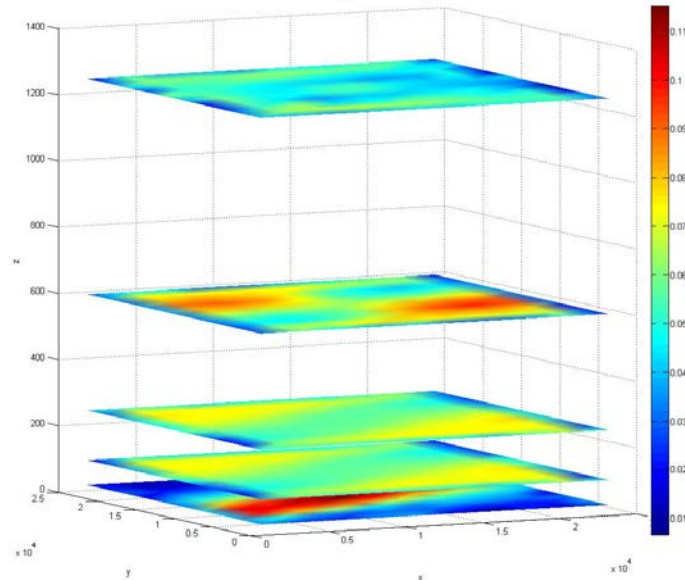


Рисунок 13 – Вариант 10: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

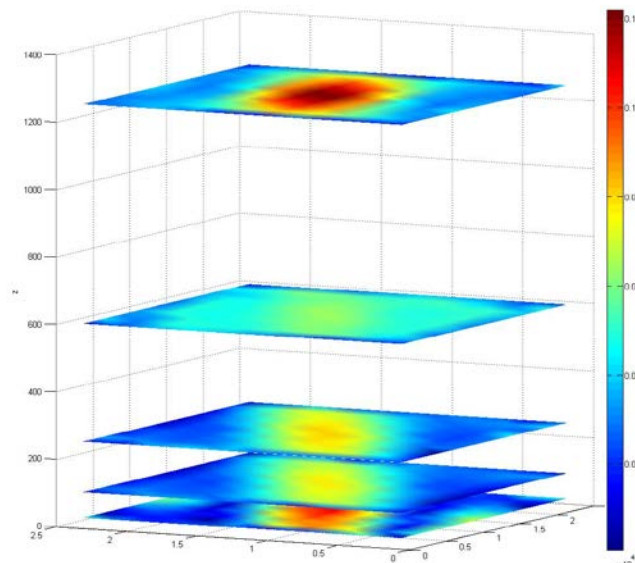


Рисунок 14 – Вариант 11: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

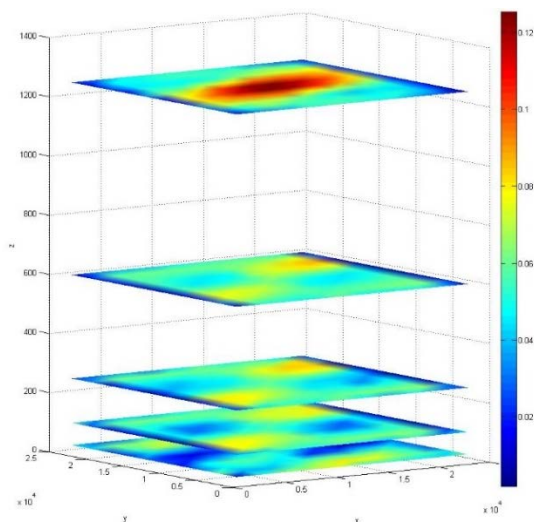


Рисунок 15 – Вариант 12: слайс-отображение по слоям модулей коэффициентов корреляции

Сопоставляя полученное геометрическое отображение коэффициентов корреляции, рассчитанных по алгоритму истокообразной аппроксимации, с распределением электрического сопротивления тестовой модели можно заметить, что наиболее отчетливо неоднородная вставка проявилась в вариантах 1, 2, 3 и 4: в третьем слое, где и располагается неоднородность, коэффициенты наиболее контрастны, при этом в остальных слоях влияние вставки также присутствует, но оно уменьшается по мере удаления от ее локализации (значения коэффициентов корреляции со всех сторон от вставки уменьшаются). Для остальных вариантов картина получилась более размытой: локализация зон наибольших значений коэффициентов корреляции не соответствует реальному расположению неоднородности в исходной модели.

Таким образом, полученное распределение коэффициентов корреляции можно использовать в качестве геометрического представления неоднородной геоэлектрической структуры на этапе предварительной качественной интерпретации данных МТЗ, то есть истокообразная аппроксимация в первом приближении дает информацию о распределении неоднородностей, создавая «изображение» геоэлектрической среды. Очевидно, что подход с использованием истокообразной аппроксимации требует своего дальнейшего совершенствования:

- необходимо осуществить адаптацию разработанного программного обеспечения для решения задач с натурными данными – осуществить переход от работы с компонентами электромагнитного поля к тензору импеданса;
- важным вопросом является уточнение параметров истокообразной аппроксимации (сопротивление вмещающего пространства и сопротивление элементарного объема), а также уточнение критериев оценки получаемых результатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №17-05-00844).

### Литература

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. – М.: Научный мир, 2009. - 680 с.
2. Александров П.Н., Александров А.Н. Истокообразная аппроксимация в задачах сейсморазведки и электроразведки // Тезисы докладов IX ежегодной международной конференции и выставки «Гальперинские чтения 2009». Москва, ЦГЭ, 27-30 октября 2009. С. 58-61
3. Rodi, W.L. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion / W.L. Rodi, R.L. Mackie // Geophysics. – 2001. – V 66. – P. 174-187.

## МЕТОД ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ В КОМПЛЕКСНЫХ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Искандеров Р.Р., Тлеуова Ж.Т., Итемен Н.  
r\_u\_s.tam@mail.ru

ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахмедсафина»,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией промышленных и геотермальных вод*

*ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии  
им У.М. Ахмедсафина», к.г.-м.н. Кан С.М.*

**Аннотация.** Приведены результаты геофизических исследований состояния низконапорных плотин накопителя сточных вод «Сорбулак», прудов и водохранилищ правого сбросного канала «Сорбулак». Обработка результатов георадиолокационного зондирования производилась при помощи обрабатывающей системы «Geoscan 32». Результаты проведенных геофизических исследований показывают, что применение метода георадиолокации в составе комплекса научно-прикладных исследований позволяет достаточно однозначно решать задачи по определению: литологического разреза участка исследования, как с водной поверхности, так и с поверхности земли; зон влагонасыщения; зон разуплотнения грунтов; участков грунтов с нарушенной структурой; глубины и рельеф дна водоемов; глубины залегания подземных коммуникаций. При комплексном обзорном анализе результатов инженерных изысканий ГРЛ-зондирование однозначно показывает пути сосредоточенной и направленной фильтрации, пространственное положение и величину оползневых тел, уровень грунтовых вод в пределах глубин исследования.

**Ключевые слова:** ГРЛ-зондирование, фильтрация, интерпретация, грунт, георадар, накопитель сточных вод.

На сегодняшний день, благодаря использованию одного из уникальных и современных геофизических приборов – георадара, который предоставляет возможность работать, так называемым, экологически неразрушающим методом почвенного исследования в различных структурах [1] успешно решается широкий круг задач, заложенный в принципе его действия. Метод георадиолокации основан на изучении отражения искусственно создаваемых электромагнитных импульсов от границ сред, обладающих разными электрическими свойствами – диэлектрической проницаемостью и электропроводимостью. Частота электромагнитного поля, используемого в георадарах, находится обычно в диапазоне  $10^7$ - $10^9$  Гц. Эти частоты значительно выше частот, применяемых в классических геофизических электромагнитных методах, что позволяет намного увеличить детальность исследований, но ограничивает глубинность метода. Затухание электромагнитного поля зависит, в первую очередь, от частоты и электропроводности среды, в которой это поле распространяется. Чем ниже частота и меньше электропроводность, тем глубже в среду проникают электромагнитные импульсы [2].

С 2012 года, институт гидрогеологии и геоэкологии, в процессе проведения научно-прикладных и инженерно-технических комплексных исследований использует метод ГРЛ-зондирования.

В 2012 г. и в 2013 годах проводились геофизические исследования состояния низконапорных земляных дамб накопителя сточных вод «Сорбулак», прудов и

водохранилищ правого сбросного канала «Сорбулак». Методика проведения работ определялась техническим заданием [3] гидротехническими и геоморфологическими условиями объектов исследования. Для производства исследований, исполнителями, использовался многоцелевой радар «Око-2» (фирмы ООО «Логис», РФ) с полевым компьютером типа «notebook». Обработка результатов георадиолокационного зондирования производилась при помощи обрабатывающей системы «Geoscan 32» [4].

По итогам рекогносцировочного обследования было принято решение о проведении ГРЛ-зондирования по системе из двух продольных профилей, один из которых расположен на границе гребня плотины и примыкающего к нему склона верхнего бьефа, а второй продольный профиль расположен на границе гребня и прилегающего к нему склона нижнего бьефа. Продольные профили на дамбе дополнены системой поперечных профилей, совпадающих с пьезометрическими створами. Пример расположения геофизических профилей представлен на рис. 1.



Рисунок 1 - Схема расположения геофизических профилей на 1-ой плотине накопителя сточных вод «Сорбулак»

Георадарные изыскания применялись для решения следующих задач (рис. 2, 3): литологическое расчленение разреза; определение границ влагонасыщенных грунтов; оценка и фильтрационных свойств почвенного покрова; определение уровня грунтовых вод; суффозионные изменения; определение зон направленной и сосредоточенной фильтрации.

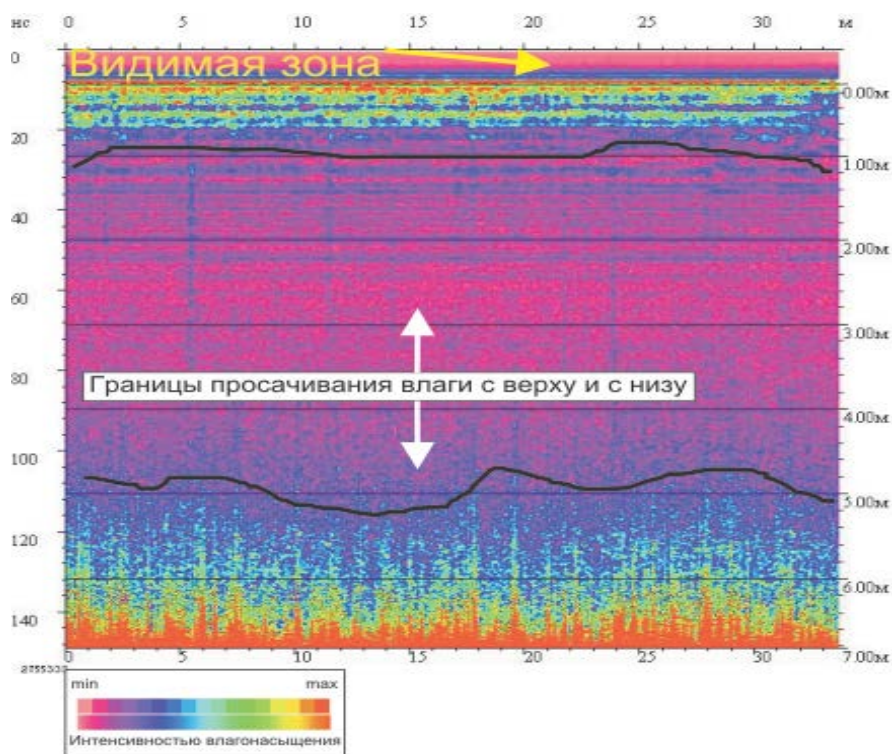


Рисунок 2 - Пример выделения зон влагонасыщения в теле плотины по данным ГРЛ-зондирования

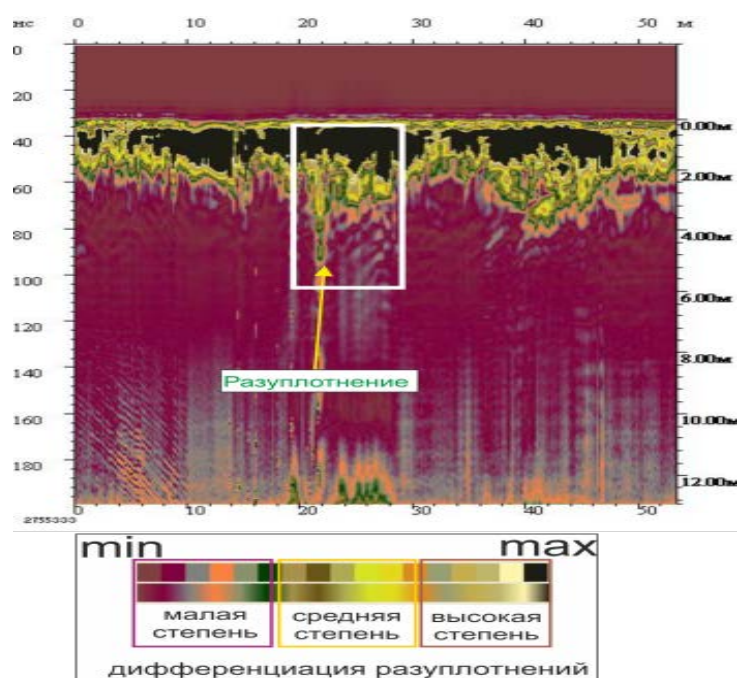


Рисунок 3 - Пример выделения участков разуплотнения в теле плотины по данным ГРЛ- зондирования

Расстояние между пикетами стандартное – 100 м. После обработки и выделения волн-помех, на полученных радарограммах, проведена интерпретация результатов зондирования. Результаты исследований, полученные в процессе ГРЛ-зондирования основных элементов дамбы № 1 и № 2, дополненных системой радарограмм поперечных профилей, совпадающих с пьезометрическими створами, показали:

1) Литологическое строение дамб № 1 и № 2 имеет однородный консолидированный характер. Зон разуплотнения грунтов и связанных с ними потоков сосредоточенной фильтрации, как на продольных, так и на поперечных профилях грунтов не обнаружено;

2) На радарограммах верхних горизонтов всех разрезов в диапазоне глубин от поверхности и до 0.5 м отмечается зона повышенного увлажнения, которая обусловлена выпавшими накануне осадками. Слой осадков, выпавших в виде дождя, в предыдущих двух декадах октября составил порядка 15-20 мм.

3) В нижних горизонтах, слагающих дамбы № 1 и № 2, на глубинах от 4.5 - 5.0 м отмечается зона с повышенным увлажнением грунтов, совпадающая в большинстве случаев с положением пьезометрической кривой. На это также указывают положение пьезометрических уровней, определенное синхронно с геофизическими исследованиями.

В процессе научно-прикладных исследований по изучению и выявлению причин подтопления коммунальных и промышленных объектов города Жанаозен (Мангистауская область) и разработке рекомендаций по локализации негативного воздействия подземных вод, исполненных в 2015- 2016 годах, проведены геофизические работы методом ГРЛ-зондирования для определения фактического литологического строения грунтов и их инженерно-геологических характеристик, выявления направления, характера обводнения и наличия путей сосредоточенной фильтрации [5,6].

Обработка георадарных данных выполнена в среде специализированного лицензионного пакета программного обеспечения Geoscan32 (ГК ЛОГИС-ГЕОТЕХ, РФ, Москва). При этом был применен следующий вид обработки: удаление постоянной составляющей, смещение нуля времени, редакция трасс, удаление фона, амплитудная коррекция, вертикальная фильтрация, пространственная фильтрация, введение статических поправок.

В результате обработки первичных радарограмм (рис. 4) были получены временные разрезы с отфильтрованными волнами-помехами, по которым далее проводилась геолого-геофизическая интерпретация с использованием данных бурения на участке и фондовых материалов [4].

Всего пройдено 12 профилей по указанному участку видимых и скрытых зон подтопления ж/д ветки в районе КазГПЗ, мечети в городе Жанаозен (~3,5 км).



Рисунок 4 – Схема расположения георадарной съёмки и нумерация геофизических профилей на участке подтопления в районе ГПЗ

## ГЕОРАДАРНЫЙ ПРОФИЛЬ №1

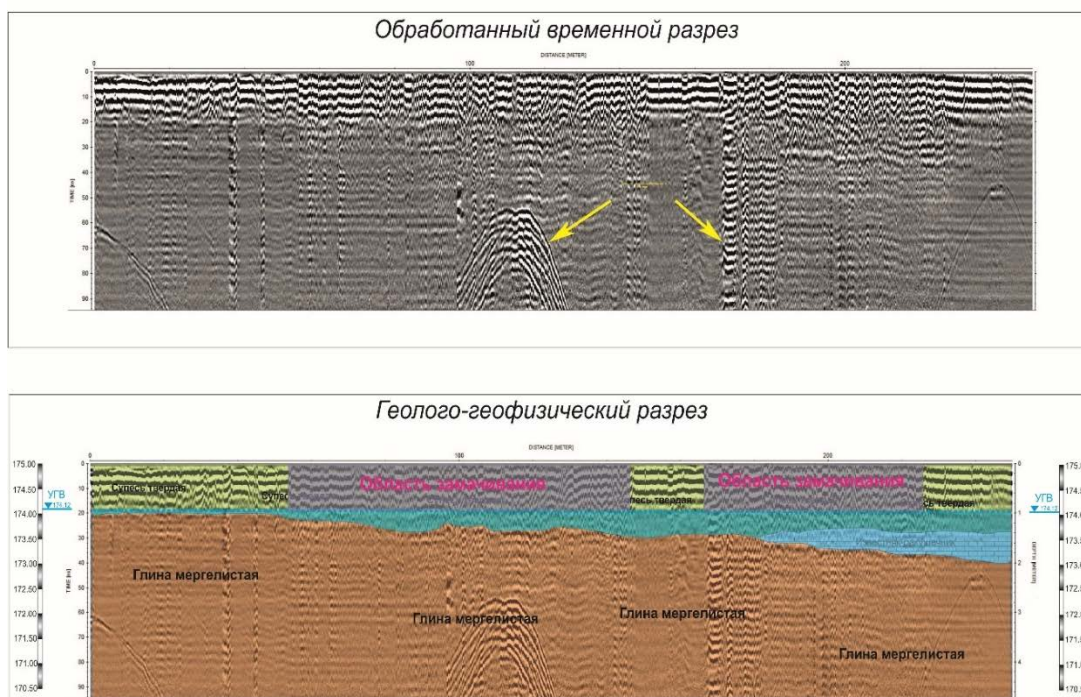


Рисунок 5 – Пример обработанного георадарного профиля №1

В результате интерпретирования обработанной радарограммы выявлены (рис. 5):

1. Литологическая разность состоящая из супеси твердой и глины мергелистой
2. Область замачивания т.е. зона повышенной влажности выявлена в центральной части разреза
3. Зоны пониженной влажности выявлены по краям разреза, что соответствует данным дешифрирования космоснимков и геологических скважин
4. УГВ (уровень грунтовых вод) выявлен на отметке 174,0 м. По данным геологических скважин УГВ выявлен на отметке 174,12 м.
5. Геофизический разрез расположен на абсолютных отметках в пределах 175,0-176,0 м с незначительным перепадом по высоте порядка 1.5м.

В результате выполненных геофизических работ были получены волновые георадарные разрезы. На основании совместного детального анализа структуры отраженного волнового поля, данных бурения на участке, а также фондовых материалов проводимых ранее изысканий на участке была проведена геолого-геофизическая интерпретация.

На волновой картине довольно отчетливо выделяются оси синфазности отраженных электромагнитных волн, связанных с литологическими границами в толще изучаемого массива горных пород, таких, как границы «супесь-известняк», «известняк-глины» и «супесь-глины».

В мае 2017 были проведены комплексные исследования оползневого склона расположенного в Медеуском районе г. Алматы. Порядок и объем работ определялись задачами исследования и особенностями участка работ [5]. Всего было пройдено 4 продольных и 2 поперечных профилей, включая сопутствующие. ГРЛ-зондирование проводилось антенным блоком АБ-400 (рисунок 6). Интерпретация результатов работ осуществлялась в среде программного обеспечения Geoscan32 (ГК ЛОГИС-ГЕОТЕХ, РФ, Москва).





Рисунок 6 – Схема расположения геофизических профилей

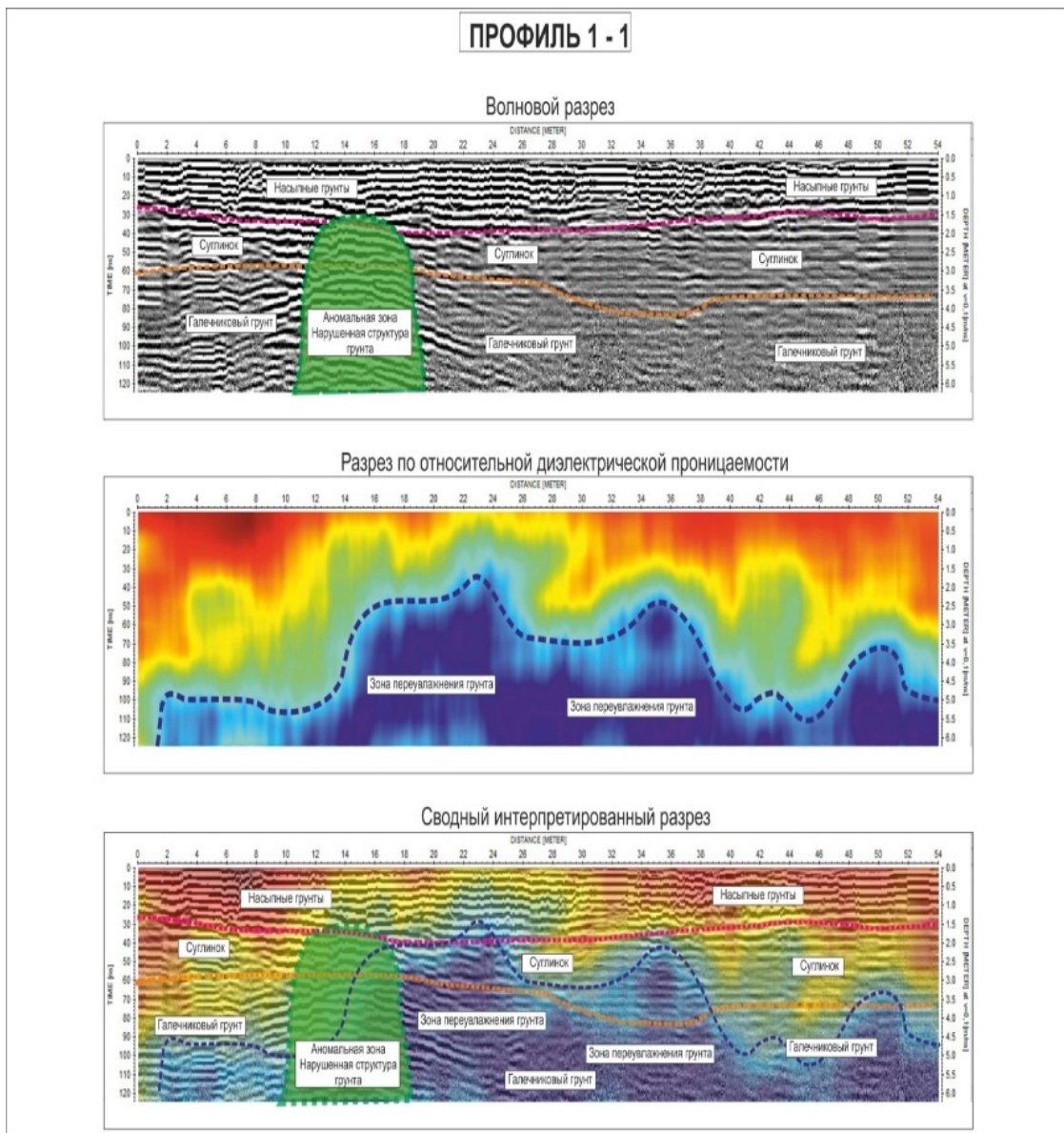


Рисунок 7 - Обработанный профиль ГРЛ за первой подпорной стеной

По результатам интерпретации ГРЛ-зондирования участка склона сразу за основной подпорной стеной, параллельно ее основанию отмечено (рис. 7):

- от поверхности до глубины 1,5 м.- насыпной грунт;
- 1,5 м. – 3,7 м. – суглинок;
- 3,7 м. – 6 и более - галечниковый грунт.

На расстоянии 10,5 м. - 18 м. от южной границы участка расположена зона грунтов с нарушенной структурой, кровля зоны залегает на глубине 1.5 м. и совпадает с нижней границей насыпного грунта. Мощность зоны более 6 м. Весь массив галечникового грунта обильно водонасыщен, подошва суглинков размыта. На основании интерпретации данных основных информационных профилей ГРЛ- зондирования сделаны следующие выводы:

- Геологический разрез исследуемого участка склона состоит из 3-х инженерно-геологических элементов:
- ИГЭ – 1 Насыпной грунт, мощность до 2,0 м.
- ИГЭ – 2 Суглинок, мощность от 1м. до 3,5 м.
- ИГЭ – 3 Галечниковый грунт с мощностью от 2,5 м. до 6 м. и более.

В теле склона наблюдаются 2 аномальных зоны с нарушенной структурой грунта, расположенные между первой и второй подпорными стенами. Первая (от южной границы) зона ориентирована на юго-запад, поднимается от первой подпорной стены до поверхности в районе второй. Вторая зона, расположенная севернее первой, имеет меньшие размеры, локализована на границе галечника и суглинков на глубине 3,5 м.- 5 м.

Весь массив галечниковых грунтов аномально переувлажнен.

Подошва слоя суглинков имеет избыточную влажность, перед первой подпорной стеной суглинки водонасыщены полностью.

Результаты проведенных геофизических исследований показывают, что применение метода георадиолокации в составе комплекса научно прикладных исследований позволяет достаточно однозначно решать задачи по определению: литологического разреза участка исследования, как с водной поверхности, так и с поверхности земли; зон влагонасыщения; зон разуплотнения грунтов; участков грунтов с нарушенной структурой; глубины и рельеф дна водоемов; глубины залегания подземных коммуникаций.

При комплексном обзорном анализе результатов инженерных изысканий ГРЛ-зондирование однозначно показывает пути сосредоточенной и направленной фильтрации, пространственное положение и величину оползневых тел, уровень грунтовых вод в пределах глубин исследования.

### Литература

1. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытания бетонов. Пер. с англ. М.: Стройиздат. 1974. 280 с.
2. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ. 2004. 153 с.
3. СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах». Астана, 2008.
4. Финкельштейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П. Применение метода радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / Под. ред. М.И. Финкельштейна. М.: Недра. 1986. 128 с.
5. СНиП РК 1.02-18-2004. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Астана, 2004.
6. СНиП РК 5.01-01-2002 «Основания зданий и сооружений». Астана, 2003.

## ОТРАЖЕНИЕ В ВОЛНОВОМ ПОЛЕ ВЫСОКО КОНТРАСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ЛЬДА

Кузьменков М.А., Шипунов Л.В.  
Snowfallandtea@mail.ru, Eazey2308@gmail.com  
ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан,  
Российская Федерация

### **Научный руководитель:**

*ведущий научный сотрудник Северо-Восточного комплексного научно исследовательского института им. Шило ДВО РАН, проф. кафедры горного дела Северо-Восточного государственного университета, д.г.-м.н. Седов Б.М.*

**Аннотация.** Исследовано поле ультразвуковых волн, в блоке льда на модели вертикальной трещины, с целью определения его реакции на высоко контрастные акустические неоднородности, являющиеся аналогами трещин, снижающих прочность твердых материалов и горных пород. Материалами моделирования для анализа являлись сейсмограммы ультразвуковых колебаний, позволившие выявить влияние на поле неоднородностей, имевших различное соотношение их размеров с длиной волн.

**Ключевые слова:** моделирование, ультразвук, волновое поле, акустические неоднородности, многоканальные сейсмограммы, лед.

О значении льда в Арктике, как оснований для временных сооружений и строительного материала нами отмечалось ранее [1, с. 94]. Для контроля однородности льда, определяющей его механические свойства, включая прочность, в качестве неразрушающихся методов контроля, возможно использование ультразвуковых волн, поле и скорости которых зависят от неоднородностей, попадающих в луче распространения колебаний от источника до приемника. Эти неоднородности оказывают влияние как на кинематические, так и на динамические (частота, амплитуда, соотношение амплитуд волн разных типов) характеристики колебаний. Определение их значений для продольных (P-wave) и Релеевских (R-wave) волн в однородном льду и являлось целью проведенных исследований. Отметим, что данные исследования являются пионерными, поскольку в них проведен анализ полного волнового поля, которое может быть выполнено лишь по многоканальным сейсмограммам. В известных нам публикациях сейсмические записи прежде не воспроизводились.

Модель представляла собой прямоугольный блок естественного льда размерами 20x20x40 см. По граням наибольшей площади были проведены профили по двум взаимопараллельным плоскостям: по верхней – А, и по нижней – Б.

Методика исследования рассматривалась ранее. [3, стр. 90].

Первой задачей было получение данных о волновом поле в модели льда, в которой искусственно имитировалось нарушение однородности. Для этого был сделан пропил во льду глубиной  $h = 15$  см и шириной  $s = 0.4$  см. (рис.1)

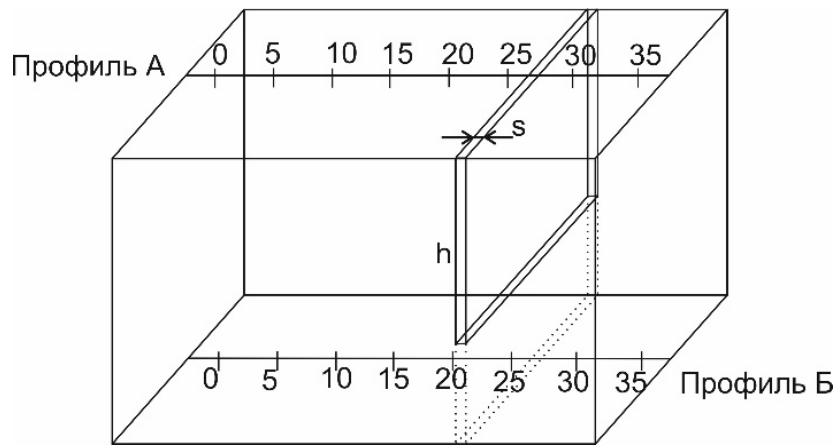


Рисунок 1 - Схема модели из льда с вертикальным пропилом

Пропил расположен между пикетами 25 и 30. Это дает возможность иметь более разряженную картину при построении сейсмограмм, и соответственно годографов для определения скоростей. Все это облегчает дальнейшую задачу выделения отраженных поверхностных волн во льду.

Сейсмограммы профилей были построены и обрабатывались по методике, использованной ранее [3, стр. 90] (рис. 2, 3).

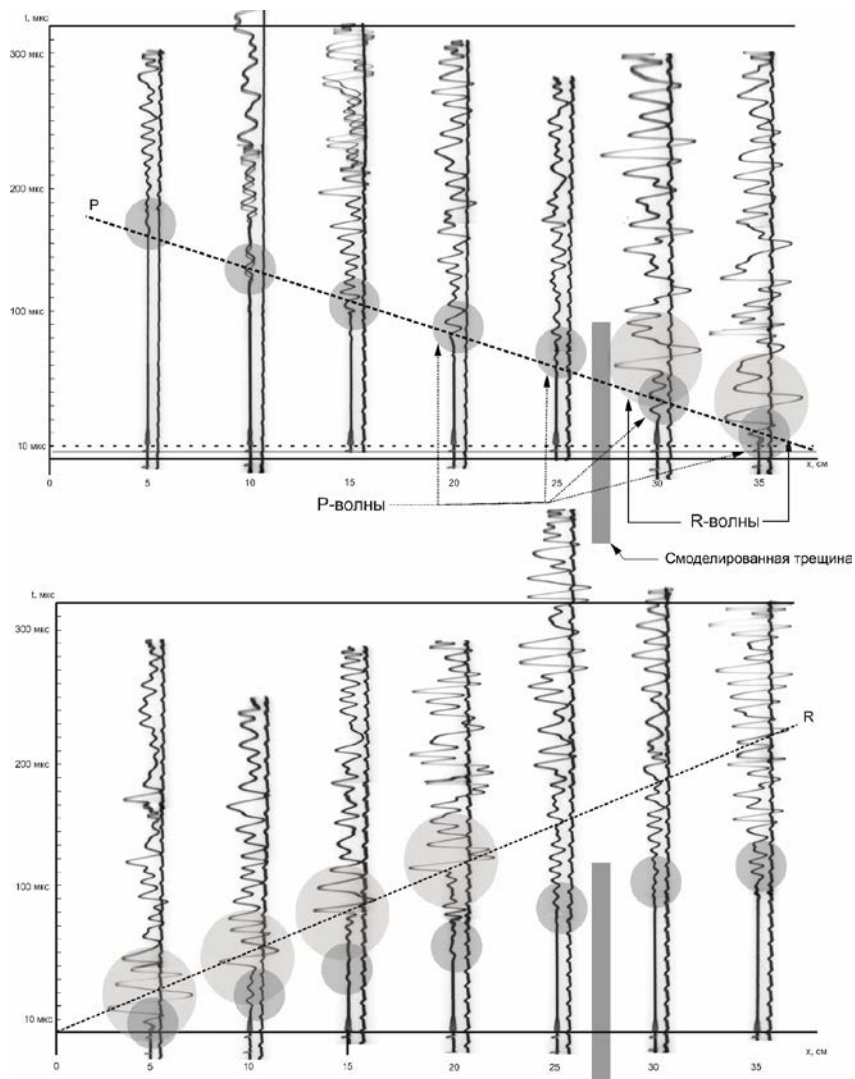


Рисунок 2 - Сейсмограммы профиля А модели льда с пропилом. Верхняя - пикет возбуждения находился на отметке 35 см. нижняя – в пикете на отметке 0 см.

Как видно на сейсмограмме профиля А, Р волны характеризуются низкоамплитудными колебаниями, отмечены кружком на рис.4 распространятся через пропил практически без каких-либо изменений волновой картины. Поверхностные (рэлеевские) волны на сейсмограмме регистрируются высокоамплитудными колебаниями, отмечены большими кружками на (рис.2). Они практически прекращаются отслеживаться на пикетах, расположенных в непосредственной близости с пропилом и за ним. Пунктиром отмечена линия годографа для продольной волны на сейсмограмме в случае возбуждении в пикете 35, для рэлеевской волны в случае встречного годографа (0).

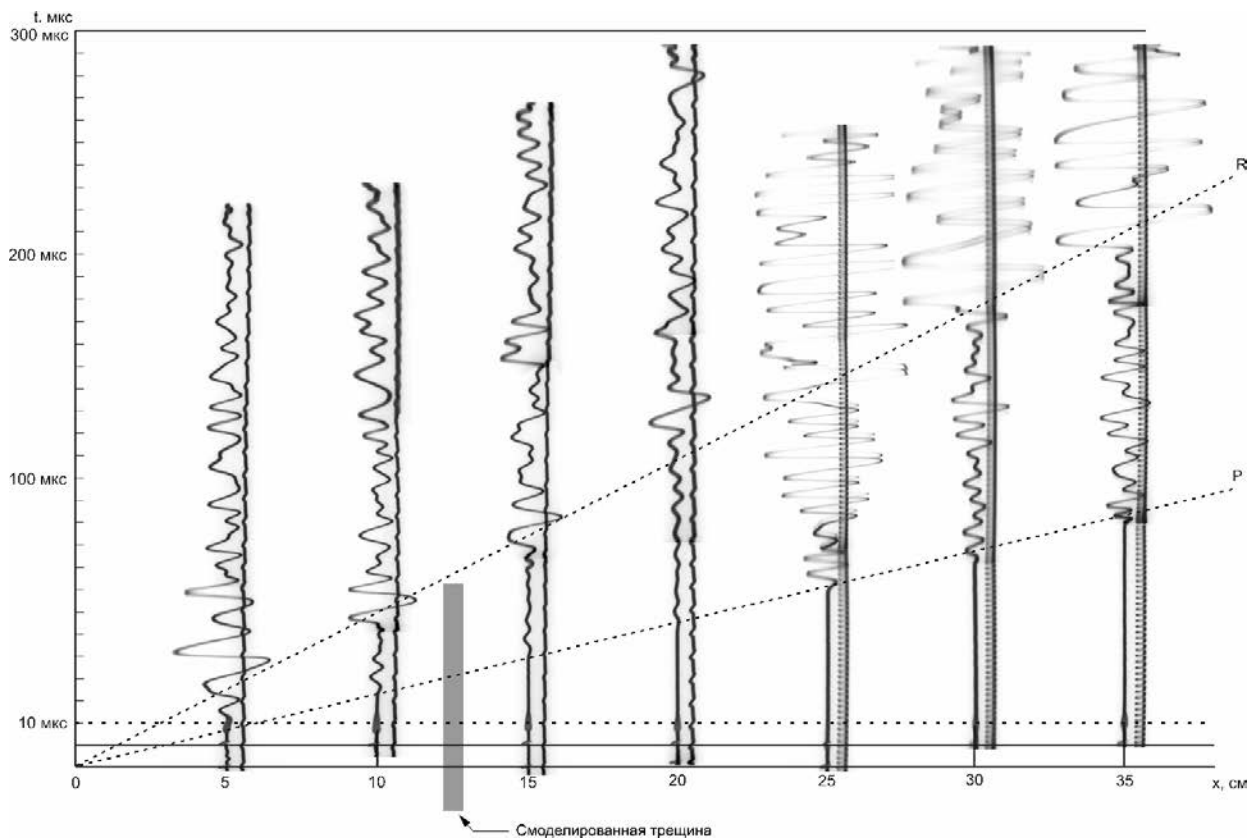


Рисунок 3 - Сейсмограмма профиля Б модели льда с пропилом расположенном на глубине  $h$  – 15 см от поверхности

Сейсмограмма по профилю Б (рис.3) показывает, что, не смотря на значительную глубину моделируемой трещины, видно, что она не оказывает существенного влияния на волновую картину по этому профилю. Видно, продольные волны, как и поверхностные по видны по всему профилю. Эти первые данные по реакции распространения поверхностных волн во льду, будут использованы для дальнейших исследований при различных глубинах и ширине пропила (трещины).

Значения прихода волн по каждой из полученных сеймотрасс представлены в виде годографов (рис. 4) и в таблице 1. Годографы рэлеевских волн для профиля А не могут быть полностью построены, так как данные для них были сняты не со всех пикетов. По небольшому количеству данных годографы строят, но они становятся непоказательными. При этом данные приведенные в таблице учитывались при сравнении с данными из предыдущих исследований.

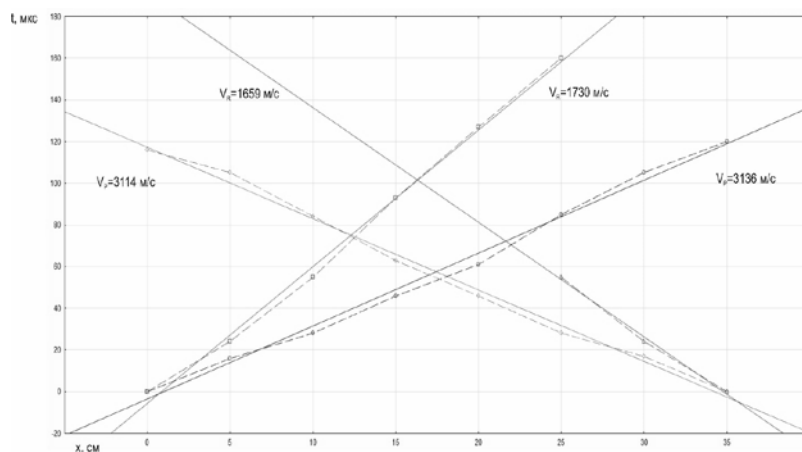


Рисунок 4 - Годографы волн: продольной P и рэлеевской R волн профиля А

Таблица 1 - Значения времени и скоростей волн по Профилям А и Б

Профиль А прямо					Профиль А обратно				
пикет	время, $t_p$ , с	скорость $V_p$ , м/с	время, $t_R$ , с	скорость $V_R$ , м/с	пикет	время, $t_p$ , с	скорость $V_p$ , м/с	время, $t_R$ , с	скорость $V_R$ , м/с
5	16	3125	24	2083	5	116	3017	-	-
10	28	3571	55	1818	10	105	2857	-	-
15	46	3261	93	1613	15	84	2976	-	-
20	61	3279	127	1575	20	63	3175	-	-
25	85	2941	160	1562	25	46	3261	-	-
30	105	2857	-	-	30	28	3571	55	1818
35	120	2917	-	-	35	17	2941	24	2083
Среднее знач.		3136		1730	Среднее знач.		3114		1950
Профиль Б прямо					Профиль Б обратно				
5	14	3571,4	30	1666,6	5	121	2892,5	208	1682,6
10	26	3846,1	57	1754,3	10	109	2752,2	176	1704,5
15	42	3571,4	91	1648,3	15	87	2873,5	148	1689,1
20	56	3571,4	124	1612,9	20	61	3278,6	117	1709,4
25	83	3012,0	157	1592,3	25	44	3409,0	90	1666,6
30	99	3030,3	181	1657,4	30	28	3571,4	55	1754,3
35	115	3043,4	208	1682,6	35	16	3125	24	1666,6
		3378,0		1659,2			3128,9		1696,2

Данное исследование позволяет заложить основы для дальнейших исследований. С учетом ранее полученных скоростей для Р и R волн, следует признать, что лед, учитывая его обрабатываемость, является исключительно благоприятным материалом для проведения моделирования акустических неоднородностей, с целью их последующей локации, в различных целях, не только включая моделирование, но и определения качества льдопородных массивов, по особенностям волнового поля.

### Литература

1. Богородский В.В., Гаврило В.П. Лёд: физические свойства. Современные методы гляциологии. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 384 с.
2. Зыков Ю.Д., Червинская О.П. Акустические свойства льдистых грунтов и льда. М.: Наука, 1989. 133 с.
3. Кузьменков М.А., Шипунов Л.В., Седов Б.М. Сейсмоакустические свойства льда по данным лабораторных исследований // Молодая наука – будущее Колымы. Материалы II обл. науч.-практ. конф. студенческой и учащейся молодежи Магаданской обл.: Сб. статей. Магадан: СВГУ. 2017. С. 90-93.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ЗАТУХАНИЮ ВИБРОКОЛЕБАНИЙ

Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы.П., Кынатова З.Р.

myrataly@rambler.ru, kulyyak@yandex.ru

Институт сейсмологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией инженерной сейсмологии и  
сейсмического микрорайонирования Института сейсмологии  
НАН КР, к.т.н. Камчыбеков М.П.*

**Аннотация.** В работе приведены результаты определения затухания вибраций, исходящих от работы строительного-дорожного катка на грунте.

**Ключевые слова:** вибрация, запись акселерограммы вибрации, преобладающая частота колебаний.

Любой вид транспорта является источником колебаний, передающихся через грунтовую среду на расположенные вблизи транспортных магистралей сооружения и вызывающих их вибрацию (транспортную вибрацию), которая сказывается как на техническом состоянии зданий, так и на санитарно-гигиенических условиях пребывания в них людей. По характеру передачи колебательной энергии на сооружение транспортная вибрация является кинематическим возмущением исследуемого сооружения [1].

То, что транспортная вибрация не приводит в настоящий момент к чрезвычайным ситуациям, в определенной степени объясняет и практическое отсутствие нормативов, регламентирующих ее интенсивность в численных оценках по критериям прочности и надежности охраняемых объектов.

Статистическое подобие колебаний грунта от движения транспорта и при землетрясениях приводит к целесообразности применить разработанные в сейсмостойком строительстве методы обработки и анализа данных к транспортной вибрации. Так, например, в работе [2] сообщается, что при проведении экспериментальных исследований было обнаружено уменьшение скачком амплитуды колебаний при прохождении волн через границу «грунт – фундамент». В работе [3] рассматривается воздействие городского наземного транспорта на конструкции зданий и сооружений городской застройки. На основе анализа результатов многочисленных натуральных измерений, выполненных в непосредственной близости от источников колебаний, автор построил обобщенные спектры динамического воздействия, распространяющегося от автотранспорта. Представлены формулы для расчета спектра динамического воздействия городского автотранспорта. Автор считает, что полученные результаты применимы для анализа динамического воздействия городского транспорта на строительные объекты на базе классических методов теории сейсмостойкого строительства. Как показывают экспериментальные измерения, вибрация, генерируемая в зданиях автомобильным движением, незначительна.

Целью данной работы является определение процесса затухания виброколебаний, исходящих от работы строительного-дорожного катка в зависимости от расстояния.

В соответствии с принятой методикой для измерений виброколебаний с регистрацией процессов нами был использован аппаратный комплекс, обеспечивающий неискаженное воспроизведение исследуемых исходных процессов. Работы подобного рода проводились и раньше [4,5,6,7]. Сейсмометрическая регистрация осуществлена компьютеризированными комплексами трехосевых акселерографов GMS-18 и Guralp CMG-5T.



Расположение точек наблюдений показано на рисунке 1 и в таблице 1:

- точка № 1 находится на расстоянии 6м от дороги. В качестве сейсмоприемников использовался трехкомпонентный акселерометр GMS-18.
- точка № 2 на расстоянии 9,5м от дороги. В качестве сейсмоприемников применялся трехкомпонентный акселерометр GMS-18
- точка № 3 расположена рядом с фундаментом жилого дома на расстоянии 13м от дороги.

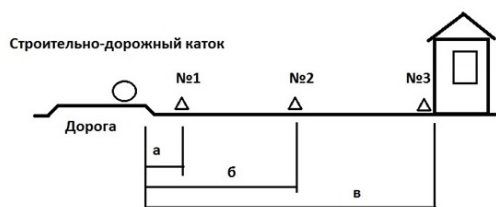


Рисунок 1 - Расположение точек и их номера. а – расстояние от дороги до точки №1; б – расстояние от дороги до точки №2; в – расстояние от дороги до точки №3

Таблица 1 - Расстояние точек наблюдений от дороги.

Расстояние сейсмических станций от дороги, метр	а	б	в
	6	9,5	13,0

В качестве вибратора был использован строительно-дорожный каток. На рисунке 2 показан внешний вид строительно-дорожного катка, а ниже приведено описание данной модели.



Рисунок 2 – Строительно-дорожный каток

Модель – SEM 520; рабочий вес (в кг) – 20000; модификация - полноприводный, гидравлический; рабочая масса 20000кг; нагрузка на передний барабан 13500кг; линейная нагрузка 612 Н/см; максимальная скорость 10 км/ч; преодолеваемый уклон 45; радиус поворота 6500 мм; частота вибрации (мин/макс) 28/33; амплитуда колебаний (макс/мин) 1,86/0,93; сила вибрации (макс/мин) 370/255 кН; диаметр барабана 1600 мм; ширина барабана 2130 мм.

На участке исследования уровень грунтовых вод залегает близко к поверхности. В соответствии со СНиП такие грунты относятся к III-категории по сейсмическим свойствам [8,9].

Запись виброколебаний проводилась в двух режимах работы строительно-дорожного катка: при максимальном и минимальном уровне режима. На рисунке 3-4 показаны запись вибраций и амплитудный спектр преобладающих частот, соответственно, при максимальном уровне работы строительно-дорожного катка.

На рисунке 3 записи  $z1_i$  – запись первой точки (красная линия),  $z2_i$ - запись второй (синяя линия),  $z3_i$ - запись третьей точки зеленая линия). На рисунке 4 амплитудных спектров  $S_{vy1}$  – амплитудный спектр виброколебаний с первой точки,  $S_{vy2}$  – амплитудный спектр

виброколебаний со второй точки,  $S_{vy3}$  – амплитудный спектр виброколебаний с третьей точки.

Из записи виброколебаний (рис.3) видно, что амплитуды колебаний на вертикальной составляющей записи в первой точке выше, чем на второй и третьей. К тому же, затухание колебаний от первой точки ко второй происходит намного быстрее, чем затухание виброколебаний от второй точки к третьей. На горизонтальных составляющих X и Y записи колебаний затухания амплитуд колебаний от второй точки к третьей практически нет.

На рисунке 4 амплитудного спектра прослеживается та же тенденция, т.е. затухание амплитуд колебаний на вертикальной составляющей Z от первой точки ко второй более резкое, чем от второй точки к третьей на горизонтальных X и Y составляющих спектра.

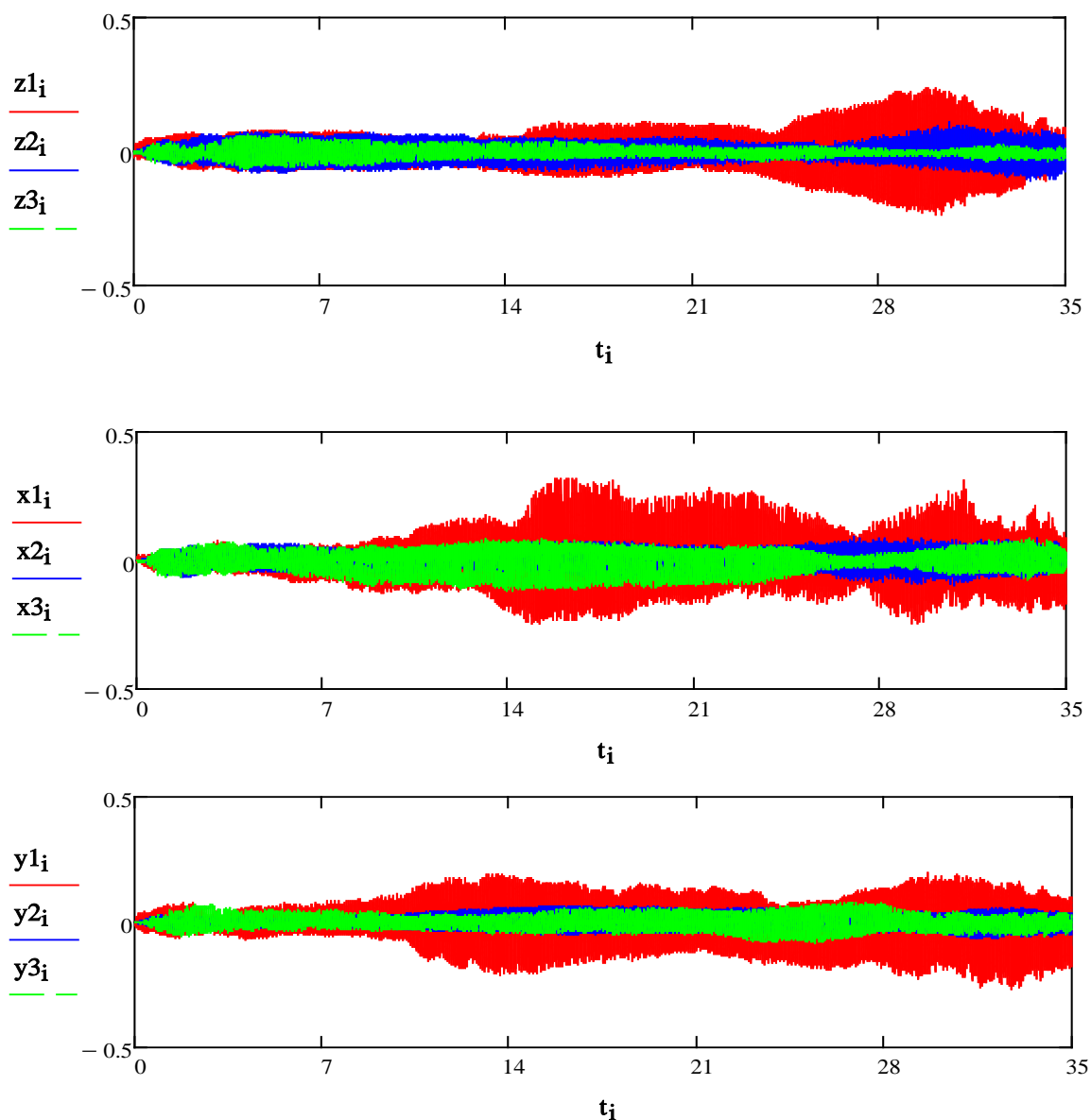


Рисунок 3 – Запись виброколебаний в точке №2 при максимальных виброколебаниях от строительного-дорожного катка: верхняя – вертикально к оси дороги; средняя - перпендикулярно. оси дороги; нижняя запись – параллельно дороге.  $t_i$  – время, секунды

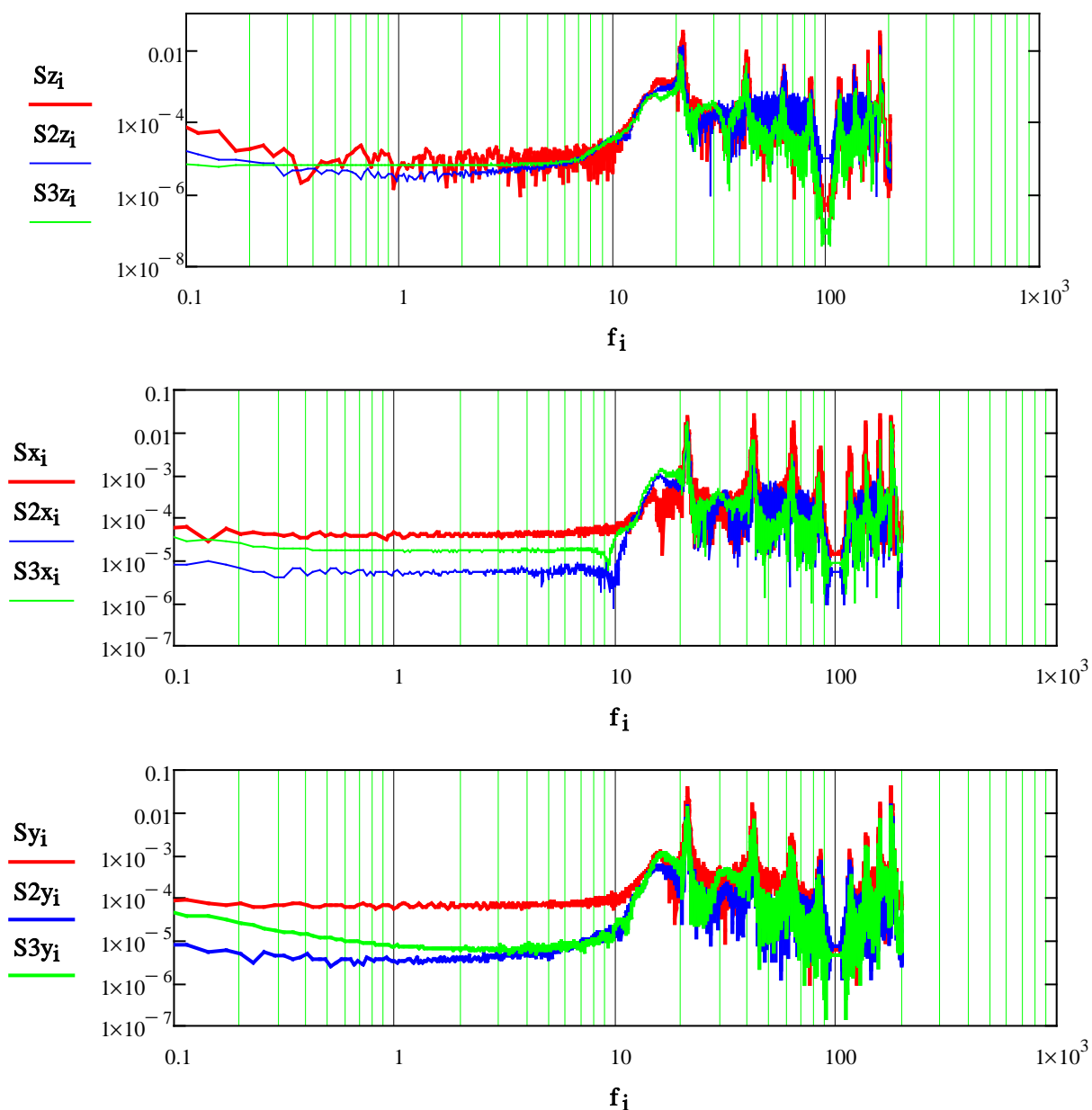


Рисунок 4 – Амплитудный спектр Фурье виброколебаний в точках при максимальных виброколебаниях от строительного-дорожного катка: верхняя – перпендикулярно оси дороги; средняя – параллельно дороге; нижняя запись – вертикально к дороге.  $f_i$  – частота, Гц

На рисунках 5 и 6 показаны запись вибраций и амплитудный спектр преобладающих частот вибраций, соответственно, при минимальном уровне работы строительного-дорожного катка.

При минимальном режиме работы строительного-дорожной техники затухание амплитуд виброколебаний на вертикальной составляющей  $Z$  от первой точки к второй происходит более плавно. Более резкое снижение амплитуд колебаний наблюдается на горизонтальных составляющих  $X$  и  $Y$  при переходе от первой точки ко второй, и совсем незначительное снижение амплитуд виброколебаний при переходе от второй точки к третьей. Аналогичное поведение затухания амплитуд колебаний наблюдается и на амплитудно-частотном спектре (рис. 6).

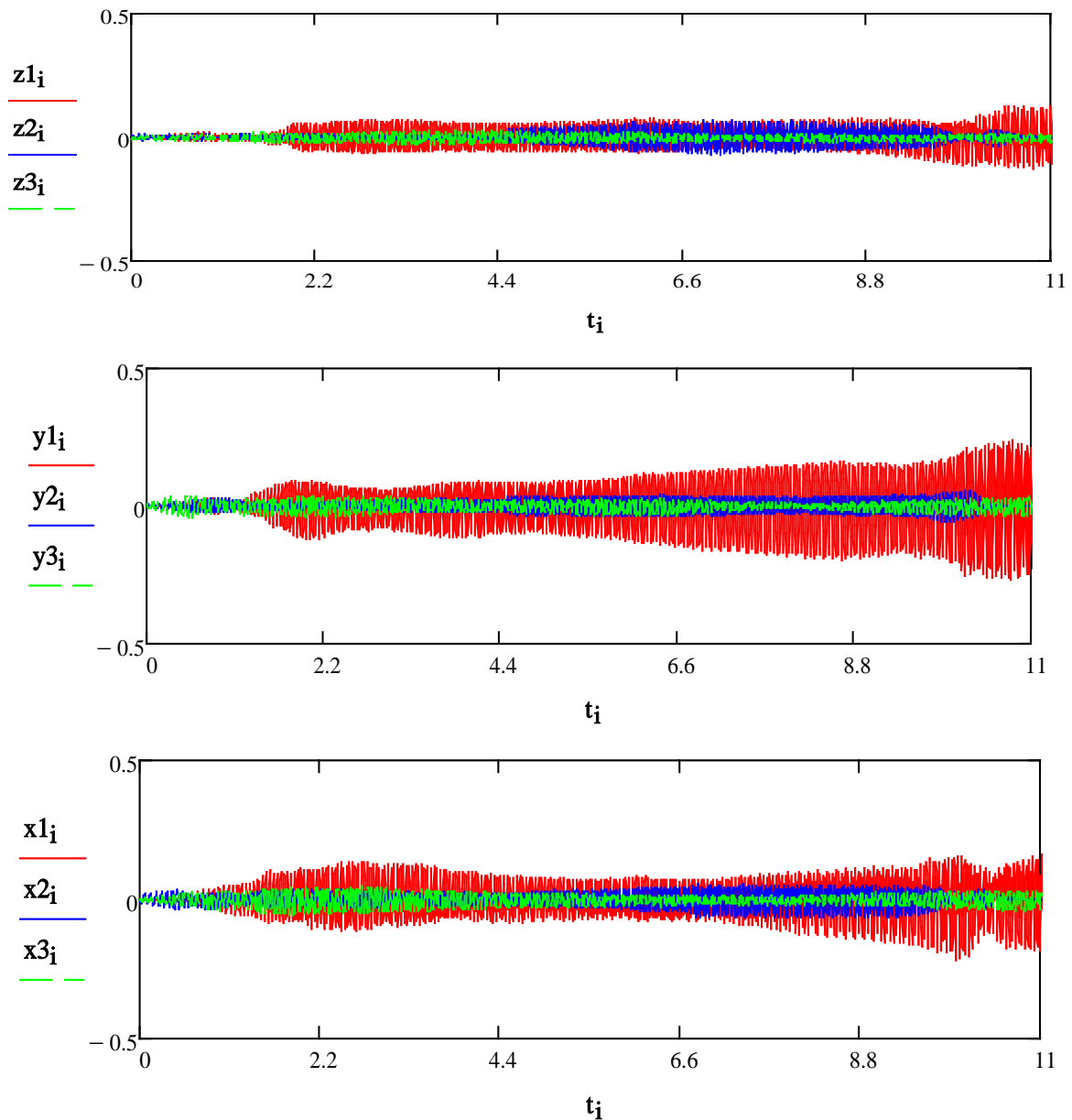


Рисунок 5— Запись вибраций при максимальном уровне работы строительного катка.  $t_i$  – время, секунды

На рисунке 6 видно, что по вертикальной составляющей спектра Z амплитуды на первой точке и второй ненамного отличаются. При переходе от второй точки к третьей снижение амплитуды колебаний более явное. На горизонтальных составляющих X и Y затухание амплитуд виброколебаний от первой точки к второй резкое, а уже от второй к третьей – более плавное.

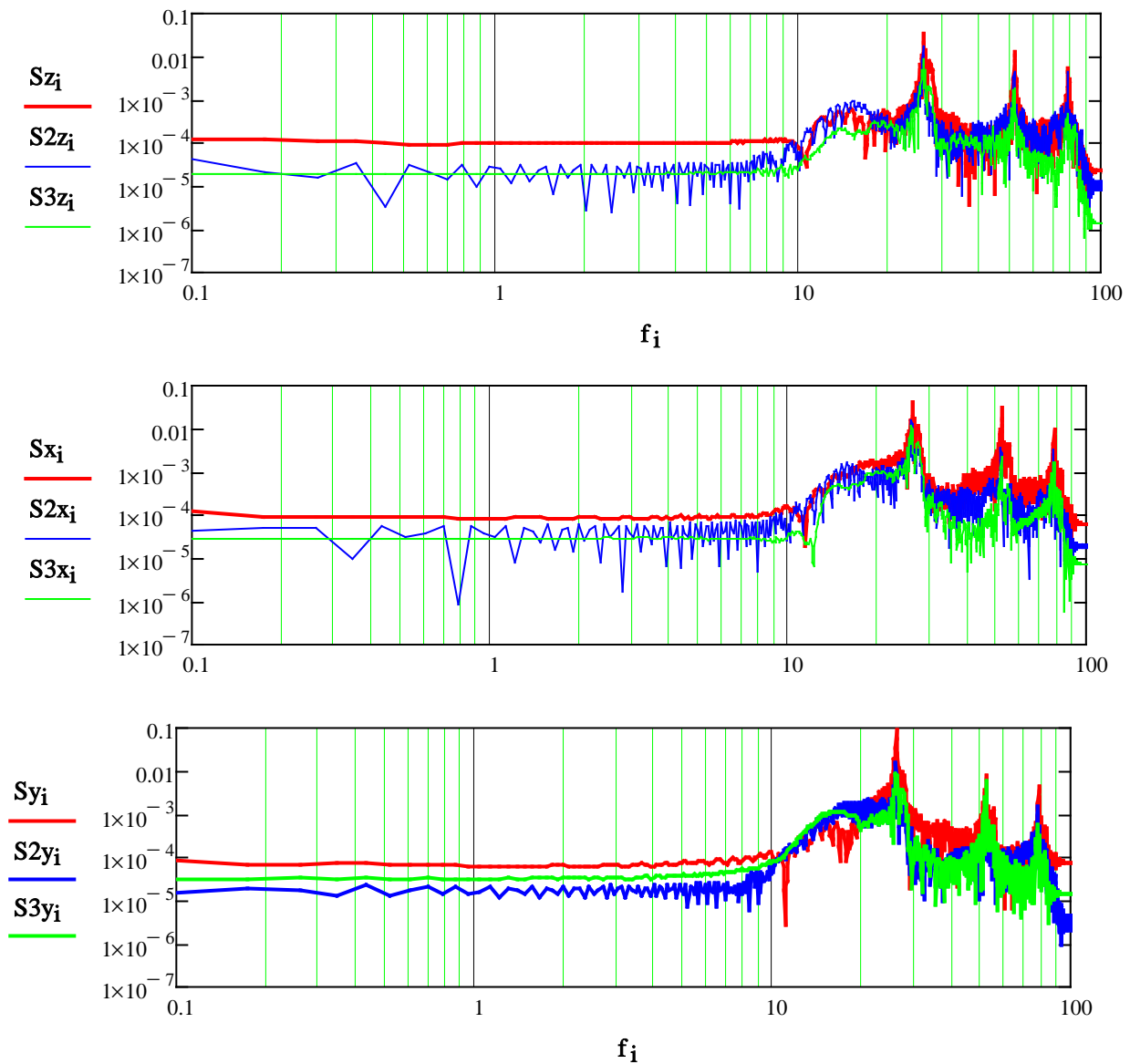


Рисунок 6 – Амплитудный спектр Фурье преобладающих частот вибраций при максимальном уровне работы строительного катка.  $f_i$  – частота, Гц

В таблицах 2 и 3 приведены максимальные значения амплитуд вибрационных колебаний и его преобладающие частоты при максимальном и минимальном режиме работы строительного катка соответственно.

Таблица 2 - Максимальные значения амплитуд вибрационных колебаний и его преобладающая частота при максимальном режиме работы строительного катка

Номер точек ,	Расстояние от дороги до точек, м	Перпендикулярно дороге, g	Преобладающая частота, Гц	Параллельно дороге, g	Преобладающая частота, Гц	Вертикально, g	Преобладающая частота, Гц
1	3,5	0,32	21,6; 42,6; 63,3	0,27	21,6; 42,6; 63,3	0,24	21,6; 42,6; 63,3
2	7	0,10		0,07		0,11	
3	13	0,12		0,09		0,07	

Таблица 3 - Максимальные значения амплитуд вибрационных колебаний и его преобладающая частота при минимальном режиме работы строительного катка

Номер точек ,	Расстояние от дороги до точек, м	Перпендикулярно дороге, g	Преобладающая частота, Гц	Параллельно дороге, g	Преобладающая частота, Гц	Вертикально, g	Преобладающая частота, Гц
1	3,5	0,2357	26,08; 52,15; 78,22	0,3105	26,08; 52,15; 78,22	0,23170	26,08; 52,15; 78,22
2	7	0,0647		0,0562		0,07330	
3	13	0,0605		0,0539		0,03764	

На рисунке 7 и 8 показаны графики затухания виброколебаний при максимальных и минимальных воздействиях по точкам 1, 2, 3. (перпендикулярный – перпендикулярно оси дороги; параллельный – параллельно дороге; вертикальный – вертикально к оси дороги).

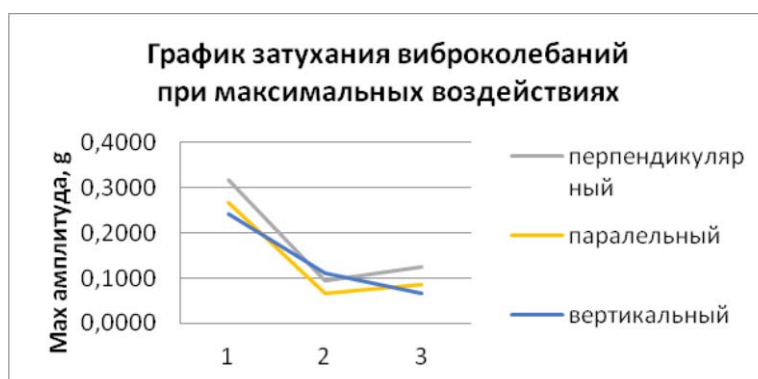


Рисунок 7 – График затухания виброколебаний при максимальных воздействиях по точкам 1; 2; 3. (перпендикулярный – перпендикулярно оси дороги; параллельный – параллельно дороге; вертикальный – вертикально к оси дороги)

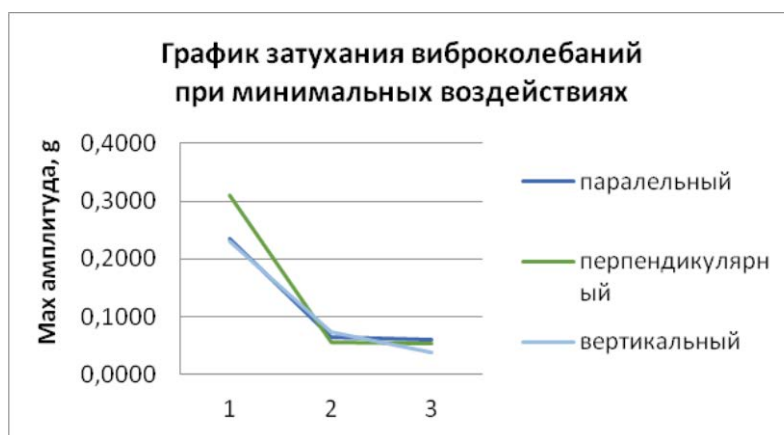


Рисунок 8 – График затухания виброколебаний при минимальных воздействиях по точкам 1;2;3

Полученные результаты показывает, что виброколебания от первой точки до второй, расстояние между которыми равно 3,5 м, затухают намного быстрее, чем от второй точки к третьей, расстояние между которыми также равно 3,5 м. Отсюда следует, что виброколебания на близком, к источнику вибраций, расстоянии затухают быстрее. С удалением от источника - затухание колебаний происходит медленнее

### Литература

1. Экспериментальная динамика сооружений. Мониторинг транспортной вибрации / Борисов Е.К., Алимов С.Г., Лысак Л.Г. и др. Петропавловск-Камчатский: Изд. Камчат. гос. техн. ун-та. 2007. 127 с.
2. Масленников Н.А. К вопросу о колебаниях зданий при прохождении транспорта // Стат. и динамические расчеты конструкций с учетом нелинейных свойств материалов. Л.: ЛИСИ, 1991. С. 20–23.
3. Makovicka D. Zatizeni stavebnich konstrukci seizmickymi usinky rodporvchove a rovchove dopravy (Динамическое воздействие транспорта на строительные объекты и конструкции) // Inz. Stavby. 1991. № 9. Р. 320–322.
4. Гончаров А.И., Куликов В.И., Эткин М.Б., Камчыбеков М.П. Сейсмический эффект Камбаратинского взрыва // Взрывное дело. М.: ЗАО «Межведомственная комиссия по взрывному делу при Академии горных наук». 2012. № 108-65. С. 348-361.
5. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы. Сейсмомикрорайонирование отдельных участков Верхне-Нарынского каскада ГЭС // Вестник института сейсмологии НАН КР. 2016. № 5. С. 35-45.
6. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы.П. Сейсморегистрация промышленного взрыва на карьере «Бозымчак», Кыргызстан // Вестник института сейсмологии НАН КР. 2016. № 1 (7). С. 40-48.
7. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы.П., Кынатов З.Р. Влияние грунтовых условий на сейсмический эффект на участке линии прохождения магистрального газопровода в западной части территории Чуйской впадины Кыргызстана. // Вестник института сейсмологии НАН КР. 2016. № 1 (9). С. 38-43.
8. СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах / Госстрой СССР. М.: АПП ЦИТП, 1991. 50 с.
9. СНиП КР 20-02:2009 Сейсмостойкое строительство / Госстрой КР. Бишкек. 2009. 103 с.

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С БЛОКАМИ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ГЕОЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ

Лашин О.А.  
legyss@mail.ru

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией перспективных аппаратурных разработок  
Научной станции РАН, старший научный сотрудник Ильичев П.В.*

**Аннотация.** В работе представлен результат лабораторного эксперимента по измерению уровня «структурных помех» в новом блоке управления и регистрации сигналов по сравнению с ранее изготовленным.

**Ключевые слова:** электроразведочный измерительный комплекс, электромагнитный мониторинг земной коры, блок управления и регистрации сигналов, шумоподобные сигналы.

В 2015 году были проведены лабораторные и полевые испытания электроразведочного измерительного комплекса с шумоподобными зондирующими сигналами (ЭРК ШПС) разрабатываемого в Научной станции РАН, г. Бишкек [1]. В результате экспериментов были выявлены так называемые «структурные помехи» [2], появляющиеся в процессе корреляционной обработки зарегистрированных шумоподобных сигналов. Наличие «структурных помех» потребовало подробного исследования причин их возникновения и проведения математического моделирования. Результаты такого моделирования показали, что основной причиной появления «структурных помех» являются нелинейность передаточных характеристик исследуемого объекта и измерительного тракта. Другими источниками «структурных помех» являются нестабильность временных параметров шумоподобных М-последовательностей, генерируемых измерительным комплексом и недостаточная синхронизация между сигналами, управляющими работой аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и формирующими зондирующие импульсы.

«Структурные помехи», как правило, представляют собой импульсы экспоненциальной формы, расположенные на получаемой после цифровой обработки зарегистрированных сигналов кривой становления поля. Временное расположение «структурных помех» на кривых становления поля зависит от структуры М-последовательности (разрядность, обратные связи в формирующей схеме), а их уровень от нестабильности временных параметров М-последовательности и коэффициента нелинейности измерительного тракта, включающего и исследуемый объект (земную кору). Несмотря на то, что уровень «структурных помех» достаточно мал, примерно на 80 дБ ниже максимального значения сигнала становления поля, эти помехи приводят к существенному ограничению возможностей использования шумоподобных сигналов в аппаратуре активной электроразведки из-за того, что на больших глубинах зондирования сигнал становления поля становится соизмеримым с уровнем этих помех.

По результатам проведенных лабораторных и полевых испытаний ЭРК ШПС и работ по математическому моделированию был сделан вывод о возможности частичного устранения причин появления «структурных помех», вызванных нестабильностью временных параметров М-последовательностей и недостаточной синхронизацией между сигналами, управляющими работой АЦП и формирующими зондирующие импульсы. В



связи с этим было принято решение о модернизации блока управления и регистрации сигналов (БУРС), являющегося главным блоком измерительного комплекса ЭРК ШПС в функции которого входят: настройка рабочих режимов; сохранение зарегистрированных данных на карту памяти (micro SD card); обеспечение синхронной работы, зондирующей и приемно-регистрирующей частей измерительного комплекса и высокой стабильности временных параметров М-последовательностей.

В новом БУРС [3] изготовленном в 2017 году достигнута высокая стабильность и точность временных параметров генерируемых сигналов за счет применения синхронных делителей частоты, работающих от одного единого стабильного источника тактовых импульсов. Для проверки эффективности принятых мер по снижению уровня «структурных помех» были проведены лабораторные испытания.

Основная цель лабораторных испытаний – численная оценка выигрыша в соотношении сигнал/«структурная помеха», вычисляемого по графику накопленной корреляционной функции для нового БУРС в сравнении с ранее изготовленным макетным образцом. Накопленная взаимно корреляционная функция представляет собой приближенную оценку импульсной переходной характеристики земной коры, которая моделируется с помощью специально разработанного имитатора сигналов [4, 5].

Схема для проведения лабораторного эксперимента по измерению соотношения сигнал/«структурная помеха» приведена на рис. 1. На рис. 1 упрощенно показан принцип действия имитатора сигналов (ИС). На ИС поступают два управляющих сигнала «MNG1» и «MNG2» отвечающих за формирования положительного и отрицательного импульсов напряжения (тока). Под воздействием управляющих импульсов «MNG1» и «MNG2» в ИС формируется биполярная М-последовательность характеристики которой задаются в БУРС. Для моделирования переходной характеристики земной коры в имитаторе сигналов используется инерционное интегрирующее звено первого порядка.

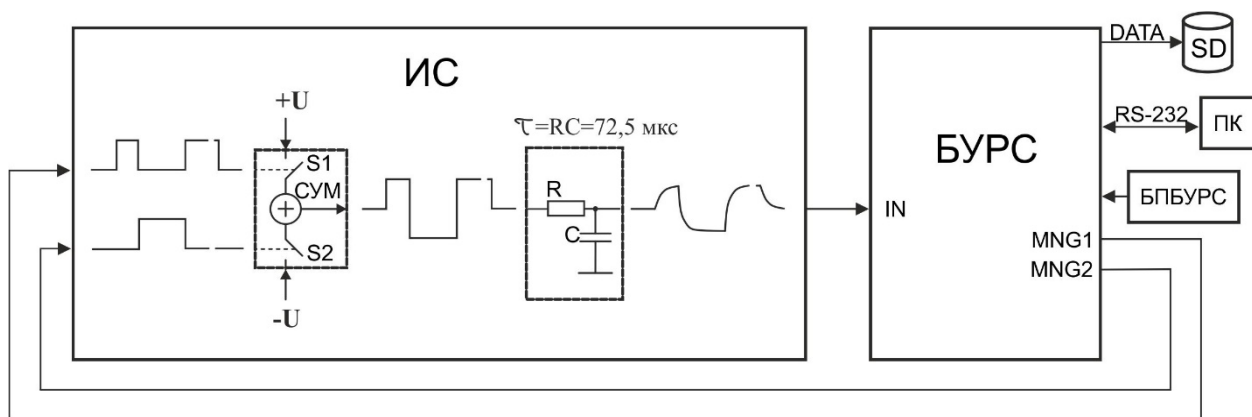


Рисунок 1 – Схема проведения лабораторного эксперимента по измерению соотношения сигнал/«структурная помеха»: ИС – имитатор сигналов; БУРС – блок управления и регистрации сигналов; БПБУРС – блок питания БУРС; SD – карта памяти (micro SD card); ПК – персональный компьютер

При выборе величины постоянной времени инерционного звена учитывались результаты экспериментов в ходе которых было выявлено, что уровень «структурных помех» значительно возрастает при повышении постоянной времени и снижается при ее уменьшении. Подобная зависимость уровня «структурных помех» от постоянной времени инерционного звена была получена в ходе математического моделирования. Моделирование показало, что при увеличении длительности фронта импульса, определяемого постоянной времени инерционного звена через которое прошел сигнал, количество отсчетов, приходящихся на фронт импульса возрастает и нелинейность измерительного канала регистрируется АЦП более точно. Если же нарастающий и спадающий фронт сигнала будут очень короткие, меньше одной дискреты по времени, то нелинейные свойства

измерительного канала остаются практически невидимыми для АЦП, входящего в состав БУРС.

При лабораторных испытаниях использовалась М-последовательность у которой длительность минимального импульса составляла примерно 73,2 мкс. Поэтому для получения минимального соотношения сигнал/«структурная помеха» постоянная времени выбрана максимально возможной (72,5 мкс), при этом амплитуда самых коротких импульсов М-последовательности составит 63 % от максимальной. Если использовать большую постоянную времени, то уровень полезного сигнала (становление поля) значительно снижается, так как амплитуда большей части импульсов М-последовательности не достигает максимального значения. Поэтому постоянную времени при которой амплитуды самых коротких импульсов в М-последовательности составляют 63 % от максимума следует считать оптимальной.

Для получения сравнительных соотношений сигнал/«структурная помеха» измерения проводились на новом и ранее изготовленном макетных образцах БУРС. При этом соблюдались одинаковые условия эксперимента: одни и те же постоянная времени инерционного интегрирующего звена первого порядка и уровень входных сигналов, генерируемых в ИС. Фрагменты графиков накопленной взаимно корреляционной функции, полученные на новом и ранее изготовленном макетных образцах БУРС показаны на рис. 2. Для визуальной оценки снижения уровня «структурных помех» графики выполнены в одинаковом масштабе. На графиках по оси ординат приведены значения функций в единицах (дискретах) АЦП, а по оси абсцисс в дискретах времени.

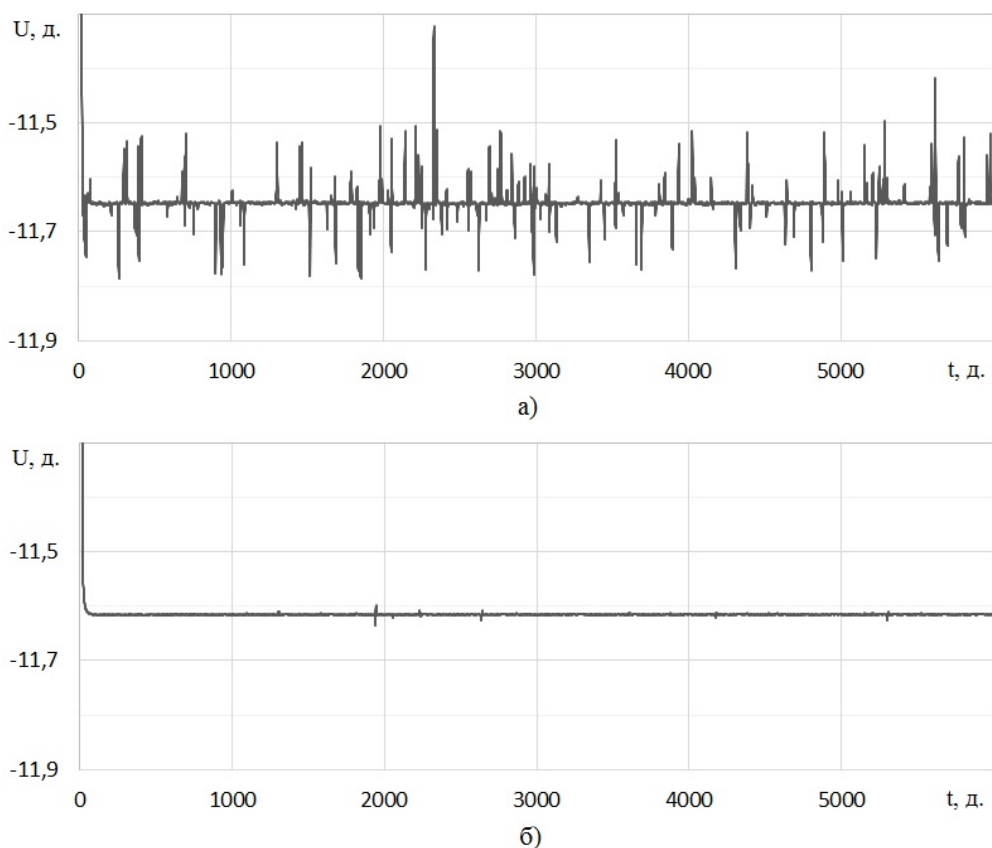


Рисунок 2 – Фрагменты графиков накопленной взаимно корреляционной функции, полученные с использованием: а) ранее изготовленного макета БУРС и б) нового макета БУРС

Из графиков, приведенных на рис. 2 видно, что уровни «структурных помех» в новом БУРС значительно ниже (на порядок) по сравнению с ранее изготовленным. Полученный

результат свидетельствует о том, что цель по снижению уровня «структурных помех» достигнута.

Таким образом, применение нового БУРС в составе ЭРК ШПС позволило увеличить динамический диапазон всей системы на 20 дБ.

### Литература

1. Ильичев П.В., Бобровский В.В. Применение шумоподобных сигналов в системах активной геоэлектроразведки (результаты математического моделирования и полевого эксперимента) // Сейсмические приборы. 2014. Т. 50. № 2. С. 5-19.
2. Копылов Е.Ю. Исследование причин появления «структурных помех» в электроразведочном комплексе с шумоподобными сигналами // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. VIII Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2016. С. 128-135.
3. Лашин О.А. Разработка блока управления и регистрации сигналов для геоэлектроразведочного измерительного комплекса с шумоподобными сигналами // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов IX Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2017. С. 84-92.
4. Копылов Е.Ю. Имитатор сигналов для электроразведочного измерительного комплекса // Вестник КРСУ. 2016. Т. 16. № 5. С. 146–150.
5. Копылов Е.Ю. Физическое моделирование сигналов электроразведочного измерительного комплекса с помощью специализированного имитатора // XVII Уральская молодёжная научная школа по геофизике. Екатеринбург. 2016. С. 98-101. URL: <http://www.igeoph.net/Seminary/umgsh2016/umgsh2016.pdf>.

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СКОРОСТЕЙ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ**

Мирзаев М.А., Кучкаров К.И.

murod1984@mail.ru

Институт сейсмологии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

### ***Научный руководитель:***

*заведующий лабораторией региональной сейсмичности и*

*сейсморайонирования Института сейсмологии,*

*д.ф.-м.н., проф. Артиков Т.У.*

**Аннотация.** Установлены региональные закономерности затухания спектральных амплитуд скоростей колебаний грунта с расстоянием. Для землетрясений различного энергетического уровня получены очаговые спектры. Проведена вероятностная оценка сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в спектральных амплитудах скоростей колебаний грунта. Для ряда населенных пунктов определены предельные значения спектральных амплитуд, которые с заданной вероятностью не будут превышены в течение 50 лет.

**Ключевые слова:** скорость колебаний грунта, велосиграмма, спектральные амплитуды, сейсмические воздействия, сейсмическая опасность, сейсмическое районирование

Количественные характеристики сейсмической опасности в спектральных показателях сейсмических воздействий необходимы для сейсмостойкого строительства. В зависимости от преобладающего периода сейсмических колебаний при конкретном землетрясении, вызываемые им сейсмические воздействия на конструкции различного типа будут существенно отличаться между собой. Наибольшее распространение в странах ближнего и дальнего зарубежья к настоящему времени получили спектральные оценки сейсмической опасности, основанные на анализе записей ускорений колебаний грунта [1-8 и др.]. В работах [7-9 и др.] высказывается аргументированное мнение о том, что количественные характеристики интенсивности сейсмических воздействий, базирующиеся на интерпретации записей скоростей колебаний грунта, представляют не меньший научный и практический интерес для построения количественных оценок сейсмической опасности.

Региональной сетью сейсмических станций, функционирующей в настоящее время на территории Узбекистана, осуществляется регистрация землетрясений, основанная на цифровой записи скоростей колебаний грунта. Накопленный статистически представительный материал инструментальных записей колебаний грунта в широком диапазоне эпицентральных расстояний и магнитуд происшедших землетрясений позволяет получить региональные зависимости затухания интенсивности сейсмических воздействий, и провести на их основе районирование сейсмической опасности территории в спектральных характеристиках скоростей колебаний грунта.

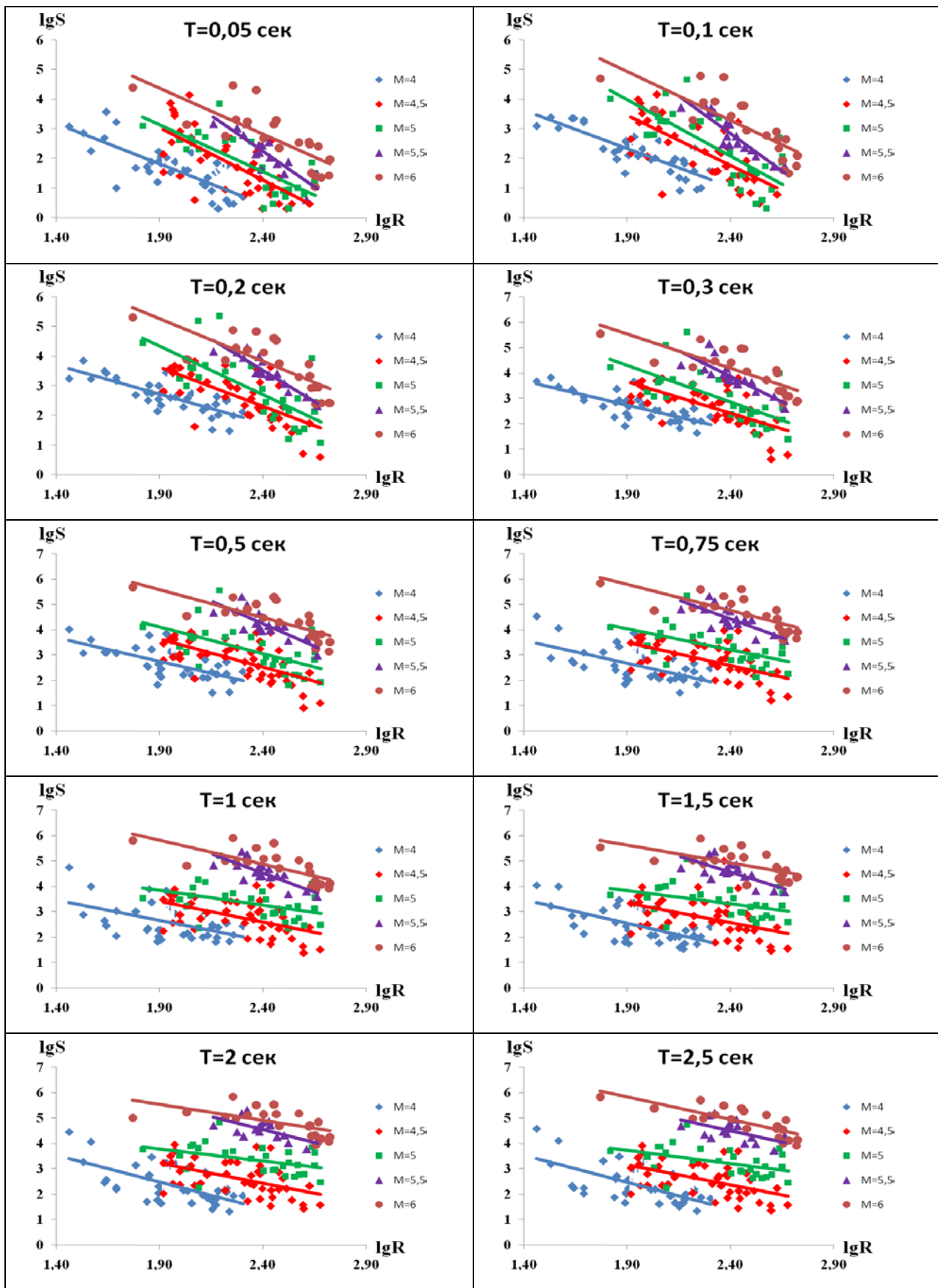


Рисунок 1 – Экспериментальные данные значений логарифма спектральных амплитуд  $lgS$  (мкрн/сек), зарегистрированных на различных эпицентральных расстояниях  $R$ (км) в каждой магнитудной группе землетрясений и их линейная аппроксимация

Проанализирован спектральный состав скоростей колебаний грунта от землетрясений в диапазоне магнитуд  $M=3.8-6.2$ , произошедших в пределах Западного Тянь-Шаня на эпицентральных расстояниях  $R \leq 500$  км (около 200 спектров). Вся совокупность велосиграмм была разбита на магнитудные группы с градацией в пол магнитуды. Отбирались компоненты записей землетрясений с наибольшей зарегистрированной амплитудой S-волны. Анализировались амплитуды спектра на периодах колебаний от  $T=0,05$  сек до  $T=2,5$  сек. На рисунке 1 приведены экспериментальные значения логарифма спектральных амплитуд скоростей колебаний грунта  $lgS$  (мкрн/сек) на различных эпицентральных расстояниях  $R$ (км) от очага землетрясения в каждой магнитудной группе землетрясений  $M$  и, для каждого из рассматриваемых периодов колебаний  $T$ , показана их линейная аппроксимация.

Спадание спектральных амплитуд с ростом эпицентрального расстояния для каждого фиксированного периода колебаний  $T$  слабо зависит от магнитуды землетрясения. Вместе с тем, для каждой фиксированной магнитуды  $M$  с увеличением периода колебаний  $T$  в зависимости  $lgS=f(R)$  отмечается уменьшение наклона графика прямой линии. Известно [3,7,8,9], что поведение как самих амплитуд скоростей и ускорений колебаний грунта, так и их спектральных составляющих, существенно отличается для ближней зоны, соизмеримой с размером очага, и на периферии. В ближней зоне, как правило, наблюдается слабая зависимость амплитуд спектра от расстояния, в дальней зоне – амплитуды скоростей колебаний грунта затухают экспоненциально. Большинство из используемых нами данных относилось к дальней зоне. Поэтому сначала были определены законы затухания спектральных амплитуд в дальней зоне, а затем, с учетом размеров ближней зоны, по полученным зависимостям рассчитывались значения спектральных амплитуд в очаговой зоне.

По всей совокупности экспериментальных данных методом наименьших квадратов были получены следующие выражения для затухания различных спектральных компонент скоростей колебаний грунта в дальней зоне:

$lgS_{0,05}=1,021M-3,000lgR+3,225$	$lgS_{0,75}=1,316M-1,767lgR+0,193$
$lgS_{0,1}=1,072M-3,162lgR+3,867$	$lgS_{1,0}=1,328M-1,556lgR-0,319$
$lgS_{0,2}=1,073M-2,575lgR+3,074$	$lgS_{1,5}=1,402M-1,399lgR-1,161$
$lgS_{0,3}=1,184M-2,318lgR+2,123$	$lgS_{2,0}=1,443M-1,434lgR-1,447$
$lgS_{0,5}=1,260M-2,009lgR+1,056$	$lgS_{2,5}=1,464M-1,557lgR-1,386$

где расстояние  $R$  выражено в километрах, а амплитуда спектра скоростей колебаний грунта  $S$  - в микронах в секунду.

С ростом периода колебаний магнитудный коэффициент  $a$  возрастает, а коэффициент затухания  $b$ , напротив, уменьшается. То есть с ростом магнитуды землетрясения удельный вес низкочастотных колебаний в общем сигнале повышается, а затухание длиннопериодных волн с расстоянием происходит медленней высокочастотных колебаний.

Экстраполируя полученные зависимости на расстояния ближней зоны, для землетрясений различных магнитуд была получена система очаговых спектров. На рисунке 2 приведены очаговые спектры скоростей колебаний грунта для землетрясений с магнитудами  $M=5-7$  и показаны особенности их трансформации с удалением от источника.

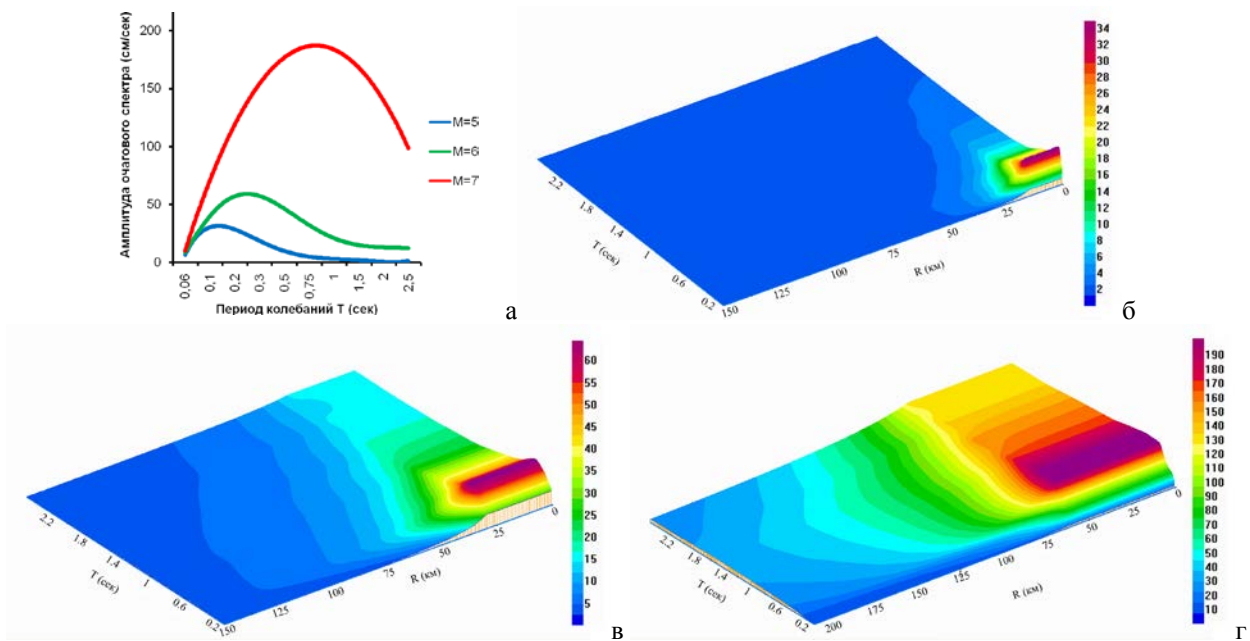


Рисунок 2 – Очаговые спектры землетрясений с магнитудой  $M=5-7$  (а) и их трансформация с удалением от источника (б, в, г)

С ростом магнитуды землетрясения очаговый спектр расширяется, увеличивается по амплитуде, а его максимум сдвигается в область низких частот. Для землетрясений больших магнитуд амплитуда низкочастотной компоненты в дальней зоне может превышать таковую в ближней зоне, в то время как высокочастотные колебания происходят в достаточно ограниченной области.

Полученные зависимости затухания спектральных амплитуд скоростей колебаний грунта с расстоянием для землетрясений различного энергетического уровня были использованы для оценки сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана.

В качестве модели источников землетрясений использована модель сейсмогенирирующих зон территории Узбекистана и сопредельных с ним территорий [10]. Сейсмологическая параметризация сейсмогенных зон, состоящая в определении их основных долговременных сейсмологических характеристик: сейсмической активности, угла наклона графика повторяемости землетрясений различного энергетического уровня, сейсмического потенциала каждой зоны, преобладающего типа подвижки в очаге и др., проведена в [11].

Для каждого периода сейсмических колебаний  $T=0,05 - 2,5$  сек выделены зоны равной вероятности не превышения в них максимального уровня сейсмических воздействий в течение 50-ти лет. Карты, отвечающие вероятностям  $P=0.9$ ;  $P=0.95$  и  $P=0.98$  для периодов колебаний  $T=0,1$  сек,  $T=0,3$  сек,  $T=0,5$  сек и  $T=1$  сек изображены на рисунке 3.

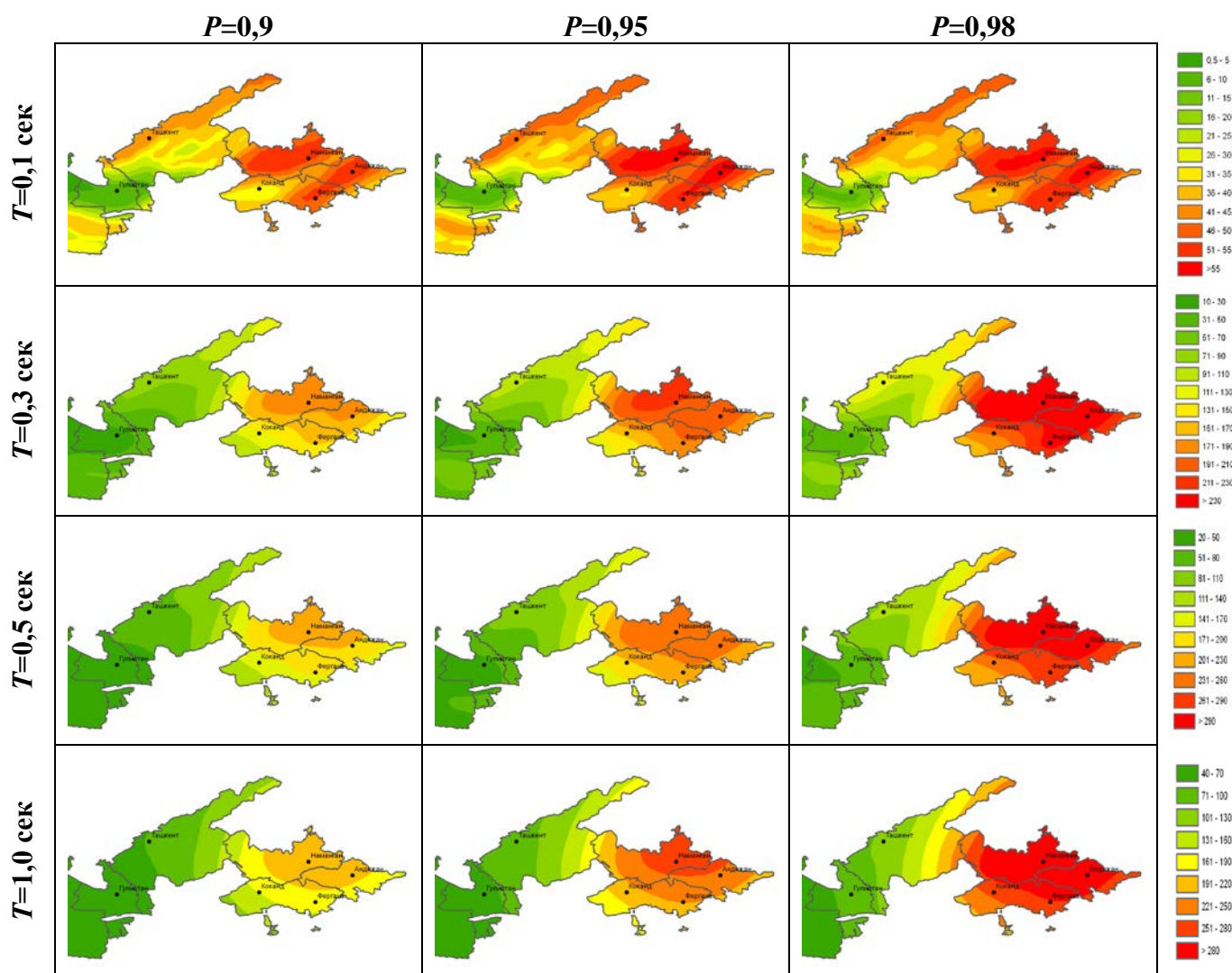


Рисунок 3 – Вероятностные оценки сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в спектральных амплитудах скоростей колебаний грунта

Для периода колебаний  $T=0,1$  сек. они достаточно структурированы, сохраняя в изолиниях конфигурацию сейсмических источников. Но, в отличие от карт, выражающих сейсмическую опасность в спектральных амплитудах ускорений колебаний грунта [3-4], с увеличением периода колебаний  $T$ , в построенных картах конфигурация изолиний существенно отклоняется от конфигурации сейсмических источников. Это связано с более медленным затуханием низкочастотных колебаний скоростей колебаний грунта по сравнению с аналогичными параметрами сейсмических ускорений. Поэтому, для периодов колебаний  $T=0,5$  сек и  $T=1$  сек. большие значения спектральных амплитуд в высокоэнергетичных сейсмогенирующих зонах Ферганской межгорной впадины прослеживаются на значительном удалении от сейсмогенных зон.

На рисунке 4 приведены сотрясаемость спектры некоторых городов Приташкентского района и Ферганской межгорной впадины. Они показывают пороговые значения спектральных амплитуд, которые с заданной вероятностью  $P$  не будут превышены в течение определенного промежутка времени. Эти спектры отвечают периодам повторения сейсмических сотрясений один раз в  $\tau=500$ ,  $\tau=1000$  и  $\tau=2500$  лет, что при переходе к вероятности не превышения сейсмического воздействия в течение 50 лет соответствует вероятностям  $P=0,9$ ;  $P=0,95$  и  $P=0,98$  соответственно.



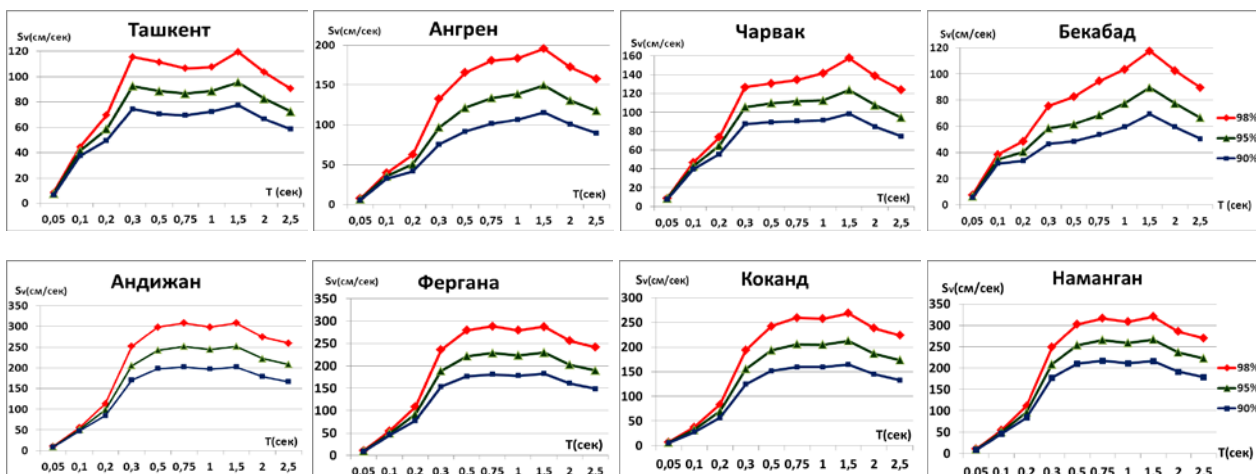


Рисунок 4 – Сотрясаемостные спектры некоторых населенных пунктов Приташкентского района и Ферганской межгорной впадины

Для Чарвака, и в особенности для Ташкента, наблюдаются два отчетливых, соизмеримых по величине максимума на периодах колебаний  $T=0,3$  сек и  $T=1,5-2,0$  сек. Первый высокочастотный максимум связан с проявлением локальных землетрясений, происходящих непосредственно в пределах Приташкентской флексурно-разрывной зоны (таких как Ташкентское землетрясение 1966 года, Назарбекское 1980 года и др). Второй максимум для периода колебаний  $T=1,5-2,0$  сек. свидетельствует о том, что низкочастотные колебания от транзитных землетрясений могут иметь также достаточно высокую амплитуду, как это было при далеком, но очень сильном ( $M=7,6$ ) Чаткальском землетрясении 1946 года. Макросейсмический эффект от каждого из упомянутых здесь землетрясений был примерно одинаковый и составлял 7-8 баллов по шкале MSK-64. В случае близких землетрясений отмечались высокочастотные колебания, а при отдаленных землетрясениях - практически такие же по амплитуде низкочастотные колебания.

Для городов Ферганской межгорной впадины сотрясаемостные спектры достаточно похожи по форме, но существенно различаются по амплитуде. Сейсмическая опасность города Коканд ниже, чем городов Андижан, Фергана и Наманган, что достаточно отчетливо видно и на амплитудах спектров. Вместе с тем, соизмеримые по величине значения спектральных амплитуд на периодах колебаний  $T=0,5-1,5$  сек, говорят о том, что каждый из этих населенных пунктов в одинаковой степени подвержен воздействию как локальных, так и сильных транзитных землетрясений.

## Литература

1. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избранные труды. М.: Наука, 1985. 408 с.
2. Дронов А.Ф., Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Дреннова Н.Н. Основные параметры спектров ускорений при землетрясениях с  $M \geq 5$  для Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 5. С. 984-994.
3. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С. Спектральная сотрясаемость территории Восточного Узбекистана // Геология и минеральные ресурсы. 2007. № 1. С. 45-49.
4. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф. Сейсмическая опасность территории Узбекистана. Ташкент: ФАН. 2012. 254 с.
5. Parolai S., Bindi D. et al. Probabilistic seismic hazard assessment for Central Asia // Annals of geophysics. Special Issue, 58, 1, 2015, S0103; doi:10.4401/ag-6687.
6. Lindholm C., Abdrahmatov K., Mihailova N., Ischuk A., Ibragimov R. Earthquake hazard and risk assessment in Kyrgyzstan and Tajikistan with cooperation to Afghanistan and Uzbekistan 2011-2014. Norwegian Ministry of Foreign Affairs. 49 p.

7. Akkar S., Bommer J.J., 2010. Empirical equations for the prediction of PGA, PGV and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean and the Middle East. *Seismological Research Letters* 81(2), p. 195–206.
8. Чернов Ю.К. Сильные движения грунта и количественная оценка сейсмической опасности территорий. Ташкент: Фан, 1989. 295 с.
9. Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. М.: ООО «Наука и образование». 2012. 176 с.
10. Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.О., Ибрагимов О.Р. Сеймотектонический метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования // Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. Ташкент: Гидроингео. 2002. С. 59-74.
11. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Сейсмологические характеристики сейсмогенных зон территории Узбекистана // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2010. № 2. С. 24-30.

## СТАНЦИИ МОНИТОРИНГА ИГИ В РЕГИСТРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Мусрепов А.В., Соколов А.Н.

amusrepov@kndc.kz, asokolov@kndc.kz

Институт геофизических исследований МЭ РК, г. Алматы, Казахстан

### **Научный руководитель:**

*директор Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации РГП Института геофизических исследований МЭ РК, д.ф.-м.н. Михайлова Н.Н.*

**Аннотация.** Мониторинг сейсмичности Западного Казахстана выявил значительное количество землетрясений в районах, которые традиционно считались асейсмичными, эпицентры событий приурочены к местам активного техногенного воздействия. Используя современные инструментальные данные по региональной сети мониторинга, а также данные международных сейсмологических центров данных, исследованы техногенные землетрясения на месторождениях углеводородного сырья (нефтегазовое месторождение Тенгиз, газоконденсатное Жанажол). Рассматриваются возможные причины их возникновения.

**Ключевые слова:** сейсмический мониторинг, нефтегазовое месторождение, техногенные сейсмические события.

**Введение.** Начиная с 1994 года, на территории Казахстана успешно функционирует сеть мониторинга Института геофизических исследований (ИГИ), состоящая в основном из чувствительных сейсмических групп различной конфигурации [1]. Сейсмические станции сети ИГИ расположены по периметру Казахстана и одна трехкомпонентная станция расположена в центре (рисунок 1). Открытие новых станций в слабосейсмичных районах позволило регистрировать сейсмические события различной природы: карьерные взрывы, тектонические, техногенные и природно-техногенные землетрясения. В Западном Казахстане до 1994 года отсутствовали регулярные сейсмические наблюдения. В 1994 году в районе хр. Мугоджары была введена в эксплуатацию сейсмическая станция Актюбинск АКТК, на месте которой в 2005 г. была установлена вспомогательная станция IMS (AS059) [1]. В 2003 г. открыта малоапертурная сейсмическая группа Акбулак (ABKAR) [2].

До недавнего времени Западный Казахстан считался асейсмичным, однако землетрясение 26 апреля 2008 года, в районе озера Шалкар, с интенсивностью в очаговой зоне 7 баллов, показало, что в Западном Казахстане существует сейсмическая опасность [3]. В апреле 2004 г., а также в апреле 2016 вблизи г. Рудный произошли землетрясения с магнитудами более 3, которые ощущались в г. Рудный (3 балла), с большой вероятностью, эти землетрясения являются природно-техногенными [4]. Кроме того, в СМИ поднимается вопрос о возможности сильных землетрясений в Западном Казахстане в связи с активной добычей нефти и газа в этом регионе. В связи с этим, исследование естественной и техногенной сейсмичности актуально и имеет важную практическую ценность, так как сильное землетрясение в регионе может спровоцировать серьезные экологические последствия. Перед авторами настоящей работы стояла задача поиска событий техногенной природы на территории Западного Казахстана по мировым и региональным данным.

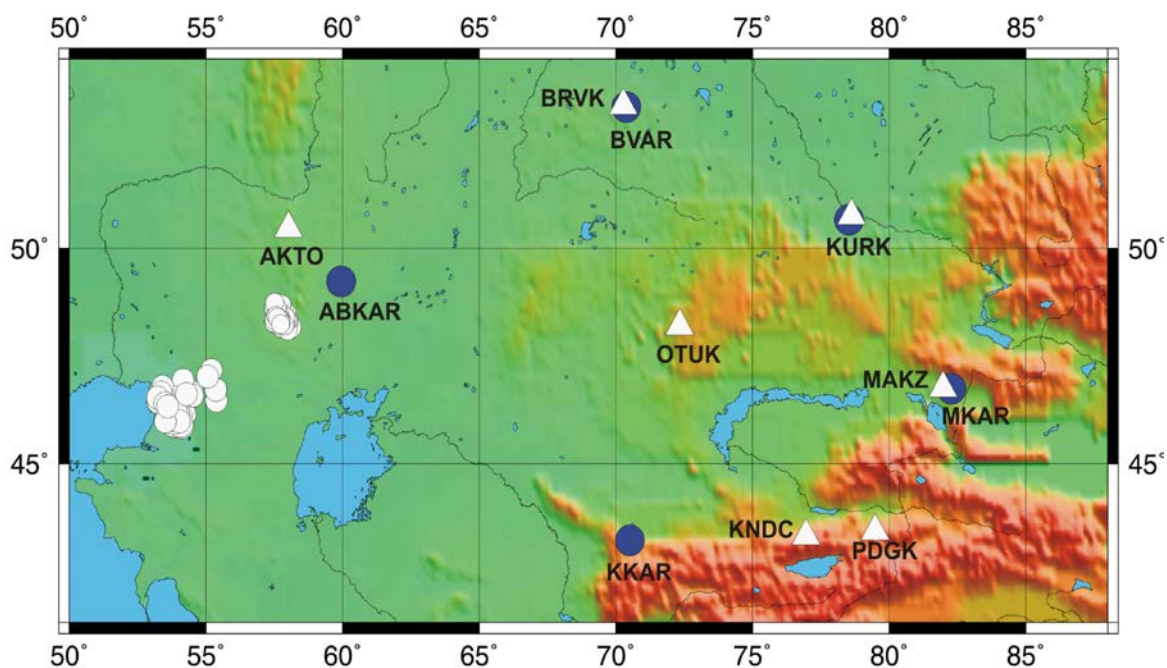


Рисунок 1 – Карта расположения сейсмических станций сети Института геофизических исследований и эпицентры техногенных землетрясений. Треугольники – трехкомпонентные станции, залитые кружки – сейсмические группы, незалитые кружки – эпицентры землетрясений, размер значка пропорционален энергии

**Месторождение Тенгиз.** “Прикаспийский бассейн сформировался на пассивной окраине Восточно-Европейской платформы с раннедокембрийским фундаментом и отчасти на Скифско-Туранской плите, имеющей более молодой фундамент. Главной особенностью Прикаспийской впадины является длительное на протяжении всего фанерозоя опускание с накоплением огромной (до 20 километров) осадочной толщи. С верхнего девона до нижней перми Прикаспийская впадина и Предуральский прогиб развивались в условиях дефицита обломочного материала, что привело к образованию глубоководного бассейна (не менее 2 километров). Перерывы в осадконакоплении в это время связаны в основном с колебаниями уровня океана. В условиях недокомпенсации во впадине, в Предуральском прогибе и в прогибах шельфа платформы накапливались битуминозные глинисто-мергельные породы. По периферии накапливались преимущественно карбонатные шельфовые породы. На внешнем шельфе южной, юго-восточной и северной окраин находятся крупные карбонатные платформы, вмещающие гигантские месторождения нефти и газа (Тенгиз, Карачаганак, Кашаган, Астраханское). В Прикаспийском нефтегазоносном бассейне месторождения углеводородов установлены в широком диапазоне от среднего девона до плиоцена. Нефть и реже газ содержат песчаники среднего-нижнего карбона, известняки верхнего девона-нижней перми, песчаники триаса-мела и реже палеогена-неогена.” (цитата из [5]). В нефтегазоносных провинциях техногенные землетрясения связаны, как правило, со снижением пластового давления в продуктивном горизонте [6].

Гигантское нефтегазовое месторождение Тенгиз находится в Атырауской области РК, в 160 км от города Атырау. Месторождение было открыто в 1979 году, в апреле 1991 года началась промышленная добыча нефти.

Район месторождения Тенгиз относится к асейсмичным районам Казахстана. В 1997 году 19 февраля  $t_0=07-09-57.5$  с  $mb=3.4$  и 6 апреля  $t_0=21-42-10.0$  с  $mb=3.5$  на территории месторождения Международными сейсмологическими Центрами были зарегистрированы сейсмические события. До 1997 года в международных и региональных сейсмологических бюллетенях события из этого района не были отмечены. В последние годы наблюдается увеличение количества сейсмических событий на исследуемой территории, зарегистрированных региональными сейсмическими сетями. Так в 2015 году сетью

мониторинга ИГИ РК было зарегистрировано 10 сейсмических событий с эпицентрами в районе Тенгизского месторождения, с магнитудами  $mb=2.8\div3.5$ , а в течение 2016 года было зарегистрировано 18 событий с магнитудами  $mb=2.5\div3.5$ . В 2017 г. отмечено 14 событий с  $mb=2.0\div3.9$  (рисунок 2а). На рисунке 2б представлено суммарное количество высвобожденной сейсмической энергии из района месторождения Тенгиз по событиям, зарегистрированным сейсмической сетью ИГИ, намечается рост энергии в последние годы.

Самые ближайшие к месторождению сейсмические станции – трехкомпонентная станция АКТО и сейсмическая группа АВКАР - расположены в Западном Казахстане на расстояниях ~570 км и ~600 км соответственно от Тенгиза, они не регистрируют события слабее  $mb=2.0$ . Самыми сильными событиями за исследуемый период по данным сети ИГИ и международных сейсмологических центров были землетрясения 21.02.2011,  $t_0=09:03$ , 23.05.2014,  $t_0=21:03$ , 16.06.2015,  $t_0=21:25$ , 07.05.2016,  $t_0=19:27$ , 24.12.2017 г.  $t_0=5:33$  (рисунок 3, таблица 1), они, как нам известно, ощущались на месторождении с интенсивностью 3-4 балла. Некоторые из событий, кроме станций сети ИГИ, регистрируются глобальными и региональными сетями мониторинга [7]. В таблице 1 приведены параметры наиболее сильных сейсмических событий, с магнитудами  $mb\geq 3.5$  на территории месторождения Тенгиз по данным региональных и международных сейсмических служб мониторинга. На рисунке 4 представлена карта расположения эпицентра сейсмического события 7 мая 2016 г.,  $t_0=19:27:38.9$  и зарегистрировавших его сейсмических станций на региональных и телесеизмических расстояниях. Событие зарегистрировали 19 станций, самая близкая станция Актюбинск (АКТО), входящая в состав сети ИГИ и МСМ на расстоянии 596 км от эпицентра, самая далекая - сейсмическая группа Yellowknife (УКА), входящая в состав МСМ и расположенная в Канаде на расстоянии 7927 км от эпицентра.

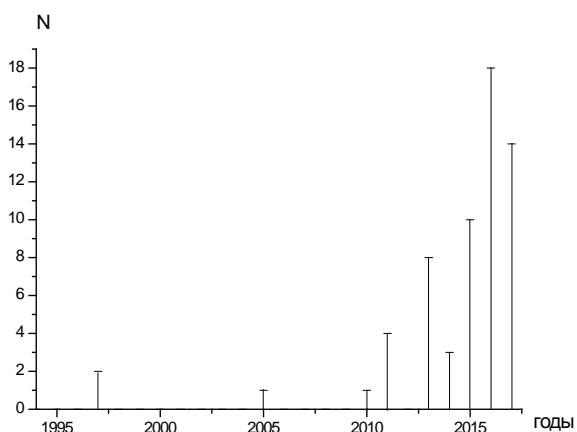


Рисунок 2а – Ежегодное количество землетрясений из района месторождения Тенгиз, зарегистрированных сейсмической сетью ИГИ и глобальными сетями мониторинга

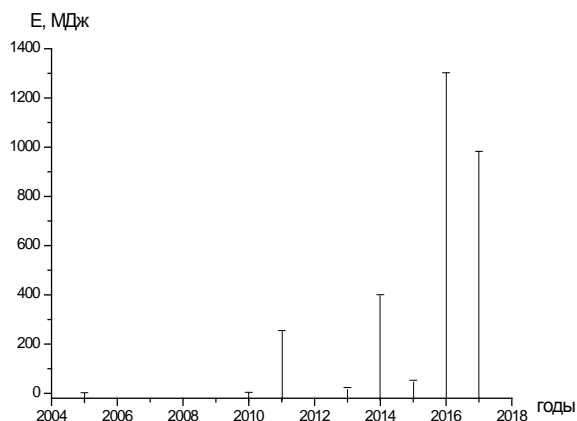


Рисунок 2б – Суммарное количество высвобожденной сейсмической энергии по событиям из района месторождения Тенгиз, зарегистрированным сейсмической сетью ИГИ

Таблица 1 – Параметры землетрясений на территории Тенгизского месторождения

N	дата	время в очаге	широта	долгота	mb	mpv	ML	K	Nst a	сеть
1	06.04.1997	21:42:10.0	46.3910	54.0810	3.5				4	EIDC
2	21.02.2011	09:03:20.2	46.1780	53.4023	3.7		3.6		18	IDC
	21.02.2011	09:03:20.5	46.146	53.474	4.0				23	ГС РАН
	21.02.2011	09:03:22.1	46.0287	53.5924	3.8				20	EMSC
	21.02.2011	09:03:25.8	46.2096	54.1584	3.7	3.1		8.4	5	ИГИ
	21.02.2011	09:03:23.3	46.0621	53.5943	3.7				48	ISC
3	23.05.2014	21:03:52.8	45.9656	54.0435	3.9	3.7		8.6	4	ИГИ

	23.05.2014	21:03:51.0	46.2113	53.2775	3.7		3.4			ИДС
4	16.06.2015	21:25:28.8	45.9389	54.0877	3.5	3.0		7.4	2	ИГИ
	16.06.2015	21:25:23.8	46.1188	53.5150	3.8		3.6			ИДС
5	31.07.2015	11:58:34.8	46.2151	53.6253	3.5		3.8			ИДС
6	11.09.2015	1:32:45.5	46.3523	54.1106	3.5	3.1		6.9		ИГИ
7	29.04.2016	2:41:43.2	46.0014	53.9034	3.9	3.2		7.91	11	ИГИ
	29.04.2016	2:41:40.75	46.2077	53.1633	3.4		3.6		11	ИДС
8	07.05.2016	19:27:41.9	45.9677	53.8543	3.7	3.5		8.48	12	ИГИ
	07.05.2016	19:27:37.6	46.0852	53.3212	3.7		3.3		16	ИДС
9	14.06.2016	9:16:22.7	46.1166	53.8038	3.6	3.2		7.11	4	ИГИ
	14.06.2016	9:16:20.5	46.3452	53.1876	3.3		3.2		10	ИДС
10	20.10.2016	11:19:39.6	46.1420	53.8362	3.9	3.2		8.90	12	ИГИ
	20.10.2016	11:19:37.5	46.0733	53.3411	3.6			3.7	12	ИДС
11	29.10.2016	3:39:13.3	46.3559	53.2037	3.6			3.4	5	ИДС
	29.10.2016	3:39:16.8	46.0141	54.029	3.2	2.8		6.82	4	ИГИ
12	12/24/2017	5:33:19.7	46.2026	53.8320	3.90	3.25		8.97	5	ИГИ
	12/24/2017	5:33:16.3	46.1409	53.3385	3.40		3.80		23	ИДС

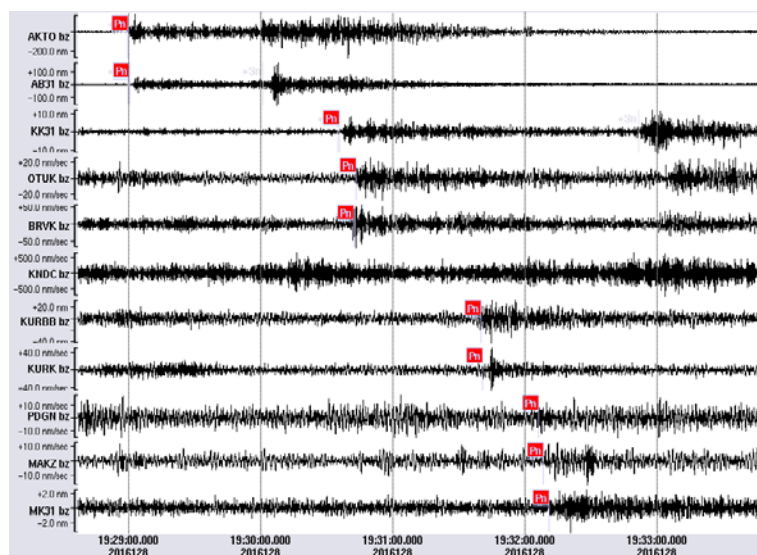


Рисунок 3 – Сейсмическая запись события 7 мая 2016 г.  $t_0=19-27-41.9$ ,  $\varphi=45.97^\circ$ ,  $\lambda=53.85^\circ$ ,  $mpva=3.5$ ,  $K=8.5$  в районе месторождения Тенгиз по сети станций ИГИ. Z-компоненты

На рисунке 4 представлена карта расположения эпицентра сейсмического события 24 декабря 2017  $t_0=5:33:19.7$  и зарегистрировавших его сейсмических станций на региональных и телесеизмических расстояниях. Событие зарегистрировали 23 станции, самая близкая станция Актюбинск (АКТО), входящая в состав сети ИГИ и МСМ на расстоянии 590 км от эпицентра, самая далекая сейсмическая группа Yellowknife (УКА), входящая в состав МСМ расположенная в Канаде на расстоянии 7921 км от эпицентра.

В 2016 году с 19 августа по 12 сентября в Мангистауской области проводились полевые работы совместной экспедицией Мичиганского государственного университета США и ИГИ РК с целью изучения характеристик сейсмического шума для выбора места установки новой сейсмической станции в Западном Казахстане [8]. 10 сейсмических станций были установлены в Западной части Туранской плиты, из них станции WKZ01, WKZ02, WKZ07, WKZ08, WKZ09 и WKZ10 были установлены на плато Устюрт, WKZ05 на плато Мангышлак, WKZ03 и WKZ04 - вблизи гор Мангистау и WKZ06 на плато Кендирили-

Каясанское. Все станции были оборудованы одинаковыми комплектами аппаратуры - дигитайзером Reftek RT130 и широкополосным чувствительным сейсмометром Guralp CMG-3T. В ходе полевых исследований сеть станций в Мангистауской области зарегистрировала ряд событий на территории Тенгизского месторождения. Сейсмограммы одного из них показаны на рисунке 5. Это сейсмическое событие 27 августа 2016 г.  $t_0=6:25:16.6$ ,  $\varphi=46.1205^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=53.4152^\circ\text{E}$ ,  $mb=2.9$  было зарегистрировано полевыми станциями в диапазоне эпицентральных расстояний 189-483 км.

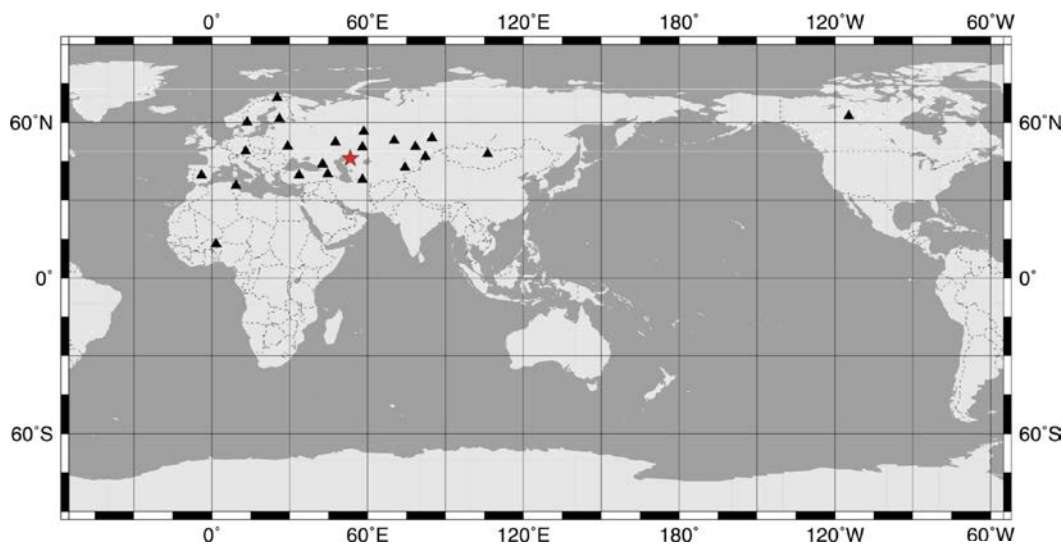


Рисунок 4 – Карта расположения эпицентра сейсмического события 24 декабря 2017 г.  $t_0=5:33:19.7$ ,  $mb=3.9$  и зарегистрировавших его сейсмических станций на региональных и телесеизмических расстояниях

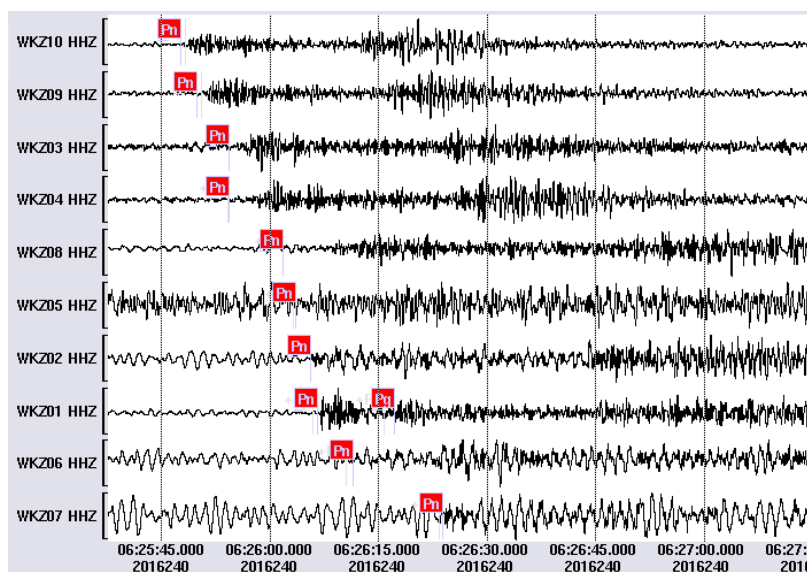


Рисунок 5 – Сейсмограммы сейсмического события на территории Тенгизского месторождения 27 августа 2016 г.  $t_0=6:25:16.6$ ,  $\varphi=46.1205^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=53.4152^\circ\text{E}$ , зарегистрированного полевыми станциями

В настоящее время на территории месторождения Тенгиз и Королевское функционирует сеть мониторинга ТШО, состоящая из 23 высокочувствительных скважинных сейсмических станций, ее данные доступны только для внутреннего пользования.

**Месторождение Жанажол.** Крупнейшее в Казахстане газоконденсатное месторождение Жанажол на территории Западного Казахстана было открыто в 1978 году, разрабатывается с 1983 года. За период с 2004 года сеть ИГИ зарегистрировала более 80 событий с эпицентрами в районе месторождения с магнитудами 1.3-2.6, на рисунке 6

представлено распределение событий по магнитудам, наибольшее количество событий было зарегистрировано за период 2009-2010 г.г. Отметим, что события регистрируются как в ночное, так и в дневное время. На рисунке 7 представлено распределение событий по времени суток. На рисунке 8 приведены сейсмограммы сейсмического события из района месторождения Жанажол 30 января 2009 г.,  $t_0=17:58:01$ ,  $\varphi=48.498678$ ,  $\lambda=57.697256$ ,  $mpva=2.1$ ,  $K=4.7$ . Так как все события из района месторождения достаточно слабые, они регистрируются только сейсмической группой Акбулак (~180 км) и сейсмической станцией Актюбинск (~220 км). Предположительно эти события мы также относим к техногенным [4]. Для уточнения природы сейсмических событий в районе месторождения Жанажол необходимо создание специальной сети сейсмического мониторинга непосредственно на территории месторождения.

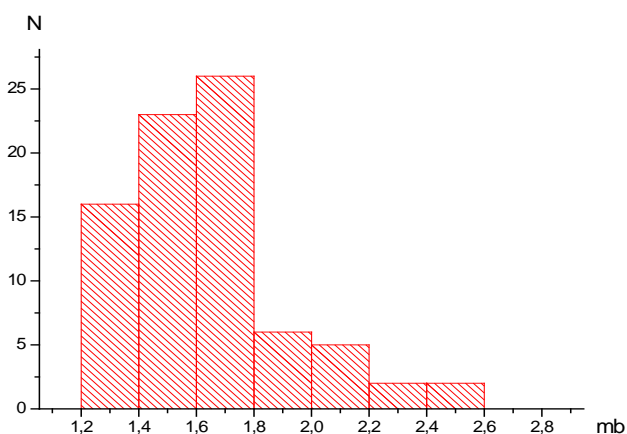


Рисунок 6 – Распределение событий из района месторождения Жанажол по магнитудам за период 2004-2016 гг.

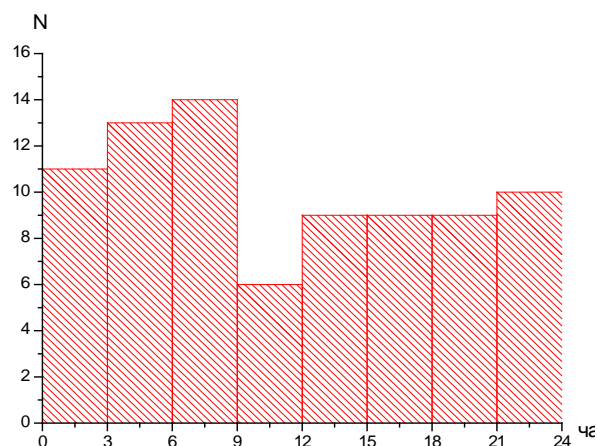


Рисунок 7 – Распределение событий из района месторождения Жанажол по времени суток (GMT)

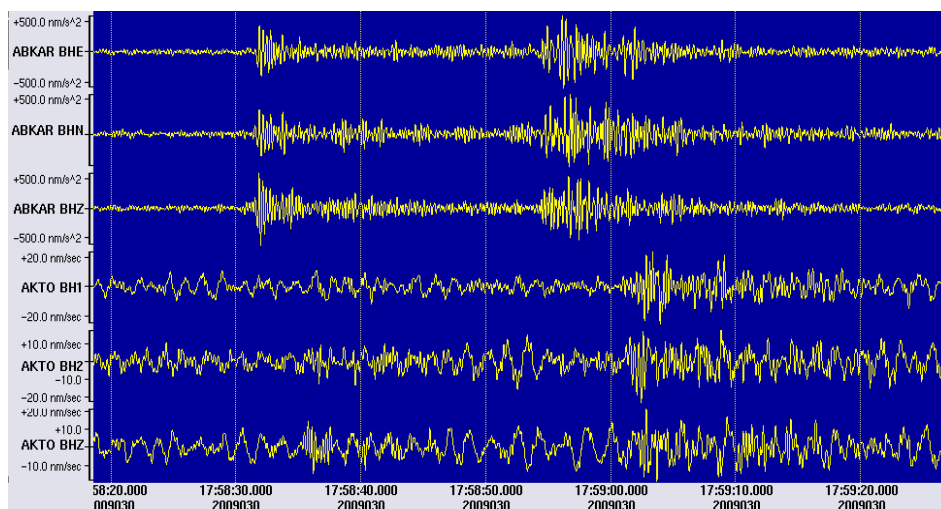


Рисунок 8 – Сейсмограммы сейсмического события из района месторождения Жанажол 30 января 2009 г.,  $t_0=17:58:01$ ,  $\varphi=48.498678$ ,  $\lambda=57.697256$ ,  $mpva=2.1$ ,  $K=4.7$ . Станции Акбулак и Актюбинск

Несмотря на большое количество техногенных событий, зарегистрированных сетью ИГИ, они не отражают общей картины геодинамической активности в районах интенсивного техногенного воздействия. Для более детального исследования, а также уточнения природы сейсмических событий в районе месторождений необходимо использование данных локальных сетей сейсмического мониторинга, установленных непосредственно на территории месторождений.



## Литература

1. Михайлова Н.Н., Синева З.И., Соколова И.Н. Казахстанская система мониторинга Института геофизических исследований Национального ядерного центра и ее возможности // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана / РЦСС НАНА. 2012. С. 329–336.
2. Тейнор Л., Кемерайт Р., Адаир К., Беляшова Н.Н., Марченко В.Г., Неделков А.И., Комаров И.И., Кунаков А.В. Новая сейсмическая группа Акбулак: выбор места размещения, аппаратура, система коммуникаций // Вестник НЯЦ РК. 2004. Вып. 2 (18). С. 5-12.
3. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Великанов А.Е., Полешко Н.Н. Сейсмичность западного Казахстана по данным сети НЯЦ РК // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана / РЦСС НАНА. 2012. С. 336–348.
4. Соколова И.Н., Михайлова Н.Н., Великанов А.Е., Полешко Н.Н. Техногенная сейсмичность // Вестник НЯЦ РК. 2017. Вып. 2. С. 47-58.
5. Тулемисова Ж.С., Коробкин В.В. Геодинамические условия формирования главных нефтегазоносных бассейнов Казахстана в палеозое // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Тезисы докл. Седьмого Междунар. симп., (г. Бишкек, 19-24 июня 2017 г.). Бишкек. 2017. С. 76-80.
6. Абаканов А.Т., Казаков Д.В., Нуржумаев Н.О., Жараспаев А.Ж., Данабаев А.Т. Проявления техногенной сейсмичности на нефтяных и газовых месторождениях Республики Казахстан (на примере месторождения Тенгиз) // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. VIII Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2016. С. 3-7.
7. Электронный ресурс: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin>.
8. Mackey K., Sokolova I., Burk D., Abishev A., Belyashov A., Jih R. A seismic noise survey of West Kazakhstan // COMPREHENSIVE NUCLEAR-TEST-BAN TREATY: Science and Technology Conference 2017. Book of Abstracts, Vienna, 26-30 June 2017. P. 68.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ РАБОТ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Нелин В.О.

nelin\_vitaliy@mail.ru

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** В работе представлена модернизированная методика проведения работ, методом вызванной поляризации в горных условиях, который представляет собой эффективный инструмент для изучения геологической среды до глубин порядка нескольких сотен метров.

**Ключевые слова:** вызванная поляризация, метод диполь-дипольной вызванной поляризации, двойной электрический слой, поиск и разведка нефтегазовых и рудных месторождений.

Метод вызванной поляризации (метод ВП) основан на изучении вторичных электрических полей в земле. Появление метода ВП, связано с именем К. Шлюмберже, взявшим соответствующий патент ещё в 1912 г. Было обнаружено, что при протекании электрического тока в горных породах вследствие электрохимических и электрокинетических процессов возникают вторичные электрические заряды- этот эффект, наблюдается в низкочастотном электрическом поле (до десятков Гц) в гетерогенных средах, состоящих из твердой и жидкой фаз [1].

Явление ВП связано с наличием двойного электрического слоя (ДЭС), самопроизвольно образующего на фазовых границах (жидкость-твердое тело). В пределах некоторого объема суммарный заряд такого слоя равен нулю, и он не создает электрическое поле во внешней среде. После включения внешнего источника электрического поля на одних участках двойного электрического слоя начинают накапливаться заряды положительного, а на других – отрицательного знака. Таким образом, в среде образуются электрические диполи, которые и являются источниками поля ВП (рис.1).

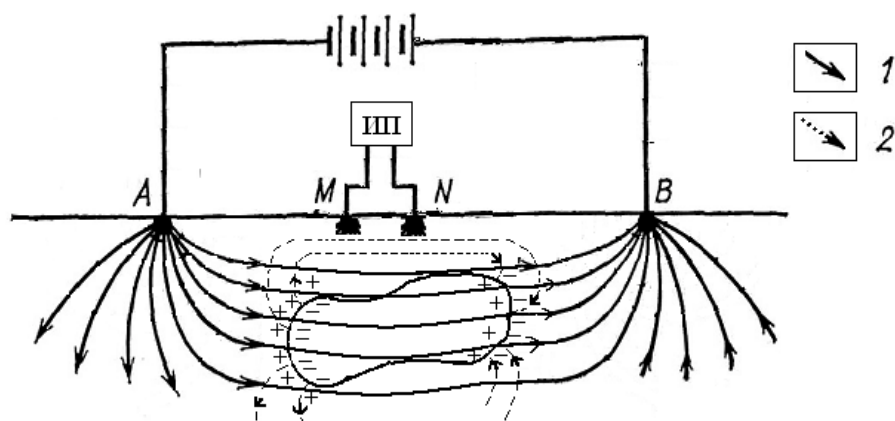


Рисунок 1 – Схема возникновения поля ВП и способ его наблюдения. 1 - токовые линии первичного поля; 2 -токовые линии вторичного поля; ИП – измерительный прибор

В настоящее время метод ВП используется для выделения в геологическом разрезе объектов, обладающих повышенной поляризуемостью [2]. К ним в первую очередь относятся геологические образования, в состав которых входят минералы с электронной проводимостью - сульфиды железа, меди, никеля, свинца, серебра, молибдена, а также магнетит, ильменит, графит, пирозит, самородные металлы и др. Наибольшие эффекты ВП

вызываются не сплошными скоплениями, в которых поляризация носит поверхностный характер, а вкрапленниками перечисленных минералов, чья вызванная поляризация носит объемный характер. Причина в том, что при равных массах рудного вещества суммарная поверхность вкрапленников намного больше поверхности сплошного рудного тела. Таким образом, поиски и разведка вкрапленных и прожилко-вкрапленных руд - первостепенная задача метода ВП. Второстепенная задача - поиск массивных руд. Наряду с рудными месторождениями с помощью метода ВП могут изучаться также газонефтяные месторождения, для которых характерно присутствие пирита в приповерхностных слоях осадочной толщи [3]. Методика измерений методом диполь-дипольной вызванной поляризации, с помощью которой выполняются исследования на территории Центрального Тянь-Шаня, заключается в следующем: при одном заземлении питающего диполя АВ, проводятся измерения на приемном диполе MN, последовательно удаляющимся от питающего диполя в соответствии с шагом съемки. Для получения информации о разрезе до глубины  $H$  необходимо достичь расстояния между центрами питающей (АВ) и приемной установок (MN) -  $2 * H$ . Например, удаление приемного диполя MN от питающего АВ при шаге 50 составит 400 м, что обеспечит глубину изучения 200 м от дневной поверхности. Затем АВ переносится на следующие пикеты и измерения по профилю повторяются. Таким образом, от каждого заземления электродов АВ «стоянки», проводятся измерения обеспечивающие необходимую глубину исследований (рис.2).

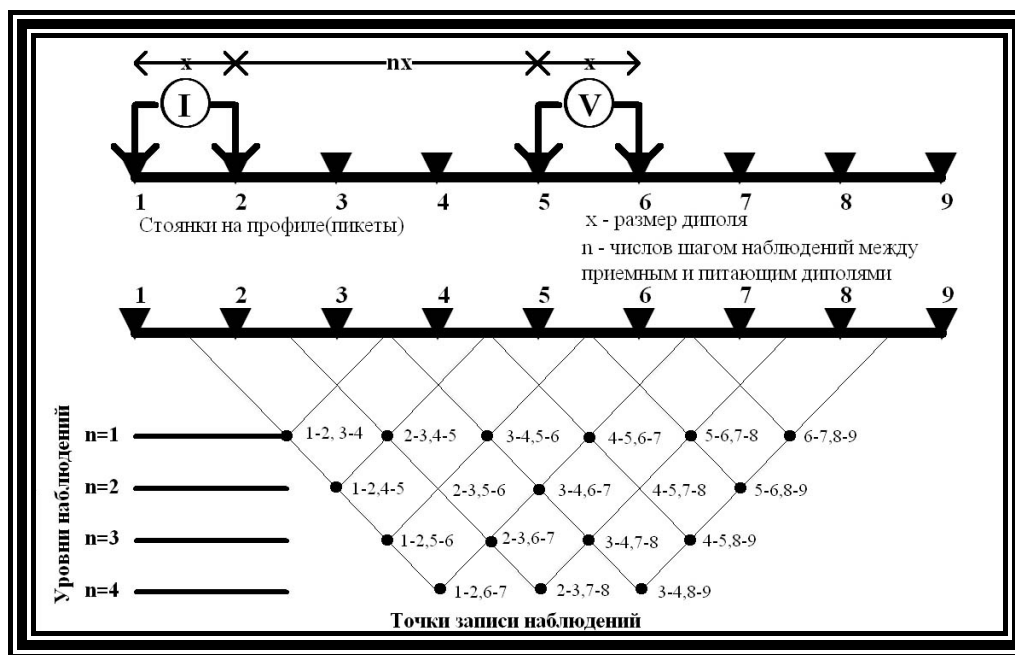


Рисунок 2 – Схема измерений в методе диполь-дипольной вызванной поляризации

Такая схема удобна для выполнения работ на ровных участках и в местах, где мало деревьев и кустарников, однако в трудных горных условиях переходы между пикетами занимают слишком много времени, тем более, что уклон и растительность значительно усложняют условия работ. В итоге, времени на переходы между пикетами требуется больше, рабочий коллектив устает быстрее, а количество погонных километров увеличивается медленно, то есть работы становятся более трудозатратными. Тем самым получив “горький” опыт за многолетний период работы, было принято решение модернизировать методику проведения полевых исследований.

Суть модернизации данного метода состоит в том, что питающие электроды АВ располагаются не на двух пикетах и не по краям профиля, а занимают большее количество пикетов и разделены на линии. Оптимальное их количество 5 линий. Например, у нас профиль 1000 м, шагом 50 метров, АВ будет расположено с 0 до 25 пикета и разделена на линии. Условно 0-5 первая линия, 5-10 вторая и т.д. Основное питание АВ подается на

центральные пикеты 10-15, а на остальные разносятся переносные провода – две линии по 50 метров и две по 100 метров, и путем переключения между этими пикетами включается определенная линия, что даёт возможность за одну «стоянку» провести большее число измерений и на большее расстояние. Количество уровней и замеров на профиле зависит от глубины исследований. Например, искомая глубина 350 метров, шаг 50 метров, получаем  $350/50 = 7$  уровней. Если глубина 200 м, а шаг 25 метров, соответственно  $200/25 = 8$  уровней и т.д. Приемная линия MN так же была усовершенствована путем добавления еще одной измерительной установкой на профиле. Первая MN находилась возле АВ, а вторая начинала работу за 200 метров от неё. Это позволило достичь более быстрых переходов по профилю и более быстрых измерений. Количество людей нужных для проведения работ увеличилось с пяти человек до девяти, но и время работ на переходы и замеры заметно сократились, благодаря слаженной работе MN замеры проводились в 2 раза быстрее и количество погонных метров за стоянку заметно возросло, так как количество нужных измерений было разбиты поровну на две бригады MN.

В качестве заземлений питающей линии АВ использовались стальные электроды диаметром 15мм и длиной 70см сгруппированные по 5 шт. на каждом заземлении. В приемной линии MN применялись специальные неполяризующиеся электроды конструкции ВИРГ (Всероссийского Научно-Исследовательского института Разведочной Геофизики, Санкт Петербург). При монтаже питающих и приемных линий использовались провода ГПСМПО 1.0 (Г-Геофизический, П-Провод, СМ- Сталемедная токопроводящая жила, П - Изоляция из полиэтилена, О – Облегчённый). Измерение разности потенциалов в приемной линии производили переносными электроразведочными измерителями ЭИН-209М, производства Института Геофизических Исследований Национального Ядерного Центра Республики Казахстан (рис.3). Генерирование тока в питающей линии осуществлялось с помощью оригинальной аппаратуры и генератора “Diapir-T”. Источником поля являлся бензоэлектрический агрегат «Акса Generator АВЕ 110 М» мощностью 8,8 кВт. Напряжение в питающем диполе достигало 1000 В, ток – 6 А. Длительность импульса тока составляла 1.6 сек, время измерения напряжения пропускания – 1.25сек, время измерения напряжения ВП – 0.0875сек. Ток измерялся в миллиамперах, напряжение – в милливольтгах.

Кажущееся удельное электрическое сопротивление вычислялось по следующей формуле:

$$R_K = K * U_p / I \text{ (ом} \cdot \text{м)},$$

где,  $R_K$  – кажущееся удельное электрическое сопротивление,

$K$  – коэффициент электроразведочной установки,

$U_p$  – напряжение пропускания,

$I$  – ток пропускания.

Кажущаяся поляризуемость вычислялась по следующей формуле:

$$Ch = U_{IP} * 100 / U_p \text{ (\%)}$$

где,  $Ch$  – кажущаяся поляризуемость,  $U_{IP}$  – напряжение вызванной поляризации.



Рисунок 3 – Переносные электроразведочные измерители ЭИН-209М.

Так же рассматривалась проблема следующего характера: при стандартной установке работа осуществлялась с машины, где располагались питающие катушки около 3-х км провода на каждой и бензоэлектрический агрегат.

После ухода АВ от машины свыше 1 км, что происходило довольно часто, из-за уклонов и растительности провод невозможно протащить одному человеку без помощи ни на метр, что так же являлась помехой для работ, напрасно тратились силы и время. Для этого были заказаны специальные генераторы тока оригинальной аппаратуры «Diapir-T» (рис.4). Источником тока являлся аккумулятор постоянного тока 12 вольт. Напряжение в питающем диполе достигало 200-400 В, ток – 250 мА. Длительность импульса тока составляет 1.6 сек, время измерения напряжения пропускания – 1.25 сек, время измерения напряжения ВП – 0.04375 сек.

Это позволило отказаться от машины в трудных горных условиях и работать мобильно аккумуляторами. Тем самым пропала нужда в протягивание провода по всей длине профиля.



Рисунок 4 – Внешний вид генераторов тока оригинальной аппаратуры «Diapir-T».

Данное усовершенствование впервые было разработано и опробовано в фирме “Тянь-Шань ЛТД” к.г.-м.н. Валяевым В.П. и инженерами-исследователями Бондаревым Д.Н., Артюшенко А.М. и Нелиным В.О.

#### Литература

1. Аппаратурно-методический практикум по курсу электроразведки. МГУ им. М.В. Ломоносова. Геологический факультет. Кафедра геофизики.
2. Геофизические методы поисков и разведки / Под ред. В.П. Захарова. М.: Недра, 1982. 304 с.
3. Заборовский А.И. Электроразведка. М.: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1963. 429 с.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУППИРОВАНИЯ СЕЙСМОМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Непеина К.С.

Nepeina.k@mail.ru

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** В данной работе представлен обзор существующих в современном мире научно-исследовательских установок для сейсмического мониторинга. Показаны примеры сейсмических сетей и различных конфигураций группирования сейсмометров. Кратко даны описания новейших и уникальных разработок в сфере регистрации сейсмических колебаний грунта.

**Ключевые слова:** сейсмометры, группирование, апертура, сеть, группа, полезный сигнал.

Известно, что группирование однотипных приборов применяется в сейсморазведке и сейсмологии для подавления поверхностных волн, волн помех и некогерентного шума. Установку из нескольких сейсмометров называют *группой* или сейсмической *сетью* в зависимости от расстояния между точками регистрации и характеристик самой аппаратуры. Группы образуют интерференционные системы, обладающие свойствами избирательности за счет подавления регулярных помех на основе подбора кажущейся скорости и определенных спектральных характеристик. В результате группирования сейсмических приемников определенным образом в пространстве существенно изменяется эффект направленности группы для регистрации сейсмических волн. Размеры и параметры таких установок определяются числом приемников в группе и расстоянием между ними - *апертурой*. Благодаря группированию отношение сигнал/шум увеличивается в  $\sqrt{n}$  раз, где  $n$  – кол-во элементов в группе [1].

Преимущество группирования сейсмометров состоит в том, что геометрия расстановки (апертура и расстояния между пунктами приема) влияет на эффективную оценку основных физических характеристик (например, частоту, фазовую скорость и направление прихода волн). Именно эти параметры отражают характеристики полезных сигналов. Подбор геометрии группы обычно происходит путем поиска оптимальной когерентности сигнала по методу «фазированной решетки», пространственного сглаживания, оценки наибольшего разрешения, а также оценки характеристик локального шума. Соотношение между размерами апертуры группы и расстоянием между пунктами приема требует отдельного рассмотрения. Конфигурации групп и малые размеры апертуры (в диаметре менее 5 км) накладывают определенные ограничения на выделение времен пробега  $P$  и  $S$  волн. Во-первых, большие апертуры группы подразумевают более длинное «плечо» при триангуляции (поиске координат эпицентров сейсмических событий), что обеспечивает более точные оценки азимута прихода волнового фронта. Размер апертуры также влияет на формирование поля локального шума, который становится когерентным по группе, тем самым происходит усиление полезного сигнала. Во-вторых, если апертура группы слишком большая, то структурные неоднородности и другие площадные эффекты могут негативно повлиять на согласованность полезных сигналов между элементами группы. Такие эффекты ухудшают результат суммирования (сложения амплитуд) по группе. Наконец, большое расстояние между пунктами приема (межстанционный интервал) также увеличивает возможность спектрального сглаживания, поскольку частота пространственной дискретизации Найквиста связана с максимальным разносом приемников. Спектральное сглаживание увеличивает неопределенность, связанную с анализом приходов различных типов волн в заданном временном окне [1].

Конфигурации сейсмических сетей и групп бывают различными: линейными (когда приемники расположены вдоль линий-профилей), как разновидность – крестообразными (рис. 1), или площадными – круговыми (рис. 2), спиралевидными (рис. 3), площадными (рис. 4). Ниже будут приведены некоторые примеры различных типов группирования сейсмометров. Список всех существующих сейсмических групп доступен по ссылке [www.fdsn.org](http://www.fdsn.org) [2]. В установках используются как однокомпонентные, так и трехкомпонентные сейсмометры. Благодаря использованию трехкомпонентных сейсмометров появляется возможность оценки направлений прихода волнового фронта, поляризованного анализа и селекции определенных направлений колебаний (вертикального или одного из горизонтальных).

В 2017 г. открытие совершили ученые из Стэнфордского университета, которые провели исследования сейсмичности на территории самого студгородка при помощи петли, сделанной из пятикилометрового оптоволоконного кабеля. Они продемонстрировали, что оптоволокно годится для регистрации сейсмических событий, зарегистрировав землетрясение в Мексике и два местных землетрясения  $M=1,6$  и  $M=1,8$  балла [3].

Круг решаемых задач, решаемых с помощью сейсмических сетей и групп [4]:

- мониторинг напряженно-деформированного состояния литосферы;
- изучение параметров очагов возникновения землетрясений и мощности сейсмического потока;
- геодинамические задачи, наблюдения за поверхностными процессами и сейсмической опасностью в орогенных системах;
- предупреждение о чрезвычайных природных катастрофах: цунами, землетрясения, падения метеоритных тел;
- мониторинг ядерных испытаний;
- регистрация сейсмических откликов от горных ударов, оползней, карьерных взрывов, падений частей космических ракет;
- задачи обеспечения безопасности сооружений (например, районов с АЭС, ГЭС, рудников, шахт, открытых карьеров и т.д.);
- совместная интерпретация результатов сейсмологических и гидрогеологических исследований, где важную роль играют эффекты приливных деформаций, и поиск событий в микросейсмическом фоне.

Изучение результатов сейсмического мониторинга необходимо для [4]:

- формирования баз сейсмологических данных, включая их наполнение непрерывными волновыми формами наблюдаемых процессов, бюллетенями сейсмическими событиями и др.;
- оперативной корректировки карт тектонической активности региона, карт балльности и сотрясаемости;
- необходимости принятия экстренных мер и исполнения оперативных мероприятий в зависимости от текущей сейсмической обстановки;
- обмена информацией с другими сейсмологическими центрами и сетями сбора данных и использования непрерывных данных от других сейсмических сетей с целью улучшения локации сейсмических событий и оценки их параметров.

В Средней Азии сейсмические группы зарекомендовали себя с хорошей стороны с момента их установки. Казахстанские станции («Боровое», «Курчатов», «Маканчи») широко известны в мире уникальными условиями регистрации сигналов. Они были созданы в советское время специально для проведения контроля за ядерными испытаниями. В настоящее время обсерватория «Боровое» (рис. 1б) – это пространственно распределенная в радиусе 80 км система наблюдательных пунктов со сложными цифровыми комплексами радиотелеметрического сбора и компьютерной обработки сейсмической и инфразвуковой информации. Сейсмическая группа "Курчатов-Крест" представляет собой два пересекающихся линейных профиля приборных скважин с сейсмическими датчиками (рис. 1б) [5, 6].

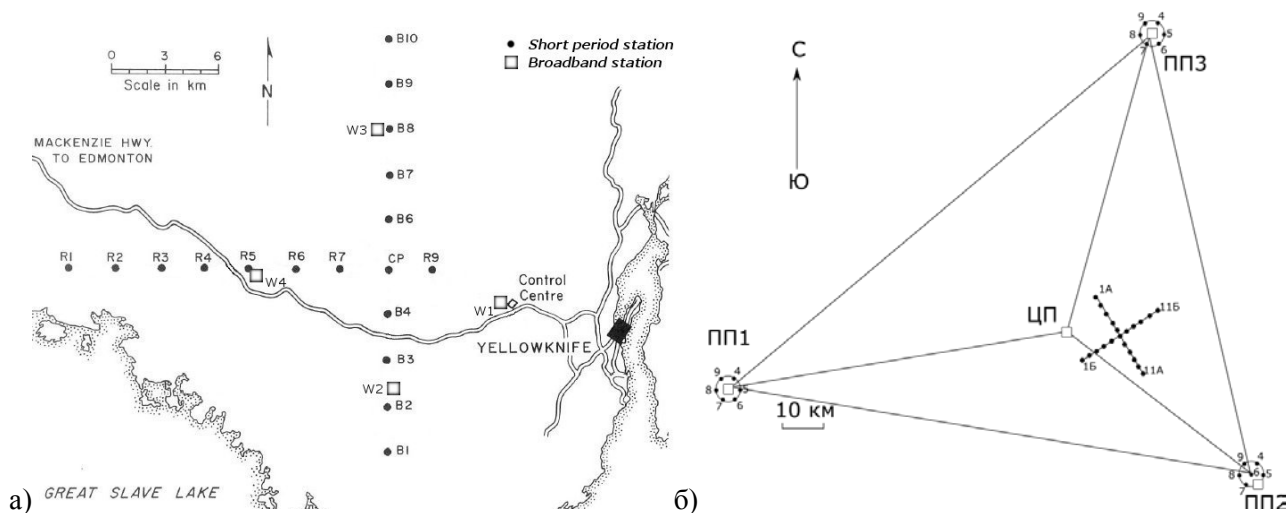


Рисунок 1 – Пример линейных конфигураций: а) крестообразная конфигурация группы *Yellowknife* в США [7]; б) конфигурация систем группового приема сейсмических сигналов «Крест» и «Треугольник» ГО «Боровое» с выносными пунктами «Чкалово» (СНК), «Зеренда» (ZRD) и «Восточное» (VOS) [6]

Также на территории Казахстана расположены сейсмические группы Маканчи (*MKAR*) и Каратау (*KKAR*) (рис. 2). «Маканчи» введена в строй в июне 2000 г. Группа осуществляет непрерывную регистрацию сейсмических колебаний на 10 пунктах. Сейсмическая группа Каратау (*KKAR*) состоит из 9 пунктов наблюдений, где в скважинах установлены однокомпонентные вертикальные сейсмометры. Она была установлена в 2001 г. Все данные с помощью спутниковой связи передаются в Национальный (НЯЦ) и Международный центры данных (МЦД) [6, 7, 8].

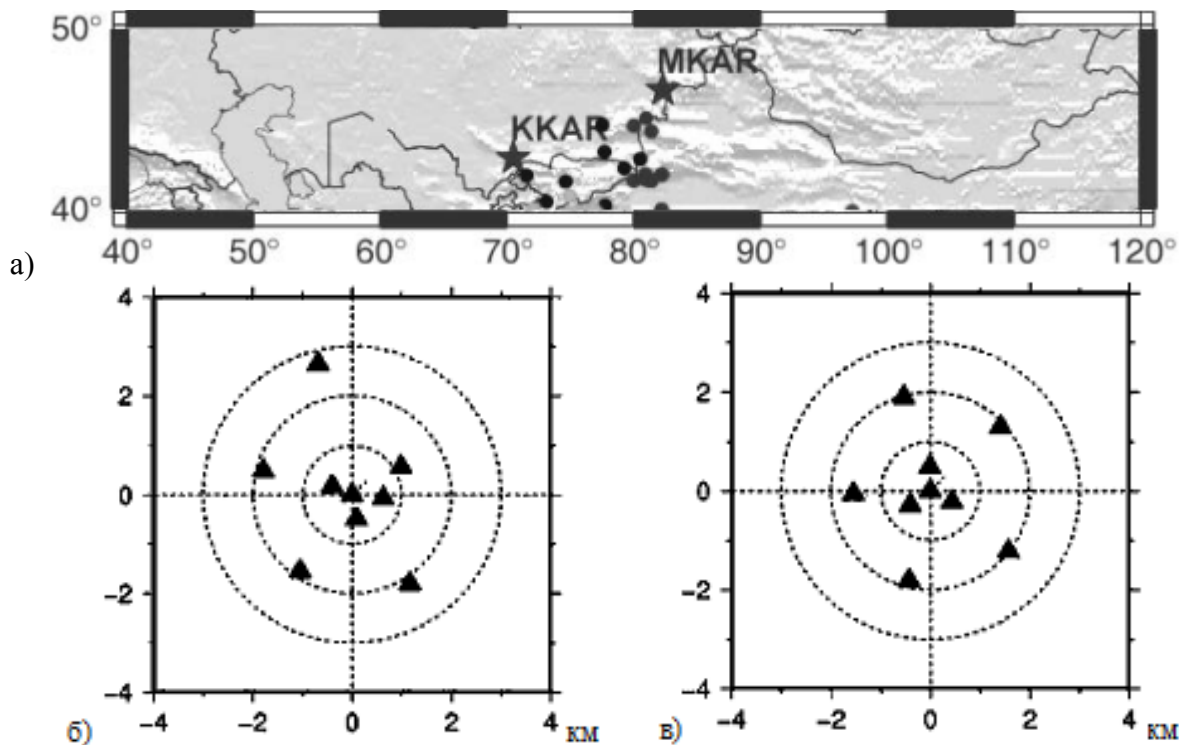
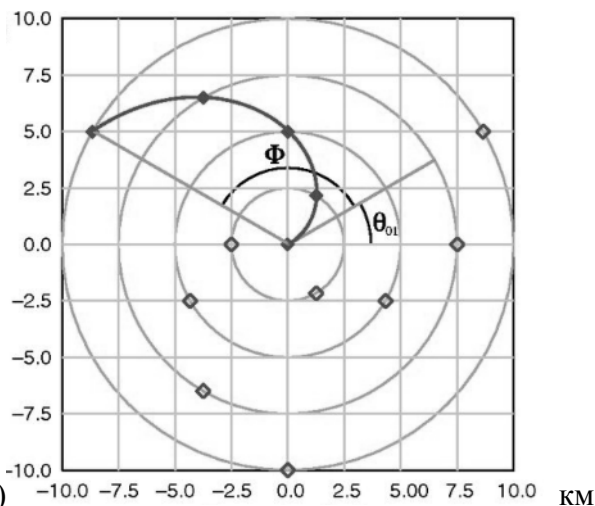


Рисунок 2 – Пример круговых сейсмических групп: а) расположение сейсмических групп *MKAR* и *KKAR* отмечены звездами, кружками показаны зарегистрированные землетрясения различных магнитуд; конфигурация группы (треугольниками отмечены пункты регистрации) б) *MKAR* (Маканчи); в) *KKAR* (Каратау) [9]



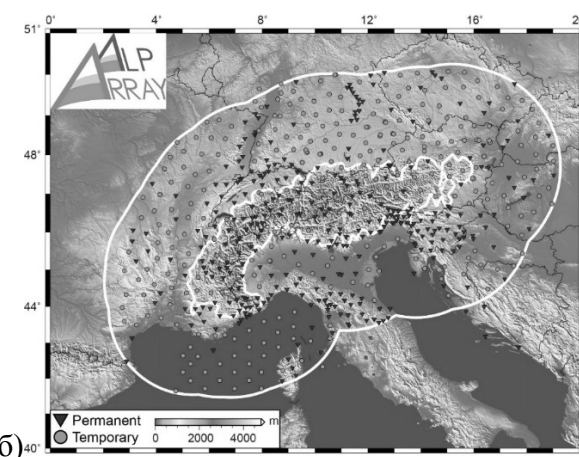
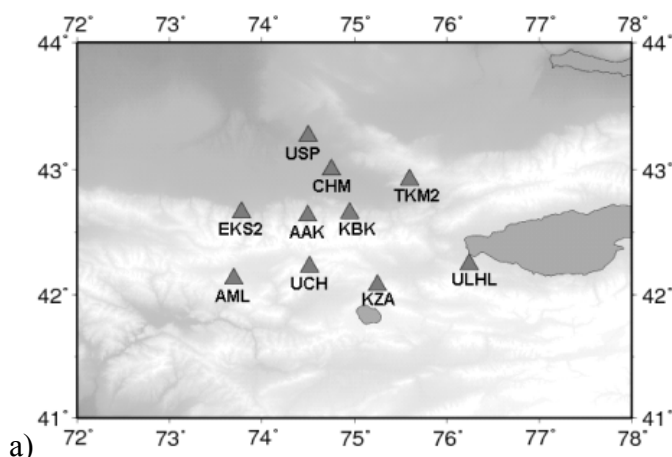


а)

б)

Рисунок 3 – Пример конфигурации групп со спиралевидной расстановкой приемников: а) расположение групп *PSAR* и *SQspa* на территории Австралии; б) конфигурация групп *PSAR* и *SQspa* [10]

Особое внимание в рассматриваемом регионе Средней Азии стоит уделить сейсмологической сети *KNET* (рис. 4).



а)

б)

Рисунок 4 – Пример площадных сейсмических сетей (треугольниками показаны постоянные пункты регистрации, кружками – временные): а) *KNET*, которая расположена вдоль северной границы Тянь-Шаня и Казахской платформы [11]; б) *AlpArray*, установлена в орогенной системе Альп-Апеннины-Карпаты-Динариды [12]

Киргизская сейсмическая сеть (*Kyrgyz net* или *Kyrgyzstan Telemetered Network – KNET*) является уникальным инструментом для проведения различных сейсмологических исследований для подготовки обобщенного цифрового каталога сейсмичности в Средней Азии. Она была установлена в 1991 г. как часть совместной Сейсмической программы США–СССР. Организатором и вдохновителем всех работ по созданию прогнозных полигонов во Фрунзе (ныне Бишкек) и Андижане был Юрий Андреевич Трапезников (рис. 5). Более 20 лет свой жизни отдал Юрий Андреевич делу становления Бишкекского геодинамического полигона, расположенного в северной части Киргизского Тянь-Шаня [11, 13].

Сеть состоит из 10 станций, оборудованных широкополосными сейсмометрами *Streckeisen STS-2* с 24-битными регистраторами данных *PASSCAL*, которые предусматривают 90 дБ регистрируемого динамического диапазона. Сейсмометры станций сети *KNET* вмонтированы внутри небольшого герметичного «мини-бункера», который предназначен для

минимизации влияний колебаний движения воздуха и температуры. Первой была установлена цифровая сейсмическая станция Ала-Арча (ААК). Три станции расположены на высоте более 3600 м и передают данные с помощью двух ретрансляторов в центры сбора и обработки данных. С июля 1998 г. сейсмологическая сеть *KNET* начала работать в режиме реального времени. Данные поступают в Киргизский Институт сейсмологии (КИС), на Научную Станцию (НС РАН) и в сейсмологический центр США (*IRIS*). После обработки сейсмограмм в процессе реального времени с помощью специального программного обеспечения, установленного на компьютерах Научной Станции, автоматически определяются параметры землетрясений, которые регистрируются станциями сети [14, 15].



Рисунок 5 – Руководители союза по созданию сети *KNET* (слева направо): Юрий Андреевич Трапезников (Институт физики высоких температур); Аскер Турдукулович (Кыргызский институт сейсмологии); Тынымбек Ормонбеков (Комитет Правительства Кыргызской Республики по науке и технологиям); Ангус Симмонс (Посольство США); Герсон Шер (Американский фонд гражданских исследований и развития) [16]

Станции сети *KNET* позволяют регистрировать не только локальную сейсмичность, но и далекие сильные события. Важной особенностью сети является расположение станций на скальных породах, и принадлежность некоторых из них к самым бесшумным в мире. В научных исследованиях, проводимых Научной станцией РАН, сейсмические данные, полученные с помощью сети *KNET*, принимаются во внимание при интерпретации результатов электромагнитного мониторинга, оценке геодинамики региона, измерений движений земной поверхности по *GPS*, анализе геоэлектрической структуры на основе магнитотеллурического зондирования и т.д. [11, 15].

Также следует отметить, что одним из преимуществ сейсмических станций, функционирующих на территории Кыргызстана, является то, что они расположены на региональных расстояниях относительно всех испытательных полигонов Средней Азии (Семипалатинский испытательный полигон, Лобнор, Похаран, Чагай, мирные ядерные взрывы), что позволяло и позволяет эффективно использовать данные станции при мониторинге различных взрывов [17].

Объединение сейсмометров в небольшие группы или, наоборот, в крупные сети позволяет регистрировать и точнее определять координаты очагов местных землетрясений, удаленных сильных землетрясений, промышленных и ядерных взрывов или проводить мониторинг слабосейсмичных районов. Использование данных сейсмических групп и сетей способствует пониманию процессов, происходящих в литосфере Земли.

## Литература

1. Винник Л.П. Структура микросейсм и некоторые вопросы методики группирования в сейсмологии. М.: Наука, 1968. 104 с.
2. Сайт Международной федерации сетей цифровых сейсмографов (FDSN) [www.fdsn.org/networks/](http://www.fdsn.org/networks/). Дата обращения 27.02.2018.
3. Сайт Стэнфордского университета [<https://news.stanford.edu/press-releases/2017/10/19/building-billion-optical-fibers/>]. Дата публикации 19 октября, 2017. Дата обращения 27.02.2018.
4. Непейна К.С., Собисевич А.В. Геофизический мониторинг как этап устойчивого развития в целях достижения глобальной безопасности // Материалы V междунар. науч. конгр. «Глобалистика - 2017: глобальная экология и устойчивое развитие». М.: МГУ. 2017. С. 107-108.
5. Адушкин В.В., Richards P., Ан В.А., Ситников А.В. Геофизическая обсерватория «Боровое» - из прошлого в будущее (к 40-летию создания) // Вестник НЯЦ РК. 2001. Вып. 2. Июнь. «Геофизика и проблемы нераспространения». С. 15-20.
6. Сайт Казахстанского Национального Центра [[www.kndc.kz](http://www.kndc.kz)]. Дата обращения 27.02.2018.
7. Gibbons S.J., Kverna T., Ringdal F. Monitoring of seismic events from a specific source region using a single regional array: a case study // J. Seismol. 2005. Vol. 9. p. 277-294. - DOI: 10.1007/s11589-007-0553-6.
8. Михайлова Н.Н., Комаров И.И., Синева З.И., Соколова И.Н. Казахстанский центр сбора и обработки специальной сейсмической информации: функции, задачи, система телекоммуникаций, базы данных // Вестник НЯЦ РК. 2001. Вып. 2. Июнь. «Геофизика и проблемы нераспространения». С. 21-27.
9. Ferris A., Stroujkova A., Murphy K., Reiter D. Improved Characterization of Far-Regional and Near-Teleseismic Phases Observed in Central Asia / Final Report. 2010. 2 July. Weston Geophysical Corporation. USA. Lexington, MA. 70 p.
10. Kennett B.L.N., Stipčević J., Gorbатов A. Spiral-Arm Seismic Arrays // Bull. Seism. Soc. Am. 2015. Vol. 105 (4). pp. 2109–2116. doi: 10.1785/0120140354.
11. Сайт Научной Станции РАН [[www.gdir.ru](http://www.gdir.ru)]. Дата обращения 27.02.2018.
12. Сайт сейсмической сети *AlpArray* [[www.alparray.ethz.ch/en/home/](http://www.alparray.ethz.ch/en/home/)]. Дата обращения 27.02.2018.
13. Баталева Е.А., Баталев В.Ю., Брагин В.Д., Зейгарник В.А., Рыбин А.К., Трапезникова О.С., Щелочков Г.Г. «Остановка в развитии равносильна смерти». Светлой Памяти Юрия Андреевича Трапезникова посвящается // Вестник КРСУ. 2011. Том 11. № 4. С. 4-7.
14. Bragin D., Willemann R.J., Matix A.I., Dudinskih R.R., Vernon F.L., Offield G. The Kyrgyz Seismic Network (KNET) / AGU Spring Meeting Abstracts. 2007.
15. Сычева Н.А. Киргизская сейсмологическая сеть KNET // Вестник КРСУ. 2016. Т. 16. № 5. С. 175-183.
16. Сайт Консорциума IRIS [[ds.iris.edu](http://ds.iris.edu)]. Дата обращения 27.02.2018.
17. Абдрахматов К.Е., Берёзина А.В., Першина Е. В., Мозолева Е. Л. Система сейсмического мониторинга территории Кыргызстана // Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2014. № 2 (4). С. 14-21.

## О ДИСТАНЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ МАХТАРАЛЬСКОГО РАЙОНА ЮКО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ

Онласынов Ж.А., Нусипова С.Е.  
Zhuldyzbek.onlasynov@mail.ru, Salta\_nusipova@mail.ru  
Казахский Национальный Исследовательский  
Технический Университет имени К.И. Сатпаева,  
Институт геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией ГИС-технологий и ДЗЗ,  
ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина»,  
к.т.н. Шагарова Л.В.*

**Аннотация.** В данной работе показано применение данных ДЗЗ с целью мониторинга сельскохозяйственных угодий. В статье приводится информация о состоянии орошаемых полей Южно-Казахстанской области и процедуры обработки космоснимков Landsat территории Голодностепского массива Махтаральского района ЮКО.

**Ключевые слова:** мониторинг, ДЗЗ, орошение, ирригация, засоленность, дренаж, космоснимки, дешифрирование.

Вопросы рационального и эффективного использования орошаемых земель в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов имеет важное стратегическое значение для нашей республики. В начале 90-х годов орошаемые земли занимали 6% пашни страны (более 2,3 млн. га) и обеспечивали примерно треть (в южных регионах 2/3 и более) всей растениеводческой продукции. Ирригация для южных регионов республики является безальтернативной основой жизнедеятельности сельского населения. На орошение приходится более 70% забора воды из всех отраслей экономики [1]. Развитие методов контроля над хлопковым производством с помощью спутниковой информации представляет большой интерес для Казахстана.

Учитывая, что в Казахстане с одной стороны наблюдается тенденция развития орошаемого земледелия, а с другой происходит сокращения водных ресурсов и их качества, проблемы экономного расходования воды на орошение приобретают важное значение.

Так, во второй половине XX века сельскохозяйственными культурами использовалось только 40-45% забираемой воды из оросительных систем, остальная часть расходовалась на фильтрацию, испарение и сброс. Значительные объемы технологических потерь воды в оросительной сети и на полях орошения приводят к засолению и осолонцеванию орошаемых земель и загрязнению водных источников. В зависимости от климатических условий и вида возделываемых культур каждый гектар Южно-Казахстанской области нуждается от 5 до 8 тыс. м<sup>3</sup>/га воды. Однако в настоящее время фактические размеры водоподачи на орошаемые земли меньше, чем требуемые оросительные нормы. В следствии чего произошло снижение продуктивности почв на ирригационных системах Махтааральского района [2]. Для улучшения продуктивности необходимы новые технологии.

Одной из причин дефицита водных ресурсов и подъема уровня грунтовых вод, засоления и осолонцевания почв является потеря воды при ее транспортировке от источника орошения до орошаемого поля. Размеры потерь воды в каналах на фильтрацию и испарение зависят от технического состояния оросительной сети, режима ее работы, свойств грунтов

ложе каналов, наличие противофильтрационных защит, режима грунтовых вод, конфигурации массивов орошения, длины каналов и т.д. [2].

В Махтааральском массиве около 95,6% межхозяйственных и 79,2% внутрихозяйственных каналов выполнены в земляном русле, в полувыемке – полунасыпи. Дамбы каналов заросли сорной растительностью и при создании необходимых горизонтов наблюдается значительная фильтрация воды. Русла каналов сильно деформированы, а большинство гидротехнических сооружений требуют ремонта или замены. Так, КПД магистрального канала Достык изменяется в пределах 0,8-0,85. Средневзвешанный КПД систем межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов по Махтааральскому массиву составляет 0,69. Из представленных материалов следует, что по орошаемым массивам от водозабора до орошаемого поля на испарение и фильтрацию теряется от 42 до 53% воды, а в целом по району – 46%. В условиях Махтааральского района при поливах сельскохозяйственных культур потери воды на сброс, испарение и инфильтрацию доходят до 30% от размеров водоподачи на поле. Следовательно, КПД элементов техники полива составляет 0,7. Показатели КПД оросительной системы по массивам в целом по Махтааральскому району составляет 0,38 [2].

Скважины вертикального дренажа (СВД) с течением времени выходят из строя, это приводит к ухудшению технического состояния коллекторно-дренажных сетей (КДС) и к снижению дренированности орошаемых земель, не обеспечивая отвод инфильтрационных вод за пределы массивов. При этом, в условиях Голодностепского массива главным фактором, оказывающим влияние на эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель, является уровень залегания и минерализация грунтовых вод. Например, в 1994 году, площадь орошаемых земель с глубиной грунтовых вод до 1 м составила 105 га, в 2002 году – 378 га, а в 2009 году – 1417 га. В 1994 г, орошаемые земли с глубиной 1-2 м составили 7792 га, а в 2009 году – 71476 га, т.е. произошло увеличение площадей с такой глубиной грунтовых вод. С уменьшением дренированности территории происходит снижение площадей орошаемых земель с уровнем залегания грунтовых вод более 2 м. В 1994 году, когда работали СВД, площадь орошаемых земель с глубиной более 2 м составляла 93,7%, по состоянию на 2009 год – 47,5%. В период работы СВД и КДС в полном объеме, площадь орошаемых земель с пресной грунтовой водой (до 3 г/л) составила 54,9% от общей площади орошаемых земель. При близком залегании минерализованных грунтовых вод неизбежно происходит накопление солей в корнеобитаемом слое, что приводит к снижению продуктивности орошаемых земель. Вместе с тем, при низкой минерализации грунтовых вод, их поступление в корнеобитаемую толщу приводит к снижению размеров оросительных норм [3].

Таким образом, динамика уровня и минерализации грунтовых вод показывают, что в Махтааральском районе в результате снижения дренированности орошаемых земель произошли подъем уровня грунтовых вод; рост площадей орошаемых земель с близким залеганием грунтовых вод; рост минерализации и площадей с высокой минерализацией грунтовых вод; рост степени засоления почв и площадей засоленных орошаемых земель; осолонцевание и ощелачивание почв.

В сложившейся ситуации на орошаемых землях Голодностепского массива, несоблюдение технологии полива сельскохозяйственных культур, низкого технического состояния оросительных сетей и КДС, нерабочих СВД, роста минерализации оросительных вод произошло усиление темпов протекания деградиционных процессов.

В данном массиве увеличение токсичных солей в верхнем 0-40 см слое по составляет всего 1,9 т/га. Однако в нижних горизонтах темпы накопления токсичных солей в 0-100 см слое составляет 11,0 т/га. Причиной быстрого накопления токсичных хлоридов является близкое залегание грунтовых вод, их легкорастворимость и низкая сорбционная способность. В результате этого их миграция из грунтовых вод в верхние слои почвогрунтов усиливается. Накопительный характер солей в корнеобитаемом слое почв предопределил рост площадей засоленных орошаемых земель.

В целях космического мониторинга выполнены космотопогеодезические (дешифрирование космоснимков и результатов ДЗЗ) работы в Махтаральском районе (Голодностепский массив).

Для космического мониторинга сельскохозяйственных угодий Махтаральского района получены снимки со спутника Landsat 5,7,8 (табл. 1).

Для работы с данными ДЗЗ использовано лицензионное программное обеспечение Geomatica 2016. С целью дешифрирования и повышения информативности данных ДЗЗ были проведены спектральные преобразования исходных космоснимков.

На основе анализа спектральных профилей хлопковых полей на космоснимках с данными соответствующих спектральных библиотек проведена атмосферная коррекция исходных спутниковых изображений с учетом калибровочных коэффициентов из метаданных Landsat для спектральных диапазонов MTL, расчетной информации по азимуту/зениту Солнца на момент выполнения спутником съемки (рис. 1).

Таблица 1 – Идентификаторы космических снимков Landsat-5,7,8

Спутник	Дата съемки	Путь	Ряд	Идентификатор
LandSat7	25.05.2000	154	032	LE07_L1TP_154032_20000525_20170211_01_T1
LandSat7	29.08.2000	154	032	LE07_L1TP_154032_20000829_20170210_01_T1
LandSat7	09.03.2001	154	032	LE07_L1TP_154032_20010309_20170206_01_T1
LandSat7	31.07.2001	154	032	LE07_L1TP_154032_20010731_20170204_01_T1
LandSat7	01.09.2001	154	032	LE07_L1TP_154032_20010901_20170203_01_T1
LandSat7	29.04.2002	154	032	LE07_L1TP_154032_20020429_20170130_01_T1
LandSat7	18.07.2002	154	032	LE07_L1TP_154032_20020718_20170130_01_T1
LandSat7	23.11.2002	154	032	LE07_L1TP_154032_20021123_20170128_01_T1
LandSat5	07.05.2008	154	032	LT05_L1TP_154032_20080507_20161031_01_T1
LandSat5	10.07.2008	154	032	LT05_L1TP_154032_20080710_20161030_01_T1
LandSat5	28.09.2008	154	032	LT05_L1TP_154032_20080928_20161029_01_T1c
LandSat5	26.05.2009	154	032	LT05_L1TP_154032_20090526_20161028_01_T1
LandSat5	27.06.2009	154	032	LT05_L1TP_154032_20090627_20161024_01_T1
LandSat5	18.11.2009	154	032	LT05_L1TP_154032_20091118_20161018_01_T1
LandSat5	29.05.2010	154	032	LT05_L1TP_154032_20100529_20161015_01_T1
LandSat5	14.06.2010	154	032	LT05_L1TP_154032_20100614_20161015_01_T1
LandSat5	04.10.2010	154	032	LT05_L1TP_154032_20101004_20161012_01_T1
LandSat8	05.05.2013	154	032	LC08_L1TP_154032_20130505_20170504_01_T1
LandSat8	25.08.2013	154	032	LC08_L1TP_154032_20130825_20170502_01_T1
LandSat8	13.11.2013	154	032	LC08_L1TP_154032_20131113_20170428_01_T1
LandSat8	24.05.2014	154	032	LC08_L1TP_154032_20140524_20170422_01_T1
LandSat8	28.08.2014	154	032	LC08_L1TP_154032_20140828_20170420_01_T1
LandSat8	31.10.2014	154	032	LC08_L1TP_154032_20141031_20170418_01_T1
LandSat8	09.04.2015	154	032	LC08_L1TP_154032_20150409_20170410_01_T1
LandSat8	15.08.2015	154	032	LC08_L1TP_154032_20150815_20170406_01_T1
LandSat8	16.09.2015	154	032	LC08_L1TP_154032_20150916_20170404_01_T1
LandSat8	26.03.2016	154	032	LC08_L1TP_154032_20160326_20170327_01_T1
LandSat8	30.06.2016	154	032	LC08_L1TP_154032_20160630_20170323_01_T1
LandSat8	18.09.2016	154	032	LC08_L1TP_154032_20160918_20170321_01_T1
LandSat8	30.04.2017	154	032	LC08_L1TP_154032_20170430_20170515_01_T1
LandSat8	19.07.2017	154	032	LC08_L1TP_154032_20170719_20170728_01_T1
LandSat8	21.09.2017	154	032	LC08_L1TP_154032_20170921_20171012_01_T1

Полученные в результате произведённых расчётов, матрицы реальных значений отражённой солнечной радиации, применены в различных методах математического анализа — вычислении индексов.

Характерным признаком растительности является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Вегетационный индекс (ВИ) — это показатель, рассчитываемый в результате операций со спектральными диапазонами (каналами) данных ДЗЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности [4].

Нормализованный ВИ (Normalized Difference VI, NDVI) Rouse et al. (1973), рассчитываемый по формуле 1:

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (1)$$

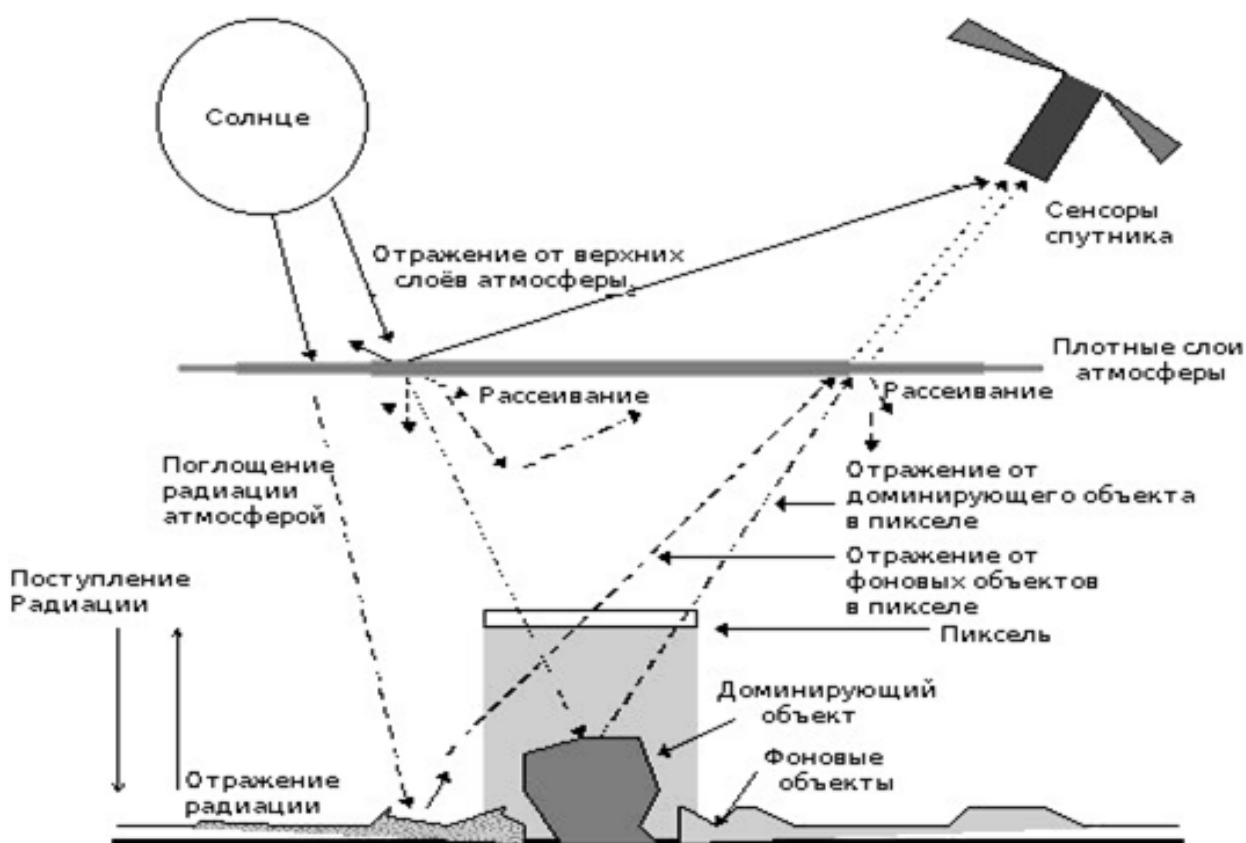


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на попадание отраженной солнечной и радиации на сенсоры спутника

На рисунке 2 в качестве примера приведен результат расчета ВИ.

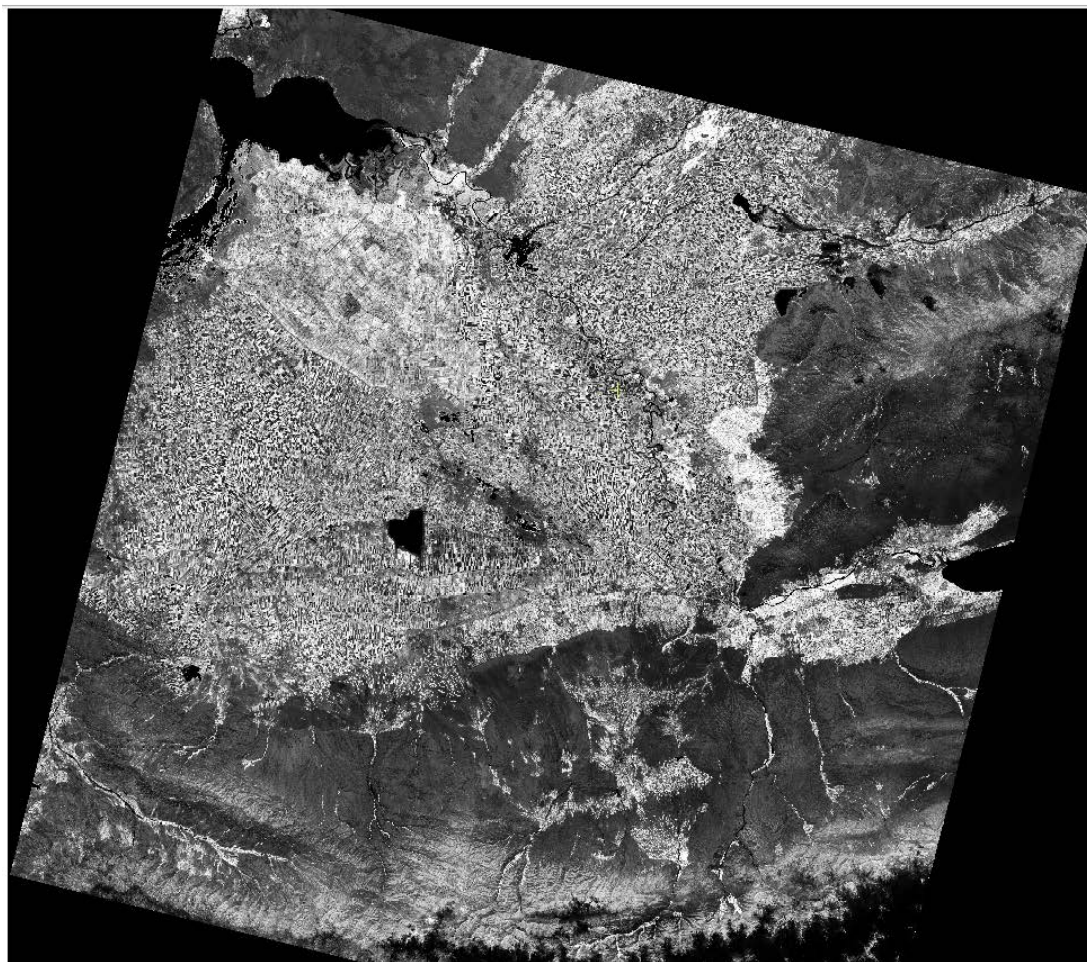


Рисунок 2 – Результат расчета ВИ (ndvi) со снимка LandSat 8, от 28.07.2017г

Помимо ВИ, ещё один тип индексов имеет непосредственную связь с жизнедеятельностью растений на поверхности земли, водные индексы Water Index (WI). Данная связь определяется процессом транспирации наземных растений. В исследуемом районе, транспирация оказывает гораздо большее постоянное влияние на содержание водяного пара в приземном слое атмосферного воздуха, чем другие факторы окружающей среды [4].

Расчет водного индекса базируется на двух не зависящих от прочих факторов участках кривой спектральной поглощающей способности водяных паров в приземном слое атмосферного воздуха. На среднюю инфракрасную зону SWIR1 (1,57—1,65 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации водяными парами, находящимися в нижних слоях атмосферы у самой поверхности земли, а на ближнюю инфракрасную зону NIR (0,85—0,89 мкм) — максимальное отражение энергии поверхности. В результате взвешенного вычитания этих двух спектров рассчитываются индексы. Расчёт (Normalized Difference Water Index, NDWI) Gao (1996) можно выразить формулой 2:

$$NDVI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (2)$$

отрицательные и нулевые значения NDWI могут появляться только при значениях  $NIR \Rightarrow SWIR$ , что характерно для поверхности водоёмов, активно поглощающих весь спектр инфракрасного излучения. Соответственно, все положительные значения индекса можно отнести к показателю испарения воды с поверхности земли, значительная доля которой, в засушливых районах, приходится на транспирацию наземных растений [4].

На рисунке 3 показан результат расчета водного индекса данных со спутника LandSat 8, от 28.07.2017г.



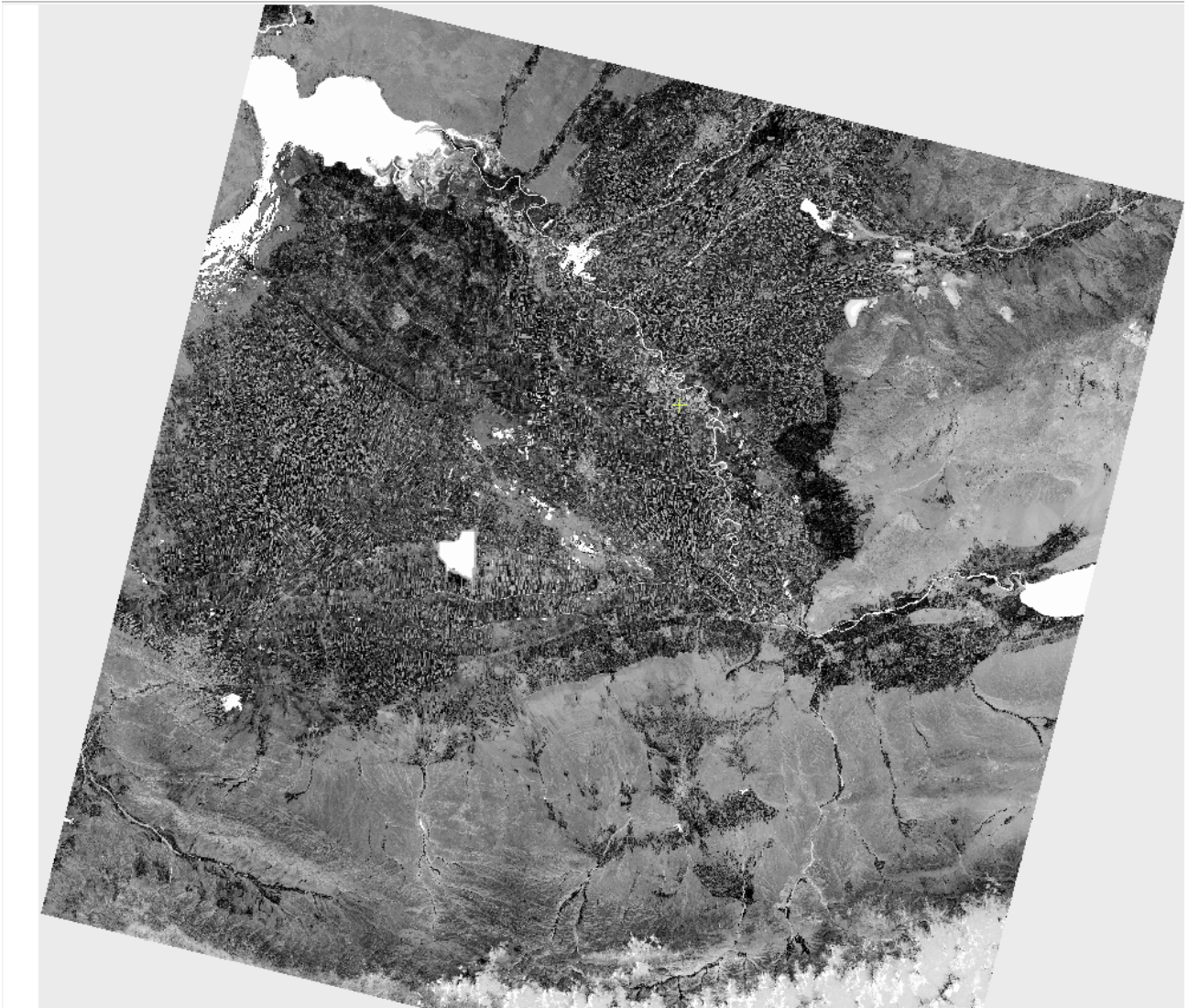
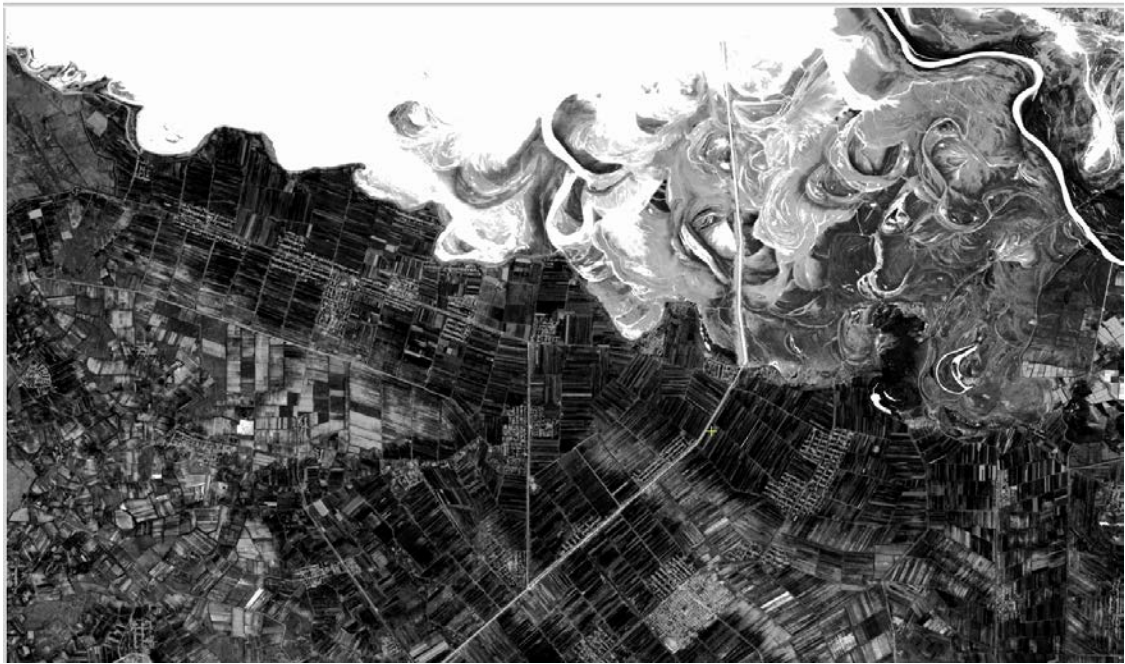


Рисунок 3 – Результат расчета водного индекса со снимка LandSat 8, от 28.07.2017г

По рис.4 можно сравнить NDWI и NDVI. В варианте 4-а видно, как река Сырдария и Шардаринское водохранилище имеют светлую окраску (ближе к белому) а в варианте 4-б темную (ближе к черному).



а)



б)

Рисунок 4 – а) водный индекс NDWI; б) вегетационный индекс NDVI.  
Снимок со спутника LandSat 8, от 28.07.2017г

### Литература

1. Шакибаев И. Гидрогеолого-мелиоративные аспекты проблем орошаемых земель юга Казахстана. Алматы: ТОО «Контур». 2014. 304 с.
2. <http://group-global.org/ru/node/19302>.
3. Отчет о мелиоративном состоянии орошаемых земель Южно-Казахстанской области. Шымкент. 2012. 82 с.
4. Жолобов Д.А., Баев А.В. Уточнение значений нормализованного вегетативного индекса (NDVI), методом наложения транспирационной маски // Инновации в науке. 2015. № 45. С. 164-185.

## НОВЕЙШИЕ СЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ НА ЮЖНЫХ СКЛОНАХ ХРЕБТОВ ДЖЕТИМ-ТАУ И НУРА-ТАУ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

Рахмединов Э.Э.

rahimdinov@gmail.com

Институт Сейсмологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*директор Института Сейсмологии НАН КР,*

*д.г.-м.н., проф. Абдрахматов К.Е.*

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются сейсмодислокации, приуроченные к активному разлому Калмак-Ашу, которое расположено в близи верхних Нарынских каскадов ГЭС.

**Ключевые слова:** разлом, хребет, центральный Тянь-Шань, сейсмодислокация, взброс, надвиг, датировка, верхний Нарынский каскад ГЭС.

В 2014 г нами совместно с коллегами из России был изучен разлом Калмык-Ашу, расположенный на южных склонах хребтов Джетим-Тау и Нура-Тау, которые с севера обрамляют Нарынскую впадину в районе строительства каскада Верхне-Нарынских ГЭС (Рис. 1). Данное разрывное нарушение относится к числу молодых тектонических проявлений, которое было обнаружено ещё в 80-х годах прошлого века и проявляется в виде «обратного» уступа [1]. Следы молодых смещений хорошо прослеживаются на протяжении до 32 км. Максимальная высота уступа, достигающая 10 м, наблюдается в западной – Нуратаусской, части разлома (Рис. 1 – западный квадрат, 2). При этом, на всем протяжении разрывного нарушения поднято его южное, подгорное крыло т.е. характерна сбросовая кинематика подвижек, при том, что регион в целом развивается в условиях поперечного сокращения и большинство разрывов здесь – взбросы и надвиги. Надвиговые смещения отнесены исследователями к позднечетвертичным образованиям. Отметим также, что по разлому имеются и явные признаки сдвиговых смещений, причем если вдоль западной (Нуратаусской) части - это левостороннее (висячее, нагорное крыло перемещалось на запад - Рис. 4), то для его восточной (Джетимтаусской) части наоборот – правостороннее движение нагорного крыла к востоку (Рис. 5).

Обращает на себя внимание и то, что в долине реки Малый Нарын, которая пересекается разломом Калмак-Ашу и к которому приурочена дислокация «Нура-Тау» на террасе высотой около 90 м разрыв практически никак не выражен (на рис. 2 указан белой стрелочкой). При этом, можно отметить, что данная терраса является более древним образованием, чем формы рельефа и поверхности, разорванные разломом Калмак-Ашу западнее и восточнее от неё и где разрыв проходит на более высоких отметках (Рис 2 – Рис. 5.)

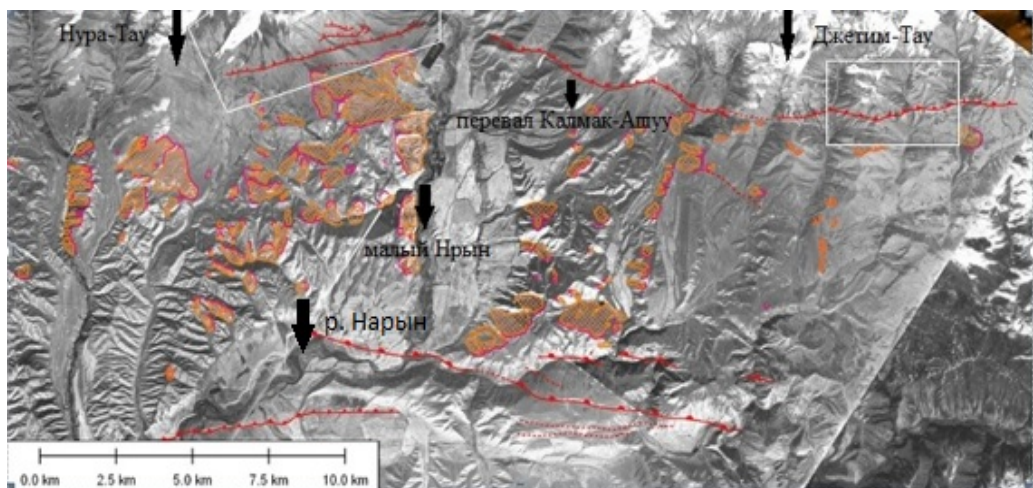


Рисунок 1 – Молодые разрывные нарушения и оползни на южных склонах южных хребтов Нура-Тау и Джетим-Тау (оранжевая окраска; изображение Google\_earth). Оконтурены участки- квадраты, трехмерные изображения которых показаны на Рис. 2 и Рис. 3 [5]

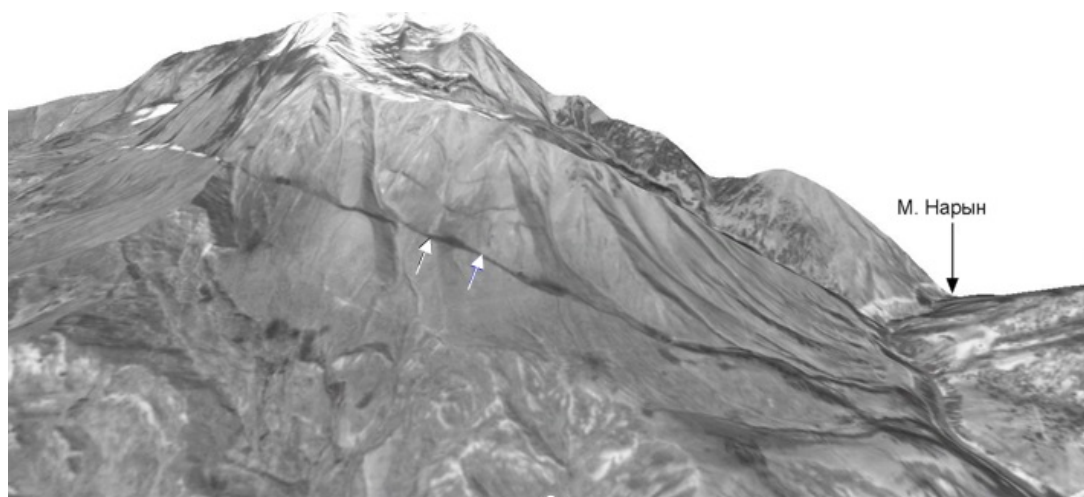


Рисунок 2 – Разрыв Калмак-Ашуу на хр. Нура-Тау к западу от долины р. Малый Нарын (изображение Google\_earth). Белыми стрелочками отмечены место отбора образцов. Выше по склону видны оперяющие разрывы

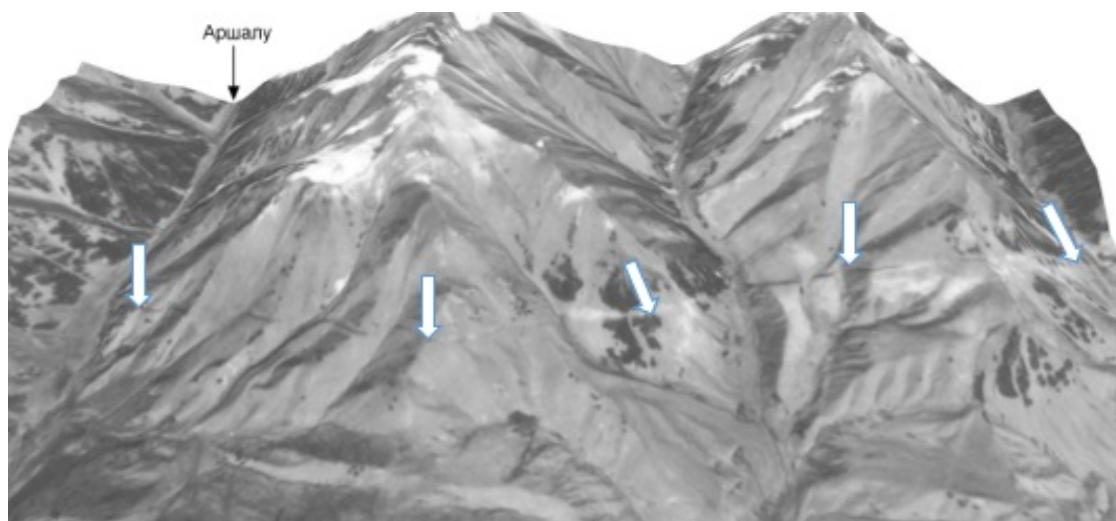


Рисунок 3 – Разрыв у подножия хр. Джетим-Тау восточнее верховьев ручья Аршалу. Уступ разлома отмечен стрелочками (изображение Google\_earth)

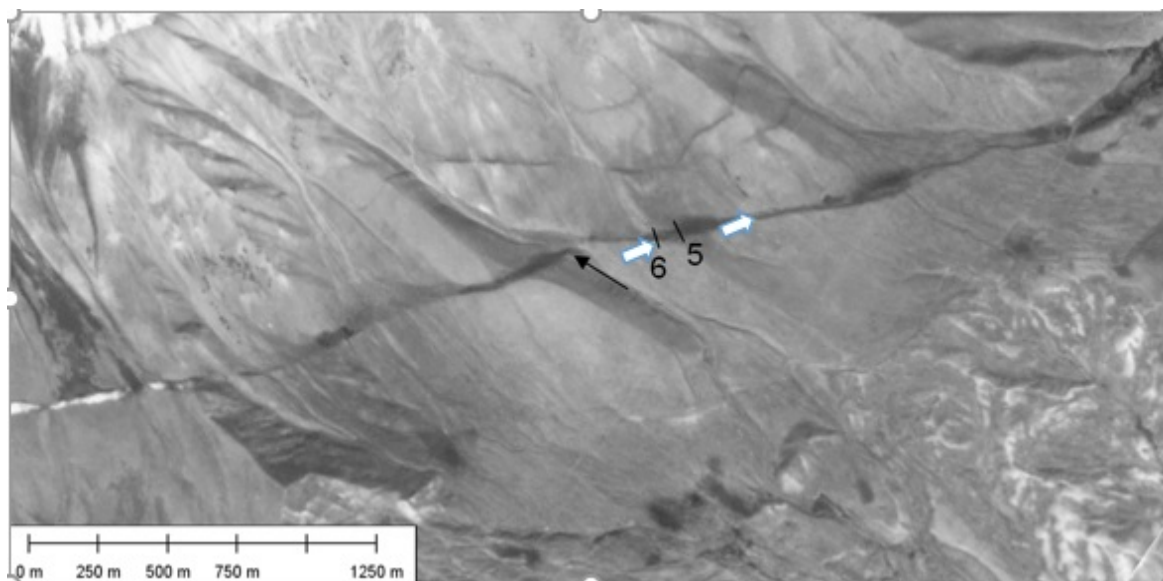


Рисунок 4 – Признаки левого сдвига по западной (Нуратаусской) части разрыва Калмак-Ашу (изображение Google\_earth). Черная стрелочка указывает на сдвинутую влево ложбину с разной высотой уступа, проявленного на разновозрастных террасах; цифры - места отбора проб для определения возраста подвижек (белые стрелочки) (см. также Рис. 2)

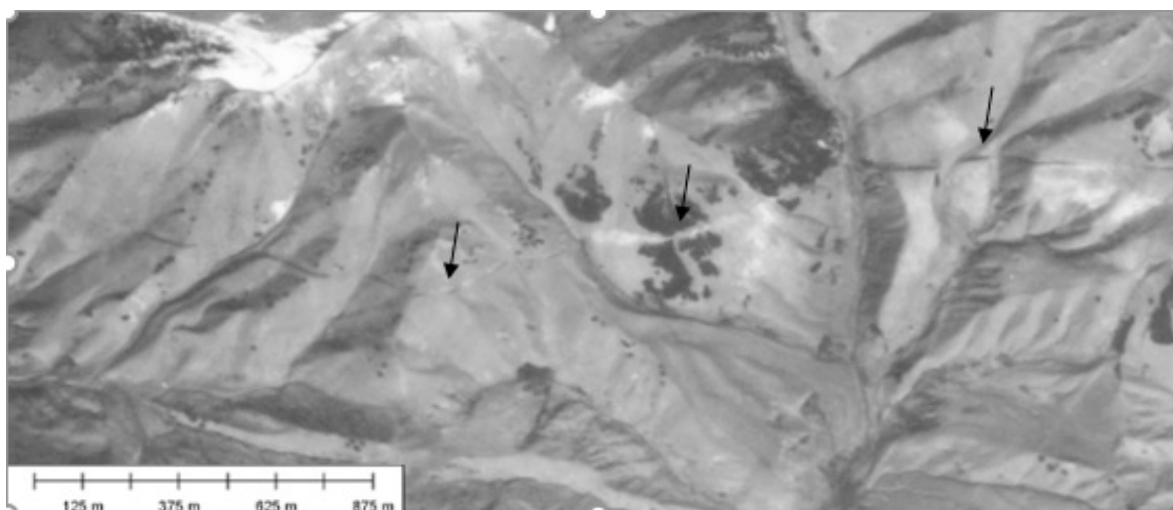


Рисунок 5 – Признаки правого сдвига по восточной части разрыва Калмак-Ашу (изображение Google\_earth). Уступы, обращенные вверх по склону, намного ярче выражены на склонах долин и оврагов западной экспозиции, что указывает на правостороннее смещение висячего крыла разрывное нарушение показаны стрелочками

Для молодого разрыва Калмак-Ашу характерно: нетипичная сбросовая кинематика вертикальных смещений, непостоянство направления сдвига в разных частях разрыва при постоянстве его простирания, исчезновение морфологически выраженного разрыва в нижнем ярусе рельефа. Всё это позволяет предположить, что данное разрывное нарушение представляет собой не самостоятельную сейсмогенерирующую структуру, а являются вторичной дислокацией по отношению к основному – Центрально-Нарынскому разлому, проходящему у русла реки Нарын (Рис. 8).

Формирование такого вторичного разлома, как Калмак-Ашу, можно объяснить следующим образом: земная кора Тянь-Шаня в целом находится под действием внешних сил, формирующих такое поле напряжений, при котором ось сжатия ориентирована субгоризонтально, т.е. в крест простирания современных структур [2,3,4]. Однако

тангенциальное сжатие может непосредственно проявляться лишь ниже регионального уровня эрозионного вреза, где смежные по латерали блоки способны передавать внешнее усилие. С этим согласуется то, что молодое субширотное нарушение Калмак-Ашу, выходящее на поверхность, имеет закономерную надвиговую или взбросовую кинематику.

В ходе полевого обследования дислокации «Нарын-Тау» было установлено, что высота уступа изменяется по простиранию. В ряде случаев это можно объяснить наличием сдвиговой компоненты смещения по разрыву, пересекающему расчлененный рельеф. На других участках такая изменчивость высоты уступа явно обусловлена наличием нескольких последовательных подвижек по разрыву. Это видно, в частности, на участке, показанном на (Рис. 6). Здесь разрыв пересекает сравнительно глубокую долину временного водотока с выраженной невысокой террасой на ее правом борту. Высота приразломного уступа на водоразделе существенно (примерно, в 2 раза) больше, чем там, где он пересекает эту террасу, что позволяет говорить о наличии здесь следов, как минимум, двух подвижек.

Восточнее долины реки Малый Нарын приразломный уступ смещает нижнюю часть тела молодого обвала, объемом в несколько тысяч кубометров, сложенного глыбами светлых гранитов размером до 1 метра (Рис. 7). Нижняя часть обвального тела находится на поднятом крыле уступа. Если бы обрушение произошло после последней подвижки, то тело обвала должно было бы вначале заполнить ложбину, а только потом распространиться далее, вниз по склону. То, что обвальное тело находится и на опущенном, и на поднятом крыле разрывного нарушения, свидетельствует о том, что последняя подвижка произошла после образования обвала. При этом в пределах обвального тела высота уступа составляет примерно 4 м, а вне его достигает 9 м, т.е. опять же, примерно, в 2 раза больше. Это свидетельствует о том, что смещения по разрыву на этом участке происходили, как минимум, дважды. Отметим так же, что обвал перекрыл обратный уступ оперяющего разрыва, находящегося выше по склону (Рис. 7). Скорее всего, оперяющие разрывы образовались при предпоследней подвижке по основному разлому и не активизировались при последнем событии. Очевидно, что возраст–описываемого обвала даст нам нижний предел возраста последней подвижки по разрыву, а возраст глыб из предыдущих обвалов – нижний предел возраста предпоследней подвижки. Для этого в точках, отмеченных на (Рис. 2 и Рис. 4), были отобрано две пробы из гранитных глыб на абсолютный возраст подвижек методом анализа космогенных изотопов ( $^{10}\text{Be}$ ).



Рисунок 6 – Участок дислокации «Нарын-Тау» с разновысокими уступами [5]

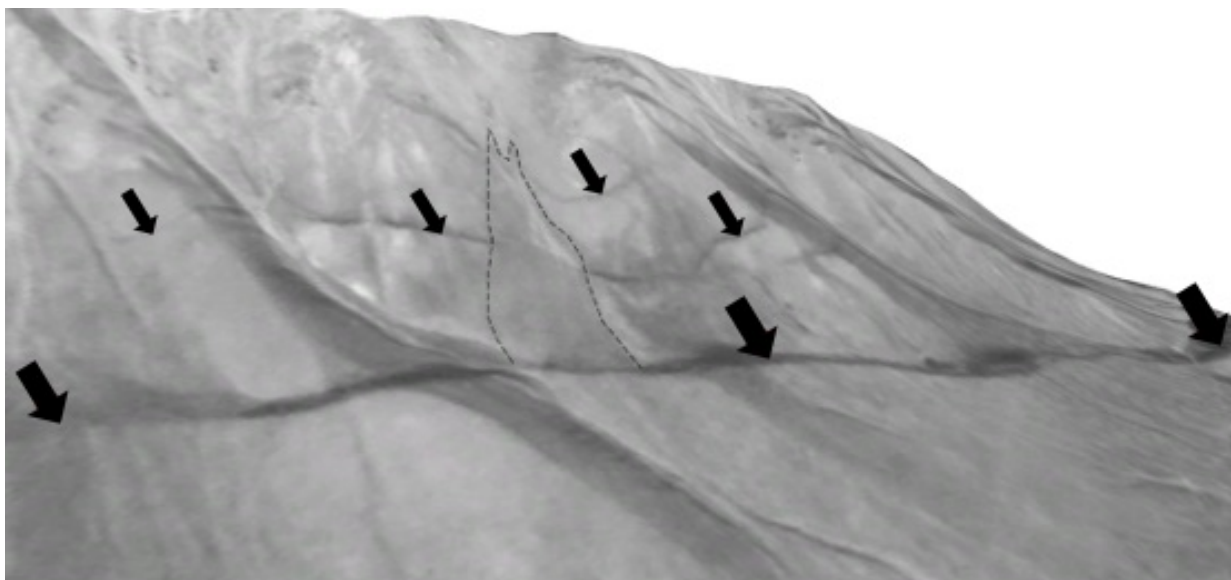


Рисунок 7 – Соотношение тела обвала с основным и оперяющими разрывами в западной части дислокации «Нура-Тау» (изображение Google\_earth).

Тело обвала оконтурено пунктирной линией, основным разрыв обозначен большими стрелочками, оперяющие разрывы – маленькими стрелочками

Судя по полученным датировкам, последняя подвижка по разлому, сформировавшая дислокацию «Нура-Тау», произошла не ранее  $3454 \pm 986$  лет тому назад, предшествующая – в интервале между этой датой и  $18680 \pm 5711$  лет тому назад.

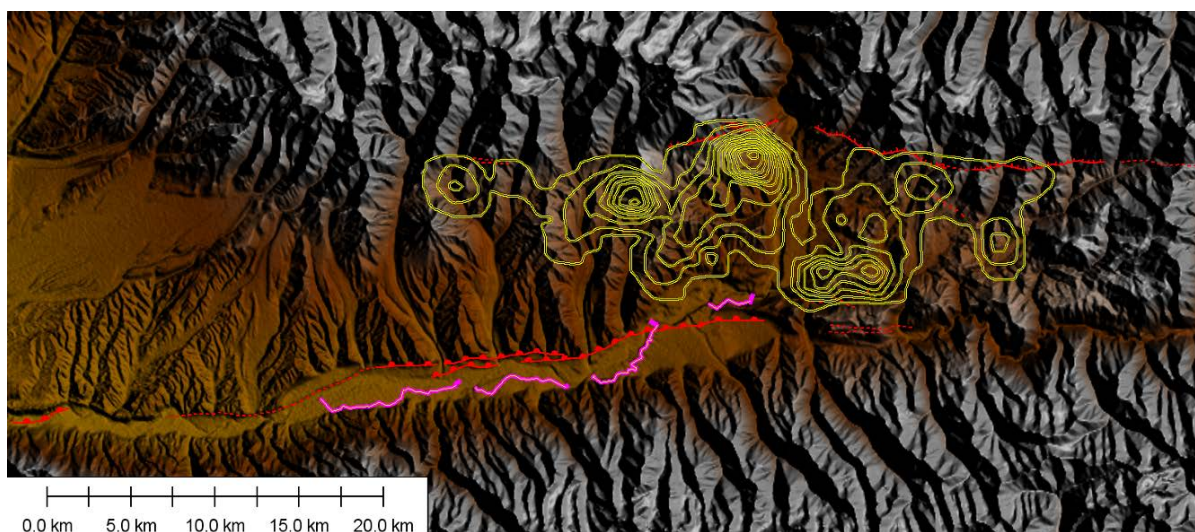


Рисунок 8 – Оползневая пораженность территории к северу от Центрально-Нарынского разлома (изображение Google\_earth) [5]

На Рис. 8 видно, что район, охваченный оползнями, в целом образует полуэллипс, длинная ось которого, протяженностью 38 км, приурочена к разрывному нарушению «Калмак-Ашу». Ее восточное ограничение совпадает с восточной границей области развития кайнозойского осадочного чехла межгорной впадины. Однако западное (юго-западное) окончание этой области не имеет столь отчетливого «геологического» ограничения, хотя наиболее нарушенная оползнями территория совпадает с областью развития отложений олигоцен-неогенового возраста. Приуроченность территории «эллипса» к разлому Калмак-Ашу не случайна и обусловлена единой причиной образования и разрывов, и оползней – сильным доисторическим землетрясением  $22377 - 10955$  гг. до н.э. [5]. В то же время, как было отмечено выше, при описании разлома Калмак-Ашу, он с большой вероятностью

представляет собой не самостоятельную сейсмогенерирующую структуру, а является вторичным по отношению к основному – Центрально-Нарынскому разлому.

### Литература

1. Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н. Активные разрывы Алабуга-Нарынской впадины // Тянь-Шань в новейшем этапе геологического развития. Фрунзе: Илим, 1989. С. 78-90.
2. Гущенко О.И. Реконструкция поля межрегиональных тектонических напряжений сейсмоактивных областей Евразии // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука, 1979. С. 26-51.
3. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший орогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986. 316 с.
4. Садыбакасов И. Неотектоника центральной части Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1972. 118 с.
5. Абдрахматов К.Е., Джумабаева А.Б., Рахмединов Э.Э. и др. Оценка сейсмической опасности районов расположения крупных ГЭС (на примере Верхне-Нарынского каскада ГЭС). 2017. Отчет рукописный. Фонды ИС НАН КР.



## СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОТ ГЛУБОКОФОКУСНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ДАЛЬНОЙ ЗОНЕ

Соколов А.Н., Мусрепов А.В.  
asokolov@kndc.kz, amusrepov@kndc.kz  
Институт геофизических исследований МЭ РК,  
Филиал ЦСОССИ РГП Института геофизических исследований МЭ РК,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### **Научный руководитель:**

*директор Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации РГП  
Института геофизических исследований МЭ РК,  
д.ф.-м.н. Михайлова Н.Н.*

**Аннотация.** В работе рассмотрены особенности сейсмических воздействий от удаленных глубокофокусных землетрясений. Подробно исследованы макросейсмические эффекты гиндукушского землетрясения 26.10.2015 г. и землетрясения в районе Охотского моря 24.05.2013 г. Проанализированы записи сильных движений по данным Казахстанских станций.

**Ключевые слова:** глубокофокусная сейсмичность, макросейсмические параметры, сильные движения, кривые динамичности.

Самый крупный мегаполис Казахстана, город Алматы, с населением более 1.7 млн человек, расположенный в предгорьях Заилийского Алатау, неоднократно подвергался разрушениям из-за сильнейших Северо-Тяньшаньских землетрясений [1-4]. В городе находится большое количество ответственных объектов, таких как реактор Института ядерной физики ВВРК, селезащитная плотина, метро и т.д. Наиболее опасными для города считаются возможные землетрясения с очагами в сейсмогенерирующих зонах на расстояниях 5-45 км: Илийской, Алма-Атинской, Заилийской и Кунгейской. Макросейсмический эффект на территории города может достигать 8-10 баллов при наиболее сильных землетрясениях. Существует опасность и от очагов непосредственно на территории города, вызванной очагами, связанными с разломами, проходящими через город. Сейсмопотенциал их в настоящее время еще недостаточно изучен [5, 6]. Макросейсмический эффект от близких мелкофокусных землетрясений изучается достаточно долгое время, имеется достаточно много исторических сведений о разрушениях и повреждениях на территории города от прошлых сильных землетрясений. Построены карты макросейсмических эффектов на территории города при Верненском (1887г.), Кеминском (1911г.), Чиликском землетрясениях (1889г.) [1].

На настоящий момент существует не так много исследований, связанных с изучением сейсмических воздействий удаленных глубокофокусных землетрясений, так как естественно, что они не могут вызвать разрушения на территории города, поскольку их очаговые зоны находятся по отношению к городу на больших расстояниях. Однако могут быть ощутимыми и представлять некоторую угрозу высотным зданиям.

Недавнее землетрясение в Гиндукуше 26 октября 2015 г. с  $M_w=7.5$  вызвало большое количество жертв (374), несколько тысяч раненых (более 2200), огромное количество разрушенных и поврежденных зданий (более 100000) на территории Пакистана, Афганистана и Индии [7, 8]. Ощущалось жителями Таджикистана (Хорог 6 б, Душанбе 5-6 б), Узбекистана (Самарканд 5 б, Ташкент 4-5 б, Фергана 4 б, Андижан и Наманган 3 б), Кыргызстана (Ош 4 б, Бишкек 3 б), Казахстана (Шымкент 4 б, Тараз 3-4 б, Алматы 3 б),

России (Новосибирск и Уфа 2 б) [8]. Другое, уникальное глубокофокусное событие с эпицентром в районе Охотского моря, 24 мая 2013 г.,  $M_w=8.2$  ощущалось на расстояниях до 8200 км от эпицентра, в том числе в таких крупных мегаполисах как Москва, Санкт-Петербург, Токио, Дели, Милан, Ченду, Дубаи [9-11]. В работе [9] авторы анализируют время звонков, о сотрясениях зданий, поступивших в МЧС г. Москвы. Было выявлено, что большинство звонков связаны с колебаниями зданий, инициированных поперечными волнами (S, ScS, sS), по сейсмограммам станции MOS определены максимумы спектров поперечных волн, они соответствуют диапазону периодов  $T=12.5\div 20$  с. Сейсмические волны с такими периодами вызывают преимущественно сотрясения высотных зданий, более 10 этажей, собственные периоды колебаний которых характеризуются значениями  $T_0>10$  с [9]. В последнее время в г. Алматы появилось большое количество высоких зданий, в связи с этим, исследование воздействий сильных удаленных глубокофокусных землетрясений актуально и имеет практическую ценность для сейсмостойкого строительства.

Для исследования воздействий глубокофокусных землетрясений были проанализированы параметры записей сильных движений. Первая станция сильных движений МАКЗ сети РГП ИГИ МЭ РК (ИГИ) была установлена в 1996 г., а постоянный мониторинг сильных движений в ЦСОССИ был начат с 2006 г., с этого времени была создана и постоянно пополняется база данных цифровых записей сильных движений [12]. Обработка данных осуществляется при помощи программного обеспечения ViewWave, разработанного Т.Кашимой [13], которое позволяет проводить визуализацию записи, откалиброванной за характеристики прибора в физических единицах, производить расчеты спектра Фурье и спектра реакции для разных значений затухания, производить дифференцирование и интегрирование записей.

**Гиндукуш.** Ближайшая к г. Алматы зона глубокофокусной сейсмичности - район Гиндукуша, является одним из самых сейсмически активных районов Центральной Азии. За последние 20 лет здесь произошло несколько разрушительных землетрясений, сопровождавшихся большим количеством жертв. Сильнейшие землетрясения Гиндукуша ощущаются на большой территории Центральной Азии, в том числе на юге и юго-востоке Казахстана (г. Шымкент, Жамбыл, Алматы). Граница Мохо для Гиндукуша расположена на глубинах  $70\pm 5$  км. Большинство землетрясений в районе Гиндукуша расположены в диапазоне глубин от 70 до 300 км.

На рисунке 1 приведён нормированный к 1 году график повторяемости землетрясений, по данным каталога NEIC Геологической службы США (USGS) [7] (1973-2017 гг.), для землетрясений с глубинами больше 70 км. Из него можно сделать вывод о представительной регистрации землетрясений в этом районе, начиная с  $M=4.25$ . Соотношение (1) описывает закон повторяемости землетрясений рассматриваемого района, который характеризуется большим углом наклона  $b=-0.93$ . Из графика повторяемости следует что землетрясения с магнитудой  $M_w\geq 6.5$  происходят в среднем раз в 3 года.

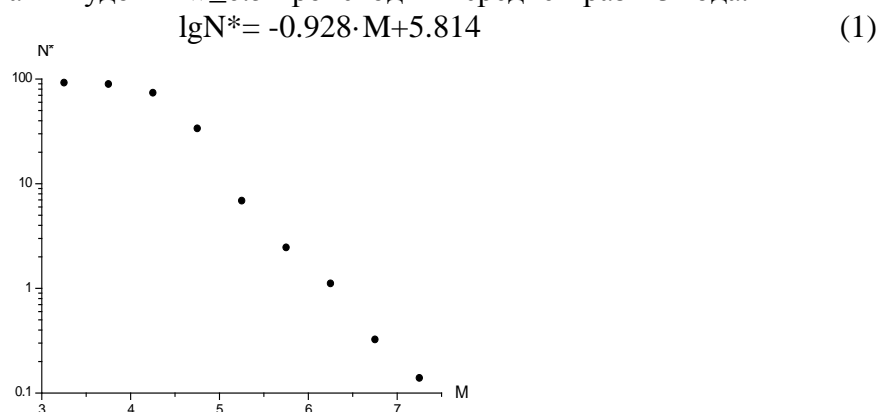


Рисунок 1 - График повторяемости глубокофокусных землетрясений из района Гиндукуша

Для землетрясений из района Гиндукуша были собраны и обработаны записи акселерографов и велосиграфов Казахстанских станций, к сожалению, часть данных пришлось отбраковать из-за того, что они были зашкалены (станция ККАР). Записи велосиграфов были предварительно продифференцированы. В таблице 1 представлены параметры записей сильных движений для гиндукушских землетрясений, минимальное расстояние соответствует станции Каратау 680 км от эпицентра. Самым сильным за исследуемый период было землетрясение 26.10.2015г. с  $M_w=7.5$ , и глубиной  $h=212$  км. На рисунке 2 представлена карта интенсивности сотрясений землетрясения 26.10.2015г. по результатам оперативного интернет опроса населения [7], по данным, представленными международными сейсмологическими службами [14], а также из СМИ. Для этого события были собраны записи акселерографов и велосиграфов Центральноазиатских станций, минимальное расстояние соответствует станции Кабул на расстоянии 280 км от эпицентра. На рисунке 3 представлена зависимость максимальных амплитуд сильных движений от расстояния, для периодов  $T=0.5\div 7$  с. В таблице 1 представлены параметры записей сильных движений для землетрясения 26.10.2015 г., по данным Казахстанских станций. На рисунке 4 представлены спектры реакции по станции KNDC.

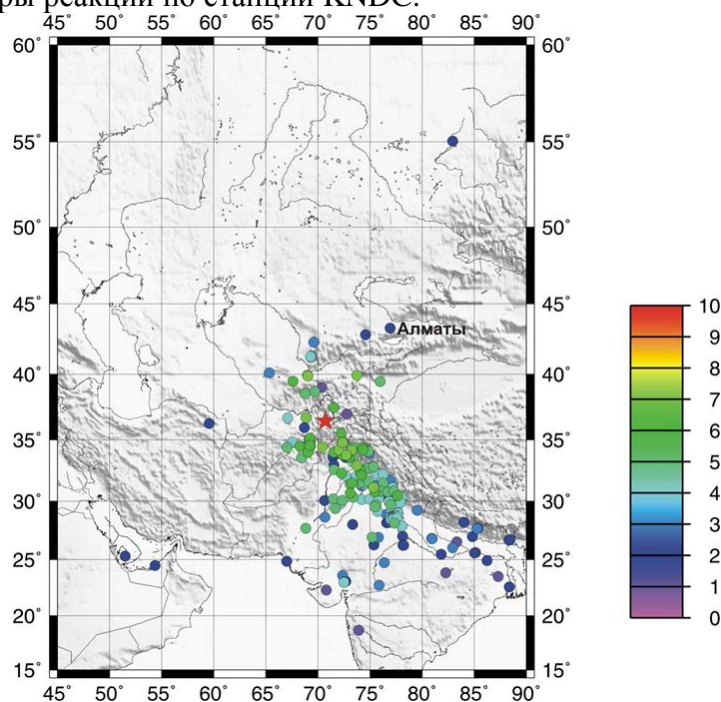


Рисунок 2 - Карта интенсивности сотрясений землетрясения 26.10.2015г.

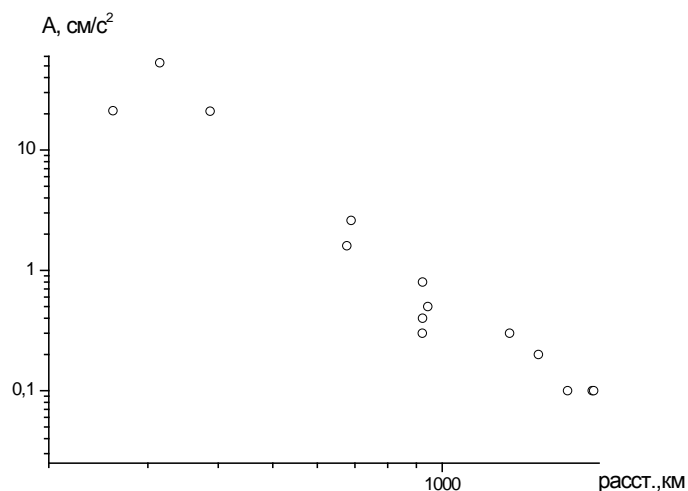


Рисунок 3 - Зависимость максимальных амплитуд сильных движений от расстояния для землетрясения 26.10.2015г.

Таблица 1 - Параметры записей сильных движений по станциям ИГИ

гггг	мм	дд	to	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	h	мь	Mw	К	станция	Расст. км	I <sub>0</sub>	A см/с <sup>2</sup> E-W	A см/с <sup>2</sup> N-S	A см/с <sup>2</sup> Z	V см/с E-W	V см/с N-S	V см/с Z	T(V)	T(A)
1997	5	13	14:13:45.7	36.411	70.945	196		6.5		TLG	930		0.1	0.1	0.1	0.01	0.02	0.02	3	2
1998	2	20	12:18:05	36.51	71.12	231	5.6	5.7	15.4	MAKZ	1458		0.04	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	1	1
2002	03	03	12:08:19.7	36.502	70.482	226		7.3		TLG	945	3	0.2	0.2	0.2	0.07	0.05	0.06	1.9	1.9
2009	01	03	20:23:20.2	36.419	70.743	205	5.8			KNDC	924		0.1	0.1	0.1	0.02	0.02	0.02	1.8	1.2
2009	10	29	17:44:33.1	36.39	70.86	224	5.8			KNDC	921		0.1	0.1	0.3	0.01	0.01	0.05	0.6	0.6
2010	09	17	19:21:15.2	36.54	70.97	215	5.9		14.6	KNDC	902		0.1	0.1	0.2	0.01	0.02	0.03	1	1
2011	03	11	05:46:23.2	38.296	142.49	20		9.0		KNDC	5420		0.1	0.1	0.1	0.1	0.14	0.09	17	8
2011	11	07	11:59:35.5	36.99	70.96	200	6.6		12.6	KKAR	680		0.2	0.2	0.2	0.02	0.02	0.01	0.4	0.4
2013	05	24	05:44:49.6	54.87	153.28	609	8.4			MAKZ	4883		0.1	0.2	0.3	0.02	0.02	0.04	0.8, 3	0.4
2013	05	24	05:44:49.6	54.87	153.28	609	8.4			KNDC	5443	2-3	0.1	0.1	0.1	0.03	0.05	0.04	3	1
2013	05	24	05:44:49.6	54.87	153.28	609	8.4			KKAR	5837		0.1	0.1	0.1	0.03	0.05	0.04	5	0.4
2015	10	26	09:09:32	36.441	70.717	212		7.5		MDO	922	3	0.3	0.3	0.3	0.16	0.13	0.17	3	3
2015	10	26	09:09:32	36.441	70.717	212		7.5		KNDC	923	3	0.7	0.8	0.6	0.26	0.29	0.19	4, 1.5	2, 1.5
2015	10	26	09:09:32	36.441	70.717	212		7.5		OTUK	1318		0.3	0.1	0.2	0.19	0.05	0.08	5	5
2015	10	26	09:09:32	36.441	70.717	212		7.5		MAKZ	1483		0.1	0.1	0.2	0.06	0.09	0.1	7	7
2015	10	26	09:09:32	36.441	70.717	212		7.5		ABKAR	1671		0.1	0.1	0.1	0.04	0.03	0.04	2, 7	2
2015	10	26	09:09:32	36.441	70.717	212		7.5		BRVK	1848		0.1	0.1	0.1	0.04	0.06	0.11	5	5
2015	10	26	09:09:32	36.441	70.717	212		7.5		AKTO	1859			0.1			0.03		3, 5	1.5
2016	04	10	10:28:58.7	36.472	71.131	212		6.6		KNDC	900		0.3	0.5	0.5	0.07	0.07	0.09	4	3
2016	04	10	10:28:58.7	36.472	71.131	212		6.6		PDGN	1043		0.1	0.1	0.1	0.04	0.04	0.03	2.5	2
2016	04	10	10:28:58.7	36.472	71.131	212		6.6		MDO	899		0.2	0.2	0.3	0.05	0.05	0.05	1.8	1
2016	04	10	10:28:58.7	36.472	71.131	212		6.6		OTUK	1312		0.1	0.1	0.1	0.03	0.02	0.02	2.3	2
2016	04	10	10:28:58.7	36.472	71.131	212		6.6		MAKZ	1459		0.05	0.1	0.1	0.01	0.02	0.02	3	2.5

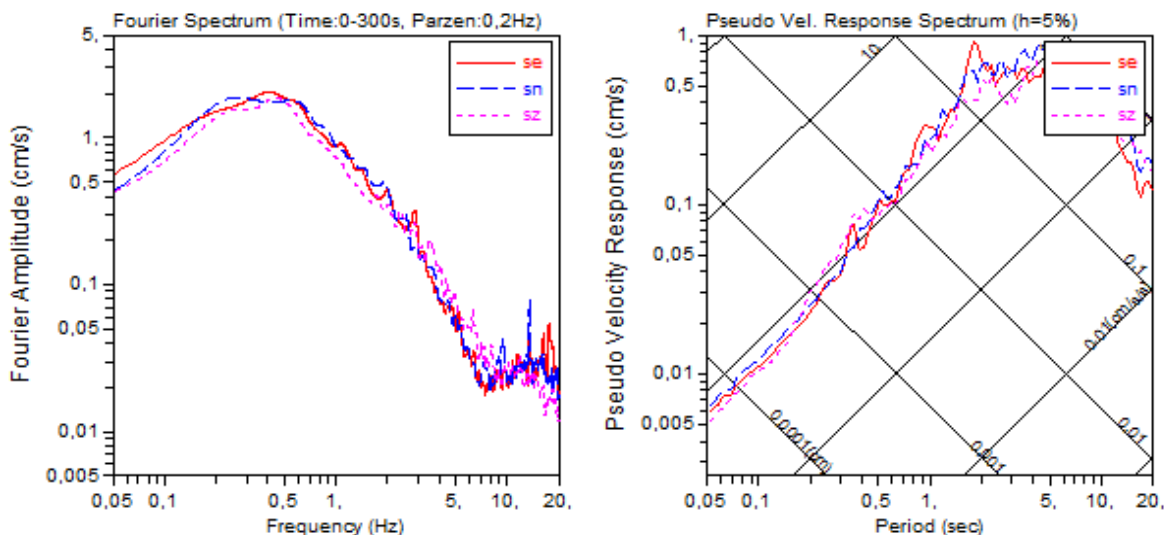


Рисунок 4 - Спектры реакции землетрясения 26.10.2015г. (станция KNDC)

По записям сейсмической станции KNDC, расположенной в г. Алматы, для землетрясений из района Гиндукуша построены кривые динамичности (рисунок 5). Значение коэффициента динамичности  $\beta=2.13$ , периоды, соответствующие максимальным значениям амплитуд, относятся к средним и составляют  $T=0.3\div 2.5$ . На рисунке 6 представлены кривые динамичности для землетрясений с очагами на территории г. Алматы и вблизи нее. Эти спектры являются высокочастотными с периодами колебаний в максимуме спектра от 0.10 до 0.13 с [8].

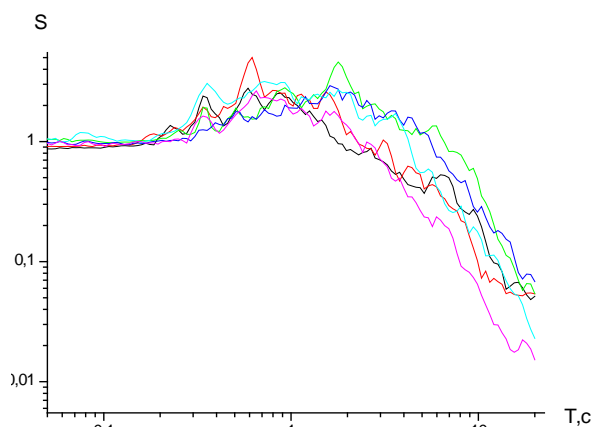


Рисунок 5 - Кривые динамичности  $\beta$ , построенные по горизонтальным компонентам записей событий на территории Гиндукуша по станции KNDC

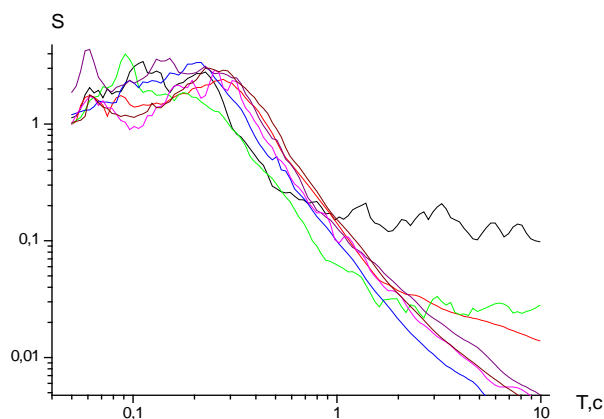


Рисунок 6 - Кривые динамичности  $\beta$ , построенные по горизонтальным компонентам записей событий на территории г. Алматы по станции KNDC [8]

**Дальневосточная зона сейсмичности.** 24 мая 2013 г. произошло сильнейшее землетрясение с  $M_w=8.4$  с очагом на глубине 600 км в районе Охотского моря. Это сейсмическое событие оказалось уникальным тем, что его ощущали на нескольких континентах. На рисунке 7 представлена карта интенсивности сотрясений землетрясения 24.05.2013г. по результатам оперативного интернет-опроса населения [7], из работ [9-11] по данным, представленными международными сейсмологическими службами [14], а также из СМИ. На территории Казахстана землетрясение ощущалось в г. Атырау 5 б, Астана 4 б, Усть-Каменогорск, Курчатов 3 б, Алматы – 2-3 б. Результаты обработки записей сильных движений по станциям Казахстана приведены в таблице 1. Станция KNDC была расположена на расстоянии 5443 км от эпицентра, на рисунке 8 представлены спектры реакции. На рисунке 9

приведены кривые динамичности  $\beta$ , построенные по горизонтальным компонентам записи землетрясения из района Охотского моря по станции KNDC. Значение коэффициента динамичности  $\beta=3.18$ , периоды, соответствующие максимальным значениям амплитуд невелики и составляют  $T\sim 1$ с.

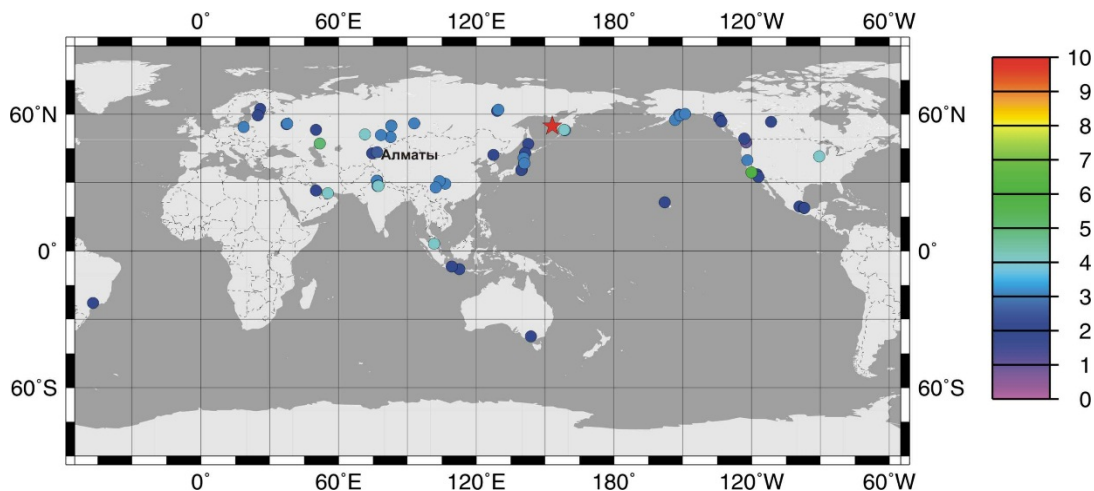


Рисунок 7 - Карта интенсивности сотрясений землетрясения 24.05.2013 г.

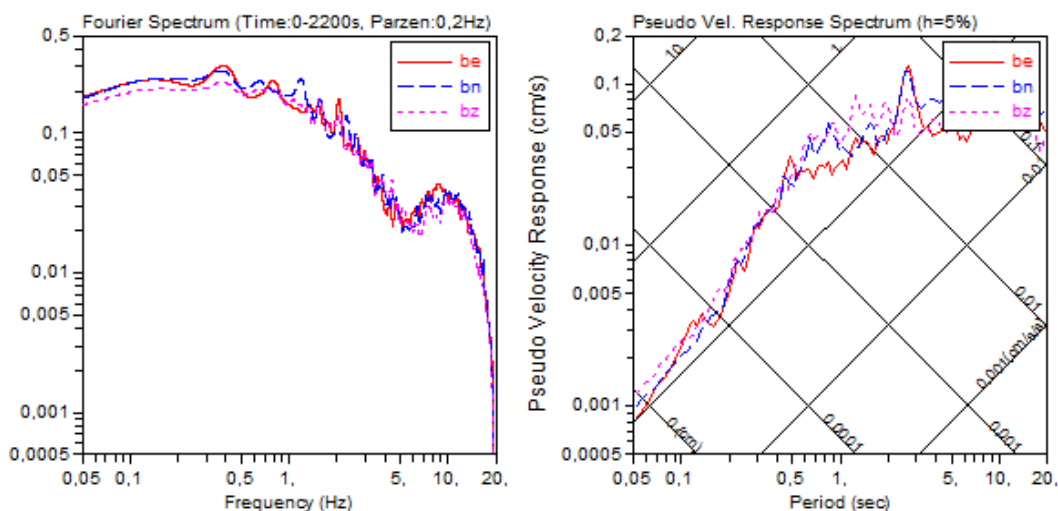


Рисунок 8 - Спектры реакции землетрясения 24.05.2013 г. станция KNDC

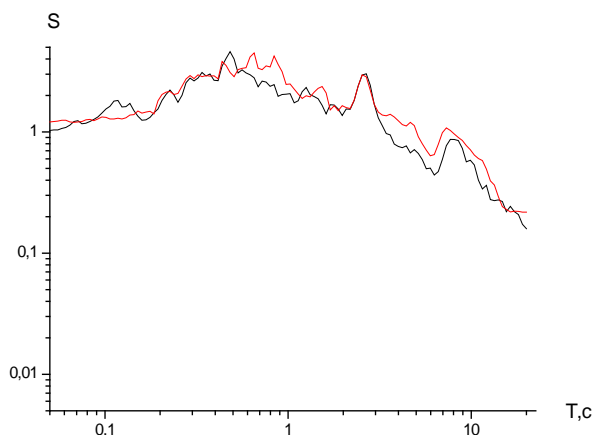


Рисунок 9 - Кривые динамичности  $\beta$ , построенные по горизонтальным компонентам землетрясения 24.05.2013 г. в районе Охотского моря по станции KNDC

Удаленные глубокофокусные землетрясения с магнитудами больше 6.5, хотя и не вызывают разрушений, но могут ощущаться на территории Казахстана, в частности в г. Алматы, в которой в последнее время в большом количестве возводятся высотные здания.

Сильнейшие гиндукушские землетрясения ощущаются с интенсивностью 3 балла на грунте, по имеющимся сведениям, интенсивность увеличивается на 1.5-2 балла на верхних этажах высотных зданий. Исследования по изучению воздействий удаленных глубокофокусных землетрясений необходимо продолжать в связи со слабой изученностью вопроса.

## Литература

1. Нурмагамбетов А. Сейсмическая история Алматы. Алматы: ЛЕМ. 1999. 68 с.
2. Нерсесов И.Л., Сыдыков А., Нурмагамбетов А., Михайлова Н.Н. Жаланащ-Тюпское землетрясение 25 марта 1978 г. // Физика Земли. 1981. № 5.
3. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Алматы: Эверо. 2000. 219 с.
4. Курскеев А.К., Тимуш А.В., Нурмагамбетов А.Н., Сыдыков А.С., Михайлова Н.Н., Шацков В.И. и др. Детальное сейсмическое районирование Алма-Атинского промрайона // Карта ДСР Алма-Атинского промрайона. Объяснительная записка. Алма-Ата. 1989.
5. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Великанов Н.Н., Соколов А.Н. Землетрясения на территории города Алматы // Вестник НЯЦ РК. 2015. Вып. 3. С. 87-93.
6. Рябенко О.В., Соколов А.Н. Записи станций сильных движений землетрясений с очагами на территории Алматинской области // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. 6-ой междунар. конф. молодых ученых и студентов (г. Бишкек, 26-27 марта 2014 г.). Бишкек. 2014. С. 25-31.
7. Интернет ресурс: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes>.
8. Мусрепов А.В., Соколов А.Н. Очаг и последствия сильнейшего Гиндукушского землетрясения 26 октября 2015 г. ( $M_w=7.5$ ) // Вестник НЯЦ РК. 2016. Вып. 4. С. 62-69.
9. Маловичко А.А., Маловичко Е.А. Макросейсмические проявления в Москве от глубокофокусного землетрясения 24 мая 2013 г. в Охотском море // Материалы Восьмой Междунар. сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», г. Геленджик, 16–20 сентября 2013 г. С. 3-9.
10. Старовойт О.Е., Коломиец М.В., Рыжикова М.И. Анализ макросейсмических данных глубокого землетрясения 24 мая 2013 г. в Охотском море // Материалы Восьмой Междунар. сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», г. Геленджик, 16–20 сентября 2013 г. С. 10-16.
11. Ассиновская Б.А., Карпинский В.В., Карпинская О.В., Панас Н.М. Макросейсмические проявления в Санкт-Петербурге землетрясения 24 мая 2013 г. в Охотском море // Материалы Восьмой Междунар. сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», г. Геленджик, 16–20 сентября 2013 г. С. 17-20.
12. Соколов А.Н., Михайлова Н.Н. Регистрация и база данных сильных движений на казахстанских станциях ядерного мониторинга // Вестник НЯЦ РК. 2014. Вып. 1. С. 125-131.
13. Kashima T. 2002. ViewWave Help, IISSE, BRI.
14. Интернет ресурс: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin>.
15. Rogozhin E. Japan Tohoku March 11, 2011 ( $M = 9.0$ ) earthquake source structure, its macroseismic, seismological, and geodynamic manifestations // Terr. Atmos. Ocean. Sci. 2012.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ 3D ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АЛМАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ В ПРЕДЕЛАХ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Тихонова С.А.

TikhonovaSA@alrosa.ru

Вилуйская геологоразведочная экспедиция АК «АЛРОСА» (ПАО),

г. Мирный, Российская Федерация

**Научный руководитель:**

*руководитель проекта АК «АЛРОСА» (ПАО),*

*Вилуйская геологоразведочная экспедиция,*

*Ботуобинская геологоразведочная партия, группа Сейсморазведки, Бояров В.М.*

**Аннотация.** На примере Ыгыаттинского кимберлитового поля показана перспективность использования высокочастотной сейсморазведки в пределах Якутской алмазонасной провинции. Приведены результаты трехмерных сейсморазведочных работ на трубке Сюльдюкарская. Рассмотрена методика проведения высокочастотной сейсморазведки.

**Ключевые слова:** Якутская алмазонасная провинция, сейсморазведка, Ыгыаттинское кимберлитовое поле, метод общей глубинной точки, Сюльдюкарская трубка.

Якутская алмазонасная провинция (ЯАП) расположена в пределах Сибирской платформы и занимает площадь около 1 млн. кв. км. К настоящему времени выявлено около 1000 кимберлитовых трубок, даек и жил, залегающих в различной геологической обстановке. Все выявленные кимберлитовые тела ЯАП расположены в пределах Анабарской, Непско-Ботуобинской, Алданской антеклиз и их склонов (рис. 1). Четкой приуроченности кимберлитовых полей к определенным пликативным структурам высоких порядков осадочного чехла и кристаллического фундамента пока достоверно не установлено. Большинство исследователей предполагает связь кимберлитовых полей с зонами глубинных разломов [2].

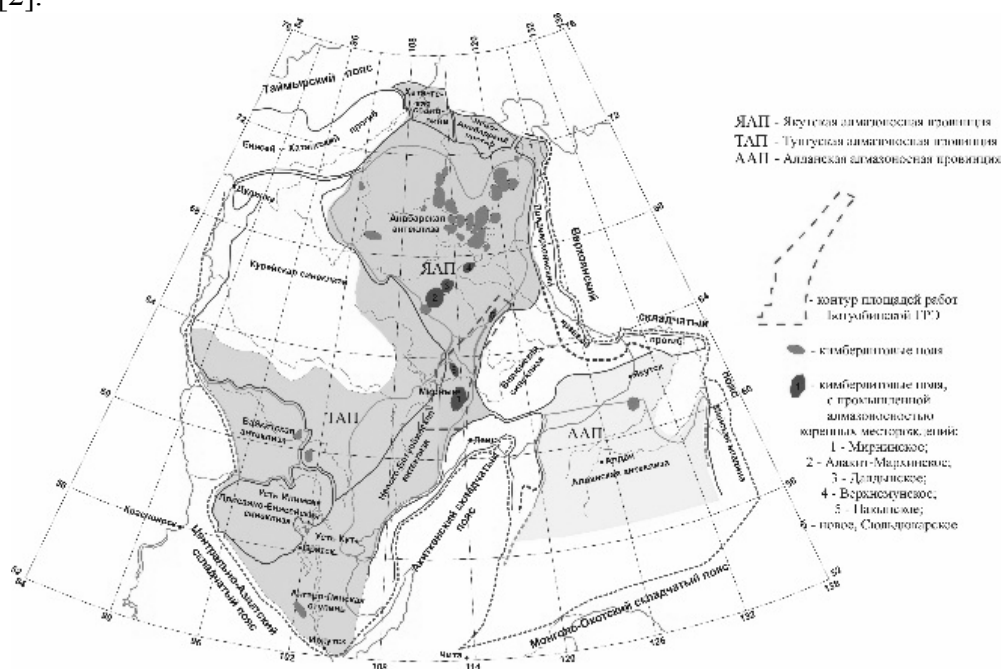


Рисунок 1 - Алмазонасные провинции Сибирской платформы



Начиная с открытия первых кимберлитовых тел на Сибирской платформе, геофизические методы являются одними из основных в комплексе прогнозно-поисковых работ на алмазы [1].

При проведении алмазопроисковых работ большое внимание уделяется изучению особенностей структурно-тектонического строения. Незаменимым методом является высокочастотная сейсморазведка (рис. 2).

Перед сейсморазведкой ставится задача изучения всего разреза, то есть прямых поисков в верхней части разреза и структурно-тектонического картирования всей осадочной толщи для выявления всех разрывных нарушений как косвенных поисковых признаков наличия кимберлитового магматизма [3].

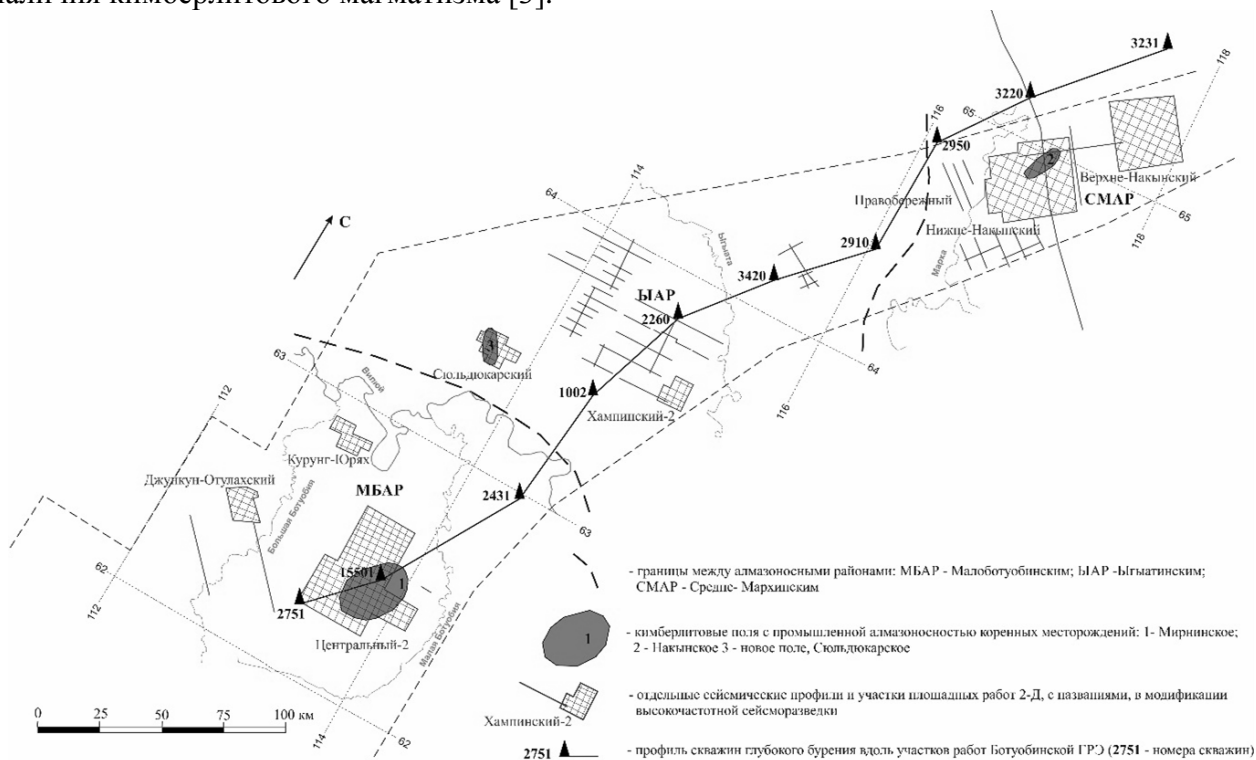


Рисунок 2 - Участки работ ВГРЭ высокочастотной сейсморазведкой

В геологоразведочном комплексе АК «АЛРОСА» (ПАО) с целью выявления и прослеживания зон слабоконтрастных тектонических нарушений, а также локальных аномалий волнового поля, потенциально связанных с проявлениями коренной алмазонасности, применяются сейсморазведочные работы МОГТ-2D/3D (метод общей глубинной точки). Двумерная высокочастотная сейсморазведка, обеспечивающая решение структурных задач при проведении алмазопроисковых задач, была внедрена геофизической службой Вилюйской геологоразведочной экспедиции в 1995 году. На основе этой технологии в 2012 году была разработана и опробована высокоразрешающая трехмерная сейсморазведка для поисков кимберлитовых тел, которая применяется по настоящее время. Для решения поисковых задач на наиболее перспективных поисковых площадях был приобретен телеметрический сейсморазведочный комплекс Sercel-428XL.

В 2015 году при геологической заверке аэромагнитной аномалии на территории Ыгыатинского кимберлитового поля Якутской алмазонасной провинции была открыта трубка Сюдьюкарская.

Ыгыатинский алмазонасный район имеет наиболее сложную геологическую и поисковую обстановку. Большинство площадей района перекрыты трапвыми образованиями. Эффективность большинства дистанционных геофизических методов в таких условиях сведена к минимуму. Основным методом поисков является колонковое бурение с комплексом ГИС и опробованием. Значительными усилениями к поисковому бурению

являются методы скважинной сейсморазведки и метода общей глубинной точки с большой кратностью.

По результатам оценочных буровых работ установлено, что трубка Сюльдюкарская прорывающая карбонатные породы нижнего палеозоя и перекрытая песчаными отложениями верхнего палеозоя мощностью около 30 метров, состоит из двух сопряженных блоков размерами порядка 40x100 и 30x40 метров. Зона рудопроявления наклонена с падением на север (рис. 3).

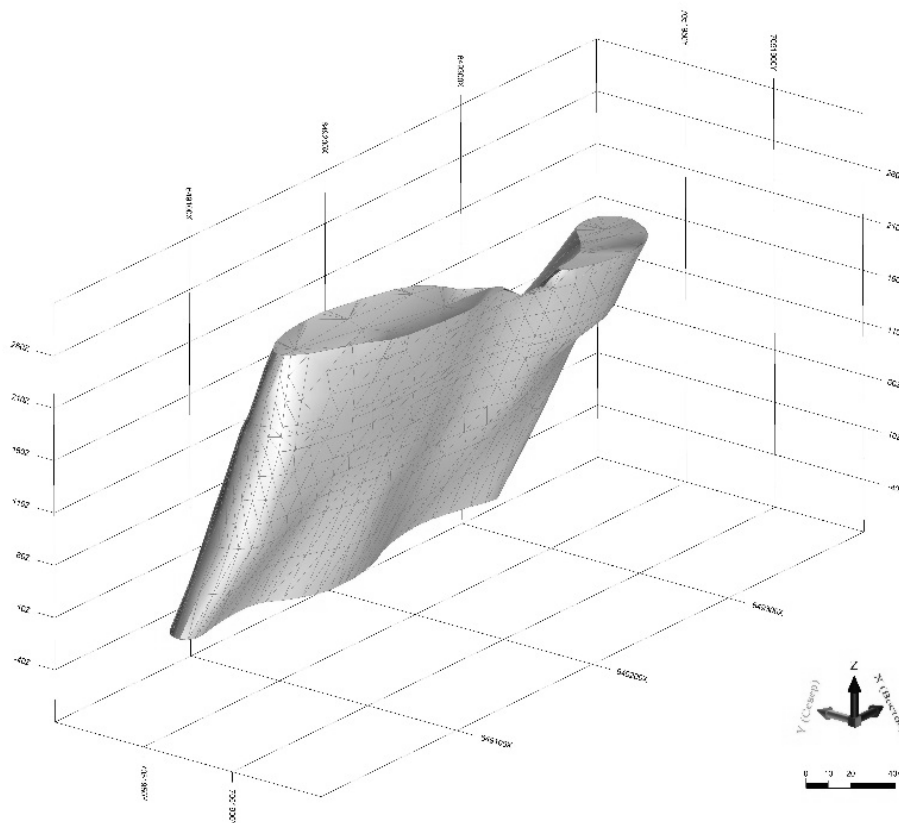


Рисунок 3 - Объемная модель кимберлитового тела по данным разведочного бурения

Для уточнения структурно-тектонической позиции вновь открытого кимберлитового тела были проведены трехмерные сейсморазведочные работы.

Основные параметры системы наблюдений были следующие: расстояния между линиями взрыва, приема – 50 м, между пунктами взрыва – 10 м, между пунктами приема – 5 м. Активных каналов на одно ф.н. – 800. Активных линий приема на одно ф.н. – 8. В качестве источника возбуждения упругих колебаний использовался взрыв в скважине глубиной 5 метров укупоренной водой, который обеспечивает широкий спектр полезного сигнала. Группирование сейсмоприемников - одиночное. Применены высокочастотные сейсмоприемники с собственной частотой 100 Гц. Регистрация сигнала велась сейсморазведочной станцией Sercel-428XL на открытом канале с шагом дискретизации – 0.25 мс и длиной записи – 1 с.

Параметры методики наблюдений были рассчитаны с использованием программы MESA по входным SPS-файлам. Согласно расчетам, применяемая система наблюдений обеспечила номинальную кратность наблюдений равную 20 (рис. 4).

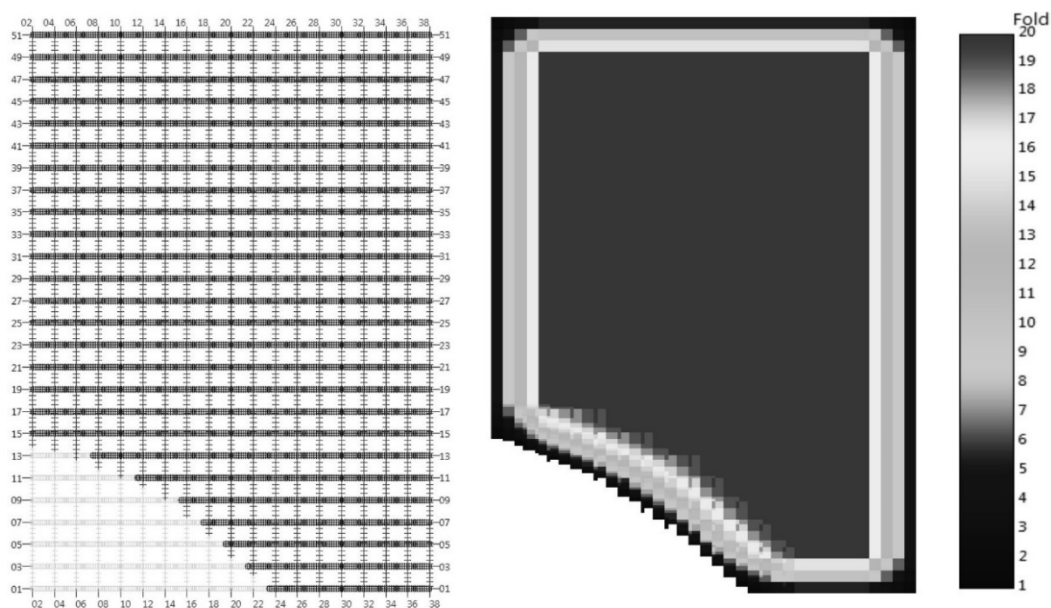


Рисунок 4 - Нумерация профилей (слева);  
схема распределения кратности по площади (справа)

В ходе полевых работ получен материал хорошего качества. Проведена цифровая обработка, интерпретация: построены структурные схемы по нескольким отражающим горизонтам от К2м (кровля метегерской свиты) до К3h1 (холомолохская свита), проведено выделение и трассирование тектонических нарушений.

Обработка полевого сейсморазведочного материала производилась с целью повышения разрешенности сейсмической записи и улучшения соотношения сигнал/помеха. Осуществлялась с использованием пакета программ Echos 2D/3D фирмы «Paradigm Geophysical». В ходе многолетних сейсморазведочных работ опытным путем был разработан оптимальный граф обработки (табл. 1), позволяющий решить все поставленные задачи [4].

Таблица 1 - Обобщенная таблица графа обработки МОГТ

Без сохранения истинного соотношения амплитуд	С сохранением истинного соотношения амплитуд
Ввод данных, присвоение геометрии	Ввод данных, присвоение геометрии
Ввод априорных статпоправок	Ввод априорных статпоправок
1-ая ручная коррекция трасс	1-ая ручная коррекция трасс
ФККФ-фильтрация	ФККФ-фильтрация
Предсказывающая деконволюция	Поверхностно-согласованная деконволюция
Полосовая фильтрация	Поверхностно-согласованная регулировка амплитуд
2-ая ручная коррекция трасс	Полосовая фильтрация
Ввод априорного скоростного закона	2-ая ручная коррекция трасс
1-ая автоматическая коррекция статпоправок	Ввод априорного скоростного закона
Ручная коррекция скоростей суммирования	1-ая автоматическая коррекция статпоправок
2-ая автоматическая коррекция статпоправок	Ручная коррекция скоростей суммирования
Автоматическая регулировка усиления	2-ая автоматическая коррекция статпоправок
Тримстатика	Тримстатика
Коррекция остаточных статпоправок	Коррекция остаточных статпоправок
Суммирование по ОГТ	Суммирование по ОГТ
Спектральная балансировка амплитуд	Спектральная балансировка амплитуд
Возведение амплитуд в степень в FK области	Возведение амплитуд в степень в FK области

Для отбраковки сейсмических трасс применялось интерактивное редактирование. В процессе обработки оно проводилось до и после различного рода фильтров. Для подавления низко- и среднечастотных помех использовался модуль FKFILT. Выбор шага дискретизации, равный 0.25 мс, был обусловлен необходимостью регистрации высокочастотного спектра и последующим его расширением на этапе обработки (рис. 5). Применение данного модуля позволило существенно улучшить прослеживаемость полезных сигналов.

Полученные в ходе обработки временные разрезы МОГТ подвергались интерпретации. Она заключалась в установлении соответствия между особенностями зарегистрированного волнового поля и реальной геологической ситуацией с целью решения поставленной геологической задачи, а именно: уточнения структурно-тектонического строения изучаемой территории. Основное внимание при том было направлено на выделение тектонических нарушений, их трассирование по площади.

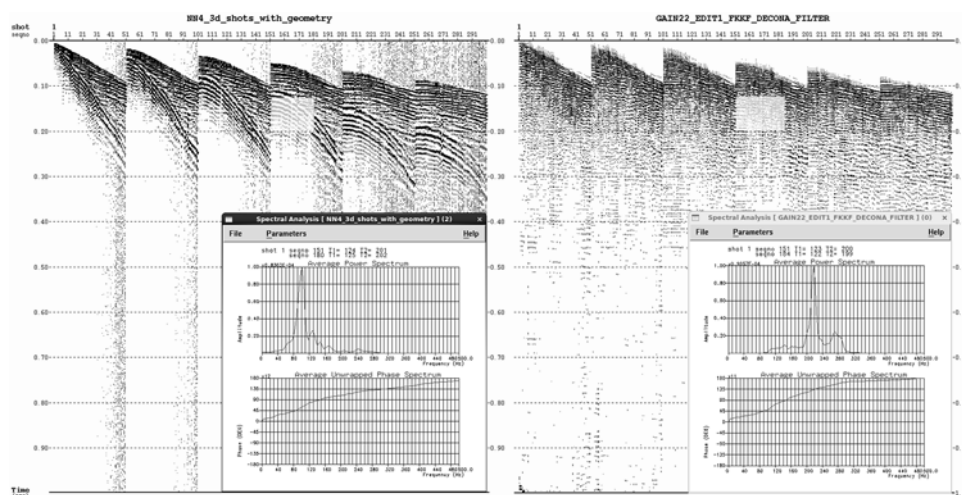


Рисунок 5 - Частотные спектры полевой сейсмограммы (слева); после фильтрационных процедур обработки (справа)

Примененные этапы обработки и интерпретации позволили надежно избавиться от присутствующих интенсивных поверхностных волн-помех и получить уверенно коррелируемые отраженные волны, начиная с самых верхних горизонтов и выделить на их фоне аномалиеобразующие объекты (рис. 6).

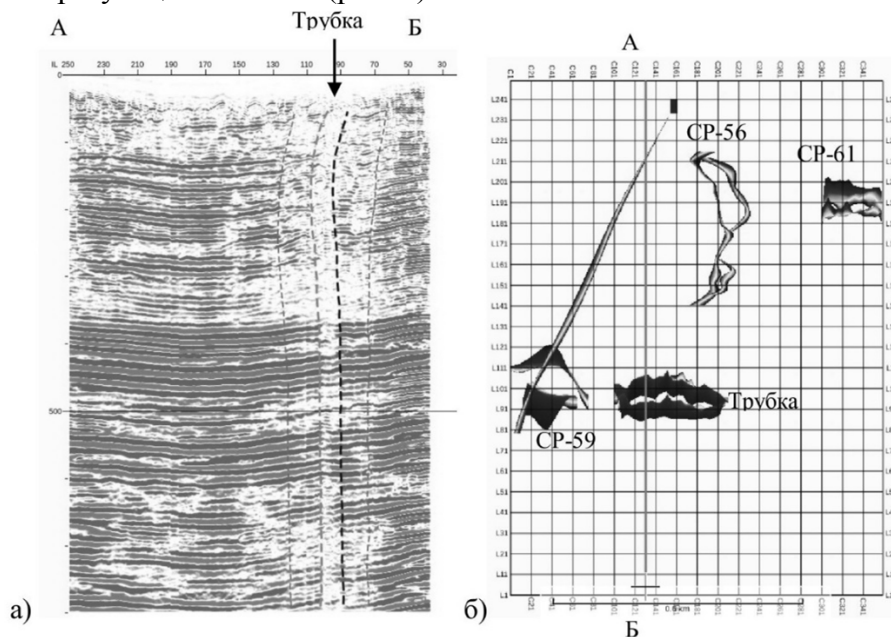


Рисунок 6 - Результаты МОГТ-3D: а) разрез по линии А-Б; б) схема участка 3D с элементами интерпретации

В результате проведенных сейсморазведочных работ МОГТ-3D на трубке Сюльдюкарская была околонтурена зона, совпадающая, с учетом угла падения, с контурами кимберлитов; были выделены неконтрастные в других геофизических полях разнонаправленные малоамплитудные тектонические нарушения (рис. 7). В 120 метрах от западного блока трубки выделена область потери корреляции отражающих горизонтов с размерами порядка 40x80 метров, предположительно перспективная на вскрытие кимберлита.

В сложных структурно-тектонических условиях и относительно менее благоприятных сейсмогеологических условиях Ыгыаттинского кимберлитового поля были установлены принципиальные возможности метода трехмерной сейсморазведки для картирования слабokonтрастных тектонических нарушений и кимберлитовых тел малого размера.

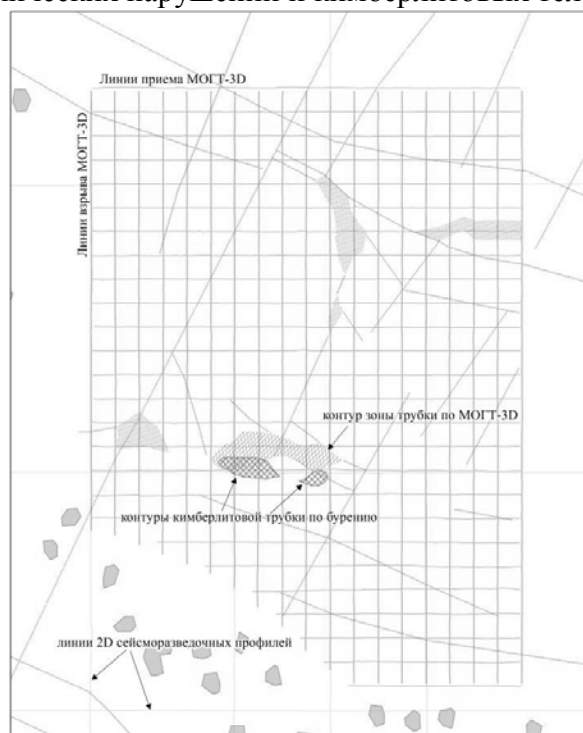


Рисунок 7 - Результаты МОГТ-3D на трубке Сюльдюкарская

Результаты трехмерных высокочастотных сейсмических исследований подтвердили высокую эффективность их применения для детального картирования рудовмещающих тектонических нарушений и аномальных зон, перспективных на обнаружение кимберлитовых тел, что является важным фактором при проектировании дальнейших алмазопроисковых работ.

### Литература

1. Манаков А.В. Геофизические исследования при проведении алмазопроисковых работ: нынешнее состояние, перспективы и пути совершенствования // Науки и образование. 2002. № 3. С. 14-20.
2. Методические указания по поискам коренных месторождений алмазов на Сибирской платформе (Якутская алмазоносная провинция). Л.: НПО «Рудгеофизика», 1989.
3. Фомин В.М., Балакшин Г.Д., Гарат М.Н. Основные пути совершенствования геофизических методов при поисках и разведке месторождений алмазов в современных условиях // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях: Материалы конференции, посвященной 40-летию ЯНИГПИ ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН. 2008. 428 с.
4. Maksimkina L.V., Goncharov E.M., Boyarov V.M. Perspectives of Application 3D Seismic for Kimberlite Exploration. 6<sup>th</sup> EAGE Saint Petersburg International Conference and Exhibition. 2014. DOI: 10.3997/2214-4609.20140171.

## ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА АЛМАТИНСКОЙ МАГНИТНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В СВЯЗИ С КАДЖИСАЙСКИМ ( $M_{pv} = 6.2$ ) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ В НОЯБРЕ 2014 ГОДА

Тойшиев Н.С., Сералиев А.М.

toyshiev@yandex.ru

ДТОО «Институт ионосферы» АО «Национальный центр  
космических исследований и технологий»,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией Геомагнитных исследований,*

*ДТОО «Институт ионосферы»*

*АО «Национальный центр космических исследований и технологий»,*

*д.ф.-м.н. Хачикян Г.Я.*

**Аннотация.** Исследованы вариации геомагнитного поля на Алматинской магнитной обсерватории в связи с Каджисайским ( $M_{pv} = 6.2$ ) землетрясением, произошедшим в ноябре 2014 г. на северном Тянь-Шане на территории Южного Прииссыккуля. Показано, что примерно за 1 сутки до землетрясения в геомагнитном поле региона начали развиваться бухтообразные вариации с периодами порядка 2-3 час., наиболее четко выраженные в геомагнитной X-компоненте. Эти вариации были порождены геомагнитным возмущением, спровоцированным возмущением космической погоды 11-12 ноября 2014 г., что, предположительно, могло стать и триггером землетрясения. Для более уверенного вывода требуются дальнейшие исследования в этом направлении с накоплением статистики.

**Ключевые слова:** землетрясение, геомагнитное поле, геомагнитный предвестник.

**Введение.** В предыдущей работе [1] были использованы данные спутника SWARM\_A для изучения вариаций геомагнитного поля на высоте  $\sim 460$  км в связи с Каджисайским ( $M_{pv} = 6.2$ , энергетический класс  $K=13.9$ ) землетрясением, произошедшим 14 ноября 2014 г. в 07 час. 24 мин. 16.6 сек. по местному времени (01:24:16.6 по Гринвичскому времени) на северном Тянь-Шане на территории Южного Прииссыккуля с координатами эпицентра  $42.12^{\circ}\text{N}$ ;  $77.22^{\circ}\text{E}$  с глубиной очага 19 км. По данным 8 пролетов спутника SWARM\_A над территорией, ограниченной координатами  $35^{\circ}\text{N} - 50^{\circ}\text{N}$  по широте и  $60^{\circ}\text{E} - 100^{\circ}\text{E}$  по долготе, исследовались широтные вариации геомагнитных компонент до и после землетрясения (13 и 14 ноября 2014 г.). Было обнаружено, что характер широтных вариаций геомагнитного поля заметно изменился после землетрясения по сравнению с тем, что был до него. К сожалению, трассы пролета спутника над исследуемой территорией были значительно разнесены в пространстве (по долготе). Так, примерно за 50 минут до землетрясения трасса спутника проходила вдоль меридиана  $\sim 94^{\circ}\text{E}$ , что примерно на 17 градусов восточнее эпицентра, а спустя примерно 40 минут после землетрясения, трасса спутника проходила вдоль меридиана  $\sim 71^{\circ}\text{E}$ , что примерно на 6 градусов западнее эпицентра. Редкие во времени и достаточно удаленные от эпицентра измерения спутника не позволяют изучить детально временные вариации магнитного поля над регионом землетрясения с целью выделения предвестников. Поэтому в данной работе были исследованы в связи с Каджисайским землетрясением 1-минутные измерения геомагнитного поля на Алматинской магнитной обсерватории, расположенной в районе с координатами  $43.25^{\circ}\text{N}$ ,  $76.95^{\circ}\text{E}$ , которая удалена от эпицентра менее чем на 0.3 градуса по долготе и на 1.15 градуса по широте.

Известно, что временные вариации геомагнитного поля во многом обусловлены

вариациями космической погоды (процессами на Солнце и в межпланетной среде), поэтому при выявлении предвестников землетрясений в геомагнитных данных всегда необходимо анализировать сопутствующее состояние космической погоды. В настоящее время такая возможность существует, поскольку 25 августа 1997 г. NASA разместили в точке либрации спутник «АСЕ» (Advanced Composition Explorer) в рамках программы по исследованию Солнца и космического пространства. Автоматический спутник АСЕ находится на прямой линии между Солнцем и Землёй на расстоянии примерно 1,5 миллиона километров от Земли. Когда АСЕ попадает в высокоскоростной поток солнечного ветра, приборы спутника фиксируют характеристики солнечного ветра и мгновенно по каналам космической связи передают эту информацию наземным службам. Установленные на спутнике приборы измеряют плотность, скорость, температуру, состав солнечного ветра, а также характеристики межпланетного магнитного поля, взаимодействующего затем с магнитным полем Земли и изменяющие его. В данной работе были проанализированы в связи с Каджисайским землетрясением мониторинговые данные спутника АСЕ, свободно доступные в сети Интернет по адресу (<http://cdaweb.gsfc.nasa.gov>).

**Аппаратный комплекс Алматинской магнитной обсерватории.** На рисунке 1 представлена план-схема Алматинской геомагнитной обсерватории, которая включает в себя три павильона из немагнитных материалов. Главный павильон № 1 оснащен аппаратурой энергоснабжения, связи, охранной сигнализации, точного времени, компьютером. Павильон № 2 используется для абсолютных измерений поля, а павильон № 3 - для измерения его вариаций.

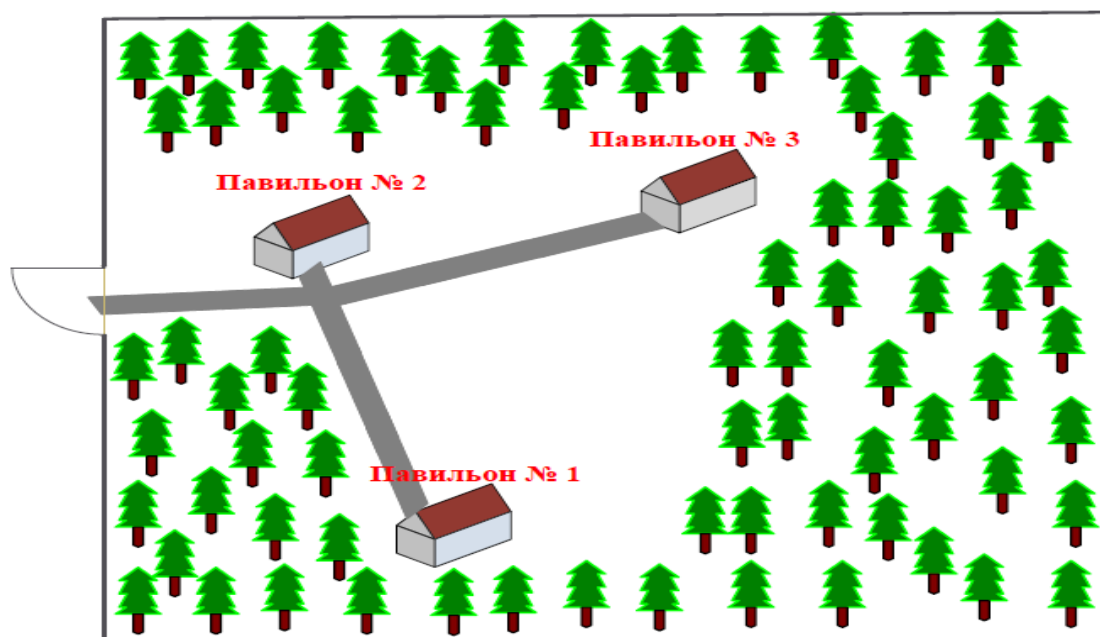


Рисунок 1 - План-схема геомагнитной Алматинской обсерватории

Комплекс приборов для измерения поля состоит из двух цифровых магнитовариационных станций на базе феррозондовых магнитометров LEMI-008 и LEMI-018 для регистрации X,Y,Z-компонент геомагнитного поля в 1-секундном режиме; вариационной станции с протонным магнитометром POS-1 для абсолютных измерений модуля вектора геомагнитного поля в 5-ти секундном режиме и феррозондового магнитометра LEMI-203 для абсолютных измерений магнитных углов склонения D и наклона I. Магнетометры имеют сертификаты и проходят поверку каждые 2 года в рамках международной программы INTERMAGNET. Прибор LEMI-008, расположенный в «вариационном» павильоне, состоит из феррозондового датчика (сенсора) и электронного блока, который обеспечивает

преобразование, обработку и накопление информации о вариациях геомагнитного поля, а также передачу этой информации на регистрирующий компьютер (ПК) через интерфейс RS-232. Между «вариационным» и «главным» павильоном, где находится ПК, расстояние порядка 40 м. Встроенный GPS приемник корректирует время внутренних часов и определяет координаты расположения магнитометра. На регистрирующем компьютере ведется накопление односекундных данных (X,Y,Z)-компонент поля в автоматическом режиме непрерывно. Полученные данные систематизируются и отправляются на «Сервер» в базу данных для хранения. Расстояние между «Главным павильоном» и центральным корпусом института, где находится «Сервер» порядка 100 м. Для измерения и регистрации модуля вектора геомагнитного поля используется процессорный оверхаузеровский датчик POS-1, включающий сенсор и электронный блок, который через интерфейс RS-232 подключен к регистрирующему ПК, где проводится регистрация 5 секундных данных модуля вектора геомагнитного поля  $F$  в автоматическом режиме непрерывно. Полученные данные систематизируются и отправляются на хранение в базу данных на «Сервер».

**Вариации космической погоды и геомагнитного поля на Алматинской обсерватории, сопутствующие Каджисайскому землетрясению.** На рис. 2 представлены данные спутника ACE (<https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov>) о вариациях скорости солнечного ветра, а рис. 3 демонстрирует вариации Vz-компоненты межпланетного магнитного поля и температуры солнечного ветра с 11 по 14 ноября 2014 г. (верхняя и средняя панели), а нижняя панель показывает вариации планетарного геомагнитного K-индекса. На рис. 4 представлены вариации 1-минутных значений компонент геомагнитного поля на Алматинской магнитной обсерватории в период с 11 по 14 ноября 2014 г. Красные линии на рис. 2-4 маркируют дату Каджисайского землетрясения. Время, указанное по горизонтальной оси на рис. 2-4 соответствует времени на Гринвичском меридиане (мировому времени).

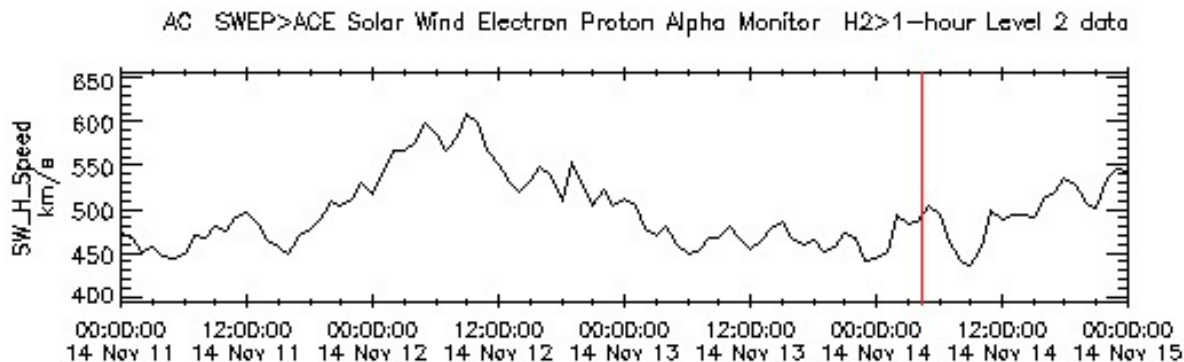


Рисунок 2 - Вариации скорости солнечного ветра в период с 11 по 14 ноября 2014 г., измеренные на спутнике ACE (<https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov>), красная линия - дата Каджисайского землетрясения



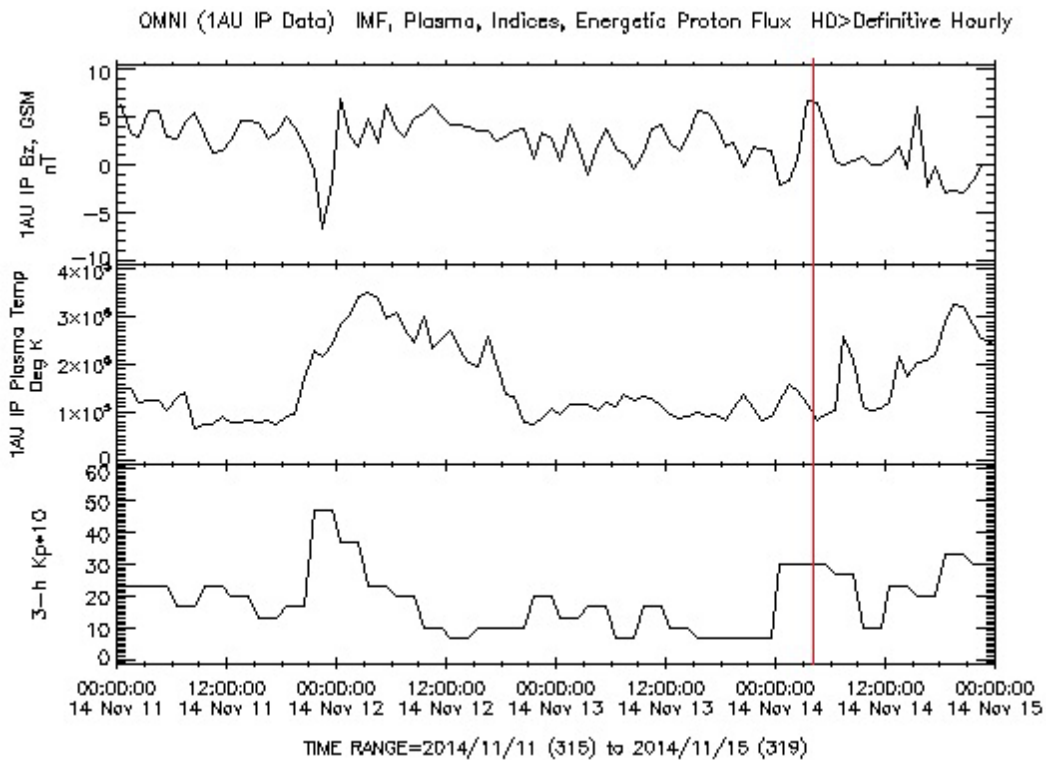


Рисунок 3 - Вариации Bz- компоненты межпланетного магнитного поля (верхняя панель), температуры плазмы солнечного ветра (средняя панель) в период с 11 по 14 ноября 2014 г., измеренные на спутнике ACE (<https://cdaweb.sci.gsfc.nasa.gov>), и планетарного геомагнитного K-индекса (нижняя панель), красная линия - дата Каджисайского землетрясения

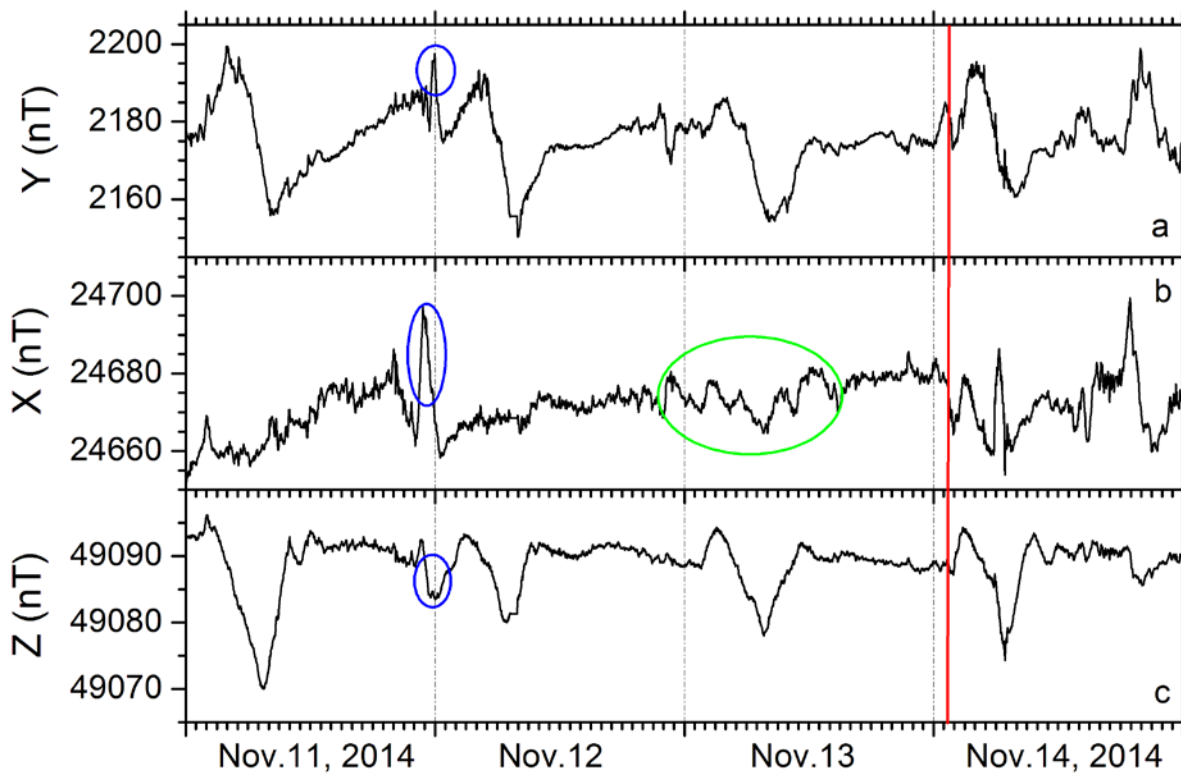


Рисунок 4 - Вариации 1-минутных значений компонент геомагнитного поля на Алматинской магнитной обсерватории в период с 11 по 14 ноября 2014г, красная линия - дата Каджисайского землетрясения

Совместный анализ рисунков 2 - 4 позволяет заключить, что к концу 11 ноября (по Гринвичскому времени) вертикальная ( $V_z$ - компонента) межпланетного магнитного поля приняла отрицательное значение (порядка - 7 нТл - верхняя панель на рис. 3), тем самым сложилась ситуация, необходимая для эффективного пересоединения в районе подсолнечной магнитопаузы силовых линий магнитного поля солнечного ветра с силовыми линиями магнитного поля Земли и проникновения энергии солнечного ветра в околоземное космическое пространство. Этой ситуации сопутствовало повышение скорости солнечного ветра (рис. 2), его температуры (рис. 3 - средняя панель) и повышение планетарного индекса геомагнитной активности на земной поверхности (рис. 3 - нижняя панель). Рисунок 4 показывает, что на эффект пересоединения магнитного поля солнечного ветра с геомагнитным полем (максимальное отрицательное значение  $V_z$  на рисунке 3, верхняя панель) моментально отреагировало геомагнитное поле на Тянь-Шане. А именно, наблюдался положительный «всплеск» в значениях  $X$  и  $Y$  компонент и отрицательный в  $Z$ -компоненте (обведены синими кругами на рис. 4). На рис. 4 четко прослеживаются суточные вариации геомагнитных компонент  $Y$  и  $Z$  с минимальными значениями примерно в 7-8 часов мирового времени, то есть в дневные часы местного солнечного времени. Однако, регулярность суточных вариаций этих компонент нарушилась в конце 11 ноября в период проникновения энергии солнечного ветра в околоземное пространство (синие круги на рис. 4), а также нарушилась после землетрясения, что возможно говорит об активизации электрического состояния земной коры региона в связи с землетрясением и появлением внутриземных токов, влияющих на геомагнитное поле региона. Очевидно, что такое предположение требует проверки с использованием данных геомагнитных станций, расположенных в других удаленных регионах планеты. Рис.4 также показывает, что наибольшие изменения в суточном ходе наблюдались в  $X$ -компоненте, а именно, в период мирового времени примерно с 21 часа 12 ноября по 15 часов 13 ноября наблюдались четко выраженные колебания  $X$ -компоненты (обведены зеленым эллипсом) не характерные для обычного суточного хода. Более детальный анализ показал, что эти вариации начались еще в 15 часов 12 ноября с гораздо меньшей амплитудой и меньшим периодом, которые потом развились в четкие бухтообразные колебания (внутри зеленого эллипса). Спектральный анализ этого участка записи показал, что в вариациях  $X$ -компоненты присутствовали колебания с периодом 3.4 час. с амплитудой 0.84 нТл и с периодом 2.1 час. с амплитудой 0.47 нТл (рис. 5).

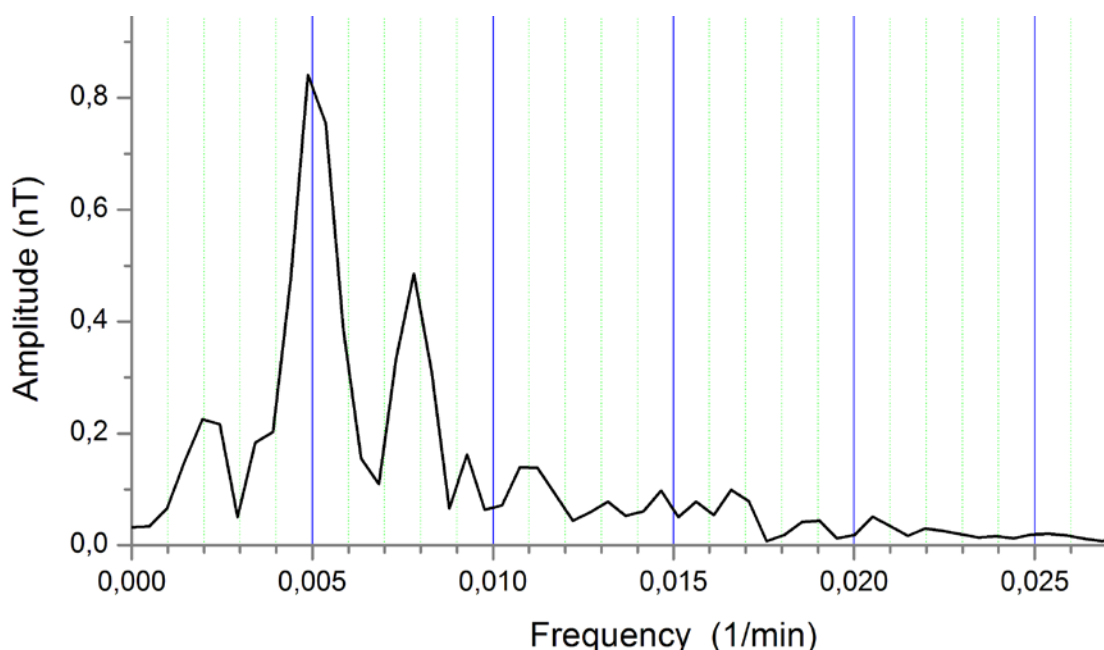


Рисунок 5 - Спектральный анализ вариаций  $X$ -компоненты в период мирового времени с 15 часов 12 ноября по 15 часов 13 ноября 2014 г. по данным Алматинской магнитной обсерватории

**Обсуждение результатов.** Начиная примерно с 60-х годов 20 века, во всех сейсмоопасных районах мира проводится исследование связи вариаций геомагнитного поля с сейсмотектоническими процессами. При этом, в основном выявляются низкоамплитудные (от единиц до первых десятков нТл) вариации поля, связанные с разрушением (дислокацией) геологической породы и физико-химическими явлениями, протекающими во флюидопроводящих системах. На причину возникновения таких аномалий существует в основном две точки зрения. Согласно первой, изменение геомагнитного поля связывают со структурными преобразованиями в ферромагнитных кристаллах при воздействии на них упругих напряжений при деформации земной коры в период подготовки землетрясения (пьезомагнитный-тектономагнитный эффект). Аналитические оценки [2, 3 и др.] показывают, что амплитуда пьезомагнитного эффекта может изменяться от первых единиц до первых десятков нТл. Другой механизм возникновения сейсмоммагнитных эффектов обусловлен электрокинетическими явлениями. Вследствие перераспределения упругих напряжений перед землетрясением возникает перепад давления поровой жидкости и ее диффузия по капиллярным трещинам. Движение раствора в системе капилляров сопровождается появлением электрического тока. Теоретические оценки и лабораторные исследования электрокинетического эффекта показывают [4, 5 и др.], что изменение магнитного поля за счет электрокинетических явлений может составлять первые единицы нТл.

В начале 21 века членом-корреспондентом РАН Соболевым Геннадием Александровичем с сотрудниками были инициированы исследования по изучению связи сейсмичности с геомагнитными возмущениями [6-9]. Научной основой таких исследований явилось предположение, что индукционные токи, поступающие в земную кору во время геомагнитных возмущений, могут реализовываться в механической энергии [10] и вызывать дополнительные напряжения горной породы, что может стать триггером землетрясения. На основании рис. 4 можно предположить, что наблюдаемые 12-13 ноября 2014 г. бухтообразные возмущения геомагнитного поля (наиболее четко выраженные в X-компоненте) явились именно следствием индукционных токов от геомагнитного возмущения, порожденного активным действием космической погоды в конце 11 ноября (рис. 2, 3). Эти индукционные токи, в соответствии с [10] могли в земной коре реализовываться в механической энергии, вызвав дополнительные напряжения. Когда величина напряжения стала критической (подошла к порогу разрушения), механическая энергия от индукционных токов могла стать триггером землетрясения, произошедшего 14 ноября 2014 г.

**Выводы.** Примерно за 1 сутки перед Каджисайским землетрясением с  $M_{rv} = 6.2$ , произошедшим 14 ноября 2014 г. в 01:24:16 по Гринвичскому времени на территории Южного Прииссыккуля, в геомагнитном поле региона начали развиваться бухтообразные вариации с периодами порядка 2-3 час., наиболее четко выраженные в геомагнитной X-компоненте. Очевидно, эти вариации были порождены геомагнитным возмущением, спровоцированным возмущением космической погоды в конце 11 ноября 2014 г., что, предположительно, могло стать и триггером Каджисайского землетрясения. В этом случае, бухтообразные вариации геомагнитного поля могли бы быть краткосрочным (за несколько часов) «сейсмо-предвестником». Однако, для уверенного вывода требуются дальнейшие исследования в этом направлении с накоплением статистики.

**Благодарности.** Выражаем большую благодарность д.ф.-м.н. Хачикян Г.Я. за постановку задачи и научное руководство работой.

Работа выполнена по программе 008 по проекту «Разработка статистических моделей пространственно-временных вариаций характеристик сейсмичности в связи с вариациями структуры и динамики радиационного пояса Земли».

## Литература

1. Сералиев А.М. Изучение сейсмо-магнитных связей по данным группировки спутников Swarm // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов IX Междунар. конф. молодых ученых и студентов, г. Бишкек, 27-28 марта 2017 г. Бишкек. 2017. С. 160-166.
2. Shamsi S., Stacey F.D. Dislocation models and seismomagnetic calculations for California 1906 and Alaska 1964 earthquakes // Bull. Seis. Soc. Amer., 1969, V 59, P. 1448-1453.
3. Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х. Вариации геомагнитного поля в сейсмоактивных районах. Ташкент: ФАН, 1975. 128 с.
4. Muzitani H., Ishido T. A new interpretation of magnetic field variation associated with the Matsushiro earthquakes // J. Geomag. Geoelectr., 1976, V. 28, P. 179-188.
5. Fitterman D.V. Electrokinetic and magnetic anomalies associated with dilatant region in layered earth // J. Geophys. Res. 1978. V. 83 (B12). P. 5923-5928.
6. Соболев Г.А., Закржевская Н.А., Харин Е.П. О связи сейсмичности с магнитными бурями // Физика Земли. 2001. № 11. С. 62–72.
7. Закржевская Н.А., Соболев Г.А. О возможном влиянии магнитных бурь на сейсмичность // Физика Земли. 2002. № 4. С. 3–15.
8. Закржевская Н.А. Исследование влияния магнитных бурь с внезапным началом на сейсмичность. Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М. 2002. 99 с.
9. Закржевская Н.А., Соболев Г.А. Влияние магнитных бурь с внезапным началом на сейсмичность в различных регионах // Вулканология и сейсмология. 2004. № 3. С. 63–75.
10. Соболев Г.А., Демин В.М. Механоэлектрические явления в Земле. М.: Наука. 1980. 215 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЯКУТИИ

Туктаров Р.М.<sup>1</sup>, Тимиршин К.В.<sup>1</sup>, Петров А.Ф.<sup>1</sup>,

Шиббаев С.В.<sup>1</sup>, Козьмин Б.М.<sup>2</sup>, Гейслер В.<sup>3</sup>

tuktarov.rust@mail.ru, 18abra99@gmail.com, petrovA.F@ya1.ru,  
sshib58@gmail.com, b.m.kozmin@diamond.ysn.ru, Wolfram.Geissler@awi.de

<sup>1</sup>Якутский филиал Федерального исследовательского центра ЕГС РАН,  
г. Якутск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН,  
г. Якутск, Российская Федерация

<sup>3</sup>Институт полярных и морских исследований имени Альфреда Вегенера,  
г. Бремерхафен, Федеративная Республика Германия

### **Научный руководитель:**

*зам. директора по науке, Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН,  
к. г.-м. н., Тимиршин К.В.*

**Аннотация.** Сотрудниками ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и Полярного института им. Альфреда Вегенера, а также Институтом океанологии им. Ширшова (Москва) была организована международная экспедиция по проекту «SIOLA», которая провела полевые работы в летне-осенний период 2015-2017 гг. В результате работы были установлены 25 временных сейсмических станций и получен массив данных, по которым была построена карта сейсмичности арктического шельфа моря Лаптевых за 2016-2017 гг. Представлена краткая характеристика сейсмичности Арктической зоны Республики Саха Якутия.

**Ключевые слова:** сейсмичность, землетрясения.

Арктическая зона Республики Саха (Якутия) включает в себя как шельфы Восточно-Арктических морей, так и большую часть континентальных северо-восточных районов республики и характеризуются высокой сейсмичностью. Так, через акваторию Северного Ледовитого океана от о. Гренландия к дельте р. Лены следится полоса эпицентров землетрясений, приуроченная к срединно-арктическому хр. Гаккеля, вытянутому от Гренландского шельфа к шельфу моря Лаптевых параллельно линии островов Шпицберген - Земля Франца Иосифа - Северная Земля. Она представляет собой крупный Арктико-Азиатский сейсмический пояс, который юго-восточнее пересекает Северо-Восточную Азию, полуостров Камчатку и соединяется с Тихоокеанским сейсмическим поясом, отделяя Североамериканскую плиту от Евразийской и Охотоморской литосферных плит [1, 2, 3].

Переходной зоной от срединно-океанического хр. Гаккеля к континентальным структурам хребтов: Верхоянского и Черского служат шельфы морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Сейсмичность хр. Гаккеля выражена узкой (60-80 км) полосой эпицентров землетрясений, которая на шельфе моря Лаптевых расширяется до 400-600 км, охватывая территорию между полуостровом Таймыр, дельтой р. Лены и Новосибирскими островами. Эта единственная зона повышенной сейсмичности, развитая в пределах шельфа арктических морей Российской Федерации. Сейсмологические наблюдения за арктическими землетрясениями осуществляет сеть из 8 полярных стационарных цифровых сейсмических станций, расположенных в северных районах Республики Саха (Якутия). В непосредственной близости к прибрежной зоне моря Лаптевых работают 2 цифровые сейсмические станции «Тикси» и «Столб». За последние 50 лет этой сетью на шельфе и прибрежных районах суши отмечено около 6 тыс. местных землетрясений. По данным Морской арктической геологоразведочной экспедиции (МАГЭ) ПГО «Севморгеология»

восточную часть шельфа моря Лаптевых занимает Лаптевоморская окраинно-континентальная рифтовая система [1, 2, 3, 4, 5]. Её основными структурными единицами являются протяженные (длиной до 200–250 км) и узкие (шириной до 40–60 км) грабены (Усть-Ленский, Омолойский, Усть-Янский, Чондонский, Бельковско-Святоносский и др.) и разделяющие их подводные поднятия: Центрально-Лаптевское, Шилонская структура, Столбовский горст и др). Названная рифтовая система прослеживается от континента на север и северо-запад и сочленяется в области континентального склона с зоной хр. Гаккеля. К югу грабены этой системы продолжают на континент. Ширина южной части Лаптевоморского рифта – 350–400 км, длина 400–450 км. Наличие этих грабенов подтверждается также особенностями распределения поля силы тяжести в восточной части моря Лаптевых в виде чередования узких линейных высокоградиентных зон северо-западного и субдолготного простираний, протягивающихся от континентального склона на побережье [3, 4].

На фоне рассеянной (диффузной) сейсмичности шельфа моря Лаптевых выделяется несколько субдолготных (северо-западных) полос с повышенной плотностью землетрясений. Основная Лаптевская полоса (более 2 тыс. землетрясений), куда тяготеют все крупные 7-9-балльные сейсмические события с магнитудой  $M=5.5-7.0$ , фиксируется от хр. Гаккеля в направлении залива Буор-Хая и Янского залива моря Лаптевых, обозначая границу Евразийской и Североамериканской литосферных плит.

На фоне диффузной сейсмичности по краям шельфа моря Лаптевых параллельно главной полосе обнаруживаются еще две полосы слабых землетрясений: западная - Лено-Таймырская и восточная - Новосибирских островов. Первая - через дельту р. Лены вдоль побережья Оленекского залива моря Лаптевых пересекает Хатангский залив вблизи о. Б. Бегичев и тянется к полуострову Таймыр. Вторая - в виде субдолготной линии эпицентров фиксируется к северу от устья р. Индигирки через акваторию Восточно-Сибирского моря к Благовещенскому проливу между островами Фаддеевский и Новая Сибирь. В Лено-Таймырской полосе за последние 50 лет зарегистрировано свыше 300 слабых землетрясений. Внутри неё наблюдается ряд отдельных максимумов сейсмичности: в Оленекской протоке дельты р. Лены и Оленекском заливе моря Лаптевых с подземным толчком 1980 г. с  $M=5.4$  и небольшой (около 20) серией повторных толчков (афтершоков); вблизи полуострова Терпай-Тумса в виде роя землетрясений 1987–1988 г. (43 толчка), среди которых отмечено сильное событие 1987 г. с  $M=5.1$ ; восточная оконечность полуострова Таймыр, где на его побережье и примыкающем мелководном шельфе произошло до 10 землетрясений. Самыми значительными из них были сотрясения 1964, 1973, 1986, 1990 и 1996 гг. в интервале магнитуд  $M=3.5-5.0$ . Лено-Таймырская полоса сейсмичности приурочена к зоне влияния Лено-Анабарского краевого шва Сибирской платформы, который прослеживается под покровом мезозойских и кайнозойских отложений одноименного прогиба между устьями рек Лены и Анабара [4, 5].

Число событий во второй (восточной) полосе землетрясений в районе Новосибирских островов и Восточно-Сибирского моря меньше, чем в Лено-Таймырской полосе. Здесь за последние 60 лет отмечено лишь несколько десятков слабых землетрясений. Самое крупное событие произошло здесь 15.12.1973 г. с  $M=4.9$  в Восточно-Сибирском море.

Для детального изучения сейсмической активности в прибрежной арктической зоне (дельта р. Лены и губа Буор-Хая моря Лаптевых) Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН проводит совместные исследования по проекту «Seismicity and neotectonics of Laptev Sea region (SIOLA)» (Сейсмичность и неотектоника региона моря Лаптевых) с Полярным институтом им. Альфреда Вегенера, Гельмгольтцским центром полярных и морских исследований (Германия), а также Институтом океанологии им. Ширшова (Москва). Согласно этой программы уже в сентябре 2015 г. сотрудниками ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и Полярного института им. Альфреда Вегенера была организована международная экспедиция, которая провела полевые работы с целью выбора мест установки временных полевых сейсмостанций для установки цифровой сейсмической аппаратуры в 2016 г.

В полевой сезон 2016 г. её работы продолжились непосредственно в районе Оленёкской протоки дельты р. Лены и на западном побережье губы Буор-Хая к югу от п. Тикси. В результате на этих участках территории было установлено 25 временных автономных сейсмических станций (Рисунок 1).

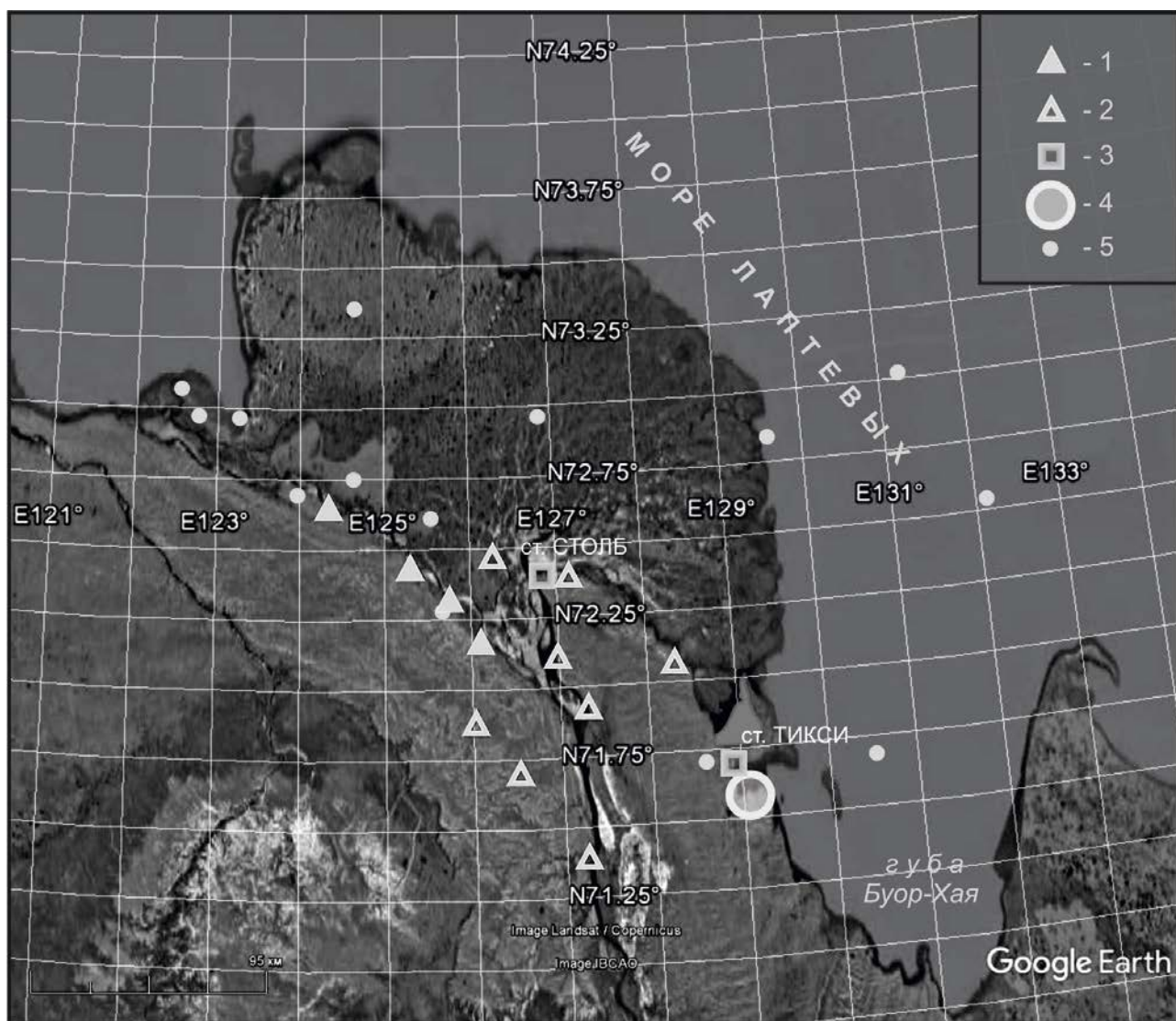


Рисунок 1 - Сеть локальных цифровых сейсмических станций Якутского филиала ФИЦ ЕГС РАН и института полярных исследований им. А. Вегенера  
 1 - Олененекская группа станций ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и института им. А. Вегенера  
 2 - Ленская группа станций ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и института им. А. Вегенера  
 3 - Стационарные станции ЯФ ФИЦ ЕГС РАН  
 4 - Тиксинская группа станций ЯФ ФИЦ ЕГС РАН и института им. А. Вегенера  
 5 - Эпицентры землетрясений

В августе 2017 г. был собран массив цифровых сейсмограмм с регистрацией местных землетрясений за период июль 2016 г. – сентябрь 2017 г. для дальнейшей комплексной обработки этих записей в конце 2017 г. – начале 2018 г. На основе указанных данных будет составлен каталог землетрясений и построена серия карт сейсмичности различной направленности и масштабов. На начальном этапе обработки данных составлена карта сейсмичности севера Якутии за 2016-2017 гг. (рис. 2). По карте можно сделать вывод, что данный регион сейсмически активен в настоящее время.

По результатам этих работ будет предложен план продолжения сейсмологических исследований на перспективу с передислокацией сети станций непосредственно в акваторию моря Лаптевых и установкой их на островах, например, Муостах и Столбовой.

Полученные материалы позволят существенно расширить наши познания о пространственно-временном распределении эпицентров землетрясений, определить глубину залегания их очагов в земной коре и повторяемость сейсмических событий, изучить напряжённое состояние земной коры, и дать оценку уровня сейсмической опасности ряда активных участков территории.

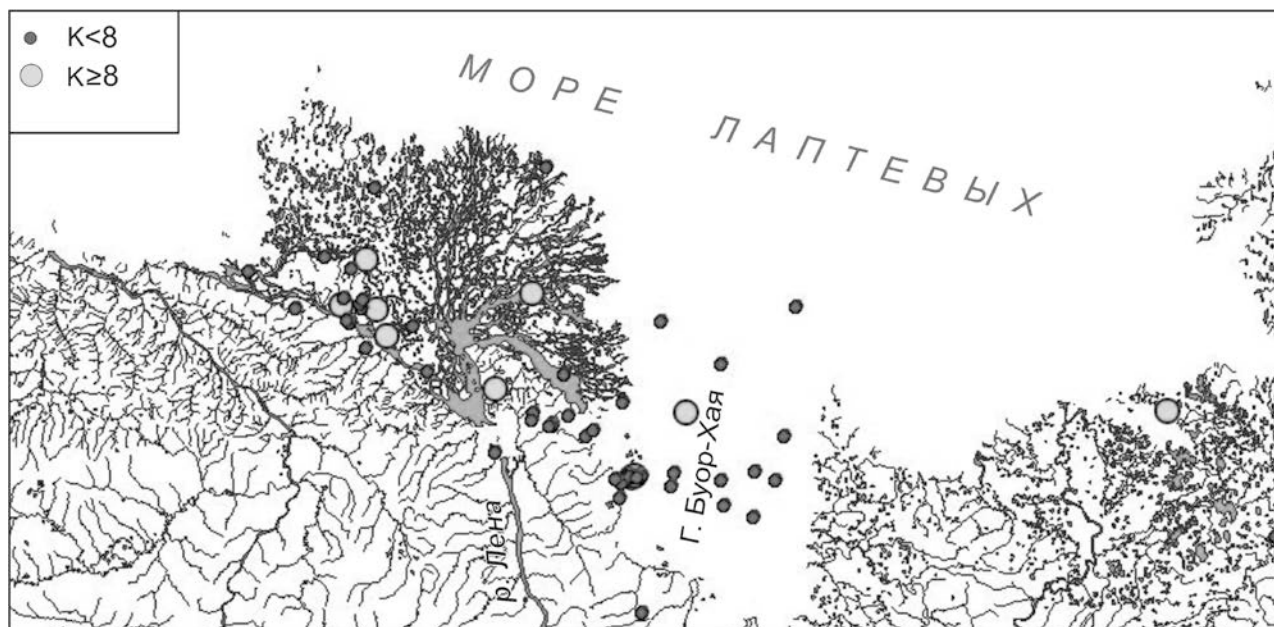


Рисунок 2 - Карта сейсмичности севера Якутии за 2016-2017 гг.  
(К - энергетический класс землетрясений)

### Литература

1. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб.: ВНИИ Океанология, 1996. 186 с.
2. Грамберг И.С., Деменицкая Р.М., Секретов С.Б. Система рифтогенных грабенов шельфа моря Лаптевых как недостающего звена рифтового пояса хребта Гаккеля – Момского хребта // ДАН СССР. 1990. Т. 11. № 3. С. 689-694.
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. М.: ГЕОС, 2000. 227 с.
4. Объяснительная записка к Тектонической карте морей Карского и Лаптевых и севера Сибири. М 1:2.5 млн. / Отв. ред. Н.А. Богданов, В.Е. Хаин. М.: ИЛОВМ РАН, 1998. 127 с.
5. Шibaев С.В., Петров А.Ф., Козьмин Б.М., Тимиршин К.В. Современная сейсмическая активность территории Якутии // Материалы 15-ой Всероссийской конференции с международным участием «Геологические опасности». Архангельск: Институт экологических проблем Севера УрО РАН. 2009. С. 657–661.



## О ЗНАЧЕНИИ И НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ТЕРМОГЕОХИМИЧЕСКИХ СЪЁМОК НА ОТДЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЯХ АМУДАРЬИНСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ ТУРАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Турсунова А.А.

azizaabidova1994@mail.ru

Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан

### **Научный руководитель:**

*Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова,  
Факультет Инженерной геологии и горного дела, Кафедра «Гидрогеология и геофизика»,  
д.г.-м.н., проф. Умурзаков Р.А.*

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме выделения каналов глубинного теплопереноса (ГТМП), с которыми связываются места скопления углеводородов (УВ). Аномальные зоны теплового потока и повышенных участков геохимических показателей устанавливаются путём применения термогеохимической съёмки. Приводится описание результатов съёмок по отдельным площадям Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона и выделению каналов ГТМП.

**Ключевые слова:** Формирование углеводородов, каналы теплопереноса, тепловой поток, геотермическая, геохимическая съёмка, поиск, месторождения

Новые данные о процессах внутри Земли потребовали пересмотра с новых позиций представлений о формировании нефти и газа. Не останавливаясь подробно на истории развития различных взглядов на формирование углеводородов отметим лишь, что в Узбекистане была разработана микстгенетическая модель природного синтеза углеводородов [1]. Основу этой модели составляют представления о существовании каналов глубинного теплопереноса (ГТМП), по которым глубинное вещество в виде ювенильных газов ( $H_2$ ,  $He$ ,  $CO$ ,  $Ar$ ), других флюидов, с аккумулированной в них тепловой энергией выходят к поверхностной части разреза. Вступая во взаимодействие с вмещающей средой, при благоприятных геохимических условиях, образуют залежи углеводородов (УВ) [2]. Такое представление потребовало разработки новых нетрадиционных методов поисков мест скопления нефти и газа. Группой исследователей под руководством доктора геолого-минералогических наук А.А. Абидова (2004-2010 гг.) был разработан термогеохимический метод (включающий геохимическую и геотермическую съёмки) для обнаружения аномальных участков указанных показателей, а в связи с этим и мест скопления УВ [3].

Разработка этого метода производилась при непосредственном выполнении полевых работ и лабораторных исследований в пределах конкретных нефтегазоносных регионов Средней Азии. Эти исследования были выполнены силами сотрудников лабораторий «Изучения земной коры и верхней мантии» и «Геохимии» ОАО «ИГиРНИГМ».

Исследования были нацелены на установление диагностических критериев картирования каналов глубинного теплопереноса (ГТМП), где существует наибольшая вероятность концентраций запасов нефти и газа.

Важно отметить, что до начала отмеченных выше исследований примеров комплексирования геохимической и геотермической съёмок, направленных на выявление и оконтуривание ореолов ювенильных флюидов вокруг каналов глубинного теплопереноса, не было известно. Хотя по близкой тематике имелись фондовые отчёты

по газовой съёмке: А. Акрамходжаева, Ш.Х. Амирханова (1968, 1974); по геотермической съёмке: А.А. Поликарпова и др., (1989, 2004) и известны отдельные публикации А.А. Абидова и др. (2000, 2001, 2004), Е.В. Каруса (1986), А.К. Маловичко (1966), Э.Б. Чекалюка и др. (1974), которые послужили опытом и теоретической основой при выборе и опробовании техники и методики полевой газохимической и геотермической съёмки.

В результате исследований было установлено, что в комплексе эти два метода (газохимическая и геотермическая съёмки) позволяют картировать ореолы ювенильных газов и связанные с ними распределения температуры вблизи земной поверхности.

Актуальность и своевременность разработки и применения описываемого метода обусловлена тем, что инвесторы, получившие лицензионные блоки для проведения геологоразведочных работ на нефть и газ, часто сталкиваются с проблемой по выбору конкретных локальных нефтегазоперспективных объектов для постановки поисковых работ с целью открытия, в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами, новых месторождений углеводородов. Эти обстоятельства показывают о научно-практическом значении этих исследований. В ряде опубликованных работ по этой проблеме отмечается, что предложенный авторами для применения в лицензионных блоках различных нефтегазоносных регионов термогеохимический метод по обнаружению мест скопления углеводородов – это крупное достижение нефтегазогеологической науки и практики XXI века.

Термогеохимические полевые работы проводятся на стадии обобщения выполненных ранее геолого-геофизических исследований для разработки бизнес-планов по постановке поисково-разведочных работ на открытие новых месторождений нефти и газа.

Термогеохимический метод основан на проведении комплекса недорогостоящих и быстро выполняемых полевых исследований по изучению теплового потока и геохимических особенностей недр по эманациям ювенильных газов. На основе обработки и анализа результатов полевых наблюдений, после выполнения соответствующих геохимических, термодинамических, гидрогеологических, петролого-минералогических лабораторных исследований выделяются наиболее нефтегазоперспективные локальные участки, где в последующем необходима концентрация полевых геофизических работ по выявлению структур под бурение.

В пределах Амударьинской синеклизы (Бухаро-Хивинский нефтегазоносный регион БХНГР) силами сотрудников ИГИРНИГМ были выполнены полевые работы по газохимической и геотермической съёмке для выявления аномалии теплового потока на площади Тегермен, Бештепа. Следует отметить, что полевые геотермические съёмки проводились в Центральных Кызылкумах в районе рудных полей Мурунтау-Амантай-Даугыз (1985-1990 гг.). Целью исследований было крупномасштабное картирование каналов ГТМП в пределах конкретной зоны нефтегазонакопления и связанных с ними ореолов глубинных эманаций ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{Ar}$  и др.) [3].

В пределах Тегерменского и Бештепинского участков выполнялись профильные и площадные съёмки. По опорным профилям Т- I и Т- II на участке Тегермен были отобраны газовые (46) и почвенные (20) пробы. На основе газохроматографического анализа (ИГИРНИМ, М.Туланов) получены 276 определений  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{CO}_2$  в газовых пробах и 63 определения  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{CO}_2$  в пробах почвы. Распределение содержания различных газов в пробах позволило установить, что средние значения и пределы стандартных отклонений концентраций метана, азота, углекислого газа и кислорода в почвенном газе установлены в пределах нормального фона, а содержания водорода и гелия не определены. На профиле Т- I выделены два участка с содержанием метана в газовых пробах более чем в два раза превышающим стандартное отклонение (на пикетах Т – I – 90 и Т – I – 210). На этих же пикетах было выявлено повышение температуры. При этом максимум температуры был смещён относительно максимума концентрации метана на один км в северо-западном направлении. Зона повышенных концентраций метана в северо-

восточном окончании профиля была расположена в области пониженных температур также со смещением предельных значений.

На опорном профиле Т-II вариации температуры и концентраций метана заключены в пределах стандартного отклонения за исключением юго-восточной его оконечности, где наблюдается увеличение температуры и содержания метана на пикетах №7 и №8 соответственно (рис. 1, рис. 2).

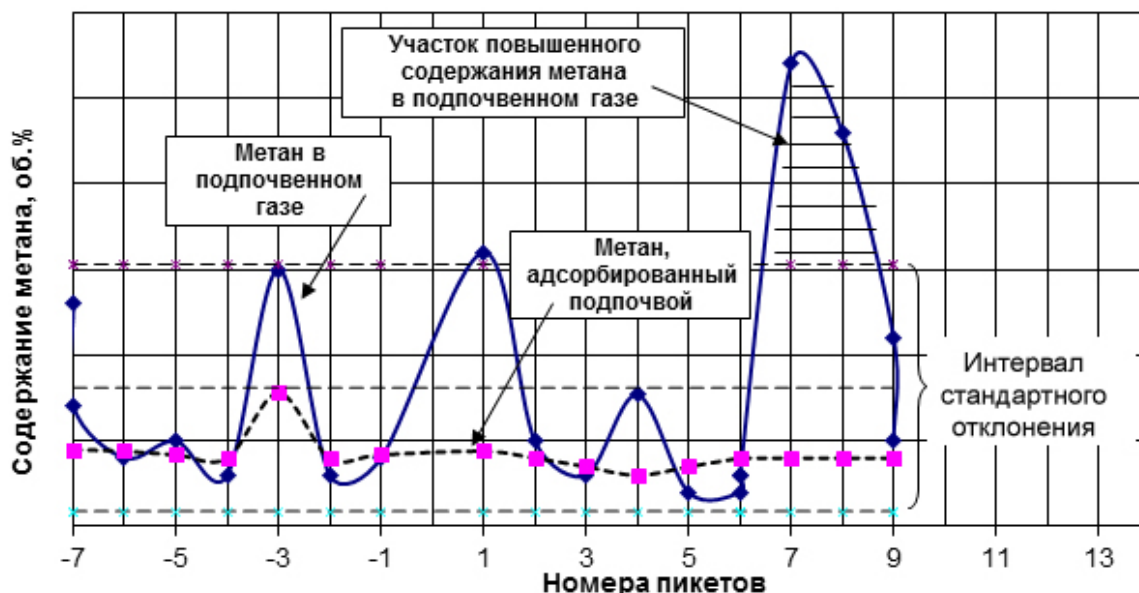


Рисунок 1 - Распределение содержания метана в подпочвенном газе и адсорбированного подпочвой по профилю Т-II участка Тегермен

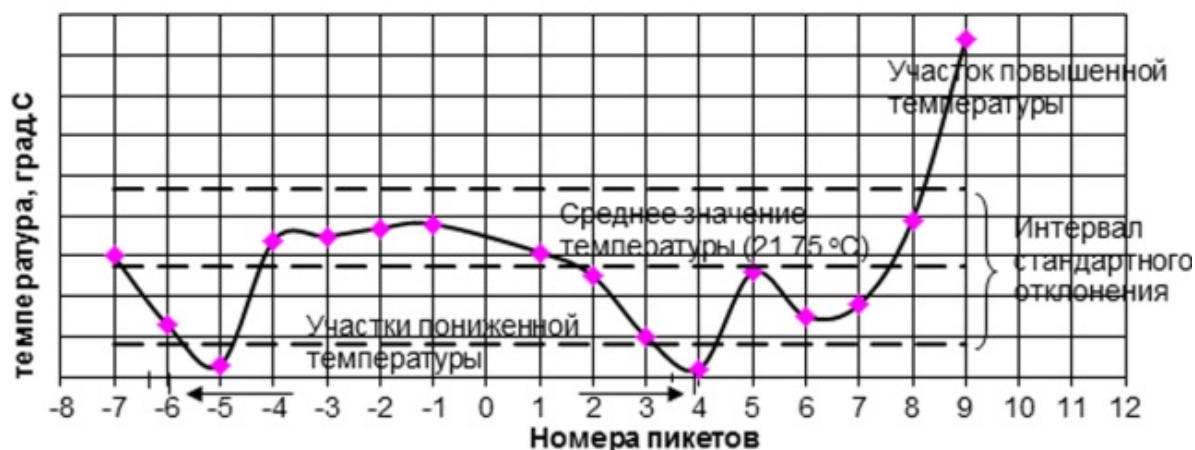


Рисунок 2 - Распределение температуры на глубине 2 м от земной поверхности по профилю Т- II участка Тегермен

В последующем, полученные результаты по ряду профилей были переинтерпретированы с учётом дополнительных материалов и использованы нами при выполнении прикладного исследования (2015-2017 гг.) для составления новых карт термогеохимических аномалий БХНГР и выделению мест сосредоточения каналов ГТМП. Для подтверждения наличия здесь каналов ГТМП по инициативе профессора А.А. Абидова был разработан проект, который был реализован АО «Узбекгеофизика» (руководитель работ Юлдашев Г.Ю.). На основе электроразведочных работ выполненных совместно со специалистами компании «Феникс» (Канада) с использованием аппаратуры MTU-5 SYSTEM 2000) были получены результаты, которые подтвердили наличие каналов ГТМП [5].

Наличие аномальных зон в районе площади Чагакуль и Тегермен подтвердилось по материалам субширотного профиля Р-I и по субмеридиональному профилю Р-II (рис. 3), пересекающему площади Шимолий Алат и Чагакуль. Такие же аномальные зоны выделены на площадях Тегермен, Бештепа - Кумсултан по профилю Р-III.

На геоэлектрических разрезах 2-D инверсии МТ-поля, где глубина исследования 15000 м, начиная с глубины 4000 м, среди очень высокоомных пород палеозоя прослеживается субвертикальная проводящая аномальная зона, увязываемая с каналами ГТМП. Как видно, полученные данные подтверждают утверждение о том, что проводящие аномальные зоны связаны с вертикальными каналами проницаемости в доюрских образованиях и простираются на большие глубины.

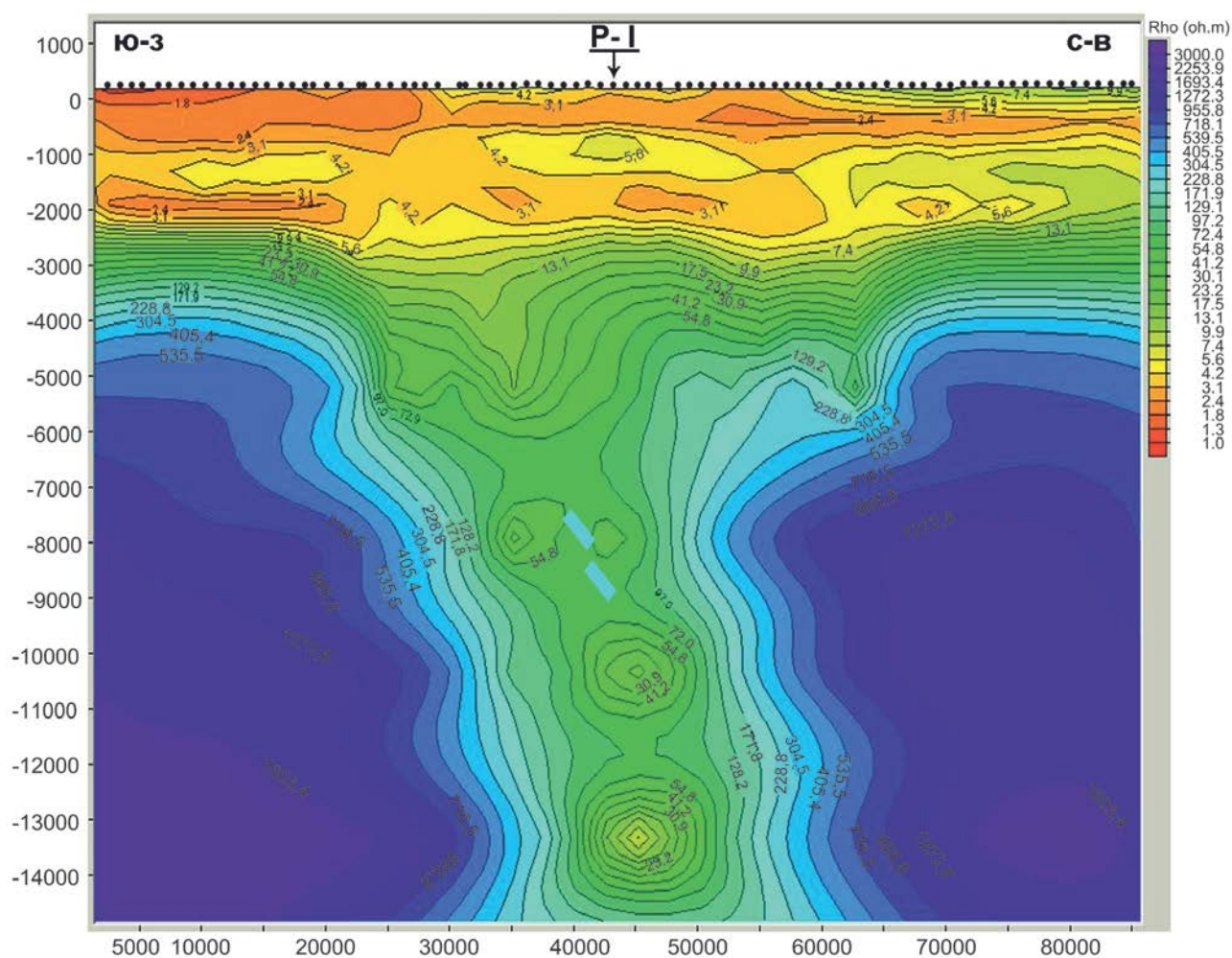


Рисунок 3 - Геоэлектрический разрез 2-D инверсии МТ-поля Тегермен и Чагакуль (по Г.Ю. Юлдашеву, Л.П. Сорокотяге, 2015)

Вероятно, эти аномальные зоны проводимости, приуроченные к ослабленным зонам разломов, образуются под влиянием восходящих флюидопотоков, приводящих к изменению физических свойств осадочных пород.

Таким образом, в заключении можно отметить следующее:

1. В связи с появлением новых представлений о генезисе УВ, для поисков их залежей необходимо использование нетрадиционных методов, основным из которых является метод термогеохимической съёмки выявления аномальных зон проявления каналов ГТМП.

2. Применение термогеохимической съёмки в пределах отдельных площадей БХНГР позволило выявить соответствии зон повышенных температурных аномалий и показателей концентрации ювенильных газов, и на этой основе - мест возможного сосредоточения каналов ГТМП.

3. Электроразведочные работы методом МТЗ на участках, выявленных термогеохимической съёмкой, с большой достоверностью подтверждают наличие каналов ГТМП на основе различий электропроводности в геологическом разрезе (в случае исследуемого региона до глубины 14 км).

### Литература

1. Абидов А.А., Долгополов Ф.Г. Принципиальная модель микстогенетической схемы природного синтеза углеводородов // Доклады Академии наук. 2004. Т. 396. № 3. С. 374-376.
2. Поликарпов А.А. Термодинамические модели каналов ГТМП флюидов в осадочную толщу и их связь с размещением скоплений УВ // Материалы 6 Междунар. Конференции по нефти и газу, г. Ташкент, 23-24 мая 2002 г. Ташкент. 2002. С. 253.
3. Абидов А.А. Генезис нефти и газа и методика поисков их местоскоплений. Ташкент: Фан. 2010. 258 с.
4. Шляховский В.А. Выявление неоднородностей в литосфере как источников формирования залежей УВ // Георесурсы. 2010. 2 (34). С. 35-38.
5. Юлдашев Г.А., Сорокотяга Л.П. Применение современных электроразведочных методов для обнаружения каналов глубинного теплопереноса // Узбекский журнал Нефти и газа (Neft va Gaz jurnali). 2014. Май. Спец. выпуск. С. 106-114.

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И УГЛЕНОСНОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАЗАР-АЙЛОК (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТАДЖИКИСТАН)

Фозилов Д.Н., Алидодов Б.А.  
fozilov.tj@mail.ru

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

**Аннотация.** Основная часть угольных пластов зафиксирована в отложениях кафтархонинской свиты средней юры. Наиболее крупный фрагмент пласта наблюдается в западной части участка и прослеживается по простиранию на 889 м и слагает северное крыло шикорхонинской синклинали. Простирание его широтное, падение южное под углами 30-40°. В восточном направлении он ограничен разломом, а в западном - нарушением северо-западного простирания.

**Ключевые слова:** Уланский сброс, синклиналь, угольный пласт, угленосность, Андримаруфский сброс, внутрипластиковый.

Назарайлокское месторождение представлено в основном высококачественным углем-антрацитом и связано с терригенными отложениями верхнего триаса и нижнесредней юры. Формирование угленосных отложений происходило в грабенообразной впадине ограниченной с юга уланским сбросом, с севера Андримаруфским взбросо-надвигом. Всего на месторождении зафиксировано около 20 угольных пластов. Угольные пласты в отложениях верхнего триаса отмечены в шикорхонинской свите, где выделено 4 линзовидных пласта каменного угля мощностью от 0,2 до 1,8 метра.

Основная часть угольных пластов зафиксирована в отложениях кафтархонинской свиты средней юры. В разрезе кафтархонинской свиты, отмечено 16 угольных пластов, из которых 15 пластов, за исключением одного угольного пласта представляют промышленную ценность. Кроме того, в угленосных толщах шикорхонинской свиты (особенно кафтархонинской) отмечается масса линз и тонких прослоев угля.

В пределах месторождения угленосность продуктивной толщи неодинакова; изменения ее связаны с фаціальными особенностями формирования угленосной толщи, процессами метаморфизма, тектоническими движениями и эрозионными процессами.

Существенную роль в строении угленосной толщи сыграли тектонические движения, проявившиеся на площади месторождения. Угленосные толщи в ходе тектонических подвижек смяты в две крупные складки. Северная часть площади месторождения (за пределами участка) представляет собой антиклинальную складку (кафтархонинская антиклиналь) ассиметричного строения, с крутым южным крылом и более пологим – северным.

Южное крыло антиклинали постепенно переходит в северное крыло шикорхонинской синклинали. Южное крыло синклинали не сохранилось, за исключением небольших ее фрагментов в южной части участка Шикор-хона, где оно срезано Уланским сбросом. Крылья складок в результате более поздних подвижек осложнены мелкими складками и разрывами. За счет этих мелких складок на дневной поверхности часто фиксируются угольные пласты с большой видимой мощностью. В угленосных толщах иногда наблюдаются микроскладчатость, флексур подобные опрокинутые складки, которые в большинстве случаев сопровождаются разрывными нарушениями. Последние имеют различные направления и часто по ним нарушена сплошность угольных пластов. Амплитуды смещения по разрывным нарушениям колеблются от первых до десятков метров.

На площади месторождения широко развиты эрозионные процессы, в результате которых уничтожена значительная часть угленосных толщ, особенно по долинам рек Назар-

Айлок, Шикор-хона и Кафтар-хона. Следует отметить, что чем выше в стратиграфическом разрезе расположены угольные пласты, тем они в большей степени подвергнуты эрозии. Процессам эрозии наиболее сильно подвергнуты фланги месторождения. В более благоприятных условиях в этом отношении оказался восточный фланг участка Шикор-хона. При этом наиболее полный разрез наблюдается в западной части участка. Параллелизация выявленных угольных пластов в пределах участка сопряжена с большими трудностями, так как большинство пластов сближены – удалены друг от друга на незначительное расстояние, смяты в складки и нарушены тектоническими подвижками.

Промышленная угленосность участка Шикор-хона приурочена к средне-кафтархонинской подсвете. В пределах этой подсветы, как уже ранее было отмечено, 16 угольных пластов и масса линз и угольных прослоев. Из них промышленную ценность представляют 15 угольных пластов. Максимальная мощность угленосных отложений – от почвы угольного пласта IV до кровли пласта XII, составила 950 м. Суммарная средняя мощность угольных пластов равна 71,39 м. Коэффициент промышленной угленосности на восточном фланге участка Шикор-хона составляет 7,5 %. Максимальная глубина залегания пласта составляет 680 м (пласт IV) при абсолютной отметке его почвы 3110 м. Характерной особенностью угольных пластов участка месторождения является невысокая степень метаморфизма, низкая зольность и относительная выдержанность основных пластов.

Ниже приводится описание угольных пластов, участвующих в подсчете запасов.

Угольный пласт IV приурочен к низам кафтархонинской подсветы и прослеживается в восточной части участка Шикор-хона месторождения на протяжении 2540 м. Пласт обнажается только в его центральной части, а на флангах он перекрыт мощным чехлом четвертичных отложений. С севера он ограничен разломом – субпараллельной структурой Андримаруфского взброса – надвига, а с юга Улангским сбросом. Пласт слагает северное крыло Шикорхонинской синклинали широтного простирания. Азимут падения пласта на юг под углом 15-60°.

Угольный пласт V<sup>a</sup> находится в восточной части участка месторождения и прослеживается на протяжении 2240 м. Пласт слагает северное крыло шикорхонинской синклинали широтного простирания. С севера он ограничен разломом – субпараллельной структурой Андримаруфского сброса-надвига, а с юга – уланским сбросом. Азимут падения пласта юг под углами 25-50°. Значительная часть пласта перекрыта четвертичными отложениями, особенно на его флангах. По простиранию сплошность пласта нарушен двумя разломами, по которым наблюдается смещение пласта по горизонтали на 150-250 м и по вертикали на 40-50 м.

Угольный пласт V находится в северо-восточной части участка месторождения. Пласт ограничен с севера разломом, а с юга уланским сбросом. Он слагает северное крыло шикорхонинской синклинали широтного простирания. Азимут падения пласта юг под углами 30-55°. Северо-западный фланг пласта на протяжении порядка 300 м перекрыт четвертичными отложениями и не изучен. По простиранию и по мощности пласт относительно выдержанный и имеет довольно сложное строение. Мощность его колеблется от 1,30 м до 8,49 м. Пласт состоит из двух-трех угольных пачек мощностью от 0,22 до 6,00 м.

Угольный пласт VI прослеживается на протяжении 2200 м в северной и юго-восточной части участка месторождения. Он слагает северное крыло шикорхонинской синклинали широтного простирания. По простиранию пласт в западном направлении до полного выклинивания не прослежен, а в юго-восточном направлении ограничивается уланским сбросом. Азимут падения пласта изменяется от северного на юго-западном фланге, до южного. Угли падения пласта меняются от 30-40° до 50-55°. На западном фланге наблюдается опрокинутое северное падение пласта, возникшее под влиянием Андримаруфского взброса-надвига. Пласт разбит на три тектонических блока нарушениями северо-западного простирания, по которым наблюдается его смещение. Амплитуда смещения по горизонтали составляет 150-200 м и по вертикали 40-50 м.

Угольный пласт VI<sup>a</sup> слагает северное крыло шикорхонинской синклинали и прослеживается в широтном направлении на протяжении 2200 м. Значительная часть пласта по его простиранию перекрыта четвертичными отложениями. В западном направлении он до полного выклинивания не прослежен, а в юго-восточном направлении ограничивается уланским сбросом.

Сложность пласта по его простиранию нарушена двумя крупными разломами, по которым наблюдается смещение. Амплитуда смещения по горизонтали достигает 150-200 м и по вертикали 40-50 м.

Строение пласта очень сложное и состоит, в основном из трех угольных пачек, мощность которых колеблется от 0,2 м по 1,2 м при общей мощности пласта от 0,73 до 3,62 м. Мощность породных прослоев колеблется от 0,1 м до 0,4 м, которые в основном представлены углистыми аргиллитами и аргиллитами. По простиранию в восточном направлении пласт разваливается, и общая мощность его резко уменьшается.

Угольный пласт VII прослеживается на протяжении 1520 м и слагает северное крыло шикорхонинской синклинали. Простирание его широтное, в южном направлении ограничивается уланским сбросом. Падение его южное за исключением его западного фланга, где он имеет северное падение, меняющееся от 15-20° до 40-70°. Пласт состоит из одной угольной пачки, мощность которой по простиранию не выдержана. Особенно резкое отличие по мощности наблюдается между западным и восточным его флангами. На западном фланге до разлома мощность пласта более и менее выдержана и колеблется в пределах от 2,79 до 4,97 м. На восточном фланге за разломом мощность его резко уменьшается и колеблется от 0,45 до 1,13 м.

Угольный пласт VIII прослеживается в центральной части участка месторождения на протяжении 960 м. В западном направлении он выклинивается, а в юго-восточном ограничивается уланским сбросом.

Пласт слагает северное крыло шикорхонинской синклинали широтного простирания. Азимут падения пласта южный, за исключением небольшого его отрезка на западном фланге, где он имеет северное падение, так как пласт находится в опрокинутом залегании. Углы падения меняются от 15-20° до 40-70°.

Угольный пласт IX слагает крылья шикорхонинской синклинали широтного простирания и прослеживается на протяжении 1320 м. На западном фланге участка он прослеживается в широтном направлении, затем в центральной части участка, резко разворачивается на юг и в этом же направлении ограничивается уланским сбросом. Углы падения пласта изменяются от северного 60-70° до южного 15-20°. Северное падение пласта наблюдается на его западном фланге, где отмечается его опрокинутое крутое падение. Угольный пласт южного крыла синклинали обнажается в южной части участка месторождения в виде небольшого фрагмента широтного простирания. Здесь он прослеживается на протяжении 200 м. В западном направлении он до полного выклинивания не прослежен, а в восточном ограничен оперяющим нарушением северо-западного простирания уланского сброса. Азимут падения пласта северное, под углами 15-20°.

Угольный пласт X<sup>a</sup> находится в западной части участка месторождения и прослеживается на протяжении 1000 м. Пласт слагает северное крыло шикорхонинской синклинали широтного простирания. Азимут падения пласта юг под углами 10-70°, за исключением его западного фланга, где он имеет северное падение (опрокинутое залегание) под углами 35-70°. На восточном фланге угольный пласт выклинивается вблизи разлома, а в западном направлении до полного выклинивания он не прослежен. В западной части строение пласта сложное; состоит из двух трех угольных пачек, а в восточном направлении оно постепенно упрощается, и пласт состоит из одной угольной пачки. Мощность внутри пластовых прослоев пород достигает 0,5 м.

Угольный пласт северного крыла синклинали прослеживается на протяжении 1300 м. Азимут падения пласта изменяется от северного на юго-западном фланге, до южного – в центральной части участка месторождения. В этом же направлении изменяются углы



падения пласта от 60-70° до 20-40°. Крутые углы падения, как правило, отмечаются на участках опрокинутого залегания пласта. По простиранию северное крыло синклинали на юре ограничивается уланским сбросом.

Угольный пласт южного крыла синклинали представляет собой небольшой останец протяженностью 200 м, ограниченный с востока одним из оперяющих нарушений уланского сброса. В западном направлении он до полного выклинивания не прослежен. Простирание его широтное, азимут падения пласта северный под углами 15-20°. В центральной части он срезается разломом, по которому наблюдается смещение пласта. Амплитуда смещения по горизонтали составляет 250 м, а по вертикали порядка 40-50 м. Мощность пласта относительно выдержанная и колеблется от 1,64 м и до 5,88 м. Строение его простое, по простиранию отмечаются небольшие участки сложного строения. Угольный пласт в основном состоит из одной угольной пачки мощностью от 1,64 м до 5,62 м.

Угольный пласт XI прослеживается в западной части участка и располагается на крыльях шикорхонинской синклинали. Северное крыло синклинали в свою очередь на своем небольшом отрезке осложнено складками более высокого порядка. Здесь наблюдаются небольших размеров антиклинальная и синклинали складки широтного простирания. Углы падения крыльев этих складчатых структур колеблются от 25° до 50°.

По простиранию угольный пласт в южном направлении ограничивается уланским сбросом, а в западном до полного выклинивания не прослежен. Общая прослеженная протяженность его составляет 2100 м. Азимут падения пласта юг под углами 15-40° за исключением его западного фланга. Здесь в приповерхностной части он имеет опрокинутое залегание на севере под углами 70-75°.

В центральной части пласт срезается разломом, носящим сбросо-сдвиговой характер. Амплитуда смещения его по горизонтали составляет 250 м, а по вертикали – 40-50 м, при этом юго-восточное крыло пласта опущено. Кроме того, на западном фланге наблюдается целая серия тектонических нарушений северо-западного простирания, по которым пласт смещается. Амплитуда смещения колеблется от 5,0 до 10,0 м.

Угольный пласт южного крыла синклинали обнажается в юго-западной части участка месторождения среди четвертичных отложений в виде небольших останцев и состоит из двух обособленных фрагментов. Общая предполагаемая протяженность его составляет порядка 1200 м.

Мощность угольного пласта невыдержанная, колеблется от 1,06 до 17,46 м. Строение его довольно сложное; участки сложного строения по простиранию часто сменяются участками более простого. Угольный пласт чаще состоит из двух угольных пачек мощностью от 0,55 м до 12,13 м. Мощность породных прослоев колеблется от 0,08 до 0,52 м. Представлены они углистыми аргиллитами, аргиллитами и очень редко алевролитами.

Угольный пласт XI<sup>a</sup> прослеживается в западной части участка на протяжении 1000 м и слагает северное крыло шикорхонинской синклинали. По простиранию он в центральной части на протяжении порядка 120 м выклинивается, образуя два несколько обособленных фрагмента. Простирание его широтное, азимут падения западной части пласта северный под углами 50-60°. Здесь наблюдается опрокинутое залегание пласта. Азимут падения восточной части пласта юг под углами 70°. В восточном направлении угольный пласт, по-видимому, ограничивается разломом, а в западном направлении он не изучен.

Сложность пласта нарушена серией тектонических нарушений, развитых в его западной части. По этим нарушениям наблюдается смещение пласта. Амплитуда смещения по ним колеблется от 5,0 до 15,0 м.

Угольный пласт XII<sup>b</sup> прослеживается в западной части участка месторождения на протяжении 880 м и слагает северное крыло шикорхонинской синклинали. Стратиграфический он находится в верхней части угленосной толщи. Простирание его широтное, в восточном направлении он ограничивается разломом, а в западном скрыт под четвертичными отложениями и не изучен. Падение его в основном южное под углами 15-25°

за исключением его западного фланга, где он в приповерхностной части имеет северное падение под углами 50-70°, так как пласт здесь находится в опрокинутом залегании.

Угольный пласт XII<sup>B</sup> обнажается в западной части участка месторождения и слагает северное крыло шикорхонинской синклинали. Стратиграфический пласт находится в верхней части продуктивной угленосной толщи. Простираение его широтное, в восточном направлении он ограничен разломом, а в западном направлении скрыт четвертичными отложениями и не изучен. Падение его южное под углами 15-25°, за исключением западного фланга, где он имеет северное падение, так как здесь пласт находится в опрокинутом залегании при углях падения 60-70°.

Угольный пласт XII обнажается на трех разобренных участках месторождения. Стратиграфический он венчает угленосную толщу участка месторождения. Наиболее крупный фрагмент пласта наблюдается в западной части участка и прослеживается по простираению на 889 м. Он слагает северное крыло шикорхонинской синклинали. Простираение его широтное, падение южное под углами 30-40°. В восточном направлении он ограничен разломом, а в западном- нарушением северо-западного простираения.

Таким образом, угленакопление в пределах рассматриваемой территории в основном связано с терригенными отложениями юрского, частично верхнетриасового периодов. Существенную роль в строении угленосных толщ сыграли тектонические движения.

### Литература

1. Фозилов Дж.Н. О геологическом строении каменноугольного месторождения Назар-Айлок и перспективах угленосности территории // Материалы междунар. конф. «Геология и геоэкологические проблемы использования горючих полезных ископаемых Таджикистана». Душанбе: Изд. ТНУ. 2011. С. 56-59.
2. Фозилов Дж.Н. Триасовые угленакопления угольного месторождения Назар-Айлок // Материалы науч.-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Завершению 10-летия грамотности ООН: образование для всех (2003-2012 гг.)». Душанбе. 2012. С. 83-89.
3. Фозилов Дж.Н. Литолого-стратиграфические расчленения угленосных комплексов каменноугольного месторождения Назар-Айлок // Междунар. науч.-практ. конф., посвященная международному десятилетию действий «Вода для жизни», Горно-металлургический институт Таджикистана. Чкалов: Изд. ТНУ. 2015. С. 59-61.
4. Фозилов Дж.Н. Петрографический состав и технологическая характеристика углей каменноугольного месторождения Назар-Айлок // Материалы Респ. науч.-теор. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «700-летию Мир Саида Али Хамадони», «Году семьи» и международному десятилетию действия «Вода для жизни» 2005-2015 годы. Душанбе: Изд. ТНУ. 2015. С.88-89.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИСУТСТВИЕ НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ASTER TIR

Шаршеева К.Т.  
kunduz2000@mail.ru

Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова,  
д.т.н., проф. Алымкулов С.А.*

**Аннотация.** В данной работе показаны результаты литологического исследования юго-восточной части Иссык-Кульской области с использованием некоторых минералогических показателей, а именно индекс кварца (QI), индекс карбоната (CI) и индекс мафита (MI).

**Ключевые слова:** обработки гиперспектральных изображений, литологические / минералогические индексы, спектральная библиотека

**Введение.** В настоящее время для определения месторождений полезных ископаемых во всем мире все больше стали применять именно различные методы обработки снимков ДЗЗ. Имеются несколько методов обработки снимков ДЗЗ в этом направлении.

Среди перспективных научных методов поиска и разведки ресурсов минералов с помощью снимков ДЗЗ выделяются спектрометрические методы, которые служат базой для нахождения и анализа разнообразных поисковых признаков. Для этого используется корреляция возможных залежей полезных ископаемых с изменением фототона почвы, растительного покрова, цвета воды внутренних акваторий, тепловыми потоками, фиксируемыми в ИК- и термальном диапазонах.

С успешным развитием использования ASTER (TIR) продемонстрировали полезность и эффективность данных ASTER на литологическом картировании минералогических индексов. Например, литолого-картографическая система на основе данных индексов некоторых минералов (кварца, карбоната, мафита) была успешно применена для исследования некоторых целевых регионов Кыргызстана. Подробное отображение литолого-геологического изучения ASTER в этой области улучшит наше понимание эволюции этого региона.

На основе анализа библиотеки спектральных свойств типичных пород на Земле, были взяты несколько минералогических показателей, включая индекс кварца (QI), индекс карбоната (CI) и индекс мафита (MI). Для определения минералогического или химического состава кварцевых, карбонатных и силикатных пород предложены данные ASTER-TIR. Эти показатели применяются к снимкам данных ASTER для выбранных областей исследования Иссык-Кульской области Кыргызской Республики. Результаты показывают, что ASTER-TIR может различать кварц и карбонатные породы, а также мафит-ультраосновные породы, даже с атмосферно неоткорректированных данных. Литологические интерпретации хорошо согласуются с опубликованными геологическими данными.

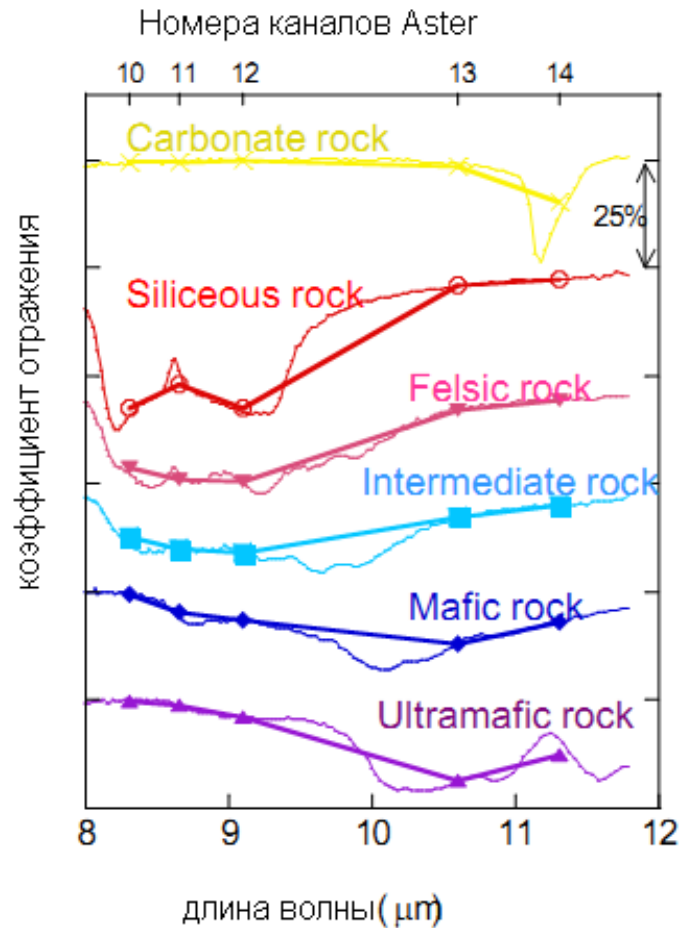


Рисунок 1 - Определение литологических показателей для ASTER-TIR

### Результаты исследования

Изучая особенности изменения коэффициента отражения в различных спектрах (длина волны) можно получить следующие соотношения индексов.

Индекс карбоната (CI) вычисляется как:

$$CI = \frac{D_{13}}{D_{14}}. \quad (1)$$

Индекс кварца (QI):

$$QI = \frac{D_{11} \times D_{11}}{D_{10} \times D_{12}}. \quad (2)$$

Индекс мафита (MI):

$$MI = \frac{D_{12}}{D_{13}}. \quad (3)$$

Используя гиперспектральные данные ASTER TIR, и произведя их обработку в программном комплексе ENVI с использованием полученных индексов, можно выделить соответствующие минералы и отобразить в выбранном цвете. Обобщенный алгоритм обработки данных ДЗЗ для составления литологических карт выглядит следующим образом.

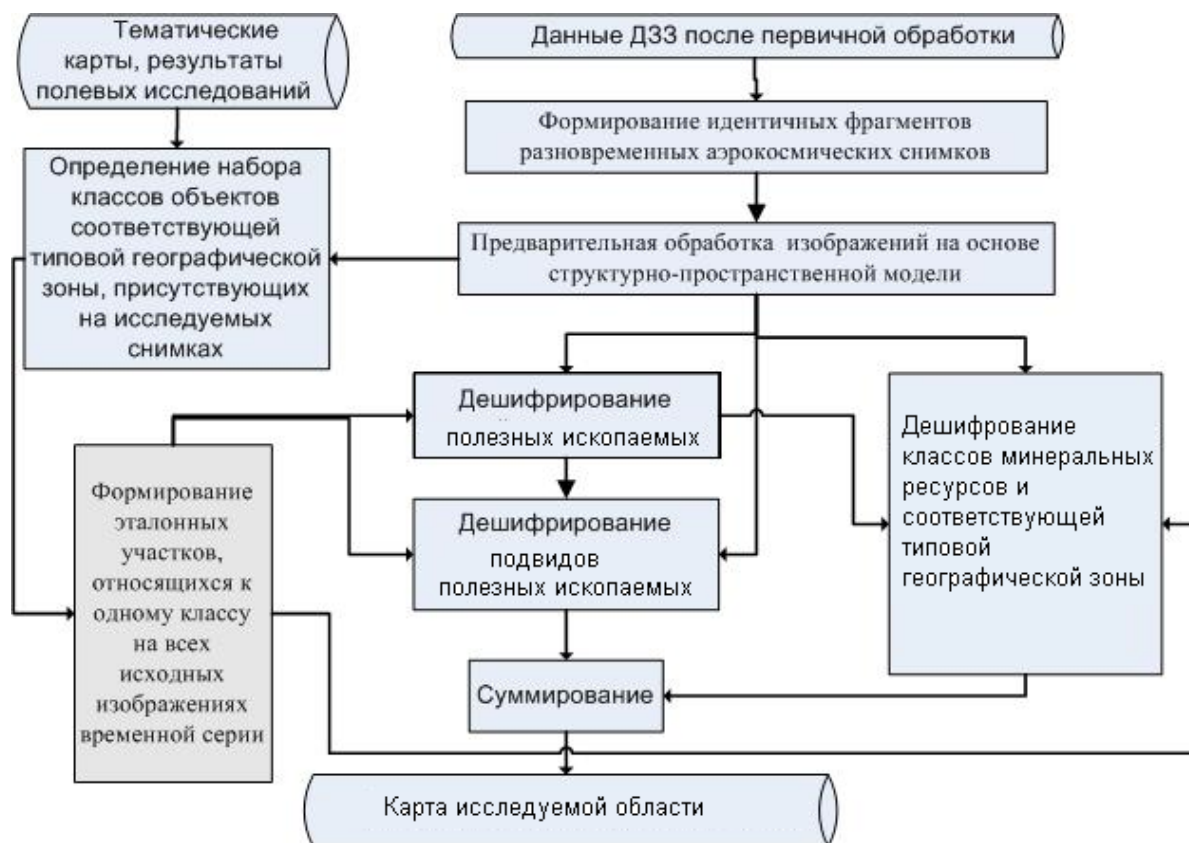


Рисунок 2 - Алгоритм обработки гиперспектральных изображений для составления литогических карт местности

Результаты обработки данных Aster TIR Юго-восточной части Иссык-Кульской области дали следующие результаты. На рисунке видно, что на этом участке преобладает мафит, выделяется также карбонат. Кварц не выделен в чистой форме, а присутствует в основном в примеси с карбонатом.

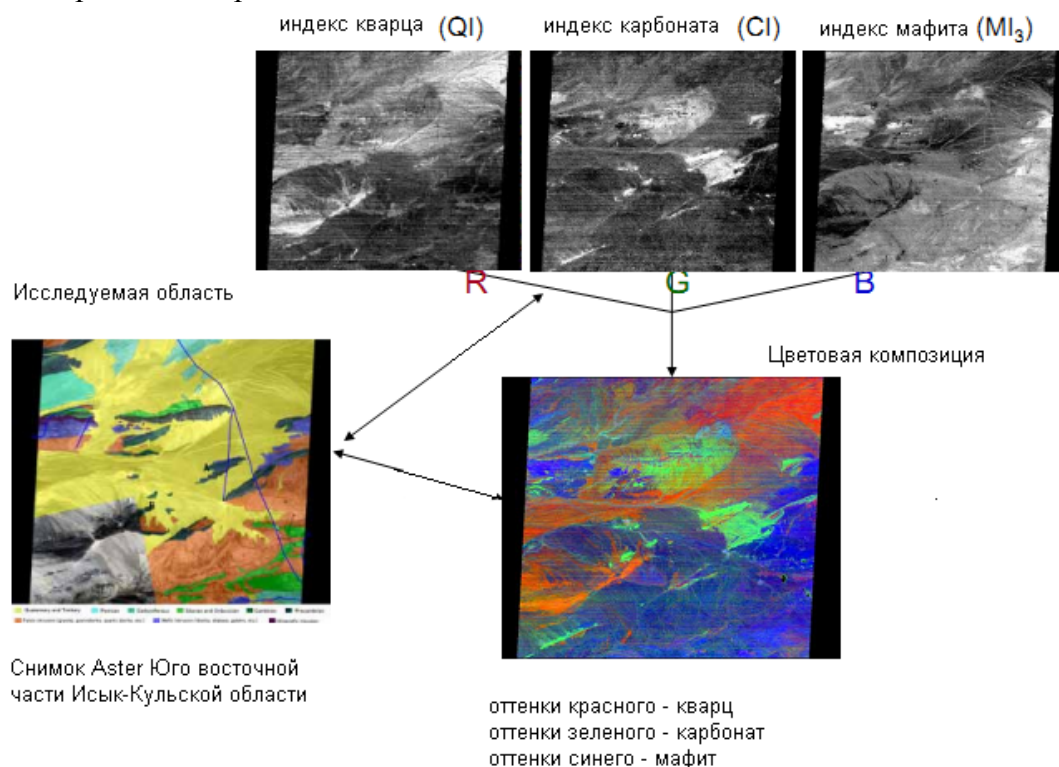


Рисунок 3 - Применение индексов в данных ASTER- TIR

### **Заключение**

- Литологические / Минералогические индексы (QI, CI и MI) определяются с ASTER-TIR. Полезность показателей в геологических исследованиях подтверждается.
- Данный метод может быть базой для составления многих видов геологических и экологических исследований.

### **Литература**

1. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учеб. пособие. М.: Логос. 2001. 264 с.
2. Abrams, M.J., Conel, J.E., Lang, H.R., 1984. The Joint NASA/Geosat Test Case Project. Final Report. Part 2. Vol. 2. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa.
3. Almeida, R., Miranda, F.P., Yamakawa, T., 1999. Remote detection of a tonal anomaly in an area of hydrocarbon microseepage, Tucano Basin, North-Eastern Brazil // Int. J. Remote Sens. 20. P. 2683–2688.

## АНОМАЛЬНЫЕ ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЧАРВАКСКОМ ПОЛИГОНЕ ТЕХНОГЕННОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Юсупов В.Р.

valijon.yusupov@mail.ru

Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан

### *Научный руководитель:*

*Институт Сейсмологии АН РУз академик,  
д.ф.-м.н., проф. Абдуллабеков К.Н.*

**Аннотация.** В работе приведены данные анализа многолетних наблюдений геомагнитного поля на территории Чарвакского водохранилища, по которым выявлено, что локальные аномалии геомагнитного поля связаны с одновременным и совокупным проявлением процессов, связанных с изменениями объема воды в водохранилище и изменением активности локальной сейсмичности, рассмотрены вопросы использования этих результатов при прогнозировании землетрясений.

**Ключевые слова:** амплитуда, микрополигон, разлом, геодинамический полигон, мониторинг, землетрясения, магнитное поле.

Изложены результаты многолетних магнитометрических исследований на территории Чарвакского полигона. Чарвакское водохранилище расположено в районе со сложной тектоникой и высокой сейсмичностью. В пределах этой зоны происходили сильные Пскемское, 1937 г. ( $M=6.5$ ), Бричмуллинское, 1959 г. ( $M=6.7$ ) и другие землетрясения. Высокая сейсмичность района объясняется наличием разломов разного ранга, таких как Каржантауский, Угамский, Пскемский, Кумбельский и Кенкольский. Пункты повторных геомагнитных наблюдений вокруг Чарвакского водохранилища были заложены в декабре 1973 г. Всего до настоящего времени проведено более 120 циклов повторных измерений.

По результатам осреднения значений геомагнитного поля на 22 пунктах повторных наблюдений полигона и сезонных изменений объема воды в водохранилище по месяцам 38 летнего цикла нагрузки-разгрузки выявлено локальное изменение геомагнитного поля, связанное с режимом эксплуатации водохранилища. Изменение объема воды на 1 млрд. м<sup>3</sup> может приводить к локальным изменениям магнитного поля на  $\pm 2 \div -6$  нТл.

Совместный анализ результатов геомагнитных исследований с параметрами режима эксплуатации водохранилища и сейсмического режима региона показал, что на полигоне наблюдается совокупное проявление аномальных изменений техногенной и сейсмотектонической природы. Результаты экспериментов, касающихся детальных исследований влияния режима изменения объема воды в водохранилище на магнитное поле земли содержатся в работах [1-3].

В качестве примера проявления процессов подготовки землетрясений можно привести локальные аномальные изменения магнитного поля, связанные с Таваксайским землетрясением 6 декабря 1977 г., произошедшего в непосредственной близости от пунктов наблюдений Чарвакского полигона и пункта 9 Секущего маршрута Ташкентского геодинамического полигона. Наблюдается почти однотипная аномалия по форме и различная по амплитуде проявления. Это объясняется тем, что Чарвакский полигон расположен в 30-40 км от эпицентра и амплитуда аномалий там меньше чем на Таваксае. Это показывает

корреляционную связь геомагнитных аномалий с процессами подготовки Таваксайского землетрясения. Однотипность форм проявления аномальных изменений показывает, что их единый источник находится в одной структуре - Каржантауском разломе.

Таким образом, локальные аномальные изменения геомагнитного поля на Чарвакском полигоне происходят под воздействием циклического изменения объема накапливаемой воды в водохранилище, и процессами подготовки землетрясений региона или изменениями фаз сейсмической активности. Необходимо отметить, что локальные вариации геомагнитного поля на полигоне могут отражать наряду с вышеуказанными причинами, и других геодинамических процессов региона. Мониторинг геомагнитного поля на территории Чарвакского полигона продолжается.

Результаты исследований на территории Чарвакского водохранилища могут быть широко применены не только при моделировании процессов подготовки землетрясений, но и при прогнозировании землетрясений, при оценке сейсмической активности Каржантауского разлома, при контроле сейсмической ситуации Приташкентского региона.

### Литература

1. Бердалиев Е., Бурцева Э.А., Цветков Ю.П. Исследование сейсмомагнитного эффекта на полигонах Узбекистана с помощью полевых протонных магнитовариационных станций. М.: ИЗМИРАН. 1995. Препринт № 6 (1075). 18 с.
2. Туйчиев А.И. Аномальные изменения геомагнитного поля, обусловленные сейсмогеодинамическими и техногенными процессами на территории Узбекистана // Геология и минеральные ресурсы. 2007. № 3. С. 52-54.
3. Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х., Туйчиев А.И., Юсупов В.Р. Аномальные вариации геомагнитного поля на Чарвакском полигоне сейсмической природы // ДАН РУз. 2012. № 4. С. 45-48.





---

# **Природные и техногенные опасности**

---

## МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Алдыраман кызы А.

aku.akmatova@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*доцент кафедры инженерной системы оборудования зданий  
Кыргызско-Российского Славянского университета,  
к.т.н Иманбеков С.Т.*

**Аннотация.** В статье рассмотрена методика управления рисками при чрезвычайных ситуациях.

**Ключевые слова:** управление риском, риск возникновения чрезвычайной ситуации, мониторинг, оценка, методика.

В настоящее время во всем мире растет обеспокоенность в связи с осязательным увеличением количества чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Это требует принятия мер по совершенствованию управления безопасностью.

Управление риском — это разработка и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовать решения в области обеспечения безопасности функционирования строительных объектов, а также инженерных сетей и сооружений. Главный элемент такой деятельности - процесс обеспечения безопасности, а также процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов на снижение различных видов риска с целью достижения такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только возможен с точки зрения экономических и социальных факторов. Этот процесс основан на мониторинге за состоянием объектов и анализе риска.

Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде [1].

Риск помимо угрозы человеку причиняет материальный, экономический, социальный ущерб. Существует концепция приемлемого риска. Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некий компромисс между уровнем безопасности и возможностями её достижения. При увеличении затрат уровень технического риска снижается, но растёт социальный риск и т.д. Эти обстоятельства учитываются при выборе риска, с которым общество вынуждено мириться.

Существуют четыре методических подхода к определению риска:

1. Инженерный подход (Статистика, расчёт, вероятностный анализ).
2. Модельный подход (Построение моделей воздействия вредных факторов на человека).
3. Экспертный подход (Вероятность событий определяется на основе опроса опытных специалистов).
4. Социологический подход (Основан на результатах опросов населения).

На практике в качестве одной из методик управления, основанной на анализе и оценке риска, как количественной характеристики опасности для населения и окружающей среды от

того или иного объекта повышенной опасности, переходят к методу управления рисками чрезвычайных ситуаций. При этом риск должен оцениваться не только при нормальных условиях, безаварийной эксплуатации, но и при авариях и катастрофах с разрушением систем защитных оболочек и сооружений, выходом в окружающую среду опасных веществ, затоплением огромных территорий и т.п. [2]

Также управление риском можно охарактеризовать как основанную на оценке риска целенаправленную деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, который общество считает приемлемым, исходя из существующих ограничений на ресурсы и время.

Анализ риска осуществляется путем: идентификации опасностей, мониторинга окружающей среды - анализа (оценки и прогноза) угрозы, анализа уязвимости территорий, анализа риска чрезвычайной ситуации на территории, анализа индивидуального риска для населения. В дальнейшем необходимо провести сравнение предполагаемого риска с приемлемым риском и принять решение о целесообразности проведения мероприятий по защите: обосновать и реализовать рациональные меры по защите, по подготовке сил и средств для проведения аварийно-спасательных работ, по созданию необходимых резервов для уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций [1].

Процедуру оценки техногенного риска для региона можно представить следующими этапами:

1. Создание базы данных для изучаемого региона, в которую входит информация о географии региона, метеорологии, топологии, инфраструктуре, распределении населения и демографии, а также о расположении промышленных и иных потенциально опасных производственных объектов, основных транспортных потоков, хранилищ, промышленных и бытовых отходах и т.д.

2. Идентификация и инвентаризация опасных видов хозяйственной деятельности, выделение приоритетных объектов для дальнейшего анализа. На этом этапе выявляются и ранжируются по степени опасности виды хозяйственной деятельности, присутствующие в регионе.

3. Количественная оценка риска для окружающей среды и здоровья населения, включающая: количественный анализ воздействия опасностей в течение всего срока эксплуатации предприятия с учетом риска возникновения аварийных выбросов опасных веществ; анализ воздействия опасных отходов; анализ риска при транспортировке опасных веществ.

4. Анализ инфраструктуры и организации систем обеспечения безопасности. Включает: анализ и планирование действий в случае чрезвычайных ситуаций с учетом взаимодействия различных служб с органами государственного управления и контроля, а также с представителями общественности и населением; анализ систем и служб противопожарной безопасности с учетом пожароопасности предприятий, объектов повышенной опасности, систем транспортировки энергии и энергоносителей; анализ структуры контроля качества окружающей среды в регионе; экспертизу и анализ нормативных и законодательных документов.

5. Разработка и обоснование стратегий и оперативных планов действий, призванных эффективно реализовывать решения в сфере безопасности и гарантировать достижение поставленных целей. Формулировка интегральных стратегий управления и разработка оперативных планов действий, включающая: оптимизацию затрат на обеспечение промышленной безопасности; определение очередности осуществления организационных мероприятий по повышению устойчивости функционирования и снижения экологического риска при нормальной эксплуатации объектов региона, а также в чрезвычайных ситуациях [1,2,3].

Система управления риском должна содержать технические, оперативные, организационные и топографические элементы.

В целях устойчивого функционирования объекта, и обеспечения безопасности людей и окружающей его среды требуется методика, основанная на количественном анализе риска и последствий от принимаемых решений. Эти решения принимаются в рамках системы управления риском.

Важной составной частью этого управления является система управления рисками чрезвычайных ситуаций (или управления природной, техногенной и социальной безопасностью). Для управления рисками чрезвычайных ситуаций следует развивать:

- систему мониторинга, анализа риска и прогнозирования чрезвычайных ситуаций как основы деятельности по снижению рисков чрезвычайных ситуаций;
- систему предупреждения чрезвычайных ситуаций и механизмы государственного регулирования рисков;
- систему ликвидации чрезвычайных ситуаций, включая оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации, технические средства и технологии проведения аварийно-спасательных работ, первоочередного жизнеобеспечения и реабилитации пострадавшего населения;
- систему подготовки руководящего состава органов управления, специалистов и населения в области снижения рисков и уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций. [3]

Следовательно, основные этапы управления рисками включают в себя два вида деятельности, которые чередуются циклически:

- оценку (переоценку) или измерение рисков;
- выбор эффективных и экономичных защитных средств (нейтрализация рисков).

По отношению к выявленным рискам возможны следующие действия:

- ликвидация риска (например, за счет устранения причины);
- уменьшение риска (например, за счет использования дополнительных защитных средств);
- принятие риска (и выработка плана действия в соответствующих условиях);
- переадресация риска (например, путем заключения страхового соглашения).

В качестве одной из мер для прогноза возможного риска стал переход к применению методов управления, основанных на анализе и оценке риска как количественной характеристики опасности для населения и окружающей среды от того или иного объекта повышенной опасности, к управлению рисками чрезвычайных ситуаций. При этом риск должен оцениваться не только при нормальных условиях (при безаварийной эксплуатации), но и при реализации аварий и катастроф с разрушением систем защитных оболочек и сооружений, выходом в окружающую среду опасных веществ, затоплением огромных территорий и т.п.

Анализ риска осуществляется путем: идентификации опасностей, мониторинга окружающей среды - анализа (оценки и прогноза) угрозы, анализа уязвимости территорий, анализа риска чрезвычайной ситуации на территории, анализа индивидуального риска для населения. В дальнейшем необходимо провести сравнение предполагаемого риска с приемлемым риском и принять решение о целесообразности проведения мероприятий по защите: обосновать и реализовать рациональные меры по защите, по подготовке сил и средств для проведения аварийно-спасательных работ, по созданию необходимых резервов для уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций [2,3].

Процедуру оценки техногенного риска для региона можно представить следующими этапами:

1. Создание базы данных для изучаемого региона, в которую входит информация о географии региона, метеорологии, топологии, инфраструктуре, распределении населения и демографии, а также о расположении промышленных и иных потенциально опасных производственных объектов, основных транспортных потоков, хранилищ, промышленных и бытовых отходах и т.д.

2. Идентификация и инвентаризация опасных видов хозяйственной деятельности, выделение приоритетных объектов для дальнейшего анализа. На этом этапе выявляются и ранжируются по степени опасности виды хозяйственной деятельности, присутствующие в регионе.

3. Количественная оценка риска для окружающей среды и здоровья населения, включающая: количественный анализ воздействия опасностей в течение всего срока эксплуатации предприятия с учетом риска возникновения аварийных выбросов опасных веществ; анализ воздействия опасных отходов; анализ риска при транспортировке опасных веществ.

4. Анализ инфраструктуры и организации систем обеспечения безопасности. Включает: анализ и планирование действий в случае чрезвычайных ситуаций с учетом взаимодействия различных служб с органами государственного управления и контроля, а также с представителями общественности и населением; анализ систем и служб противопожарной безопасности с учетом пожароопасности предприятий, объектов повышенной опасности, систем транспортировки энергии и энергоносителей; анализ структуры контроля качества окружающей среды в регионе; экспертизу и анализ нормативных и законодательных документов.

5. Разработка и обоснование стратегий и оперативных планов действий, призванных эффективно реализовывать решения в сфере безопасности и гарантировать достижение поставленных целей. Формулировка интегральных стратегий управления и разработка оперативных планов действий, включающая: оптимизацию затрат на обеспечение промышленной безопасности; определение очередности осуществления организационных мероприятий по повышению устойчивости функционирования и снижения экологического риска при нормальной эксплуатации объектов региона, а также в чрезвычайных ситуациях [3,4].

Система управления риском должна содержать технические, оперативные, организационные и топографические элементы.

Для снижения риска необходимы средства, которые следует распределять по направлениям:

1. Совершенствование технических систем;
2. Подготовка кадров;
3. Ликвидация последствий. [5]

## Литература

1. Иманбеков С.Т., Бозов К.Д. Управление рисками в инженерных системах. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2011. 180 с.
2. Иманбеков С.Т. Управление безопасностью функционирования инженерных систем в кризисных ситуациях природного и техногенного характера // Вестник КРСУ. 2012. № 7. С. 61-64.
3. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. 12-е изд. с изм. и доп. Бишкек: МЧС КР. 2015. 711 с.
4. Акимов В.А. и др. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. М.: Деловой экспресс. 2004. 352 с.
5. Копейченко Ю.В., Тернюк Н.Э. Система управления чрезвычайными ситуациями. URL:<http://eago.gelendzhik.ws/content/view/317/41>

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ФИНАНСОВЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС НА УРОВНЕ АЙЫЛЬНОГО ОКРУГА, СЕЛА

Алиева А.К.

moonprincess1994@mail.ru

УНТЦ «РГЗ» Кыргызско-Российский Славянский университет и МЧС КР,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*начальник отдела Учебного научно-технического центра «Развитие Гражданской защиты»  
Кыргызско-Российского Славянского университета и МЧС КР Тыналиев К.А.*

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам создания финансовых и материальных ресурсов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** чрезвычайные ситуации, гражданская защита, финансовые и материальные ресурсы, предупреждения, ликвидация, мероприятия.

Как известно эффективность ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера во многом определяется наличием финансовых и материальных ресурсов. Достаточность продовольствия, пищевого сырья, медицинского имущества, медикаментов, транспортных средств, средств связи, строительных материалов, топлива, средств индивидуальной защиты и других материальных ресурсов позволяет в минимальные сроки локализовать ЧС.

В этой связи, для материально-технического обеспечения сил, формирований и служб Гражданской защиты, в целях оперативного решения ими задач защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, в Кыргызской Республике приняты соответствующие нормативные правовые акты в области Гражданской защиты.

Так, законом Кыргызской Республики «О Гражданской защите» от 20 июля 2009 года, № 239 предусмотрено:

Статья 10. Обязанности местных государственных администраций и органов местного самоуправления в области Гражданской защиты

Местные государственные администрации и органы местного самоуправления: ... Кроме многих обязательных функций в области гражданской защиты:

... «осуществляют подготовку и поддержание в готовности необходимых сил и средств для ведения Гражданской защиты;

-ежегодно предусматривают в бюджете финансирование на создание в мирное время и содержание в готовности к применению запасов материально-технических, продовольственных, медицинских, индивидуальных и коллективных средств защиты».

Статья 21. Финансирование мероприятий Гражданской защиты:

... «финансирование мероприятий Гражданской защиты предусматривается в бюджетах государственных органов, местных государственных администраций и местного самоуправления в пределах средств ежегодно утверждаемых бюджетов».

Статья 22. Создание и использование финансовых и материальных резервов для ликвидации чрезвычайных ситуаций

Порядок создания, использования и восполнения использованных средств, финансовых и материальных резервов, определяется законодательством Кыргызской Республики и

нормативными правовыми актами органов местного самоуправления.

Статья 23. Ответственность за нарушение законодательства Кыргызской Республики в области Гражданской защиты

*Неисполнение должностными лицами и населением Кыргызской Республики обязанностей в области Гражданской защиты влечет за собой ответственность в соответствии с законодательством Кыргызской Республики.*

Кроме того, в пункте 19 Положения о государственной системе Гражданской защиты, утвержденного Постановлением Правительства Кыргызской Республики № 475 от 22 августа 2001 года определяется, что «финансирование мероприятий Гражданской защиты, в том числе по созданию и использованию запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и индивидуальных средств защиты, государственными органами, органами местного самоуправления и организациями осуществляется за счет средств, предусмотренных республиканским и местными бюджетами, или собственных средств».

При этом, номенклатура и объем резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также контроль за их созданием, хранением, использованием и восполнением устанавливаются создающим их органом местного самоуправления.

Конкретная номенклатура и объемы резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС определяются исходя из:

- прогнозируемых видов, масштабов и характера ЧС, анализа прошедших за ряд лет ЧС и их повторяемости;
- предполагаемого объема работ по их ликвидации и величины потенциального ущерба;
- максимально возможного использования имеющихся сил и средств для ликвидации ЧС;
- продолжительности периода жизнеобеспечения пострадавшего населения;
- природных, экономических и иных особенностей территории;
- величины ассигнований, выделенных на создание соответствующего вида резервов.

Практика ликвидации ЧС указывает на необходимость иметь заложенные в резерв материальные ресурсы, которые в любое время можно изъять со склада, обеспечить оперативную загрузку их в автотранспорт и доставку к местам ликвидации ЧС. Поэтому органам местного самоуправления необходимо ежегодно выделять из местных бюджетов средства для увеличения фактического накопления материальных ресурсов в резервах для ликвидации ЧС.

Создание резервов осуществляется путем производства, закупки и закладки на хранение материальных ресурсов за счет средств собственного бюджета, а также путем заключения договоров с организациями и частными лицами на экстренную их поставку из текущих запасов.

Решение об использовании резерва материальных ресурсов для ликвидации ЧС принимается органом управления, создавшим его. Каждое решение об изъятии материальных ресурсов из резерва должно сопровождаться письменным распоряжением указанного органа, в котором, кроме целевого назначения выделенных из резерва материальных ресурсов, необходимо указывать и источники восполнения израсходованных материальных средств резерва.

Резервы материальных ресурсов для ликвидации ЧС используются при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работах по устранению непосредственной опасности для жизни и здоровья людей, для развертывания и содержания временных пунктов размещения и питания пострадавших граждан, оказания им единовременной материальной помощи и других первоочередных мероприятий, связанных с обеспечением жизнедеятельности пострадавшего населения.

Финансирование расходов, связанных с созданием, хранением, обслуживанием (перемещением, подработкой, консервацией, проведением лабораторных испытаний, технических проверок и защиты от биологических вредителей) и восполнением



(освежением, заменой и т.п.) резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС, осуществляется за счет средств создающих их органов.

Источниками для финансирования мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций и ликвидации стихийных бедствий на уровне органов МСУ могут служить:

- местный бюджет;
- республиканский бюджет, включая стимулирующие (долевые) гранты из республиканского бюджета;
- резервные фонды;
- внебюджетный фонд ОМСУ;
- а также средства международных организаций, поступающих в виде грантов.

При этом, финансирование мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий в органах местного самоуправления производится их финансово - экономическим отделом в соответствии со сводной бюджетной росписью местного бюджета на соответствующий финансовый год.

Как мы видим из вышеизложенного, государством, как будто бы все вопросы, касательно материально-технического, финансового и иных видов обеспечения мероприятий гражданской защиты, предусмотрены, а так ли это? Рассмотрим этот вопрос на примерах Ивановского айыльного округа и г. Токмок Чуйской области.

В соответствии с законодательством Кыргызской Республики в расходной части местного бюджета айыльного округа Ивановка ежегодно, как правило, предусматривается резервный фонд в пределах около 200 тысяч сомов, но не более, которые направляются в первую очередь для решения социальных проблем айыльного округа, а при их остатке - на проведение превентивных мер и ликвидацию последствий возможных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории айыльного округа. А какие работы можно провести на эти деньги? Ровным счетом ничего.

Однако же есть определенные возможности у айыльного округа, которые предусмотрены нормативными правовыми актами по созданию материальных средств для их использования в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций. К примеру, на территории айыльного округа имеются производственные объекты по выпуску силикатного, газосиликатного и жженного кирпича, а также две АЗС, с которыми можно было бы на договорных началах, с учетом прогнозирования возможных ЧС на территории округа, гарантировано иметь необходимый запас ГСМ, кирпича и иных строительных материалов, но руководство айыльного округа и этим не воспользовалось – отсутствуют договора.

Кроме того, в айыльных аймаках и аилах при проведении весенне-полевых работ, в период уборки урожая и подготовки к осенне-зимнему периоду можно было бы используя ту же технику и в объеме тех же работ провести дополнительные мероприятия по защите населенных пунктов и объектов жизнеобеспечения от паводков вод, селевых потоков, понижения уровня грунтовых вод и снижения опасности от оползневых процессов, а также для снижения и смягчения ущерба от землетрясения и иных природных процессов, то есть провести специальные превентивные и ликвидационные мероприятия, даже старым дедовским методом – созвать «Ашар» Но и это не делается, все ждут финансовых средств целевого предназначения и прямых указаний по организации и проведении этих работ.

И следующее. Как известно, органами местного самоуправления вопросы предоставления финансовых и материальных ресурсов на предупреждения и ликвидацию ЧС согласовываются и утверждаются местным Кенешом. Но вопрос в другом, - почему же, при формировании местного бюджета, в стороне остается районный отдел МЧС, который является ведомственным подразделением МЧС КР, уполномоченным органом в области защиты населения и территории Иссык-Атинского района в чрезвычайных ситуациях? Наверное, было бы правильно, если бы при рассмотрении местным Кенешом статьи расхода местного бюджета на проведение превентивных мер и ликвидацию ЧС в обязательном порядке присутствовал руководитель отдела МЧС района или его представитель.

Если быть объективным, данная статья расходов в местном бюджете Ивановского

айыльного округа, как и во всех остальных айыльных округах республики, определяется по «остаточному» принципу.

Подтверждением этому может явиться очередное природное явление - поднятие уровня грунтовых вод в сентябре-декабре 2017 года в г. Токмок и прилегающих к нему сел. Все работы по очистке открытых дренажных систем были проведены силами и средствами Управления МЧС по Чуйской области, во взаимодействии с мэрией г. Токмок.

А разве органы местного самоуправления, каковыми являются мэрия города и руководство айыльных округов, не знали о возможных природных процессах в определенных периодах года на их территориях и их последствиях? Конечно, знали, но все вопросы упирались в лимит финансовых средств и потому превентивные меры ими не проводились, а если и проводили, то в силу своих возможностей, без учета развития последствий ЧС.

Если в административных делениях - районах и областях, а также городах республики существуют службы и формирования Гражданской защиты, которые каким - то образом финансируются и ограниченно готовы к выполнению задач по защите населения и территорий в ЧС, то айыльным округам эта задача непосильна.

И это связано с тем, что закон Кыргызской Республики «О Гражданской защите» входит в коллизию с самим собою и Конституцией Кыргызской Республики. Так, ст. 10 закона «О Гражданской защите» обязует органы местного самоуправления осуществлять подготовку и поддержание в готовности необходимых сил и средств для ведения Гражданской защиты, а пункт 1 ст. 15 этого же закона исключает возможность создания в айыльных округах этих сил, посредством определения конкретных административных делений, в которых создаются эти службы: «Для выполнения мероприятий по Гражданской защите в мирное и военное время создаются республиканские, областные, районные и городские службы Гражданской защиты, а также службы Гражданской защиты организаций».

Этим определением нарушается ст. 111 Конституции Кыргызской Республики, которым установлено, что «систему органов местного самоуправления образуют: местные кенешы - представительные органы местного самоуправления; айыл окмоту, мэрии городов - исполнительные органы местного самоуправления».

В этой связи руководители айыльных округов, в том числе и старосты сел (аилов) рады бы создать соответствующие службы, формирования и принять определенные превентивные меры по предупреждению и снижению ущерба последствий возможных ЧС, но... .

Вместе с тем ряд руководителей органов местного самоуправления принимают меры, хотя и по остаточному принципу, по созданию определенных резервов (фондов) для проведения предупредительных работ, но им нужна государственная помощь, не только в форме обязательств, но и в форме предоставления им реальных источников финансирования мероприятий Гражданской защиты.

### Литература

1. Закон Кыргызской Республики от 20 июля 2009 года №239 «О Гражданской защите».
2. Положение о государственной системе Гражданской защиты.
3. Паспорт айыльного округа Ивановка.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩ НА СОСТОЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Артиков Ф.Р., Ганиева Б.Р., Анварова С.Г.

hamidov\_1@inbox.uz

Институт сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан,  
г. Ташкент, Узбекистан

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией Техногенной сейсмичности*

*Института сейсмологии АН РУз, д.ф.-м.н. Хамидов Л. А.*

**Аннотация.** Рассматриваются возможности изучения влияния эксплуатационного режима водохранилищ на состояние локальной сейсмичности. Показаны возможности образования наведенной или индуцированной сейсмичности рассмотрев изменения, вне фоновой сейсмичности сопоставляя с режимом эксплуатации.

**Ключевые слова:** Напряжение, режим, водохранилище, эксплуатация, сейсмичность, энергия.

Интенсификация эксплуатации техногенных объектов (в частности, водохранилищ с большим объемом), может обуславливать значимую перестройку напряженно-деформированного состояния. Она может существенно изменить развитие геодинамических процессов в земной коре до глубин десяти и более километров, на площадях до нескольких десятков тысяч квадратных километров. Также она может создать условия возникновения ряда экологических проблем, существенно влияющих на развитие природы и качество жизни населения. В зонах крупных резервуаров возникает угроза повышения сейсмической активности с непредсказуемыми последствиями. Решение этой проблемы возможно на основе комплексного исследования процессов, происходящих в недрах под влиянием неустойчивой эксплуатации техногенного объекта. Познание этих процессов позволит ответить на многие вопросы по повышению геодинамической безопасности их эксплуатации и его деятельности в регионе. Возможности образования наведенной или индуцированной сейсмичности рассмотрен на примерах сопоставления режимов эксплуатации Гиссаракского и Тупалангского (Узбекистан) водохранилищ с уровнем местной сейсмичности.

В результате проведения натуральных экспериментальных сейсмометрических исследований по локализации местных очагов в зонах водохранилищ Южного Узбекистана создана база сейсмометрических измерений на теле плотины. В него включена также синхронная запись землетрясений и микросейсм на гребне и основании плотины. Определены возможные ускорения. Составлен пакет акселерограмм возможного сильного землетрясения в формате ASCII (не менее 7 баллов) согласно расчетам ускорений на основании плотины с каталогом землетрясений в радиусе от водохранилища до 150 км с магнитудой более  $M \geq 2$  и от 150 до 350 км с магнитудой от  $4 \leq M \leq 6$  [1]. Выявлено, что для большей надежности материалов необходим набор достаточного количества таких же записей по сильным землетрясениям (более 6 баллов), происшедших в потенциально опасных очаговых зонах. В результате модернизации и обеспечения устойчивой работы сейсмических станций на территориях Гиссаракского и Тупалангского водохранилищ Южного Узбекистана определено, что максимально возможные сейсмические ускорения находятся в пределах 0,24-0,32 g, или в диапазоне 8,0-9,0 баллов. Количество землетрясений за последние 2014 и 2015 годы достаточно мало, и возможно это связано с продолжением сейсмического затишья на данном районе. В настоящее время вокруг Гиссаракского и

Тупалангского водохранилищ Южного Узбекистана работает сеть локальных и региональных сейсмических станций для возможности регистрации землетрясений с энергетическим классом  $K \geq 7$  [1].

Эксплуатационный режим с 2010 года до середины 2016 года и время землетрясений с разными энергетическими классами в ближней зоне водохранилища за 2010-2015 годы согласно каталогу местных землетрясений показано в [2]. Каждому пику столба напора воды соответствует землетрясение определенных классов энергии. Если их принять как индуцированные от эксплуатации водохранилища, то и распределение энергии  $lgE$ , значения суммарных сбросов напряжений от этих землетрясений  $\Delta\sigma$  и вариация при этом деформаций  $\delta\varepsilon$  должны быть линейно связанными. Показанные на рис.1 ниже графические зависимости, составленные и обсужденные вместе с нашим научным руководителем докт.физ.-мат.наук Л.А.Хамидовым, подтверждают указанное выше предположение.

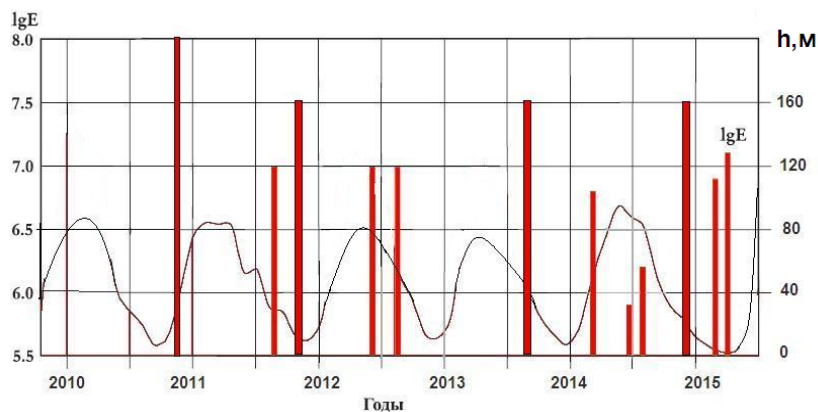


Рисунок 1 – Тестовый усредненный эксплуатационный режим водохранилищ и землетрясения с разными энергетическими классами в ближней зоне за 2010-2015 гг.

Анализ записей землетрясений с одинаковыми эпицентрными расстояниями показал, что спектральные графики характеризуются, в основном, одним максимумом и сравнительно плавным спадом высокочастотной части спектра. Это возможно связано с "жестким" по сейсмическим свойствам очаговой среды локальных сейсмогенных разломов. Максимальные значения коэффициента усиления в диапазоне частот, в которых были произведены расчеты спектров, изменяются от 1,02 до 6,8 и, в большинстве случаев, от 1,3 до 3,7. Анализируя общую и фоновую сейсмичность в радиусе до 50 км от Гиссаракского и Андижанского водохранилищ Узбекистана выявлено, что сейсмический режим по материалам за период с 2010 г по 2015 г, с энергетическим классом  $K \geq 9.0$  и за последние годы - с 2014 г по июнь 2016 г, с  $K \geq 8.0$  показывает, что количество землетрясений и густота эпицентров на изучаемой площади в разные годы различны. Выделяя наиболее представительных, обеспеченных устойчивой сейсмометрической системой наблюдений и информационной базой участков расположения этих водохранилищ определена, что группа станций в зонах этих водохранилищ, как одна из высокочувствительных сейсмических станций Узбекистана согласно своему расположению и разрешающим возможностям способна регистрировать землетрясения полигона низких энергетических классов (приблизительно с  $K \leq 7$ ), что и определяет важность и необходимость обеспечения их устойчивого функционирования.

## Литература

1. Хамидов Л.А., Артиков Ф.Р., Хамидов Х.Л. Возможный механизм возникновения землетрясений в зонах активного влияния водохранилищ // Экологический вестник Узбекистана. 2017. №1 (189). С. 20-21.
2. Каталог землетрясений в интерактивном сайте Института сейсмологии АН РУз: <http://isas.uzsci.net/last-earthquakes-ru.php?language=ru>.

## СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОРЫВА ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ ЧЫРКАНАК

Асанбекова А. Н.

Aasanbekova1996@gmail.com

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*профессор Кыргызско-Российского Славянского университета,  
д.т.н. Осмонов И.Д.*

**Аннотация.** В случае прорыва ледниковых и моренных озер практически невозможно предсказать момент начала паводка, сели. Но можно выявить районы, где такие паводки возможны, и определить периоды, когда их возникновение наиболее вероятно. Как правило, это летнее жаркое время, когда моренные и ледниковые озера переполняются водой. Если озеро, расположенное на высоте 3000 - 3500 метров над уровнем моря, выходит из берегов, начинается как бы цепная реакция: возникающий в грязи каменный поток, устремляется вниз, непрерывно увеличиваясь в объеме и наращивая силу.

**Ключевые слова:** сели, паводки, ливневые дожди, прорывоопасность, землетрясение, опасность.

Представьте себе яростно бурлящую волну высотой с пятиэтажный дом, которая мчится по ущелью со скоростью курьерского поезда, ломая вековые деревья и легко перекатывая многотонные валуны. Катастрофический все уничтожающий поток.

**Сель** – это стремительные русловые потоки, состоящие из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающие в бассейнах небольших горных рек.

Слово "Сель" в переводе с арабского означает "бурный поток". Представьте себе яростно бурлящую волну высотой с пятиэтажный дом, которая мчится по ущелью со скоростью курьерского поезда, ломая вековые деревья и легко перекатывая многотонные валуны. Наиболее мощные сели возникают обычно в июне, когда под жаркими лучами солнца интенсивно тают ледники и миллионы тонн воды аккумулируются в моренах - гигантских скоплениях обломков горных пород, отложенных ледником [1].

### **Причины вызывающие сели:**

- ливневые дожди;
- интенсивное таяние снега и ледников;
- прорыв водоемов;
- сход оползня;
- землетрясение;

Большое внимание уделяется разработке и усовершенствованию методов предупреждения селепаводковой опасности. Предупреждение угрозы паводков, различного генезиса включает:

- ✓ составление краткосрочных фоновых предупреждений о возможности прохождения селей и паводков на основе оценки формирующих факторов (осадки, их интенсивность, состояние снежного покрова, температура воздуха);
- ✓ оповещение заинтересованных организаций о возникновения риска прохождения селей и паводков по утвержденной схеме оповещения;
- ✓ оповещение населения о возникновения риска прохождения селей и паводков;

- ✓ оценка риска угрозы селей и паводков в отношении конкретных объектов на основе специализированных изысканий. Проектирование и строительство защитных сооружений.
- ✓ выдача предписаний о проведении необходимых мер по защите населения, персонала и объектов от селепаводковой угрозы и контроль их выполнения.

Очень важное значение, для прогнозирования и предупреждения паводковых явлений имеет мониторинг гидрометеорологических явлений, влияющих на возникновение паводков различного генезиса. Мониторинг может обеспечить информационный базис для моделирования процессов описывающих гидрологическое, геологическое, физико-механическое состояние водного объекта и объектов, влияющих на его состояние, а также моделирования критических состояний и сценариев катастрофического развития событий. Недостатки системы мониторинга в Центральноазиатском регионе – одна из главных причин сдерживающих развитие методов прогнозирования.

1% площади Таласского района имеет вторую степень селеопасности, до 38% площади в основном в южной части района начиная с левобережья реки Талас, представлены третьей степенью селеопасности. Северная правобережная от реки Талас территория, занимающая 51% площади района, имеет четвертую степень селеопасности.

Паводки по реке Талас и большинству её притоков начинаются в мае, паводковый период продолжается с июня по август, наибольшие расходы отмечаются в июле-августе. При паводках усиливаются процессы береговой эрозии на указанных реках. Опасность могут представлять ледовые явления с декабря по февраль.

Во время выпадения интенсивных сконцентрированных по площади атмосферных осадков могут проявляться сели ливневого характера и участки ливневого затопления, не обозначенные на карте.

Наибольшую опасность могут представлять сели гляциального типа, возникающие при прорыве высокогорных озер в бассейне реки Чырканак.

В верховье бассейна реки Чырканак расположено 1 прорывоопасное озеро первой категории опасности (Чырканак), 11 озер третьей категории опасности и 5 озер четвертой категории опасности.

### Прогноз возможной активизации прорывоопасных озер

№ п	Наименование озера и его номер по каталогу	Тип озера	Категория опасности	Бассейн реки, в долине которого находится озеро	Абс. отметка (м)	Населенные пункты, попадающие в зону прорывного поражения
1	Чырканак (Т-1)	морено-ледниково-ригельное	I	Чырканак	3674 объем 600тыс.м <sup>3</sup>	Манас, Кара-Суу, Кёк-Кашат, Ак-Джар, Орто-Арык, Кызыл-Туу, Джон-Арык, Кёк-Токой, Талас, Кок-Ой, Кен-Арал, Озгерюш, Ак-Дебе, Мин-Булак, Боо-Терек, ирригационная сеть, мосты, объекты животноводства

## Прогноз возможной активизации селей и паводков

	Омуралиевский	селевые потоки, канал «Старый Кайырма»	с. Манас (Ак-Сай)	более 100 жилых домов, мечеть, школа, административные здания
А)		сай Чалабай	уч. от мечети до сая Чырканак	
Б)		левый борт р.Талас	уч.Чалабай-Булак	жилые дома
В)		р.Чырканак	ул.Манаса №37-45	жилые дома
				мост по автодороге Тараз - Талас-Суусамыр

В общем смысле меры защиты от селей направлены на регулирование (управление) селевым процессом. Непосредственными объектами регулирования служат селевый поток, селевой бассейн, т.е. факторы селеформирования, и, наконец, деятельность человека в селеопасных районах. С этих позиций в зависимости от объектов регулирования мер защиты от селей подразделяются на три основные группы [2].

1. Техническая — строительство противоселевых сооружений. Объектом регулирования служит собственно селевый поток, а целью возводимых сооружений — локализация или изменение пути его схода, остановка потока с помощью дамб, каналов, плотин и др.

2. Мелиоративная — мелиорация селевых бассейнов в целях регулирования поверхностного стока как важнейшего элемента селевого процесса. Способами гидро- и фитомелиорации в селевых бассейнах служат облесение и террасирование склонов, профилактический спуск озёр и др.

3. Организационно-хозяйственная — регулирование хозяйственной и иной деятельности в селеопасных районах в целях предотвращения человеческих жертв, уменьшения возможного ущерба и ослабления селевых процессов. Сюда входят мероприятия (создание нормативной правовой базы, решение проблем органов местного самоуправления), направленные на максимальное сохранение лесного покрова на склонах гор, ограничение нагрузки на горные пастбища, контроль и оповещение в селеопасных районах и др. Наилучшие результаты дает сочетание всех групп мер защиты, в особенности мелиоративной и технической. Весь комплекс мер защиты от селей осуществляется противоселевой службой [3].

В заключении, хотелось бы поднять вопрос о вышеуказанном бассейне реки Чырканак. Где еще никаким образом не защищены население и территория от селей в результате прорыва бассейна данной реки. Ведь дорога каждая жизнь человека.

## Литература

1. <http://mes.kg/ru/emergency/full/34.html>
2. [http://mes.kg/upload/Kniga\\_2016/book\\_rus064.html](http://mes.kg/upload/Kniga_2016/book_rus064.html)
3. <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/88315/>

## ОБСЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К УРАНОВЫМ РУДНИКАМ «ХАРАСАН-1, 2»

Асатаев А.А.  
azik\_87kz@mail.ru

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### Научный руководитель:

*ассоц. профессор кафедры ГСПиРМПИ Казахского национального исследовательского  
технического университета им. К.И. Сатпаева, к.г.-м.н. Аршамов Я. К.*

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты исследования по определению радиационного фона территории Жанакорганского района и санитарно-защитной зоны рудника «Харасан-1,2».

**Ключевые слова:** подземные выщелачивания, участок геотехнологических полей, мощность эквивалентной дозы, *санитарно-защитная зона*.

Одним из основных источников радиоактивного загрязнения окружающей среды, представляющим серьезную экологическую опасность, являются предприятия по добыче и переработке урановых и ториевых руд, по производству тепловыделяющих элементов и диоксида урана. Нами в качестве объектов исследования выбраны уранодобывающие предприятия ТОО «Кызылқум» рудник («Харасан-1») и ТОО «Байкен-У» рудник («Харасан-2»), расположенные в прирайонной зоне Жанакорганского района. Эти предприятия входят в Сырдарьинскую урановорудную провинцию. Добыча урансодержащих руд проводится методом скважинного подземного выщелачивания с последующей переработкой полученных продуктивных растворов сорбционным концентрированием.

Бурение скважин осуществляется на полигонах подземного выщелачивания (геотехнологические поля) электробуровыми станками с использованием водного глинистого раствора.

Сбор буровых шламов осуществляется в зумфы (отстойник) с последующим вывозом глинистого шлама автотранспортом на площадку складирования бурового шлама. Технологические воды, извлекаемые из продуктивного пласта при освоении скважин, из отстойника перекачиваются в емкости продуктивных растворов действующих технологических участков подземного выщелачивания (ПВ), т.е. они не включаются в объем отходов бурения.

Геотехнологические поля являются добычным комплексом, состоящим из системы закачных и откачных скважин, а также трубопроводов для перекачки растворов.

Участок переработки продуктивных растворов представлен перерабатывающим комплексом, включающим установку по переработке продуктивных растворов (УППР), узлы приготовления технологических растворов, трубопроводы для транспортирования растворов, отстойник для очистки растворов от механических взвесей и других примесей.

При подземном выщелачивании урана сернокислотным способом постоянно поддерживается баланс между откачиваемыми и закачиваемыми объемами растворов. Полученные продуктивные растворы с полигона подземного выщелачивания (участок геотехнологических полей - УГТП) направляются в отстойник осаждения грубодисперсных твердых частиц. Осветленные продуктивные растворы из отстойника насосами подаются на сорбционное извлечение урана.

Перерабатывающий комплекс на УППР включает следующие стадии:



- сорбционное извлечение комплексных уранил-ионов на сильноосновных анионитах типа АМ и АМП;
- десорбция уранил-ионов нитратными растворами;
- концентрирование урана путем его осаждения из растворов каустической содой;
- фильтрация полученной пульпы с целью получения химического концентрата природного урана, представляющего собой смесь уранатов натрия переменного состава («желтый кек»).

Промывка сорбента от песка и ила осуществляется маточником сорбции, выщелачивающие растворы готовятся на основе маточников сорбции, десорбирующие растворы готовятся на основе маточников фильтрации и маточников денитрации, раствор для денитрации (процесс, проводимый для уменьшения содержания нитрат-иона на регенерированном сорбенте) – на основе маточников промывки отрегенерированного сорбента.

Все технологические растворы находятся в замкнутой оборотной системе и сброс стоков в окружающую среду исключается.

Наблюдение за количеством и изотопным составом радиоактивных веществ в промышленных выбросах данных предприятий и регистрация их отклонений от принятых нормативов проводится Департаментом Комитета Госсанэпиднадзора по Кызылординской области. Результаты этих работ показывают, что уровень радиационного гамма-фона в районе в течение многих лет остается постоянным и составляет 0,08 – 0,15 мкЗв/час, т.е. находится на уровне естественного фона для данной местности. Однако подобные результаты для большинства местных жителей не являются убедительными, так как считается, что за ними усматривается ведомственный интерес исполнителя работ.

Работы по измерению гамма-фона в Жанакорганского районе и в санитарно-защитной зоне участка Харасан проведены в два этапа. На первом этапе проведена пешеходная гамма-съемка в Юго-восточном районе, как наиболее близко расположенном к санитарно-защитной зоне предприятий [1]. На втором этапе гамма-съемка проведена в Центральных районах, а также в санитарно-защитной зоне.

В соответствии с программами проведения работ первый и второй этапов исследования включают измерения радиационного фона: в 7000 точках условной сетки, по отмотке жилых зданий, по периметру промышленных предприятий, по периметру общественных зданий (магазины, школы, детские сады, медицинские учреждения, административные здания, предприятия культуры), в местах организованных и неорганизованных свалок металлолома, строительного и бытового мусора в жилой зоне.

Исследования проведены с использованием методик, утвержденных Директором департамента государственной экологической экспертизы и мониторинга окружающей среды «Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РК» [2]. Контролируемой величиной при проведении дозиметрического обследования является мощность эквивалентной дозы (МЭД) (мкЗв/час) внешнего гамма-излучения.

Согласно п.23ГН №201 от 2012 [3] радиационной аномалией считается загрязнение местности, при котором годовая доза для населения может достигать величин 0,034 мЗв/год. Если считать, что время пребывания людей на загрязненной местности может составлять 8000 часов в год, то радиационному обследованию подлежат локально загрязненные территории, где МЭД превышает уровень гамма-фона, характерного для данной местности (0,2 мкЗв/час). Поскольку другие критерии для радиационного фона местности в нормативных документах отсутствуют, а средний естественный уровень МЭД внешнего гамма-излучения на открытых территориях в среднем составляет 0,1 – 0,2 мкЗв/час, при выполнении обследования принято, что аномальным считается значение более 0,15 мкЗв/час. На участках, где радиоактивность более 0,15 мкЗв/ч проведено детальное обследование с целью выявления источника повышенного гамма-излучения.

Для радиационных измерений применены поверенные дозиметрические приборы типа ДРГ-01Т1. Территории обследованы путем непрерывного слежения за показаниями

приборов. При обнаружении участка с повышенным гамма-фоном (при МЭД более 0,15 мкЗв/час) осуществлен многократный замер в установленной точке.

Согласно методического указания МУ 2.6.1.715-98 [1] допускается представление результатов измерений в единицах мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (мкР/час).

В связи с этим в таблице 1 представлены данные, полученные при инструментальных замерах.

Таблица 1 – Участки с аномальными значениями радиационного фона на территории Жанакорганского района

№ точки по схеме	Значение радиационного фона, мкР/час	Размеры аномального участка, м <sup>2</sup>	Характеристика места измерения
1.	10-22	~1000	Кинотеатр
2.	11-20	~1500	Дом культуры
3.	9-29	~5000	Ж/д вокзал
4.	12-22	~2000	Гор.акимат
5.	11-20	~4500	Центр.парк
6.	16-26	~500	Вечный огонь
7.	13-24	~1300	ул. ХарасанАта
8.	10-21	~2800	Центр.стадион
9.	12-25	~3500	ул. МанапКокенов
10.	14-24	~1500	ул. Акмешит

Во втором этапе исследований проведен замер территории рудника «Харасан-2» согласно карты-схемы, приведенной на рисунке 1.

Результаты измерений приведены в таблице 2 и на рисунке 1.

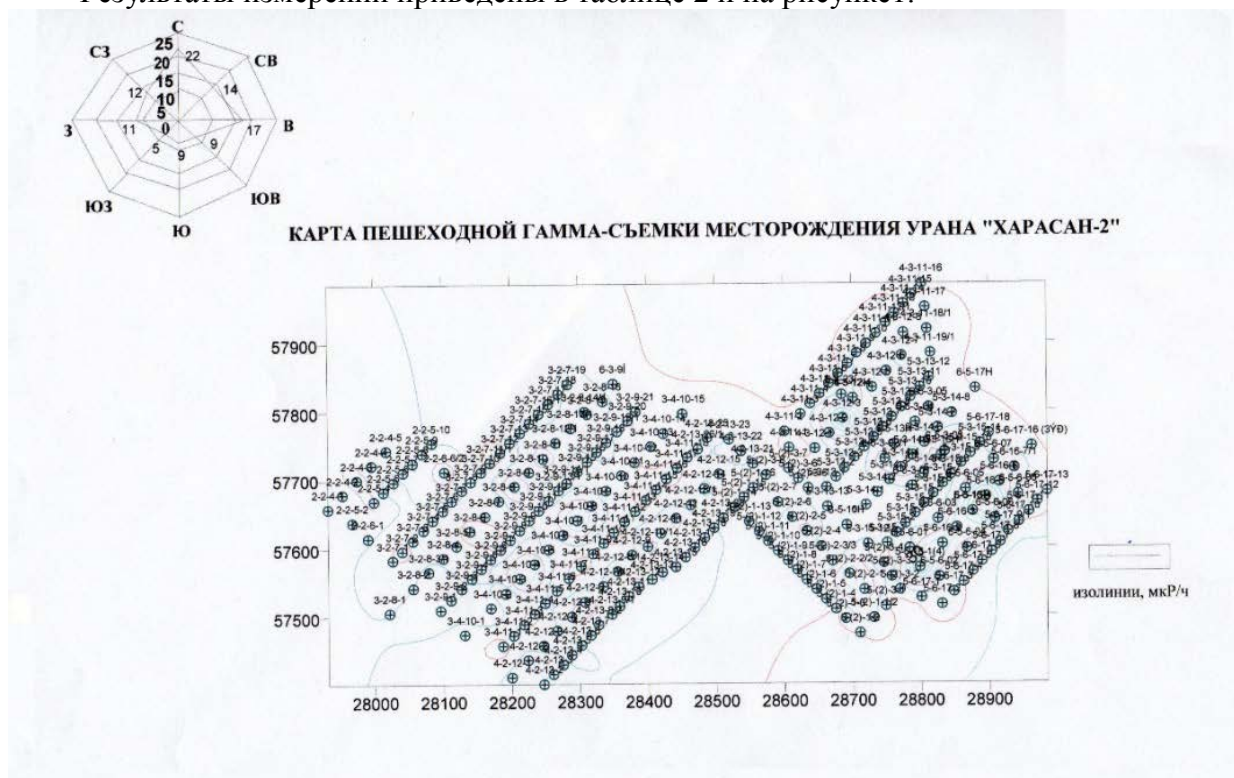


Рисунок 1 – Карта пешеходной гамма-съёмки месторождения урана «Харасан-2».

Таблица 2 – Участки с аномальными значениями радиационного фона внутри ССЗ

№ точки по схеме	Значение радиационного фона, мкР/час	Размеры аномального участка, м <sup>2</sup>	Характеристика места измерения
1.	10-30	~1000	Блок 2-2
2.	10-40	~3500	Блок 3-2
3.	15-45	~1500	Блок 3-4
4.	20-37	~1500	Блок 4-2
5.	10-30	~2500	Блок 5-2
6.	15-100	Точечное	Блок 5-6
7.	14-55	~1500	Блок 5-3
8.	15-30	~1500	Блок 4-3

При проведении обследования обнаружено несколько участков, где интенсивность гамма-фона превышает естественный фон на 10 мкР/час и более. На блоке 5-6 обнаружено локальное точечное загрязнение с мощностью экспозиционной дозы 100 мкР/час вплотную к точке загрязнения. При детальном обследовании прилегающей территории не выявлено площадного загрязнения. После среза поверхности грунта массой 0,25 г в точке с максимальной мощностью экспозиционной дозы уровень радиационного фона снизился до 15 мкР/час. Это обстоятельство делает необходимым дальнейшее детальное дозиметрическое обследование территорий предприятий.

Для выяснения причин повышенного гамма-фона в блоке 5-6 отобраны пробы почвы в ССЗ и шлам буровых скважин. Отобранные пробы грунта проанализированы в лаборатории Кызылординский областной центр санитарно-эпидемиологической экспертизы.

Результаты гамма-спектрометрического исследования этих проб представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика аномальных участков

Место отбора проб почвы	Ra <sub>226</sub>	Ra <sub>228</sub>	Th <sub>228</sub>	Cs <sub>137</sub>	K <sub>40</sub>	Диапазон суммарной альфа активности
	Бк/кг	Бк/кг	Бк/кг	Бк/кг	Бк/кг	кБк/кг
ГТП, блок 5-6	28,9	32,4	28,9	7,07	578,0	3,0
Шлам буровых скважин	23,76	27,14	29,34	8,17	523,0	1,2
ССЗ	27,5	29,9	30,2	9,1	562,0	0,9

Для расчета эффективной удельной активности в соответствии с п.25. ГН №201 от 2012 [3] использована формула:

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3 A_{\text{Th}} + 0,09 A_{\text{K}}$$

Ориентировочный расчет показывает, что годовая эффективная доза 4 мЗв, при пребывании на участке более 2500 часов, соответственно, мощность экспозиционной дозы составляет 50 мкР/час. Тем не менее, необходимо дезактивировать загрязненный участок и провести дополнительное обследование.

На основе проведенной работы получена детальная информация о состоянии радиационной обстановки на территории Жанакорганского района и в санитарно-защитной зоне рудника «Харасан-2». Таким образом, радиационная обстановка на обследованной территории в целом удовлетворительная.

## Литература

1. Керемкулов В.А. Методические указания по пешеходной гамма-съемке при излучении радиационной обстановки городских территорий. Алматы. 2004. 15 с.
2. Сборник инструкций и методик по контролю радиационного состояния окружающей среды. Алматы. 2006. С. 18-36.
3. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности». Утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан от 3 февраля 2012 года № 201. 63 с.

## СПОСОБ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ

Генералов В.В., Валуйский А.Ю.

generalovvv.89@gmail.com

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*заведующий кафедрой физических процессов горного производства*

*Кыргызско-Российского Славянского университета,*

*д.т.н., проф. Шамсутдинов М.М.*

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема производства буровзрывных работ на карьерах. Авторами предложен способ, который позволит улучшить качество проведения буровзрывных работ, а также повысит эффективность проведения взрывов.

**Ключевые слова:** скважина, бурение наклонных скважин, заряд ВВ.

Изобретение относится к горному делу и может применяться на открытых разработках месторождений при проведении буровзрывных работ (БВР), в частности на карьерах.

Известен способ взрывной отбойки руд и пород при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, включающий бурение взрывных скважин, расположение в нижней части скважин донного заряда на уровне горизонтальной плоскости, совпадающей с плоскостью рабочей площадки нижележащего уступа, заполнение скважин зарядами, взрывание зарядов [3].

Недостаток известного способа заключается в повышенных материальных затратах на проведение БВР, обусловленных необходимостью изготовления донных зарядов, имеющих оригинальное конструктивное исполнение и, соответственно, повышенную стоимость. Расположение, согласно технологии способа, донных зарядов в горизонтальной плоскости, совпадающей с плоскостью рабочей площадки нижележащего уступа горной разработки, требует точного размещения зарядов, что также является недостатком способа, т.к. нарушение этого требования технологии приведет к снижению эффективности проведения БВР. Кроме этого, недостаток способа в пониженной эффективности БВР из-за нерациональной потери энергии взрыва зарядов за счет вертикального выброса взрывных газов из скважин в открытое пространство при выбивании забойки из устья скважин ударной волной.

Известен способ взрывной отбойки руд и пород, включающий бурение пилотных взрывных скважин, проведение гидроразрыва горного массива по линии подошвы обрабатываемого уступа, бурение основных взрывных скважин, зарядание скважин зарядами взрывчатых веществ (ВВ), взрывание зарядов ВВ [2].

Недостатком известного способа являются повышенные материальные затраты, необходимые на выполнение технологии способа, слагаемые из затрат на проведение гидроразрыва горного массива и стоимости оборудования для проведения гидроразрыва. Выполнение трещины гидроразрыва по линии подошвы обрабатываемого уступа предполагает ее точное прохождение, что также является недостатком способа, т.к. нарушение этого требования технологии обуславливает снижение эффективности проведения БВР. В данном случае, точное прохождение трещины гидроразрыва трудновыполнимо или невозможно в силу неоднородности руд и пород горного массива,

имеющих различные физико-механические свойства. Также, недостаток способа заключается в пониженной эффективности БВР, связанной с нерациональной потерей энергии взрыва зарядов ВВ при вертикальном выбросе взрывных газов из скважин в открытое пространство.

За прототип выбран способ разработки месторождений твердых полезных ископаемых, включающий бурение горизонтальных или слабонаклонных к горизонту скважин, зарядание скважин зарядами ВВ, установку на добычной блок мобильного щита, закрывающего блок со стороны рабочей площадки уступа и со стороны откоса уступа, взрывание скважин под [4].

Недостатком известного способа являются повышенные материальные затраты, обусловленные применением специального технологического оборудования – мобильного щита. Затраты включают стоимость щита, расходы на его установку на добычной блок и уборку с блока, расходы на техническое обслуживание и ремонт. Недостатком способа является технологическое ограничение его применения – возможно полностью обурить откос уступа только при небольшой его высоте, т.к. высота бурения откоса ограничена технологическими возможностями бурового оборудования и верхняя часть откоса, по крайней мере, вне доступа для бурового оборудования при большой высоте уступа. Так же, как и у аналогов, недостаток способа заключается в пониженной эффективности БВР, обусловленной нерациональной потерей энергии взрыва зарядов ВВ.

Задача изобретения – повышение эффективности БВР и расширение технологических возможностей способа при снижении материальных затрат на БВР.

Поставленная задача решается тем, что в способе ведения буровзрывных работ на карьере, включающем бурение взрывных скважин, зарядание их зарядами ВВ, взрывание зарядов ВВ, с рабочей площадки уступа бурят вспомогательные вертикальные скважины до уровня подошвы уступа, взрывные скважины бурят через стенки вспомогательных вертикальных скважин по их высоте сверху донизу, выполняя взрывные скважины с наклоном к горизонту и не доводя забой скважин до поверхности склона уступа, вспомогательные вертикальные скважины заполняют инертным материалом.

Выполнение вспомогательных вертикальных скважин до уровня подошвы уступа позволяет бурить взрывные скважины по всей высоте уступа, чем расширяются технологические возможности способа, т.к. исключаются зоны в середине и вверху откоса уступа при большой его высоте, недоступные для бурения при расположении бурового оборудования на рабочей площадке ниже расположенного уступа. В этом случае, нет зон, недоступных для бурения взрывных скважин по высоте уступа.

Бурение взрывных скважин через стенки вспомогательных вертикальных скважин по высоте последних сверху донизу, выполняя взрывные скважины с наклоном к горизонту и не доводя забой скважин до поверхности склона уступа, и заполнение вспомогательных вертикальных скважин инертным материалом позволяет повысить эффективность БВР за счет исключения нерациональной потери энергии взрыва зарядов ВВ, что обусловлено расположением взрывных скважин в массиве добычного блока без выхода на открытую поверхность, за счет чего ударная волна взрыва не вырывается в открытое пространство, а гасится в массиве добычного блока. В данном случае, вся энергия взрыва зарядов ВВ тратится на рыхление массива добычного блока, при этом сохраняется его исходная геолого-морфологическая структура.

Исключение потери энергии взрыва зарядов ВВ позволяет уменьшить расход ВВ, чем снижаются материальные затраты на БВР. Кроме этого, расположением взрывных скважин в массиве добычного блока без выхода на открытую поверхность исключается необходимость применения мобильного щита, что также обуславливает снижение материальных затрат на БВР.

Сущность способа ведения буровзрывных работ на карьере поясняется чертежами, где на рис.1 представлен вертикальный поперечный разрез уступа, на рис.2 – вид уступа со стороны рабочей площадки.

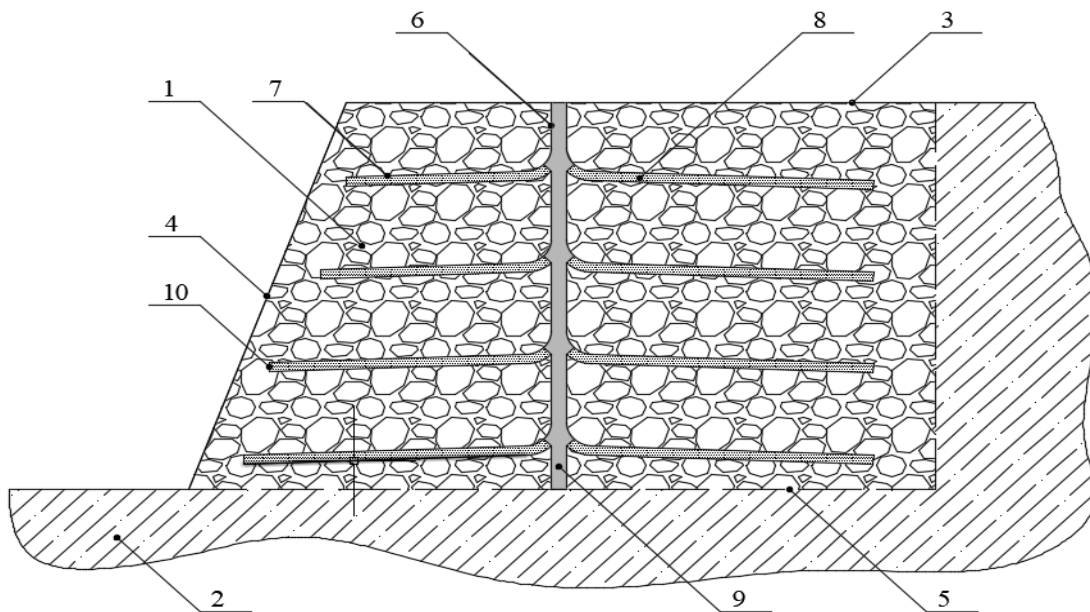


Рисунок 1 – Вертикальный поперечный разрез уступа. 1 – уступ карьера – горного массива, 2 – рабочая площадка, 3 – откос, 4 и 5 – подошвы уступа карьера, 6 – вспомогательные вертикальные скважины, 7 – взрывные скважины. Взрывные скважины 7 заполнены зарядами 8 ВВ, скважины 6 заполнены инертным материалом 9. Позицией 10 обозначен забой взрывных скважин 7.

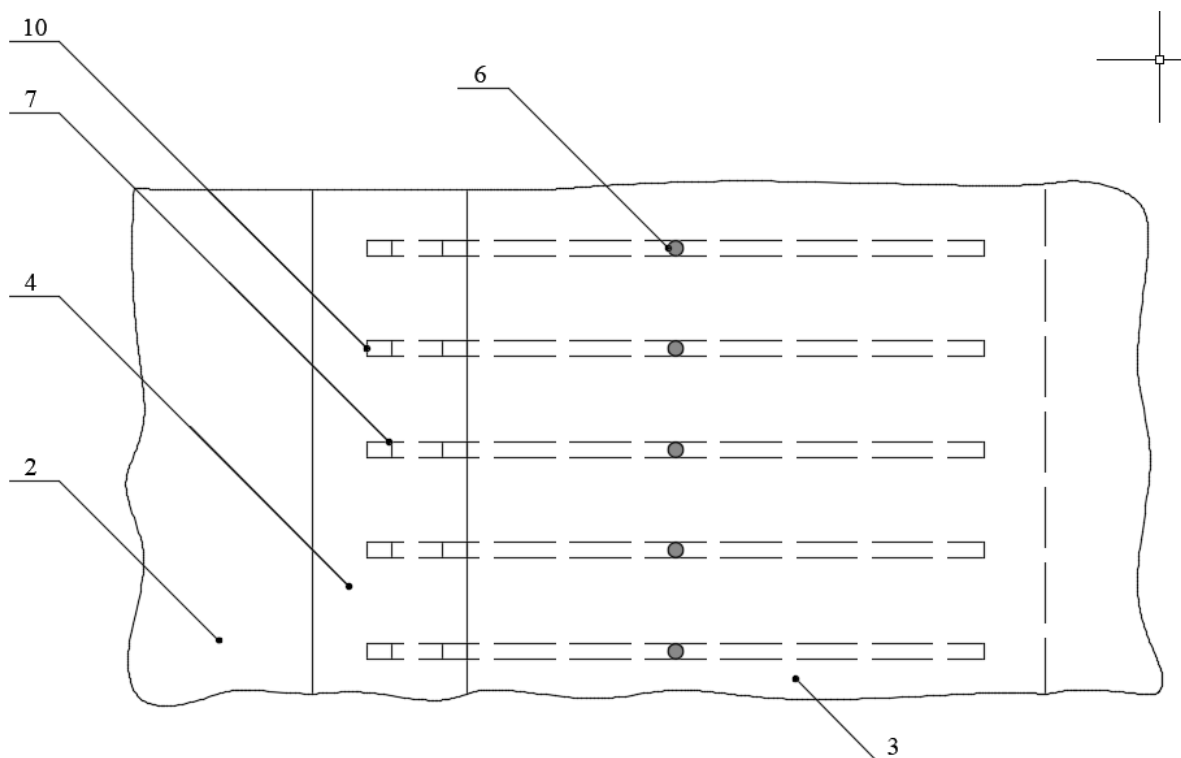


Рисунок 2 – Вид уступа со стороны рабочей площадки (обозначения согласно рисунку 1)

Способ ведения буровзрывных работ на карьере реализуют следующим образом. В добычном блоке 1 пробуривают скважины 6 с рабочей площадки 3 до уровня подошвы (отметка 5) уступа. Количество и расположение скважин 6 определяют с учетом объема добычного блока 1 и физико-механических свойств горного массива 2. Через стенки скважин 6 бурят взрывные скважины 7, выполняя их слабонаклонными к горизонтальной плоскости, при этом взрывные скважины 7 не добуривают до поверхности откоса 4 уступа,

оставляя между поверхностью откоса 4 и забоем 10 взрывных скважин 7 цельный слой горного массива. Расстояние по вертикали между взрывными скважинами 7 и их длину определяют, исходя из геометрических размеров уступа и физико-механических свойств горного массива 2. Выполняют взрывные скважины 7 посредством породоразрушающего инструмента, соединенного с забойным двигателем, установленным на ставе гибких труб, как при колтюбинговом бурении скважин на нефтегазовых разработках. Заполняют зарядами 8 ВВ взрывные скважины 7, инертным материалом 9 заполняют скважины 6 и взрывают заряды 8 ВВ поочередно, начиная с верхней взрывной скважины 7. Мощность зарядов 8 ВВ рассчитывают на выполнение рыхления массы добычного блока 1 с сохранением его геолого-морфологической структуры.

Таким образом, применение предложенного способа ведения буровзрывных работ на карьере позволит повысить эффективность БВР, расширить технологические возможности в выполнении обуривания добычного блока и снизить материальные затраты на проведение БВР.

### Литература

1. Штремель Г.Х. Горные машины. Учебник для техникумов. 3-е изд., доп. М.: Высшая школа, 1980. 304 с.
2. Патент RU 2602567; F42D3/04, E21C41/26; 20.11.2016 «Способ взрывной отбойки руд и пород при разработке месторождений твердых полезных ископаемых».
3. Патент RU 2449240;F42D1/08, F42D3/04; 27.04.2012, «Способ формирования заряда взрывчатого вещества в скважине».
4. Патент RU 2181834;E21C41/00; 27.04.2002, «Способ рыхления разнопрочных горных пород».



## УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ТЯГОВОГО КАНАТА ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ ОТ ОБРЫВА

Генералов В.В., Валуйский А.Ю.  
generalovvv.89@gmail.com

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика.

### **Научный руководитель:**

*заведующий кафедрой физических процессов горного производства  
Кыргызско-Российского Славянского университета,  
д.т.н., проф. Шамсутдинов М.М.*

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема подъемно-транспортного машиностроения. Авторами предложен способ, который позволит избежать обрыва тягового каната подъемной установки, а также повысит безопасность использования подъемных установок.

**Ключевые слова:** тяговый канат, подъемная установка, обрыв, защита.

Изобретение относится к подъемно-транспортному машиностроению и может применяться для оснащения подъемных установок, используемых в строительстве, на шахтах, рудниках, в лифтах.

Известны способ защиты тягового каната экскаватора-драглайна от критических нагрузок и устройство для его осуществления. Устройство содержит датчик усилий, установленный на тяговом канате, барабан с ребордой, соединенный с канатом, тормозную колодку, образующую с ребордой тормозную пару и связанную с силовым электромагнитом, электрически соединенным с датчиком усилий и датчиком критической нагрузки тягового каната [1].

Недостатком известного способа защиты тягового каната и устройства его осуществления является невысокая надежность работы, обусловленная вероятностью отказа срабатывания силового электромагнита. Так же невысокая надежность работы обусловлена инерцией барабана с ребордой, из-за которой барабан, при торможении реборды, продолжает вращаться с замедлением до полной остановки. При этом, натяжение каната продолжается и усилие в канате возрастает, что может привести к его разрыву.

Известна система защиты шахтных подъемных установок при застревании сосудов в стволе, включающая датчики массы, сумматор, пороговое устройство, электрически соединенные между собой с образованием системы контроля загрузки подъемных канатов [2].

Недостаток известной системы заключается в невысокой надежности работы, обусловленной вероятностью отказа системы контроля загрузки канатов и электроцепи включения предохранительного тормоза подъемной установки. Кроме этого, невысокую надежность работы обуславливает инерция барабана подъемной установки, за счет которой барабан, при срабатывании предохранительного тормоза, вращается с замедлением до полной остановки. При инерционном вращении барабана натяжение каната возрастает и напряжение каната усиливается, что может привести к его разрыву.

Известно устройство защиты тягового каната от обрыва, включающее корпус, закрепленный на тяговом канате и состоящий из двух частей, расположенных по вертикали на расстоянии одна над другой и соединенных между собой предохранителем, а тяговый канат соединен с корпусом с образованием петли между частями корпуса [3].

Недостатком известного устройства является вероятность разрыва тягового каната под воздействием ударной нагрузки на канат при его сокращении после срабатывания предохранителя устройства, что обуславливает снижение надежности работы устройства. Разрыв каната вероятен, когда длины петли каната между частями корпуса недостаточно для компенсации длины упругого растяжения каната при его сокращении под действием сил упругости, т.е. канат не сокращается до номинальной длины и при его выпрямлении происходит удар. Такая аварийная ситуация возможна при эксплуатации каната в глубоких шахтах – с большой глубиной ствола шахты. Кроме этого, вероятно постепенное сокращение длины петли каната за счет его возможного проскальзывания в частях корпуса под воздействием на канат тягового усилия, что также, в соответствии с выше изложенным, снижает надежность работы устройства.

Задача изобретения – повышение надежности работы устройства за счет исключения вероятности разрыва тягового каната.

Поставленная задача решается тем, что устройство защиты тягового каната подъемной установки от обрыва, включающее корпус, состоящий из двух частей, расположенных по вертикали одна над другой и соединенных между собой предохранителем, при этом корпус верхней частью связан с тяговым канатом, снабжено роликом, установленным вертикально на нижней части корпуса, вспомогательным канатом, навитым на ролик и закрепленным одним концом на ролике, а другим концом на верхней части корпуса, причем корпус связан нижней частью с подъемным сосудом.

Снабжение устройства роликом, установленным вертикально на нижней части корпуса, вспомогательным канатом, навитым на ролик и закрепленным одним концом на ролике, а другим концом на верхней части корпуса, и соединение нижней части корпуса с подъемным сосудом позволяет исключить ударную нагрузку на тяговый канат при его сокращении после срабатывания предохранителя, т.е. когда верхняя часть корпуса отделится от нижней. После отделения частей корпуса друг от друга тяговый канат сокращается без препятствия вверх до номинальной длины, вытягивая за собой вспомогательный канат с ролика, при этом вспомогательный канат свивается с вращающегося ролика на длину, компенсирующую длину упругого растяжения тягового каната, т.е. вспомогательный канат свивается с ролика на столько, на сколько сокращается тяговый канат после упругого растяжения. Вспомогательный канат навит на ролик с «запасом» на самый неблагоприятный аварийный случай – когда подъемный сосуд застревает в нижней части глубокого ствола шахты и, в этой ситуации, возможно наибольшее упругое растяжение тягового каната, обуславливающее свивку вспомогательного каната наибольшей длины. Выше приведенное конструктивное исполнение устройства позволяет сохранить связь тягового каната с подъемным сосудом и избежать образование ударной нагрузки на тяговом канате, чем исключается вероятность его разрыва и, соответственно, повышается надежность устройства в работе.

Устройство защиты тягового каната подъемной установки от обрыва иллюстрируется чертежом, где на рис.1 представлен общий вид в рабочем положении; на рис.2 – общий вид устройства, сработавшего при перегрузе тягового каната.

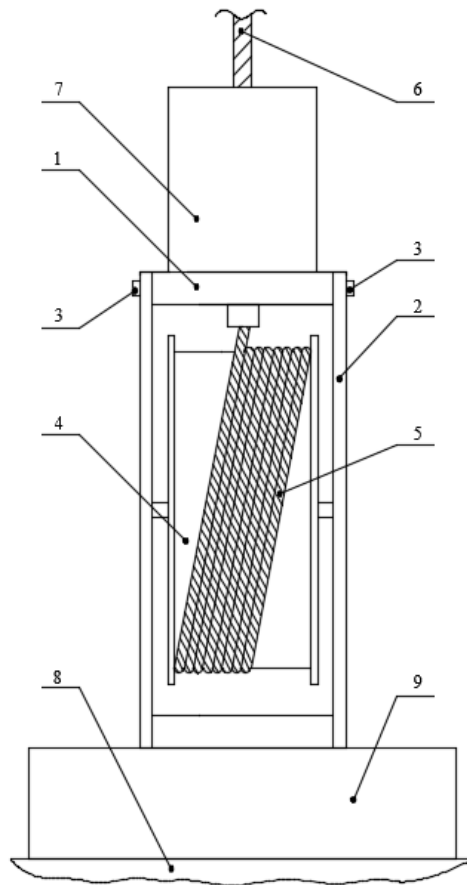


Рисунок 1 – Общий вид устройства в рабочем положении. 1-корпус, 2-нижний корпус, 3-соединенные между собой стержни, 4-ролик, 5-вспомогательный канат, 6-тяговый канат, 7-прицепное устройство, 8-клеть, 9-подвесное устройство.

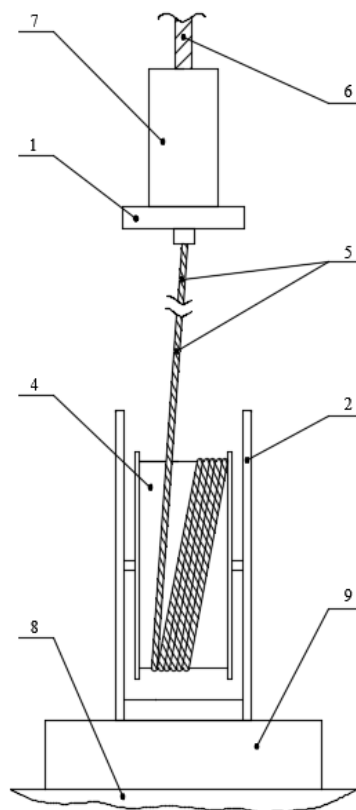


Рисунок 2 – Общий вид устройства, сработавшего при перегрузке тягового каната (обозначение согласно рисунку 1).

Устройство включает верхний корпус 1 (далее корпус 1) и нижний корпус 2 (далее корпус 2), соединенные между собой стержнями 3, выполняющими роль предохранителя. На корпусе 2 вертикально установлен ролик 4, на котором намотан вспомогательный канат 5, одним концом закрепленный на корпусе 1, а другим концом – на ролике 4. Корпус 1 соединен с тяговым канатом 6 через прицепное устройство (коуш) 7, условно показанное на фигурах. Корпус 2 соединен с подъемным сосудом, например, клетью 8 через подвесное устройство 9, условно показанное на фигурах.

Устройство защиты тягового каната подъемной установки от обрыва работает следующим образом. При рабочем состоянии тягового каната 6 (далее канат 6) тяговое усилие от каната 6 передается на клеть 8 через прицепное устройство 7, корпус 1, стержни 3, корпус 2 и подвесное устройство 9. В аварийной ситуации, при возрастании нагрузки на канат 6 до разрывной (за счет натяжения каната 6), стержни 3 срезаются под воздействием тягового усилия и корпусов 1 и 2 разъединяются. С момента разъединения корпусов 1, 2 действие тягового усилия на канат 6 прерывается и последний сокращается, чем устраняется натяжение каната 6 и нагрузка на него падает до нуля. При сокращении канат 6 тянет за собой вспомогательный канат 5 (далее канат 5), который свивается с вращающегося ролика 4 на длину, равную длине сокращения каната 6, тем компенсируя разрыв между корпусами 1, 2 и сохраняя связь каната 6 с клетью 8. После устранения причин перегрузки каната 6 корпусы 1, 2 сближают вращением ролика 4, навивая на него канат 5, и заново соединяют стержнями 3. Устройство готово к работе.

Применение предложенного устройства защиты тягового каната подъемной установки от обрыва позволит повысить надежность устройства в работе за счет исключения вероятности разрыва тягового каната.

### Литература

1. Патент RU 2082855, С1, Е 02F 3/48, Е 02F 9/20, Е 02F 9/24, 1997, «Способ защиты тягового каната экскаватора-драглайна от критических нагрузок и устройство для его осуществления».
2. Патент СССР 698894, В 66В 5/02, 1979, «Система защиты шахтных подъемных установок при застревании сосудов в стволе».
3. Патент KG 1724, С1, В66В5/02, 2015, «Устройство защиты тягового каната от обрыва»

## ОСОБЕННОСТИ ПРОРЫВОВ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КЫРГЫЗСКОГО ХРЕБТА)

Загинаев В.В.  
zagivit@mail.ru

Институт водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии наук КР,  
г. Бишкек, Кыргызская республика

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией высокогорных и селеопасных озер  
Института водных проблем и гидроэнергетики НАН КР,  
к.г.-м.н Ерохин С.А.*

**Аннотация.** Рельеф Кыргызстана располагает к формированию тысяч горных озер, у многих из которых плотины являются не устойчивыми и прорываются. В результате вниз по горной долине устремляются прорывные потоки, которые часто преобразуются в потоки селевые с катастрофическими последствиями для жителей этих долин. С 1952 года на территории Кыргызстана произошло около 70 случаев опасных прорывов горных озер, были жертвы. Из всех типов горных озер наиболее прорывоопасными являются озера морено-ледникового типа. Для представления об особенностях их развития и прорывов рассматриваются прорывы озер центральной части Кыргызского хребта. Характерной чертой этих прорывов является опорожнение озера через подземные каналы стока.

**Ключевые слова:** селевые потоки, моренно-ледниковые озера, прорывоопасные озера, Кыргызский хребет

**Введение.** Из нескольких тысяч горных озер Кыргызстана в настоящее время выделено 368 озер [1], которые были отнесены к разряду опасных, на Рис.1 нанесены все озера на территории Кыргызстан, на карте обведены желтым цветом озера в центральной части Кыргызского хребта.

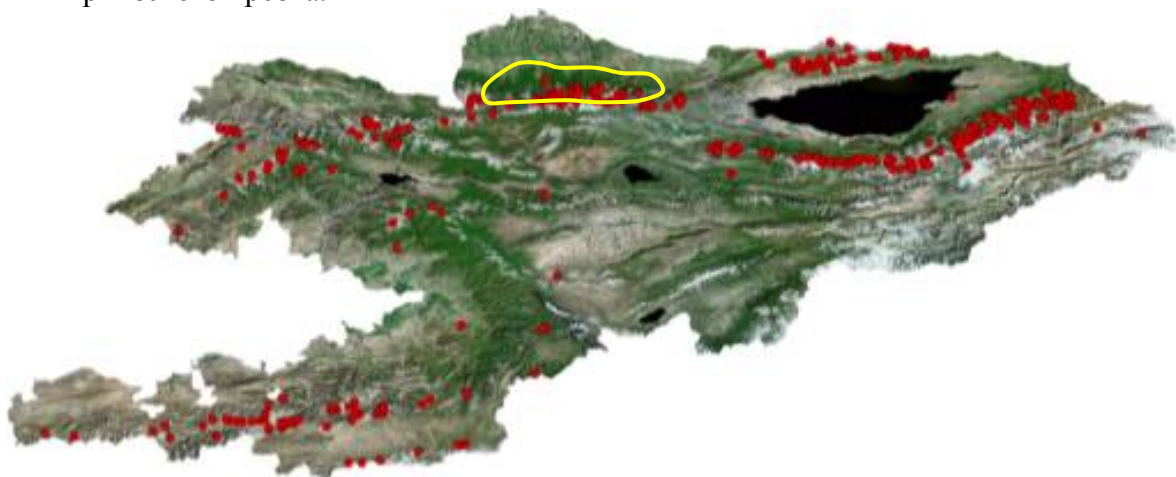


Рисунок 1 – Расположение прорывоопасных озер на территории Кыргызстана. Желтым цветом обведены озера Кыргызского хребта

По устойчивости своих плотин и возможности их разрушения и прорыва горные озера разделяются на непрорывоопасные и прорывоопасные. 50-60% озер имеют прочные ригельные плотины из крепких скальных пород, еще 20-30% образовались в глубоких

древнеморенных западинах и также являются устойчивыми. Лишь 20-30% от общего числа озер имеют непрочные плотины, состоящие либо из моренно-ледниковых образований, либо из рыхлообломочных слабосвязанных обвальных или оползневых отложений [2-4]. В процессе развития озера такие плотины, под действием ряда факторов, теряют свою устойчивость и прорываются. Прорывы сопровождаются катастрофическими последствиями для жителей ниже расположенных долин и равнин.

Для оценки прорывоопасности озер необходима их классификация, позволяющая разделить озера на типы, отличающиеся не только по генезису, морфологии, гидрологическим особенностям, но и по степени прорывоопасности. По генезису, характеру строения и состава своих плотин горные озера Кыргызстана разделяются на следующие типы: 1) тектонические; 2) ледниковые; 3) моренно-ледниковые; 4) моренные; 5) ригельные; 6) завальные. В составе некоторых типов выделяются подтипы озер, отличающиеся друг от друга (внутри типа) по генезису плотин, морфологии озерных ванн, по условиям питания и стока: 1) в составе ледникового типа выделяются: термокарстовые, подпруженные и внутриледниковые озера; 2) в составе моренно-ледникового типа выделяются озера термокарстовых воронок; 3) в составе завального типа выделяются озера завально-обвальные и завально-селевые.

Наибольшую угрозу, в настоящее время, представляют озера моренно-ледникового типа. Их в каталоге прорывоопасных озер 47%, затем идут моренно-ригельные 26%, далее моренные 14%, завальные 12%, ледниковые 1%.

**Методы исследования.** Для изучения озер и установления причин прорывов озер были использованы методы дистанционного зондирования, аэровизуальные обследования и дешифрирование архивных аэрофотоснимков. В процессе детального изучения озер проводились инженерно-геологические обследования их плотин и озерных ванн (включая батиметрическую съемку). В процессе наблюдений выявлялся характер питания озера и стока из него, определялась устойчивость плотины путем выявления различного рода её деформаций. В работе также применялось обработка архивных отчетов. Каждый из описанных случаев прорывов озер был всесторонне описан и изучен.

**Результаты.** С 1952 года в области центральной части Кыргызского хребта зафиксировано 22 случая прорывов горных озер. Наибольшее количество прорывов произошло с 1960 по 1970, 8 прорывов. В Таблице 1 приведены данные по зарегистрированным прорывам.

Таблица 1 - Прорывы озер в центральной части Кыргызского хребта

Название озера	Долина	Год прорыва
Текетор	Туюк-Иссык-Ата	16.08.1952; 08.1978
Тезтор	Ала-Арча	22.06.1953; 8.1988; 31.07.2012
Аксай	Ала-Арча	8.07.1960; 07.1961; 21.07.1965; 18.08.1966; 24.07.1968; 25.07.1969; 18.07 и 2.08.1970
Топкарагай	Ала-Арча	1974; 08.1993
Иша	Аксуу	06.1968
Кейды Кучкач	Сокулук	12.08.1983
Чырканак	Нооруз	1993
Такыртор	Нооруз	04.06.1992; 04.06.2004; 04.06.2009
Челектор	Нооруз	11.08.2017

Последние прорывы были изучены и описаны в данной работе.

#### **Озеро Такыртор**

Последний прорыв моренно-ледникового озера **Такыртор**, расположенного на высоте 3500 м.н.у.м. в Иссык-Катинском районе Чуйской области в восточные ветки реки Нооруз, произошел 04.06.2009. Это озеро прорывалось неоднократно в прошлом 04.06.1992 и 04.06.2004. Ванна озера Такыртор образовалась в глубокой, длинной, вытянутой вниз по

долине на 0,8 км, внутриморенной депрессии (рис.2 А, В). С верховий долины в депрессию спускается современный ледник, с поверхности которого в ванну озера стекают ручьи талых вод. Сток из ванны озера подземный. Обычно подземные каналы стока открываются в весенне-летнее время и талая вода стекает по ним вниз по долине, не задерживаясь в озерной ванне (рис.2 С). Но случаются отдельные годы, когда подземные каналы раскрываются не сразу, а с задержкой. В этом случае, не имеющие стока талые воды аккумулируются в ванне озера, и быстро, в течении 1-2 месяцев, наполняют её. Вода ищет себе выход, напор скапливающейся в ванне воды нарастает и, в конце концов, разрушает преграду и открывает канал. Вода из озера прорывается через канал вниз по долине.

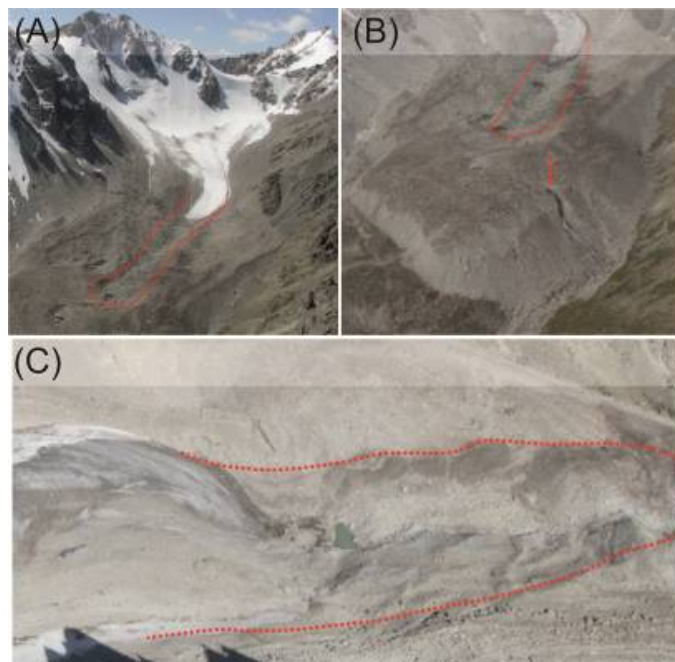


Рисунок 2 – (А) Озеро Такырттор сформировалось во внутриморенной депрессии моренно-ледникового комплекса ледника Такырттор, (В) Сток воды из озера Такырттор происходит подземным путем (показано стрелкой), (С) Снимок комплекса Такырттор 2010 г.

Прорывной поток 2009 г после выхода из подземного канала стока образовал, на склоне уступа, селевой овраг, из которого грубообломочный моренный материал был вынесен в устье оврага, где отложился в форме конуса выноса. Ниже этого конуса прорывной поток двигался, как наносоводный поток, с расходом около 25 м<sup>3</sup>/сек. Ниже по долине он трансформировался в селевой поток, увеличив свой расход, при выходе на подгорную равнину Ортоалышской впадины, до 300 м<sup>3</sup>/сек. Этот поток нанес большой хозяйственный ущерб жителям долин рек Такырттор и Нооруз.

### ***Озера Тезтор***

Нестационарные озера Тезтор расположены на высотах 3600 м.н.у.м. в Сокулукском районе Чуйской области в верховьях долины Адыгене (левом боковом притоке реки Ала-Арча). Озера Тезтор являются объектом постоянного внимания и изучения, так как из долины Тезтор неоднократно (1953, 1988, 2005 годы) выходили селевые потоки, угрожающие жизни населению долины реки Ала-Арча не только в пределах её горной части, но и на подгорной равнине, где находится город Бишкек.

Последний прорыв из озера Тезтор произошел в 2012 г. и его расход составил 340 м<sup>3</sup>/с и нанес ущерб инфраструктуре, расположенной в Национальном парке Ала-Арча. На рис.3 показано развитие озера за год до прорыва и за неделю до прорыва. Озеро прорвало 31 июля в 8 часов утра подземным путем.



Рисунок 3 – (А) максимальное наполнение ванны озера в летний период 2011, (В) наполнение ванны озера за 15 дней до прорыва, (С) ванна озера после прорыва

Расход прорывного потока составил всего 10-15 м<sup>3</sup>/сек. Ниже по долине в селевых очагах Тезтор и Адыгене, прорывной поток трансформировался в селевой. При этом его расход увеличился в 20 раз, и при выходе в долину Ала-Арча он составил около 340 м<sup>3</sup>/сек [5, 6]. В долине Ала-Арча селевой поток, отложив большую часть принесенного им обломочного материала (рис. 5А), трансформировался в грязекаменный поток (рис. 5В), который прошел по руслу реки Ала-Арча через Орто-Алышскую впадину. В этот же день прорывной поток достиг города Бишкек, через который он прошел с максимальным расходом до 30 м<sup>3</sup>/сек (рис. 4С). Жертв и разрушений в городе не было.



Рисунок 4 – (А) В долине Ала-Арча селевой поток отложил большую часть принесенного им обломочного материала, (В) Грязекаменный поток при выходе в долину Ала-Арча (С), По руслу реки Ала-Арча через город Бишкек прошел наносоводный поток расходом 25-30 м<sup>3</sup>/сек

Моренно-ледниковые озера на комплексе Тезтор прорывались неоднократно в прошлом и механизм прорыва был всегда подземным через внутриморенные каналы стока. В 2017 г. озеро приблизилось к состоянию, каким озеро было за два года до прорыва (Рис.5). В ближайшие годы возможно наполнение озера до критического объема с последующим прорывом.

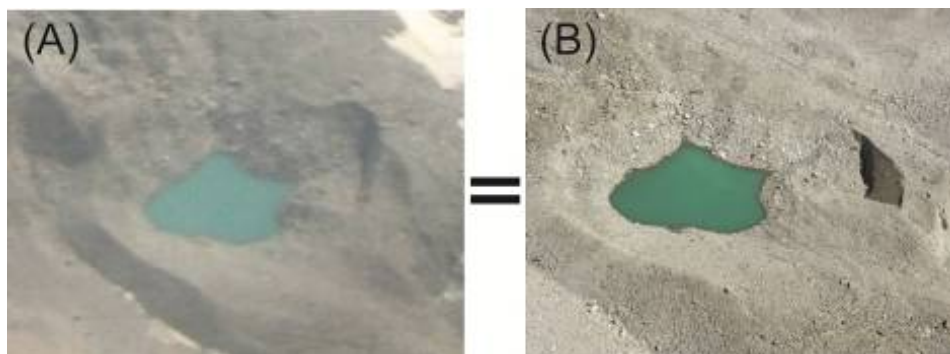


Рисунок 5 – (А) Снимок озера Тезтор 2010, (В) Снимок озера Тезтор 2017

Также на моренно-ледниковом комплексе наблюдается динамичное развитие термокарстовых озер в морене и развитие этих процессов может влиять на закрытие и открытие подземных каналов. В случае очередного прорыва с большим расходом воды могут



возникнуть селевые потоки, которые могут быть опасны не только для долины Тезтор, а также для главной долины Ала-Арча.

### **Озеро Челектор**

Моренно-ледниковое озеро Челектор расположено на высоте 3800 м.н.у.м в Иссыккатынском районе Чуйской области в верховьях долины Нооруз и прорвало 11.08.2017 г. образовав мощный селевой поток. На Рис 6. представлена эволюция озера Челектор с 2015 года, включая прорыв.



Рисунок 6 – (А) Озеро Челектор за два года до прорыва, (В) Максимальное наполнение озера Челектор, за 6 дней до прорыва, (С) Ванна озера Челектор после прорыва.

Сток из озера Челектор был подземный. Выклинивание подземного канала стока на поверхность произошло в 2 км от озера, у подножия передового уступа моренно-ледникового комплекса.

За два года объем озера увеличился вдвое и перед прорывом объем составлял  $0,4 \times 10^6$  м<sup>3</sup>. После прорыва объем озера сократился в два раза, при этом сохраняется вероятность прорыва этого озера в последующие годы, при условии закупорки каналов стока Рис. 7. А. Прорыв произошел через грот, расположенный в передней части плотины, размеры грота составили, 6м длина и 4м в высоту Рис. 7. В.



Рисунок 7 – (А) Озеро Челектор после прорыва, (В) Прорывной проран в теле плотины

**Выводы.** Для всех рассмотренных прорывов моренно-ледниковых озер, характерной чертой является закупорка подземных каналов стока и нарастание объема озера, в течение от нескольких месяцев (озеро Такыртор) до нескольких лет (озера Тезтор) до критического значения прорыва. Неустойчивость каналов стока обуславливает возможность повторной их закупорки, следствием которой является новое наполнение озера и повторный его прорыв.

## Литература

1. Ерохин С.А., Загинаев В.В. Прогноз прорывоопасности горных озер Кыргызстана на основе их каталога // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Бишкек: МЧС КР. 2016. С. 627-639.
2. Ерохин С.А. Гляциальные озера как гидроэкологические объекты и факторы их прорывоопасности // Вода и устойчивое развитие Центральной Азии. Фонд “Сорос-Кыргызстан”. 2001. С. 93-98.
3. Ерохин С.А. Мониторинг прорывоопасных озер Кыргызстана // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. 6-е изд. с изм. и доп. Бишкек: МЧС КР. 2009. С. 570-583.
4. Ерохин С.А. Периодичность прорывоопасности горных озер различного типа // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Бишкек: МЧС КР. 2014. С. 590-594.
5. Erokhin S.A., Zaginaev V.V., Meleshko A.A., Ruiz-Villanueva V., Petrakov D.A., Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S., Tutubalina O.V., Stoffel M. Debris flows triggered from non-stationary glacier lake outbursts: the case of the Teztor Lake complex (Northern Tian Shan, Kyrgyzstan). *Landslides, Springer Verlag*. p. 1-16. doi:10.1007/s10346-017-0862-3.
6. Тузова Т.В., Загинаев В.В. Прорыв морено-ледникового озера Тез-Тор (Северный Тянь-Шань) // Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Бишкек: МЧС КР. 2013. С. 563-570.

## ВИДЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Илиясова Н.С.

niliyasova@mail.ru

МЧС КР Агенство по Гидрометеорологии, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Кыргызский Национальный Аграрный университет им. К.М.Скрябина,  
д.т.н., проф. Осмонов Ы.Д.*

**Аннотация.** В работе рассмотрены виды и классификация систем прогнозирования. Особое место отведено вопросу инженерного прогнозирования и экспертного метода как наиболее универсального.

**Ключевые слова:** прогноз, экстраполяционный метод, анализ, синтез, экспертный метод, патентная информация, изобретения.

*Краткосрочное прогнозирование* применяется при неизменности соотношения между временем и объектом прогноза в течение прогнозируемого периода. При этом эффективно используется метод экстраполяции. Экстраполяция как метод прогнозирования сводится к построению динамической модели (закона изменения) объекта прогноза в прошлом в виде математической функции и вычислению ее значений в будущем.

Использование экстраполяционных методов правомерно при соблюдении следующих условий: прогнозируемый параметр имеет числовое значение; зависимость между прогнозируемым параметром и временем может быть выражена математической (детерминированной или вероятностной) функцией; когда последняя зависимость не весь срок упрощения прогноза.

Наиболее распространенной ошибкой при экстраполяционном прогнозировании является использование этого метода при разработке прогнозов на сроки, за которыми не гарантируется неизменность выявленного при ретроспекции тренда. Поэтому, сочетание в единой методике разных, в частности метода использования патентной информации и привлечение экспертов приводит к резкому увеличению достоверности и точности прогноза без существенного повышения его трудоемкости.

Комплексные методики обеспечивают непрерывность прогнозирования, которые включают краткосрочный и среднесрочный прогнозы. Комплексная методика не может быть написана линейной цепочкой символов, необходима разветвленная структурная формула. Синтез подобных методик осуществляется с использованием ЭВМ. Последнее представляет собой наиболее перспективные направления совершенствования методологии прогнозирования.

*Среднесрочное прогнозирование.* Среднесрочное прогнозирование основано на использовании патентной информации, многолетний обширных массив заявок на изобретение можно рассматривать как результат своеобразного анкетного опроса, сбора мнений творцов научно-технического прогресса [1].

Наличие взаимосвязи между экономическим ростом и темпами появления изобретений убедительно доказано трудами много ученых [2]. Как показывают данные исследований, затраты на исследования и разработки через 7-10 лет вызывают рост нововведений. Прямое сопоставление динамики патентования и изменения номенклатуры выпускаемого и используемого оборудования подтверждает правомерность описываемой аналогии.

Однако период широкого внедрения изобретения не совпадает с моментом его появления. Отрезок времени от возникновения изобретения и периода внедрения является временным лагом.

Начиная с момента внедрения первых образцов оборудования и технологии, количественный выпуск техники нового поколения непрерывно растет, приобретая экспоненциальный характер. При этом выпуск развивается аналогично динамике патентования с отставанием на срок равный временному лагу. И в то время, когда техническое направление признается прогрессивным, поток изобретений начинает иссякать, надо искать новые пути. Возникает другое крупное изобретение, дающее начало новому поколению техники, т.е. действует закон «отрицания».

Исходя из этой аналогии, можно утверждать, что срок упреждения прогнозов равен временному лагу. Поскольку скорость внедрения изобретений в разных областях техники различна, то и срок упреждения таких прогнозов зависит от объекта прогноза.

Можно отметить появления еще одного подхода к получению прогнозной информации. Это экспертная система базы данных, содержащих не только упорядоченные сведения, но и аппарат логического вывода информации с учетом заданной ситуации.

Анализ работ показал, что использование патентной и другой научно-технической информации для прогнозирования тенденций развития технических объектов имеет развитую научно-обоснованную методологию.

Данная методология позволяет с использованием системного анализа перейти от случайного подбора приемов и методов патентных исследований к оптимизации синтеза методик применительно к конкретным объектам, стадиям их развития и видам задач.

Дальнейшие работы в этом направлении могут идти:

- во-первых, определением затрат на отдельные операции патентных исследований, в зависимости от методов их выполнения и сложности исследуемого объекта;
- во-вторых, выработкой единого критерия (системы критериев) прогнозной оценки (точность, достоверность, подробность получаемых результатов и т.д.)

Прогнозирование использования изобретений. Одним из важных этапов прогнозирования научно-технического развития является прогнозирование использования изобретений, которое необходимо для выявления причин, сдерживающих их реализацию.

Можно выделить три группы изобретений: перспективные, важные изобретения, используемые со сравнительно небольшим экономическим эффектом; неиспользованные изобретения.

Для комплексного анализа доли использования изобретений, относящихся к разным объектам и экономического эффекта использования необходим инструмент сопоставительного анализа показателей одних и тех же изобретений.

Сопоставительный анализ изобретений позволяет выявить отличия, как в сущности изобретений, так и в «информативность» заявки на изобретение, процент использования изобретений и экономическая эффективность.

«Информативность» заявки оценивается по сроку их рассмотрения – от подачи заявки до публикации формулы изобретения.

Для анализа сроков внедрения изобретений и их зависимости от даты публикации формулы изобретения, можно построить фактографический график, который строится только по использованным изобретениям.

Экономическая эффективность может быть найдена как отношение прибыли от использования изобретений к суммарным затратам на разработку, изготовления и эксплуатацию изобретения.

Анализ фактографического графика дает возможность оценить сроки использования всей совокупности изобретений по определенной тематике после формулы изобретения.

Вместе с библиографическими данными использованных изобретений можно указывать экономический эффект использования изобретений.

Существует классификация системы прогнозирования, которая представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация системы прогнозирования.

Генеральной цели, определенной на этапе поискового прогноза, а затем в соответствии с ним последовательно намечаются этапы, выполнения которых должно перевести объект из настоящего состояния к намеченной цели в будущем. При этом должны быть определены все организационные, финансовые, материально-технические и др. мероприятия, необходимые для обеспечения разных путей достижения генеральной цели будущего развития исследуемого объекта. Примером может служить разработка бизнес-плана производства и реализации продукции с использованием изобретения [1].

Комплексный прогноз формируется при сочетании поискового и нормативного прогноза.

Методы экстраполяции основываются на изучении количественных показателей исследуемой проблемы за ряд предыдущих лет (ретроспективный анализ) с последующими логическим прохождением тенденции ее изменения на прогнозируемый период. Группа этих методов дает возможность наиболее точно определить основные будущие количественные показатели объекта прогнозирования. В их основа лежит представление о том, что какая-либо тенденция, зафиксированная в прошлом или настоящем, будет действовать и в будущем.

Различают два вида экстраполяции: пространственную и временную. Пространственная экстраполяция – это распространение вывода о части объекта на весь объект или его другую часть. Временная экстраполяция - это распространение выводов относительно закономерностей развития объекта во времени в прошлом на развития того же объекта в будущем.

В большинстве случаев экстраполяция производится с помощью различных математических формул. Допустим, если внутри интервала  $X_2, \dots$ , . Функция  $X$  непрерывно

увеличивается, т.е. во всех точках  $X_0, X_1, X_2, \dots, X$ , то процесс определения значения этой функции за пределами указанного интервала и есть экстраполяция.

Область применения экстраполяции в основном ограничивается прогнозированием эволюционных ситуаций и процессов медленно изменяющихся во времени, например параметров машины. При исследовании параметров технологии методы экстраполяции пошли применение главным образом при краткосрочном прогнозировании, преимущественно в области техники, где не предвидятся существенные количественные изменения в производстве и потреблении [2].

Группа экспертных методов прогнозирования основана на использовании экспертов (квалифицированных специалистов в исследуемой области) как основных источников информации о перспективах развития объекта техники. При использовании группы методов экспертных оценок специалистам-экспертам ставится ряд вопросов, касающихся развития данного технического направления или предполагаемого объекта техники. Суждения о прогнозе возникает после формализации и статической обработки объектов экспертов.

Основное преимущество экспертных методов – возможность анализа и прогноза развития объекта, не имеющего никакой «предыстории» и возможность прогнозировать качественные (скачка образные) изменения в процессе развития объекта.

Однако использование экспертного метода для прогнозирования узнать отрасли техники затруднено, т.е. обеспечение достаточной достоверности результатов обработки с корреляционного анализа требует наличия большого числа данных, т.е. широкого круга экспертов, который может не отказаться в наличии внутри отдельной отрасли и одной страны. Кроме того, при использовании экспертных методов невозможно исключить субъективизм в оценках. Серьезную проблему представляет отбор экспертов и многоэтапный экспертный опрос с последующей статистической обработкой результатов, поскольку прогнозная информация носит дискретный характер.

Экспертные метод прогнозирования по принципы действия можно разделить индивидуальные и коллективные экспертные оценки.

Индивидуальная экспертная оценка включает методы прогнозирования основанные и на использовании в качестве источники индивидуального эксперта (это должен быть очень компетентный специалист в области подлежащей прогнозами исследованно). Индивидуальные экспертные оценки можно условно разделить на полученные методами прямого экспертного опроса (метода индивид психоинтеллектуальной генерации идей) и анонимного (аналитическая индивидуальная оценка, метод сценария, морфологической анализ).

Метод коллективных экспертных оценок представлять попытку повысить степень объективности мнений экспертов, увеличить достоверность коллективного суждения, поскольку этот метод основаны на выявлении обобщенной оценки экспертной группы путем обработки индивидуальных независимых оценок, вынесенных экспертами, выходящими в эту группу.

Указанные трудности в анализируемых методах прогнозирования программы если применять методы моделирования, основанные на построении информационных, математических и логический моделей. Методы моделирования предлагают построение достаточно сложной и логической связанной модели объекта прогнозирования. При этом открываются больше возможности использования математической логики, теории график матричного анализа и т.др.

Модели объекта прогноза могут быть статическими, не зависящими от времени, и динамическими, отражающими развитие объекта прогноза в времени. К статическим моделям относятся параметрические и феноменологическое модели, которые обычно составляют путем изучения научно-технической патентной литературы по проблеме прогноза, а также применением ведущих специалистов экспертов.

Одна из основных задач прогнозирования отрасли техники заключается в исследовании процесса изменения и развития объекта прогноза на протяжении

прогнозируемого периода и решается с помощью построения и анализ временных рядов. Под временем рядов понимают числовую последовательность наблюдений, характеризующих изменение исследуемого объекта во времени. Для графического изобретения временных рядов выбирают аппроксимирующие функции, отражающие закономерности развития исследуемого объекта. Такие функции относятся к динамическим моделям.

Из группы последних методов нашли широкое распространение методы инженерного прогнозирования, основные на анализе динамики и тематической структуры мирового потока изобретений и публикаций, отражающих разработку различных аспектов научных проблем.

Таким образом сочетание методов аналогии моделирования дает возможность для формализации и математической обработки информационных массивов. Достигнуть уровень совершенства этот методологии позволят за счет использования системного анализа перейти от случайного подбора приемов и методов прогнозирования к оптимизации синтеза методик измерительно к конкретному объекту, стадиям их развития и видам задач.

### **Литература**

1. Щенкуте Л.Ю. Методы вероятностного прогнозирования и оценка достоверности прогнозов. Вильнюс: ВИСИ, 1980.
2. Эйрес Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. М.: Мир, 1971. 296 с.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ РАЙОНА КАРАТЮБИНСКИХ ГОР

Исомиддинов Ё.Я.

yoqub\_isomiddinov9008@mail.ru

Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова, г.  
Ташкент, Республика Узбекистан

### **Научный руководитель:**

*профессор кафедры «Гидрогеология и геофизика»*

*Ташкентского государственного технического университета им. И. Каримова,  
д.г.м.н Умурзаков Р.А.*

**Аннотация.** В работе приводится аналитический обзор научных работ по геологии, структуре, минерализациям, типам оруденений района Каратюбинских гор. Приводится описание различных аспектов связи оруденения с геологическими показателями, особенности геологической структуры, структурно-тектонических элементов района исследований как по геологическим данным, так и данным дешифрирования космических снимков. Составлена схема основных разломных зон, отмечена их роль в формировании современной структуры района, необходимость концентрации исследований по выделению деформационных зон разных возрастов и этапов, а также прослеживания глубинных корней интрузий.

**Ключевые слова:** геологическая структура, оруденение, полезные ископаемые, вольфрам, поисковые критерии, минерализация, разломы

Каратюбинские горы составляют западную оконечность Зарафшанского хребта Южного Тянь-Шаня. Интерес к этому району проявляется в связи с перспективностью обнаружения здесь промышленных скоплений полезных ископаемых, в том числе марганцевого, золото-редкометалльного и вольфрамового оруденений. Большую часть геологического разреза в этом районе представляют магматические породы позднего палеозоя, с процессами образования которых связывается формирование разнообразных рудных проявлений. К настоящему времени вопросы рудоносности разрезов рассматриваемого района изучены фрагментарно. Отдельные публикации посвящены описанию особенностей рудопроявлений гор Чаकылкалян (восточнее) [1], Джамской площади – западная часть Каратюбе [2], южным склонам Каратюбе (Дауташ) [3].

Целью настоящей работы является обзор и анализ публикаций, посвящённых геологическому строению территории в связи с исследованиями поисковых структурно-геологических критериев размещения вольфрамового оруденения. В опубликованных работах уделяется важное значение геолого-структурной позиции рудных полей, определяя её (позицию) как поисковый критерий [4]. В этой работе Х.А. Акбаров отмечает, что поиски промышленных месторождений и рудных полей «... должны опираться, в первую очередь, на литологические, структурные и магматические критерии, поскольку именно они определяют позицию и масштаб оруденения в данной геологической обстановке» [4, с.18]. На основе данных Х.А. Акбарова наибольшее число (около 50,49 %, табл.1) рудных полей и месторождений в Тянь-Шане сосредоточено в образованиях среднедевон-нижнекарбонного возрастного интервала (D<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>).

Было установлено, что большинство промышленных рудных полей и месторождений в пределах Тянь-Шаня сосредоточены в карбонатной, контактово-метаморфической, вулканогенной формациях (табл.2). Вместе с тем известно, что вольфрамовые, олововольфрамовые месторождения связаны с гранитным магматизмом и относятся к



скарновым, грейзеновым и гидротермальным образованиям, в которых минералам вольфрама сопутствуют кварц, слюды, полевые шпаты, топаз, турмалин при небольших концентрациях сульфидов [5,6].

Особое значение на условия формирования оказывают химические и физико-механические свойства рассматриваемого элемента. Как известно, вольфрам как химический элемент характеризуется уникальными свойствами. Это металл светло-серого цвета, один из самых тяжелых и тугоплавких элементов земной коры. Имеет высокую плотность (19,3 г/см<sup>3</sup>) и устойчивость к плавлению (температура плавления около 3410°C, температура кипения 5900° С) [7]. Он также устойчив к воздействию соляной, серной и плавиковой кислот. Лишь растворяется в азотной кислоте и в «царской водке», образуя вольфрамовую кислоту. Следует также учитывать такое его качество, как проявление кислотных свойств при высокой валентности, и основных - при низкой [7].

Таблица 1 – Распределение типов рудных полей Тянь-Шаня по структурным этажам и урусам (по Х.А. Акбарову, 2004)

Возраст	Этаж	Цикл	Рудные поля и месторождения				Всего (%)
			склад-чапые	раз-рывные	контак-товые	комбини-рованные	
P-T <sub>1</sub>	Средний	Герци-нский	0,99	6,93	0,99		8,91
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>			1,98	5,94	5,94	0,99	14,85
D <sub>2</sub> -C <sub>1</sub>			16,83	10,89	16,83	5,94	50,49
D <sub>1</sub>	Нижний	Каледе-нский	5,94	11,88	4,95	2,98	25,75
O-S <sub>2</sub>							
PR							
Всего %			25,74	35,64	28,71	9,91	100

Таблица 2 – Данные по относительной рудоносности геологических формаций Тянь-Шаня (по Х.А. Акбарову, 2004)

Формация	Площ. (тыс. км <sup>2</sup> )	Количество месторожд.-й (Б) и рудоироявл.-й (В), шт.		Запасы руд промышлен.-х категорий, %	Удельная рудоносность		Удельная рудоносность
		А	Б		В	Г	
Сланцевая	5,51	4	165	0,005	0,72	29,94	0,00
Карбонатная	23,19	44	443	21,42	1,85	19,10	0,92
Карбонатно-терригенная	10,26	8	121	1,41	0,77	11,79	0,13
Терригенная	11,99	-	321	-	-	26,77	-
Вулканогенная	7,08	15	581	13,94	2,11	82,06	1,96
Интрузивная	55,27	14	937	5,03	0,253	16,95	0,09
Контактово-метаморфическая	0,38	18	-	58,19	4,7	-	1,53
Всего	113,68	103	2568	100			

Имеются данные [5], что соединения вольфрама низких валентностей неустойчивы, и известны только в виде летучих галогенидов. В соединениях с кислородом вольфрам может находиться в нескольких валентных состояниях. Он более устойчив в состояниях высшей валентности. Считается, что вольфрам мало распространен в природе. Известно около 15 собственных минералов, из которых большинство вольфраматы. Наиболее важными из них являются *вольфрамит* (Fe, Mn) WO<sub>4</sub> (разновидности: ферберит, гюбнерит) и *шеелит* (CaWO<sub>4</sub>) [7]. Месторождения вольфрама в пределах территории Узбекистана, сосредоточены, в основном, в Южном Тянь-Шане в пределах Нуратинских, Зирабулакских,

Каратюбинских и Чапылкалянских гор и представлены в контактовых скарново-шеелитовых формациях.

В геологическом строении Каратюбинских гор преимущественное участие принимают интрузивные комплексы среднего и позднего карбона, ранней перми. Наибольшее распространение имеют интрузивы Каратюбе-Зирабулакского комплекса ( $\gamma$ - $\gamma$   $\delta C_3$  kz), представленные адалелитами, гранитами, местами кварцевыми сиенитами и грано-сиенитами, а также Кетменчинского комплекса ( $\gamma C_3$ -P1k), представленные двуслюдяными гранитами и лейкогранитами.

Осадочные и осадочно-метаморфические образования встречаются в северном, и юго-западном обрамлении гор. В основном это известняки и доломиты нижнего девона (хазретдадутская и мадмонская свиты), кремнистые, кремнисто-карбонатные акбасайской свиты, а также терригенные отложения маргузарской свиты. Помимо них в геологическом строении также участвуют нижнесилурийские углисто-слюдистые сланцы, алевролиты, прослой кремнистых сланцев и известняков атбакарской свиты ( $S_1$ ?at) и толщи известняков, доломитов, кремнисто-карбонатных пород букчақыртауской и макридской свит нижне-верхнего силлура ( $S_{1-2}$ ).

В северных склонах Каратюбинских гор осадочно-метаморфические образования обнажаются неширокой полосой широтного простирания от долины руч. Сарыкуль к востоку на склонах к северу от Ингичка-Бола, верховьев сая Сазаган. Восточнее наблюдаются отдельные их фрагменты в небольших суходолах и водораздельных частях к востоку от Теракуль, в долине ручья Агалык. Слои сильно деформированы, разбиты серией трещин и разрывов на блоки разных размеров.

В западной части Каратюбе известняки и доломиты нижнего девона обнажаются к востоку от кишлака Джам, юго-западнее населённого пункта Ибраимата, слагая преимущественно склоновые части горных возвышенностей. Исследования И.В. Королёвой, В.Д. Цой и др. [2] показывают, что для этой части рассматриваемого района характерно интенсивное проявление контактово-метаморфического процесса. Здесь ими обнаружены скарновые образования в зоне контакта известняков с гранитоидами, а также подвергнутые ороговикованию алевросланцевые толщи и мраморизованные известняки.

В юго-западной части Каратюбе, осадочно-метаморфические образования нижнего девона, и местами силлура протягиваются под небольшим юго-восточным углом относительно неширокой полосой через седловину междуречья Джам – Талакуль вплоть до н.п. Талакуль.

Для описываемого района характерна блоковая и складчато-блоковая структура. Крупные блоки определяются границами интрузивных образований, которые представляются разрывными нарушениями различного типа. Для большинства из них характерно условие сжатия [8], что свойственно взбросам, надвигам и сдвигам. Взбросовые элементы наблюдаются в северной и южной части в зоне перехода от поднятий к впадинам. На рисунке 1 приводится схема основных геологических структурных неоднородностей района. Каратюбинская структура (I) представляет собой крупное складчато-глыбовое поднятие, ядерная часть которой выполнена, в основном, интрузивными образованиями. Северное и юго-западное крыло складчато-блоковой структуры осложнено разломами, выраженными как в геологических материалах, так и в рельефе. Это свидетельствует о длительности развития деструктивных зон - от раннего палеозоя, когда была сформирована основная сеть разломных зон, и последующей их активизации в новейшее время. В восточной части поднятие по крупной зоне разрывных нарушений сопряжено с Чапылкалянским поднятием (II), которое имеет совершенно другое строение, как в тектоническом, так и формационном плане. Здесь наблюдается резко контрастная, разломно-блоковая, картина с чередованием нешироких вытянутых горстов и грабенов, выполненных осадочно-метаморфическими образованиями палеозоя. На фоне этого проявляются отдельные, узкие грабенообразные впадины, с сохранившимися мезозой-кайнозойскими

отложениями. Несмотря на пестроту и раздробленность, по геологическим признакам легко обнаруживаются разломные зоны новейшего заложения и/или активизации.

На основе анализа материалов дистанционного зондирования Ш.Э. Эргашевым с коллегами [9] на территории Каратюбинских и Чапылкалянских гор выделены четыре геоблока структурной неоднородности (ГСН), которые отличаются фототонном и другими показателями. Не описывая их детально, отметим, что на приведённом рисунке выделенные ими крупные Каратюбинский и Чапылкалянский ГСН приходятся в основном к осевым зонам одноимённых поднятий (I и II, соответственно). Две другие ГСН приходятся к их склоновым частям - северному и южному. В юго-западной части Каратюбе выделены два участка ГСН среднего уровня А и Б (см. рисунок). Северный охватывает Джамскую площадь, где были отмечены контактовые зоны скарнирования и мраморизации. Эта площадь считается перспективной для обнаружения промышленных руд. Южный ГСН (Б) соответствует относительно небольшому блоку интрузии Каратюбе-Зирабулакского комплекса ( $\gamma$ - $\gamma$   $\delta C_3$  kz), представленной адамелитами и гранитами.

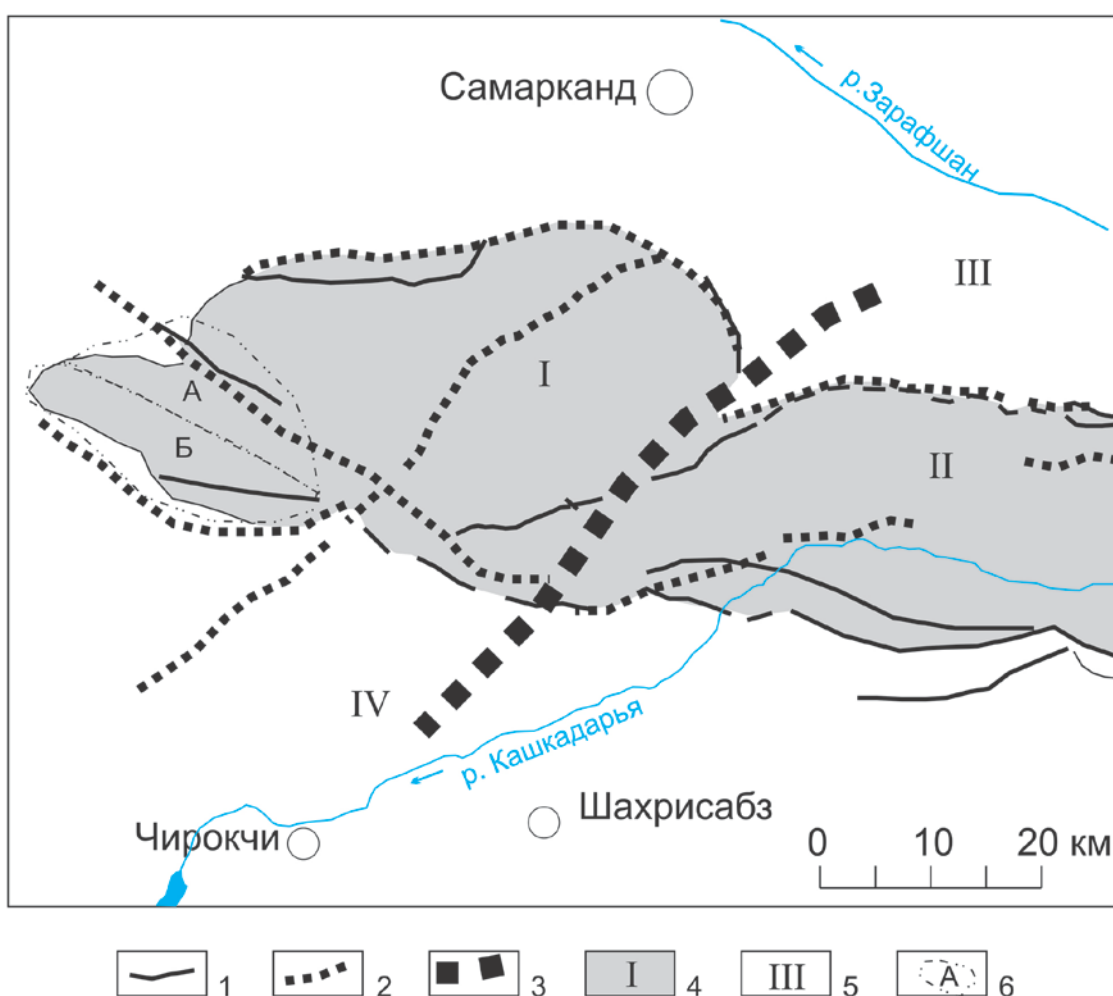


Рисунок 1 – Схема основных геологических структурных неоднородностей западной части Зарафшанского хребта (составили Р.А. Умурзаков, Ё.Я. Исомиддинов)  
 Условные обозначения: 1 – разрывные нарушения, отражённые в геологических картах; 2-региональные разрывные нарушения выраженные в рельефе; 3 – зона глубинного разлома (Западно-Тяньшанская ФРЗ); 4- поднятия (I-Каратюбинское, II- Чапылкаляньское); 5-впадины (III-Зарафшанская, IV-Кашкадарьинская); 6-геоблоки структурной неоднородности среднего порядка (по Ш.Э. Эргашеву и др, 2010).

Каратюбинское и Чакилкалянское поднятия с севера граничат с Зарафшанской (III) впадиной, а с юга с Кашкадарьинской (IV). Для общего понимания особенностей тектонического развития, и характера глубинной структуры исследуемого района полезную информацию можно получить на основании анализа результатов геофизических работ по отмеченным приграничным впадинам. Одним из таких исследований является работа О.П. Мордвинцева и Е.А. Сидоровой [10]. Ими получена геоплотностная модель глубинного строения земной коры Зарафшанской впадины по данным МОВЗ. Мощность осадочного чехла меняется в пределах от 0 до 3,2 км (в среднем 500÷600 м). Условно выделены верхняя и нижняя кора, граница между которыми проходит на глубине 20÷22 км [10]. Поверхность Мохо погружается на восток от 40 до 43,5 км. Здесь выделяется переходная зона Мохо ( $\sigma_{эф} = 3,10 \text{ г/см}^3$ ), мощность её увеличивается в восточном направлении - от 3,5 до 5 км. Авторы отмечают разнородное строение верхней коры (глубже кровли кристаллического основания), где выделены геоблоки с размерами (10÷50 км) и эффективной плотностью ( $\sigma_{эф} = 2,62\div 2,90 \text{ г/см}^3$ ). Нижняя кора отличается более выдержанным строением, фиксируется общее нарастание плотности с глубиной – от 2,9 до 3,1 г/см<sup>3</sup>. Размеры выделяемых геоблоков – 50-90 км, мощность – от 3 до 11 км [10].

Верхняя часть разреза более спокойная, залегание палеозойских образований монотонное. Они представлены преимущественно карбонатными, терригенно-карбонатными и метаморфическими комплексами ( $\sigma_{эф} = 2,68\div 2,72 \text{ г/см}^3$ ) при обилии интрузивных тел кислого состава (граниты  $\sigma_{эф} = 2,56\div 2,6 \text{ г/см}^3$ , гранодиориты  $\sigma_{эф} = 2,6\div 2,64 \text{ г/см}^3$ ). Следует отметить, что интрузии здесь располагаются вблизи кровли кристаллического основания. Мощность их достигает 5-5,5 км, горизонтальные размеры до 40 км. Тела повышенной основности в разрезе практически не картируются, за исключением небольшого объекта предположительно среднего состава ( $\sigma_{эф} = 2,72 \text{ г/см}^3$ ) с горизонтальными размерами до 6 км и мощностью около 1 км [10].

Как видно, из аналитического обзора геологические и геофизические материалы позволяют создать определённую картину геологического строения изучаемого района как верхней части разреза, так и больших глубин. Однако, чтобы получить детальную картину строения рудного поля Каратюбе, прослеживания корней интрузий на глубину данных пока недостаточно. Необходимы исследования, направленные на детализацию верхней и средней части разреза непосредственно в описываемом районе.

Таким образом, в заключении можно сделать следующие выводы:

1. К настоящему времени установлено, что сосредоточение месторождений и рудных полей зависит от структурных и структурно-формационных факторов;
2. В геологическом строении Каратюбинского района основное место занимают интрузивные образования, что определяет перспективность поисков месторождений, генетически связанных с магматизмом, что находит подтверждение по выявленной минерализации в отдельных площадях района исследований.
3. Выделена основная сеть региональных разломов, играющих структуро-контролирующую роль направленного развития района: имеют место древние зоны разломов – представленных контактовыми зонами интрузии с вмещающими образованиями, которые активизировались в новейшее время и определили складчатую-блоковую структуру района.
4. Для получения более полной картины по геологической обстановке необходимо концентрировать исследования по выделению деформационных зон разных возрастов и этапов развития района.

## Литература

1. Мирусманов М.А. Геолого-генетическая модель комплексного золото-вольфрамового оруденения северного склона Чакилкалянских гор // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2010. № 4. С. 27-30.

2. Королева И.В., Цой В.Д., Пьянов С.Н., Ким М.А., Ким Л.А. Минералого–геохимические особенности руд Жамской перспективной площади // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2012. № 1. С. 21-29.
3. Диваев Ф.К., Фёдоров Е.Г. Геологическое строение генезис и перспективы Дауташского месторождения марганца (Южный Узбекистан) // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2014. № 6. С. 23-32.
4. Акбаров Х.А. Геолого-структурные позиции рудных полей и месторождений Тянь-Шаня. Позиции как поисковые критерии // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2014. № 5. С. 18-28.
5. Апельцин Ф.Р. Вольфрамовые месторождения, критерии их поисков и оценки. М.: Недра, 1980. 255 с.
6. Усманов Ф.А., Кустарникова А.А., Воронич Т.М., Михайлов Ю.В., Смирнова С.К., Бабаджанов А.А., Усманов А.И. Металлогения ведущих металлов Узбекистана на геодинамической основе: редкие, чёрные и радиоактивные металлы // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2008. № 4. С. 20-30.
7. Санакулов К.С., Мухитдинов Б.Ф., Хасанов А.С. Химические элементы, свойства, получение, применение. Ташкент: Turon zamin ziyo. 2016. 494 с.
8. Умурзаков Р.А. О реконструкции палеотектонических напряжений отдельных этапов альпийской истории Западного Тянь-Шаня // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Материалы 5-го Междунар. симп. (г. Бишкек, 19-24 июня 2011 г.). Т.1. Бишкек: НС РАН. 2012. С. 127-133.
9. Эргашев Ш.Э., Зокиров О.Т. Космоструктурные особенности строения Каратюбе–Чакилкалянских гор // Геология и минеральные ресурсы. 2010. № 5. С. 12-14.
10. Мордвинцев О.П., Сидорова Е.А. Некоторые особенности строения земной коры Зарафшанской впадины // Геология и минеральные ресурсы. 2012. № 3. С. 39-42.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОРЫВА ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кенжебаев Т.П.

jgmp1305@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях  
Кыргызско-Российского Славянского университета,  
д.т.н., проф. Осмонов Ы.Д.*

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена вопросам возможного прорыва высокогорного озера, защите населения от последствий чрезвычайных ситуаций на территории КР путем моделирования поднятия уровня воды в реке Нарын.

**Ключевые слова:** высокогорные озера, уровень воды, прорывоопасность.

Территория Кыргызской Республики в значительной мере подвержена воздействию селевых и паводковых процессов. В среднем ежегодно в республике происходит около 70 чрезвычайных ситуаций, связанных с селями и паводками, что составляет до 29-30% всех чрезвычайных ситуаций. Селе-паводковым поражениям подвергаются населенные пункты (95% всех населенных пунктов республики находятся на берегах или конусах выноса рек или временных водотоков), транспортные коммуникации, сельхозугодия, гидротехнические, ирригационные сооружения и другие объекты.

Большая часть рек Кыргызстана формируется в горах, получая основную часть питания за счет таяния ледников и снежников, в меньшей степени от атмосферных осадков и подземных вод. Режимы рек определяются высотным положением водосборов, их ориентацией, степенью увлажнения. Условно выделяются следующие типы рек:

*Реки ледниково-снегового питания.* К ним относится большинство рек в бассейнах р. Чу, оз. Иссык-Куль, р. Тарим, р. Кызыл-Суу (бассейн реки Аму-Дарья), р. Талас, верховье р. Нарын, реки Ферганской долины, стекающие с северных склонов Алайского и Туркестанского хребтов. Это реки высокогорья со средневысшей высотой водосборов более 2,7 км. Половодье на них охватывает теплую часть года с апреля по октябрь месяцы. Наибольшие расходы наблюдаются в июле-августе – период наибольшей интенсивности таяния ледников и высокогорных снегов.

*Реки снегово-ледникового питания.* К ним относится большинство рек в бассейне р. Чаткал, р. Ат-Баши, р. Суусамыр, р. Кекемерен, в среднем течении р. Нарын (Алабуга), реки Ферганской долины, реки Тюп, Жыргалан в бассейне озера Иссык-Куль. Это реки среднегорья с взвешенной высотой водосборов 1,5-2,7 км. Половодье охватывает период с марта по сентябрь. Максимальные расходы наблюдаются в период интенсивного таяния в мае-июне, а иногда летом после выпадения интенсивных ливней.

*Реки снегового питания.* К ним относятся реки Кек-Арт, Яссы, Чангет, Тентек-Сай, Зергер, Донгуз-Тоо (среди рек Ферганской долины). Это реки низкогорья со средневысшей высотой водосборов до 1,5 км. Половодье начинается интенсивно в период весеннего снеготаяния с марта месяца. Наибольшие расходы наблюдаются в апреле-мае месяцах. Катастрофические паводки происходят при выпадении дождей в паводковый период. Для рек снегового питания характерна высокая изменчивость стока, в маловодные

годы он может снижаться на 50% ниже среднего. Характеристика основных рек приведена в приложении 2 табл.1.

Опасные явления на реках связаны с паводками различного происхождения, которые сопровождаются резким повышением уровня воды, приводят к наводнениям, усилению русловых и эрозионных процессов, селевым явлениям, в зимнее время на реках образуются забереги, ледостав, шуга, заторы, которые вызывают затопление прибрежных территорий. Снижение уровня воды в маловодные годы неблагоприятно сказывается на сельском хозяйстве и в гидроэнергетике.

По данным Кыргызгидромета в период с октября по 31 декабря 2016 г. суммарное накопление осадков на большей части территории республики оказалось в пределах и больше нормы и составило 125-290%. Превысили прошлогодние значения осадки в бассейнах рек Чу, Нарын, Узан-Акмат Чичкан Кек-Арт Донгуз-Тоо и Кызыл-Суу (Сары-Таш).

Ледовые явления в виде заберегов и шуги будут происходить на реках Чуйского бассейна, Узун Акмат, Чычкан, Падыша Ата, Кегарт и в верховье реки Нарын, на реках Джыргалан, Талас (Ак Таш) – зажоры льда;

- в феврале и на реках Чуйского бассейна – забереги и донный лед, на реках Джыргалан, Нарын, Узун Акмат, Чычкан и Падыша Ата – забереги, на реке Талас (Ак Таш);

- в марте в верховьях реки Нарын – забереги и шуга, на реках Джыргалан и Талас (Ак Таш) - забереги.

Водность большинства рек республики установится выше нормы. Повышенный сток возможен на реках в бассейнах рек Чу, Нарын, Узан-Акмат Чичкан Кек-Арт Донгуз-Тоо и Кызыл-Суу (Сары-Таш).

В паводковый период селевая деятельность будет связана с ливневыми дождями и отметится на большинстве рек юга республики в Ошской, Джалал-Абадской и Баткенской областях.

**Прорывоопасные высокогорные озера** приурочены к ледниковым зонам на высотах от 3200 до 4500 метров. Отличительной особенностью данных озер является возможность прорыва их плотин, образование прорывного потока.

По степени прорывоопасности выделяются следующие категории озер:

- озера первой категории – наиболее опасные. Озера находятся на стадии прорыва, и требуется проведение защитных и профилактических инженерных мероприятий для предупреждения катастрофических последствий прорыва;

- озера второй категории – опасные. Озеро приближается к стадии прорыва, но непосредственной угрозы нет. На данном этапе проводятся режимные наблюдения;

- озера третьей категории – менее опасные. Озеро имеет предпосылки к прорыву в будущем, но в настоящее время оно безопасно и должно обследоваться визуально;

- в четвертую категорию опасности попадают озера, уже прошедшие в своем развитии прорывоопасную стадию. Но они еще сохранили значительный объем воды и при кардинальных изменениях природных условиях (землетрясении, обвале и оползании горных склонов, селевых потоках) могут снова стать прорывоопасными.

В настоящее время перечень прорывоопасных озер включено 323 озера, из них 17 отнесено к первой, 35 – ко второй, 221 - к третьей, 50- к четвертой категории опасности.

Прорывоопасность горных озер зависит от ряда факторов, обуславливающих развитие озер. Наиболее важными критериями прорывоопасности озера являются следующие:

-Тип озера. Наиболее прорывоопасными являются морено-ледниковые озера. Из них наиболее опасными являются озера внутриморенных депрессий, затем озера термокарстовых воронок. Наименее прорывоопасные - ригельные озера.

-Характер наполнения – ежегодное увеличение объема озера повышает его прорывоопасность.

-Характер стока – озера, имеющие поверхностный сток менее опасны, чем озера с подземным стоком.

-Положение языка ледника - спадающий в озеро язык характеризует повышенную прорывоопасность.

-Активность термокарстовых процессов (на поверхности морено-ледникового комплекса проявляются в виде просадочных воронок, западин, трещин отседания) - чем их проявления интенсивнее, тем выше прорывоопасность.

-Условия питания озера – в частности площадь водосбора талых вод ледника.

При изменении условий, например, резкого увеличения температуры (подъем нулевой изотермы) и последующего протаивания плотин, выпадения атмосферных осадков, землетрясения (нарушение устойчивости плотин, отрыв языка ледника и др.) прорывоопасность резко возрастает. Горные озера, обладающие более устойчивыми грунтовыми плотинами, в отличие от периодически оттаивающих в теплые и жаркие сезоны года моренно-ледниковых плотин, представляют риск прорыва при разрушении их сильными землетрясениями.

Высокогорное прорывоопасное озеро, расположенное в верховьях горной долины, говорит о повышенной её селеопасности. Другим фактором, влияющим на селеопасность долины, является наличие в ней селевых очагов, которые отличаются значительными уклонами и скоплением рыхлообломочных неустойчивых к размыву материалов. Когда прорывной поток достигает селевых очагов, происходит обогащение потока твердым материалом и происходит трансформация потока в мощный селевой поток повышенной плотности, при этом расходы увеличиваются с десятков до сотен и тысяч кубометров в секунду.

Анализ причин наиболее сильных паводков позволяет сделать вывод, что они происходят, когда достаточно мощный селевой поток перекрывает основное русло. Прорыв этого затора вызывает еще более мощный паводок опасный для нижележащих территорий.

Оценка изменений степени прорывоопасности горных озер Тянь-Шаня. На территории Кыргызстана зафиксированы случаи опасных прорывов горных озер, которые причинили какой-то ущерб и были замечены местным населением. В основном были прорывы озер морено-ледникового типа, только в одном случае прорвалось озеро завально-обвального типа – озеро Яшилькель. Таким образом, на изменения климата наиболее активно реагируют озера ледникового и морено-ледникового типа. Это обусловлено, прежде всего, деградацией современного оледенения, с которой связано проявление трех факторов, влияющих на образование и развитие озер, в том числе и на опасность их прорывов.

Первый фактор. Это деградация современного оледенения. На месте отступивших ледников появляются новые озера, например, за период с 1977 по 2014 год на морено-ледниковом комплексе Адыгене появилось 9 новых озер. С ростом количества морено-ледниковых озер увеличивается степень их прорывоопасности.

Второй фактор. Таяние погребенных льдов. Термокарстовые процессы в условиях деградации ледников значительно активизировались. Так, например, на плотине озера **Петрова** появляются новые термокарстовые воронки, которые расширяются и превращаются в заливы большого озера. Термокарстовые процессы формируют подземные каналы стока, через которые происходят прорывы озер. Кроме этого, они же способствуют закупорке этих каналов, что является причиной накопления воды в озере и последующего её прорыва.

Третий фактор. Увеличение количества нестационарных озер. Закупоркой каналов стока обуславливается формирование так называемых нестационарных озер. Это озера, вода в которых появляется эпизодически, в периоды закупорки каналов стока. Типичным представителем нестационарных озер является озеро Тезтор. Оно было наполнено в периоды 1988, 1995, 2003-2004 и 2010-2012 годы, а в период 1996- 2001гг. его заполнение составляло 20-30% от максимального. После последнего прорыва в 2004 году ванна озера оставалась сухой до 2010 года, затем началось его наполнение в 2010, 2011 и 2012 годах, которое



продолжалось до 31 августа 2012 года. В этот день объем наполнения озерной ванны стал критическим и составил около 100 тыс.м<sup>3</sup>. В 8 часов утра открылся подземный канал стока, находящийся на дне озера, озеро опорожнилось подземным путем. Ванна озера Тезтор остается сухой, но тело морено-ледникового комплекса пронизано разветвленной сетью подземных каналов стока. В процессе таяния погребенных льдов они могут вновь открыться.

В 1998 году произошел прорыв озера Аллаудин в долине реки Шахимардан, который был катастрофическим. Озеро Аллаудин также не является стационарным. Оно уже наполнялось в прошлые времена и прорывало. В 1978 года его объем достигал 200 тыс.м<sup>3</sup>. Его прорыв в 1998г был особенно катастрофическим вследствие того, что подземный прорыв после просадки кровли плотинной перемычки перешел в поверхностный.

Изменение состояния озер может происходить в течение довольно короткого периода времени. Озеро Четинды-Джер-Уй в верховьях левого притока реки Джер-Уй до 2013 года имело небольшой объем, но погодные условия 2012-2013 года, в основном резкое повышение температуры воздуха, привели к увеличению объема озера и его прорыву 15 августа 2013 года.

В 77% случаев прорывов это были нестационарные озера морено-ледникового типа. Следовательно, нестационарность морено-ледниковых озер, становится важным фактором их прорывоопасности.

Таким образом, каждый из вышеприведенных факторов влияния на формирование и развитие морено-ледниковых озер говорит о возрастании степени их прорывоопасности в условиях современного изменения климата. Следовательно, в ближайшие годы следует ожидать появление новых прорывоопасных озер и прорывы старых уже существующих горных озер.

В 2014 году Министерством чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики с целью искусственного понижения уровня прорывоопасного озера Адыгыне Приледниковое были выполнены работы с применением сифонной установки. Данная установка создавала расход 16 л/сек и проработала в течение одного месяца. При работе установки велись наблюдения за уровнем и температурой воды в озере. Опыт применения данного метода показал возможность его использования в определенных условиях, однако отрицательным моментом оказалась недостаточная производительность сифона, приток в озеро превышал её в несколько раз.

На карте-схеме прогноза селевой опасности и прорыва высокогорных озер выделены следующие территории: I степени селевой опасности - с возможным проявлением катастрофических селей и паводков, превышающих расходы более 1000м<sup>3</sup>/сек, II степени селевой опасности с возможным проявлением селей с расходами от 100 до 1000м<sup>3</sup>/сек, III степени селевой опасности с возможным проявлением селей расходами от 10 до 100м<sup>3</sup>/сек, IV степени селевой опасности с возможным проявлением селей до 10м<sup>3</sup>/сек (рис. 2.4).

В 2010-2016гг. МЧС было организовано проведение аэровизуальных обследований части высокогорных озер на территории Чуйской, Иссык-Кульской, Таласской, Нарынской, Ошской и Баткенской областей с участием специалистов Департамента мониторинга, Кыргызгидромета, Института водных проблем НАН КР, Кыргызской комплексной гидрогеологической экспедиции, ЦАИИЗ, результаты которых использованы в данном прогнозе.

В целях обеспечения прогнозирования селевых и паводковых процессов и прорыва высокогорных озер разработан, издан и внедрен в качестве нормативного документа "Порядок определения зон паводкового и селевого поражения при прорывах горных озер на территории Кыргызской Республики" (СПКР 22-102:2001).

Режим снеготаяния 2016 года обусловил позднее поднятие на высоты от 3 до 4 тысяч метров линии снеготаяния. Ежегодная норма снеготаяния отстала от среднегодовой. В 2017 году объем снега и льда на этих высотах повышенный. При обычном режиме снеготаяния

(приближенный к среднегодовому режиму) ожидается повышенный сток, который может с повышенной долей вероятности привести к прорывам высокогорных озер.

Прогноз селевой и паводковой опасности служит основой для принятия превентивных мер, включающих строительство защитных инженерных сооружений, рациональную застройку и планировку населенных пунктов, лесомелиоративные мероприятия, очистку русел рек, систем водоотведения и ирригации, организацию служб наблюдения и оповещения.

### **Литература**

1. Айтиалиев А.М, Ажыбаев Т.А., Матазимов И.Т. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории КР. Бишкек. 2017. 570 с.

## СТРУКТУРА ПОДДВИГА ПОВЕРХНОСТИ МОХО В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ТАРИМСКОЙ ПЛИТЫ И ТЯНЬ-ШАНЯ

Малосиева М.Т.

malosieva.rita@mail.ru

Институт сейсмологии Национальной академии наук КР,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Заведующий лабораторией геофизических методов изучения сейсмоопасных зон*

*Института сейсмологии НАН КР,*

*д.ф.-м.н. Погребной В.Н.*

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования структуры поверхности Мохо в зоне сочленения Тарима и Тянь-Шаня. Используя корреляционную зависимость между величинами аномального гравитационного поля и глубинами поверхности Мохо, показано, что поверхность Мохо монотонно углубляется с юга на север, подтверждая существование поддвига Таримской плиты под горные сооружения Тянь-Шаня.

**Ключевые слова:** аномальное гравитационное поле, глубины поверхности Мохо, Таримская плита, горные сооружения Тянь-Шаня, сейсмическая съемка, взрывные источники.

В 2007-2008 годах был выполнен международный проект «MANAS», в котором рассматривалась территория Центрального Тянь-Шаня в полосе меридиана 75-76° Е (трансект MANAS) от озера Сонкуль до китайского города Кашгар [1]. В его программе предусматривалось проведение сейсмических исследований вдоль трансекта на основе применения многоволновых сейсмических работ с использованием взрывных источников по системе многократных перекрытий.

В результате реализации проекта при участии ученых из России, Кыргызстана, США и Китая был получен уникальный сейсмический материал, обработка которого позволила уточнить структурное положение основных слоев земной коры и верхней мантии: осадочный слой (чехол), складчатый комплекс (фундамент), кристаллическая кора (верхняя, средняя, нижняя), подошва земной коры. Экспериментальным сейсмическим материалом впервые был подтвержден предполагавшийся ранее подвиг Таримской плиты под складчатые сооружения Тянь-Шаня [1]. Однако более детальная обработка и интерпретация сейсмического материала, выполненная в статье [2], показала, что подошва земной коры, то есть поверхность Мохо, в отличие от вышележащих слоев земной коры, не выделяется сколько-нибудь четкими сейсмическими особенностями для подтверждения поддвига. Поэтому для доказательства того, что структура поверхности Мохо также имеет признаки поддвига Тарима под Тянь-Шань в зоне их сочленения, нами использован другой геофизический метод, а именно - гравиметрический.

Первоначально в качестве основы была составлена карта аномального гравитационного поля ( $\Delta g$ ) в редукции Буге в масштабе 1:1 000 000 по данным наземной [3] и космической [4] съемок. Фрагмент этой карты для зоны сочленения Тарима и Тянь-Шаня представлен на рисунке 1. Здесь видно, что в целом интенсивность аномального гравитационного поля отрицательного знака, представленного в виде карты изоаномал, последовательно понижается с юга на север от "- 160 мГал до "- 320 мГал, четко оконтуривая зону сочленения Тарима и Тянь-Шаня. В этой зоне изоаномалы в основном параллельны друг другу и вытянуты в северо-восточном направлении на всем протяжении зоны сочленения Тарима и Тянь-Шаня за исключением западного участка ( $\varphi = 39^{\circ}20' -$

40°40',  $\lambda = 74^{\circ}30' - 76^{\circ}30'$ ), на котором изоаномалы меняют северо-восточное направление на южное, отражая тем самым уже не зону сочленения Тарима и Тянь-Шаня, а зону сочленения Тарима и Памира. Севернее зоны сочленения характер аномального гравитационного поля резко изменяется, приобретая мозаичный характер.

Далее воспользуемся выявленной ранее корреляционной зависимостью между величинами аномального гравитационного поля в редукции Буге и мощностью земной коры (глубиной залегания поверхности Мохо) [5, 6].

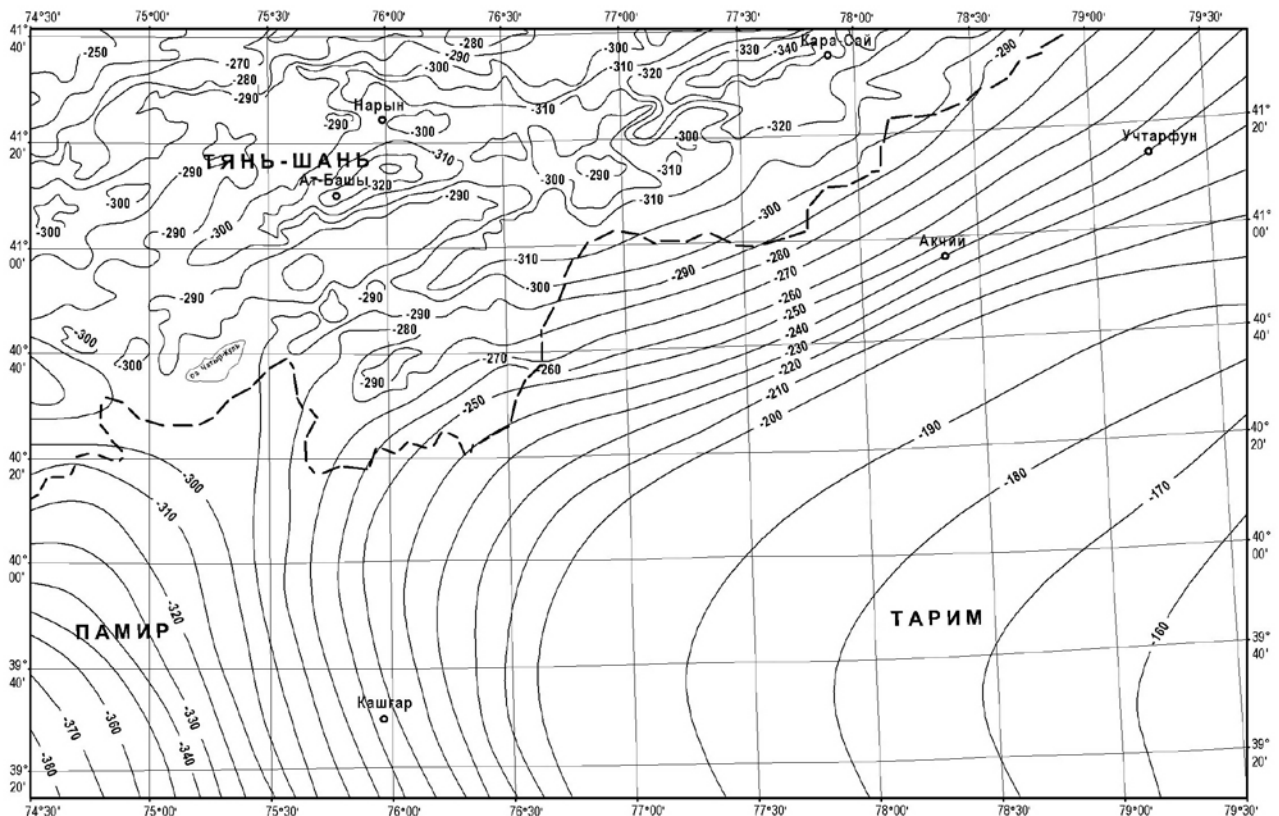


Рисунок 1 – Карта гравитационного поля в редукции Буге по данным космической съемки [3]. Масштаб 1:1000000.

Осредненный график показал, что корреляционная зависимость между величиной гравитационного поля и глубиной залегания поверхности Мохо носит линейный характер. Используя эту зависимость, мы построили карту изоглубин поверхности Мохо для зоны сочленения Тарима и Тянь-Шаня, которая представлена на рисунке 2. Здесь видно, что в силу линейной зависимости карта изоглубин поверхности Мохо повторяет по своей структуре карту изоаномал гравитационного поля (рисунок 1), а именно: изоглубины монотонно увеличивают свои номиналы от глубин "- 54 км на Тариме до "- 66 км на Тянь-Шане. Линии изоглубин также параллельны друг другу и вытянуты в северо-восточном направлении. Для наглядности через зону изоглубин поверхности Мохо проведены 4 профиля вкрест простирания линиям изоглубин, по которым построены графики зависимости глубины залегания поверхности Мохо от расстояния по профилям. Графики приведены на рисунке 3, где по горизонтальной оси отложены расстояния в км, а по вертикальной – глубины залегания поверхности Мохо. Следует отметить, что нулевая точка каждого профиля выбиралась на Таримской плите с учетом северо-восточного направления простирания зоны сочленения. Видно, что на всех четырех профилях поверхность Мохо монотонно увеличивает глубину залегания с небольшим наклоном в сторону Тянь-Шаня (по ПР 1 уклон составляет  $\sim 0,05$ , по ПР2 -  $\sim 0,08$ , по ПР3 -  $\sim 0,07$ , по ПР4 -  $\sim 0,06$ ) от  $\sim 55$  км до  $\sim 66$  км при длине профилей 150 км, наглядно демонстрируя этим подвиг поверхности Мохо под всей зоной сочленения Тарима и Тянь-Шаня.

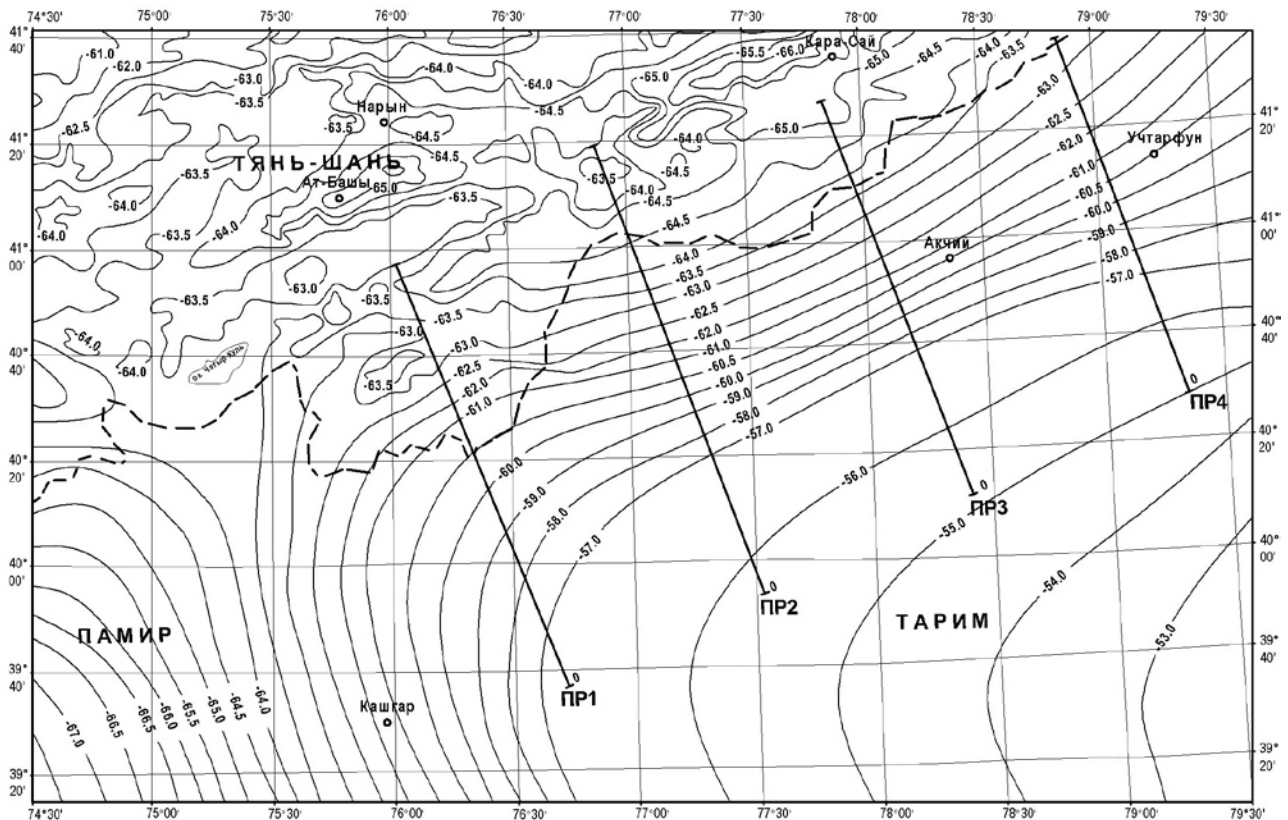


Рисунок 2 – Карта изоглубин поверхности Мохо по данным гравитационного поля.  
Масштаб 1:1000000.

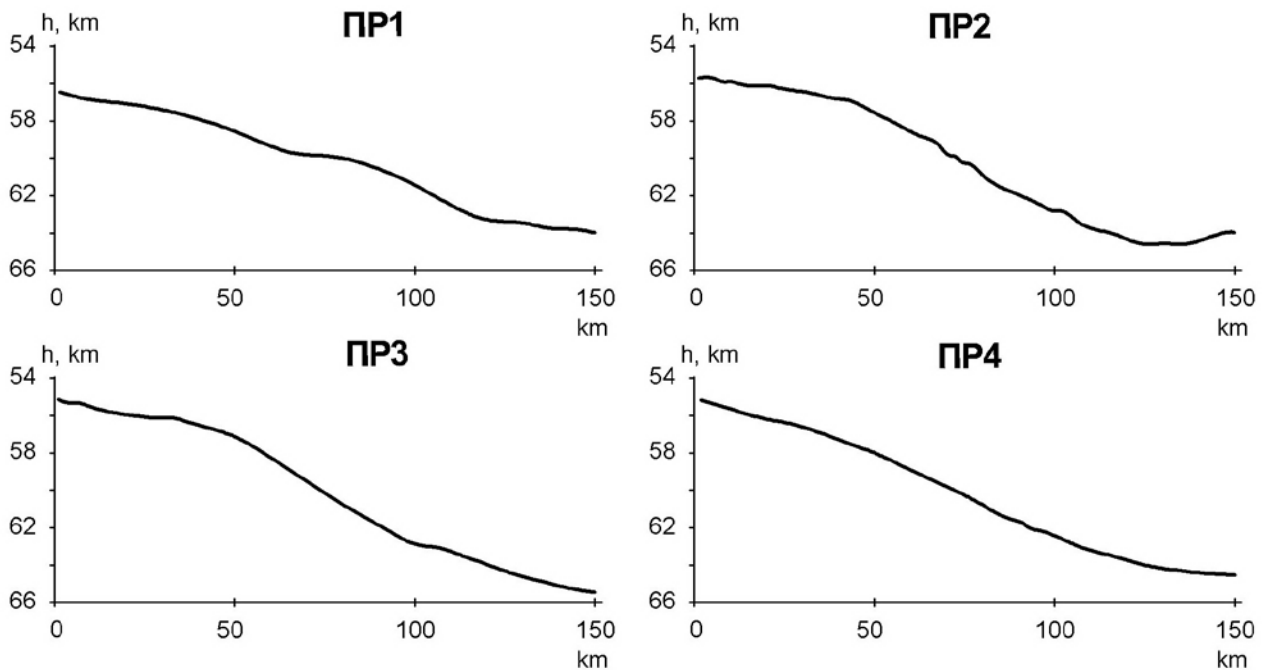


Рисунок 3 – Графики глубины залегания поверхности Мохо по профилям через зону сочленения Тарима и Тянь-Шаня. По горизонтальной оси отложены расстояния по профилям в км, по вертикальной – глубины (h) поверхности Мохо.

Таким образом, на основе использования корреляционной зависимости между величиной аномального гравитационного поля и глубиной залегания поверхности Мохо, показано, что последняя монотонно углубляется от Тарима под Тянь-Шань в зоне их сочленения. Этот результат согласуется с выводами работ [1, 2] о существовании поддвига Таримской плиты под горные сооружения Тянь-Шаня.

### Литература

1. Щелочков Г.Г., Брагин В.Д., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. и др. Трансект «MANAS»: первые результаты обработки и интерпретации данных сейсмических зондирований Центрального Тянь-Шаня // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геологические проблемы. Сб. материалов 4-го междунар. симп. Вып. 4. Москва-Бишкек: ИС РАН. 2009. С. 59-67.
2. Макаров В.И., Алексеев Д.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Беляев И.В. и др. Поддви́г Тарима под Тянь-Шань и глубинная структура зоны их сочленения: основные результаты сейсмических исследований по профилю MANAS (Кашгар – Сонкель) // Геотектоника. 2010. № 2. С. 23-42.
3. Лобанченко А.Н., Маринченко Г.Г. и др. Комплексные геофизические исследования сейсмоопасных районов (территория формируемого Иссыккульско-Чуйского территориально-производственного комплекса) // Отчет. Фонды КГФЭ «Гера». Шопоков, 1988 (рукописный).
4. Farah A., S.H.A. Shah Tectonic scheme of Central Asia and Bourger gravity anomalies // Boll. Geol. Appl., vol. XXV, p. 99-100.
5. Федынский В.В. Разведочная геофизика. М.: Недра. 1967. 672 с.
6. Беляевский Н.А. Строение земной коры континентов по геолого-геофизическим данным. М.: Недра. 1981. 432 с.
7. Погребной В.Н., Гребенникова В.В. Уточнение рельефа поверхности Мохо в Восточной части Кыргызского Тянь-Шаня по гравитационным данным // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Екатеринбург. 2014. С. 195-197.

## РУДОНОСНОСТЬ ВУЛКАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЮЖНО ГИССАРСКОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ ТЯНЬ-ШЯНЬ)

Ошурмамадов А.К.

vulcanite@bk.ru

Таджикский национальный Университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

### **Научный руководитель:**

*Доцент геологического факультета*

*Таджикского национального Университета, к.г.-м.н. Алидодов Б.А.*

**Аннотация.** С пермскими магматическими комплексами Южного Гиссара парагенетически связано разнообразное эндогенное оруденение (Mo, U, Pb, Zn, Cu, Sb, Hg, F, Au, Sn и др.). На основе обобщения и теоретического анализа имеющихся в литературе фактических данных, а также материалов личных исследований. С раннепермским интрузивно-вулканогенным парагенетически связано полиметаллическое, кварцево-сульфидно-гематитовое, кварцево-медно-молибдено-сульфидное, урановое и кварцево-киноварное оруденение.

**Ключевые слова:** уранинит, настуран, корреляция, полиметаллический, вулканизм, диориты

Кислый магматизм имеет исключительно важное значение в формировании значительной части эндогенных рудных месторождений Южно-Гиссарской зоны. В связи с этим вопросы взаимоотношений кислых магматических пород с оруденением постоянно находятся в центре внимания исследователей и обсуждаются в самых разных аспектах, начиная с общегеологических соотношений между ними и кончая поведением рудного вещества в процессе обрзования магматических горных пород и их постмагматической гидротермальной истории. Не претендуя на полноту освещения этой проблемы, в данной главе соотношение оруденения с кислым магматизмом оценивается с позиции пространственно – временной корреляции эндогенного оруденения с различными по составу кислыми породами в ходе развития складчатых областей в различных геодинамических обстановках. Рудоносность вулканогенных комплексов в пределах рассматриваемой территории в целом изучена слабо. Отмечается только общая связь колчеданного, колчеданно-полиметаллического оруденения с каменноугольными вулканоплутоническими ассоциациями ранних стадий развития геосинклинали [2,3,4] и полиметаллической, сурьмяно-ртутной, кварцево – медно – молибденово – сульфидной с раннепермскими орогенными образованиями.

По особенностям геологического строения, в частности, проявлений вулканизма, Южногиссарская зона разделена нами на черыре подзоны: Кштут-Варзобскую (центральную) с широко развитым базальтоидным вулканизмом С<sub>1</sub>; Османталинскую (северную) с каменноугольными кислыми и средними вулканогенными образованиями; Манзоб-Суффинскую (южную), характеризующуюся развитием кислых эффузивов С<sub>1</sub> и Варзоб-Сорбухскую (восточную), отличающуюся преимущественным развитием андезитовидов. Вулканогенные породы каждой из них характеризуются свойственными только им геохимической и металлогенической специализацией.

Кварцево-медно-сульфидная минерализация. Этот тип минерализации впервые выделен и описан Е.Н. Горецкой и Н.К. Морозенко [4]. По данным этих исследователей кварцево – сульфидно – гематитовое оруденение интенсивно проявлено по зонам крупных разрывных нарушений, секущих вулканогенные образования карбона и перми /Боганинский, Шираталинский, Эпидотовый, Кварцевый и другие разломы/. Наиболее характерными

минералами формации являются кварц, карбонаты, пирит, гематит; более редки – галенит, сфалерит, арсенопирит, блеклые руды, алунит; sporadически отмечается киноварь.

Р.Б. Баратовым и др. (1973) по правому борту р. Варзоб, вдоль полосы Шираталинского разлома выделяется Гусхарфская меднорудная зона, содержания меди в отдельных участках которой достигают 5%. На продолжении Гусхарфской меднорудной зоны вдоль полосы Шираталинского разлома, развита минерализация медно-молибденово-сульфидного [1] типа.

Породы интенсивно окислены и первичные реликты ассоциаций не сохранены. В отдельных точках встречаются обогащенные (Mo-до 1,0%, Cu-десятые доли %) гнезда и линзы с медно-молибденовой минерализацией. Единичные знаки проявления минерализации медно-молибденового типа выделяются в верховьях р. Суффа. Известно (Космынин и др., 1968) единственное проявление медно-молибденового минерального типа Ходжабит. Проявление штокверковое, приурочено к интрузии кварцевых диоритов Ходжамафрачского комплекса, перекрытой вулканитами лючобской серии [1].

Распределение проявлений и знаков проявлений на площади развития базальтов к югу и северу от Северного разлома отличаются и особенностями геохимической специализации, различием в характере рудообразования, связанном с блоковым характером тектонических движений района. Основная часть проявлений и знаков проявлений в центральной (к югу от Северного разлома) полосе составляют серии медно-колчеданная, реже колчеданно-полиметаллическая. Наряду с повышенным содержанием меди в меньших количествах встречаются повышенные содержания свинца, цинка, серебра, редко золота. Минерализация вкрапленного, прожилково-вкрапленного типа, приурочена, как правило, к разрывным структурам разных порядков, реже к зонам лимонитизации, березитизации, пропицитизации, развитым и вдоль разрывных структур. Размеры проявлений и знаков проявлений различны по масштабам. Наиболее часто встречаются знаки проявлений в мелких (мощностью до метра, протяженностью первые метры) зонах катаклаза, сопровождающихся окварцеванием, лимонитизацией, часто пиритизацией пород. Значительная часть проявлений и знаков проявлений меди выделяется в виде обогащенных сульфидами участков в мощных (до километра мощностью и до нескольких километров протяженностью) зонах лимонитизации, березитизации, пропицитизации пород. Нередко отмеченные зоны развиваются вдоль контактов базальтов с интрузивными массивами. В них встречаются также участки скарнирования с повышенными содержаниями олова, вольфрама. Наиболее значительные по масштабам и часто содержаниям, проявления приурочены к крупным диагональным структурам северо-западной ориентировки. С Шираталинским разломом связаны проявления меди, свинца (Шираталла), золота (Могайту) участков Варзоб, Ханака, значительное число знаков проявлений меди, свинца, цинка. Наибольший интерес представляет участок Варзоб, на площади которого установлены [3,6] повышенные (до 0,2-3 г/т) содержания золота. На данном участке выделяется серия субпараллельных зон северо-западного простирания. Общая мощность зон катаклаза достигает 150 м. В общей зоне выделяются отдельные участки, прослои интенсивно катаклазированных, ожелезненных, прокварцованных пород. Основная зона прослеживается вдоль контакта толщ базальтов, известняков и зажатых в зонах гранитоидов. Катаклазированные гранитоиды наиболее обогащены рудными минералами меди. Значительная часть их перекрывается элювиально-делювиальными отложениями, в которых петеотложена часть вторичных минералов меди в виде стратифицированного горизонта. Участок требует дальнейшего изучения с применением геофизических работ.

В западной части полосы развития каратагской серии, вдоль диагональной структуры северо-западного простирания, прослеживающейся в долинах рр. Ширкент, Санделдарья, выделяется группа проявлений участка Пашмикуна (Майское, Хальконтитовое), проявление Санда, группа участков проявления Киндык (Перевальное, Северный, Бокситовые, Трубка, жила, Железная Шляпа, участок Гурумсай). Все отмеченные проявления, а также многочисленные знаки проявлений, прослеживающиеся вдоль разрывной палеоструктуры,



имеют медно-колчеданный тип минерализации. Совместно с медью, в повышенных содержаниях встречаются свинец, серебро, цинк. Работами последних лет (Шакин и др., 1981) отмечаются положительные перспективы рудопроявлений Пашмикуна и Киндык.

На правом борту р. Ширкент, в верховьях руч. Хырзхона, практически в той же структуре, выявлен участок Хырзхона. Участок сложен базальтами, андезитобазальтами лябиджойской толщи каратагской серии  $C_{1lb}$ , перекрытыми туфами, кластолавами андезитобазальтов шеркентской толщи савургонской серии ( $C_{2sr}$ ). В юго-западной части участка туфы андезитобазальтов прорываются субвулканическими натриевыми риолитами  $P_{1ch}$ . Рудная минерализация развита в зонах катаклаза, связанных с разрывными нарушениями, рассекающими участок в субширотном направлении. В пределах участка выделяются две зоны катаклаза мощностью 50-140 м, протяженностью до 700-800 м. Вмещающие породы в зонах интенсивно передроблены, лимонитизированы, пиритизированы. В отдельных частях, особенно вблизи с телом риолитов, значительная часть пород милонитизирована. Рудная минерализация вкрапленного, густо-вкрапленного типа. Рудные минералы представлены в основном мелкими (0,1-2,0 мм) зернами пирита. Редко встречаются вкрапленники сфалерита, халькопирита, галенита. Выявлены вторичные минералы меди, свинца (малахит, азурит, скородит). Околорудные изменения выражены серитизацией, карбонатизацией, слабым окварцеванием вмещающих пород. В результате опробования были выделены рудные интервалы мощностью до 6,0 м с повышенными содержаниями  $Cu$ -0,15-0,3%,  $Pb$ - до 0,3%. Изученный участок расширяет перспективы участка Пашмикуна, находящегося севернее. Западнее отмеченной полосы намечается диагональная С-З зоны разломов, ограничивающая западную полосу развития базальтов [6].

Таким образом диагональные разломы, и особенно места их пересечения с региональными субширотными Богаинским, Северным разломами, являются основными рудоконтролирующими структурами.

Кроме того, на площади распространения базальтов каратагской свиты выделяются проявления и знаки проявлений, приуроченные к мелким разрывным нарушениям, сопряженными с региональными разломами. С зоной собственно Богаинского разлома связаны проявления Кошкютан, Богаи, Лябиджой, с Северным разломом и его оперяющим и трещинами Сарбин, Хакими. Все отмеченные проявления медноколчеданные.

Рудопроявление Хакими открыто в 1981 г. Расположено на левом борту р. Каратаг и представляет собой пологопадающую (аз. пад.  $120 \angle 40$ ) зону катаклазированных, милонитизированных, рассланцованных толщ. Мощность зоны 50-70 м, протяженность – 400 м. Рудная минерализация представлена мелкой вкрапленностью пирита, арсенопирита, халькопирита. Из вторичных минералов отмечаются лимонит, малахит.

Выходы лючобской серии в зоне Богаинского разлома (бассейн рр. Арджанак, Суффа, Зачау, Лючоб) отличаются характером минерализации. Значительным развитием здесь пользуются зоны лимонитизации, пиритизации, каолинитизации, связанные с зоной разлома и мелкими разрывными нарушениями, сопровождающимися окварцеванием, карбонатизацией, серицитизацией пород. Мощность зон до одного метра, реже первые метры, протяженность-десятки метров. По трещинам развита обильная вкрапленность халькопирита, халькозина, борнита, ковеллина. Параметры зон минерализации незначительные. В отдельных участках в них отмечаются повышенные содержания меди.

Полиметаллическая и сурьмяно-ртутная минерализация. В породах лючобской серии и их субвулканических аналогах размещены проявления рудной минерализации разнообразного состава. К настоящему времени в них выделяются [6,5] полиметаллическая, сурьмяно-ртутная (за пределами Южногиссарской зоны), золотосульфидная, кварцево-киноварная, кварц-медно-сульфидная, кварц-медно-молибден-сульфидная минерализации.

В основном в поле развития образований лючобской серии, в верховьях рр. Зачау, Суффа, Ханака прослеживаются зоны измененных (лимонитизация, пиритизация, хлоритизация, окварцевание) пород, аналогичные описанным в каратагской и савургонской сериях. Мощности зон-метры-десятки метров, протяженность-до первых сотен метров,

направление северо-западное, реже северо-восточное. Зоны контролируются системами Богаинского и Северного разломов и сопряженных с ними разломами более высоких порядков. С ними связаны знаки проявлений колчеданно-полиметаллической минерализации с содержаниями свинца от десятых долей до 1%, цинка-десятые-сотые доли %, меди – сотые доли редко до 1%.

В пределах Южно-Гиссарского хребта имеется единственное ртутное рудопроявление – Арджанакское /басс. р. Ханака/, приуроченное к туфам и туфолавам липаритовых порфиров Ханакинской свиты  $P_2 - T_1$  в зоне влияния Богаинского разлома. Оруденение представлено бедной вкрапленностью киновари в пиритизированных, каолинизированных и окремненных породах. Практического значения рудопроявления не имеет в связи с небольшими размерами и низким содержанием ртути.

Тяготение ртутного оруденения к площади развития трахиандезитов – трахибазальтов Восточной и Кульджуазакской интрузии позволяет предполагать условно наличие между ними парагенетической связи.

Кварцево-киноварная минерализация. Более отчетливо выражены проявления кварцево-киноварной минерализации. Проявления ртути (Арджанак, Зачау, Суффа) связаны с субвулканическими интрузиями. На рудопроявлениях (Джалилов и др., 1955.; Никитин и др., 1975) вмещающие гранитоид-порфиры интенсивно окварцованы, лимонитизированы, каолинизированы, аргиллитизированы. Киноварная минерализация бедная, тонкорассеянная, наиболее проявлена в баритовых, кварц-диккитовых, кварцевых прожилках сильно перетертых, брекчированных. Зоны минерализации значительной протяженности-первые сотни метров, мощность-первые десятки метров. Содержания ртути низкие (сотые – тысячные доли %).

Распределение элементов в вулканитах лючобской серии отличается от всех ранее охарактеризованных толщ. Наиболее высокие значения имеют молибден (в 2 раза больше кларковых) и серебро. Отрицательно специализированы породы на хром, а в сурхакской толще на хром, ванадий, кобальт. Прямой связи между геохимической специализацией толщ лючобской серии и оруденением не установлено.

Урановая минерализация. Геохимическим критерием, характеризующим генетическую связь оруденения с нижнепермскими кислыми вулканитами района, является наличие урановой минерализации. В Южно-Гиссарской зоне известны урановые минерализации на рудопроявлении Рафиконское, Восточное и Эпидотовое локализованные, главным образом в пределах фельзитовых туфолов  $P_1$ . Распределение оруденения неравномерное, из 4-х рудных зон, условно выделенных нами в нижней части горизонта, наибольшую протяженность (920м) и интенсивность оруденения имеет Основная рудная зона шарово-сферолитовых туфолов, контролируемая пологим нарушением. По простиранию Основной рудоносной зоны на поверхности выделен ряд линз с суммарной длиной 256,7м. Линейный коэффициент рудоносности этой зоны равен с поверхности 27,9%, площадной 9,9%. Длина рудных линз колеблется в широких пределах-от 5 до 110м. Средневзвешенное содержание урана по рудопроявлению в целом равно 0,093%. Урановое оруденение представлено уранинитом, настураном и вторичными урановыми минералами в ассоциации с минералами других элементов, количество которых превышает 70 [5].

Уранинит и настуран образуют правильные тонкие прожилки (от 0,5 мм до 5 см и более), четковидные выделения мощностью до 8см, а также рассеяную вкрапленность в породе величиной от долей мм до нескольких см.

Среди минералов, сопровождающих урановые минералы, наибольшее развитие имеют: хлорит, гематит, кварц, кальцит, флюорит, блеклые руды, сульфиды железа, мышьяка, меди, кобальта образующие, как правило, рассеянную вкрапленность в породе. *Рудопроявление Восточное* расположено восточнее горы Такабош и рудопроявления Рафикон. В геологическом строении рудопроявления принимают участие все горизонты вулканогенной толщи нижней перми. Собственно, рудные участки приурочены к Рафиконскому горизонту.

Отличительной чертой строения его является отсутствие четко выраженного шарового сложения в основании туфолав.

В нижней части Рафиконского горизонта, вблизи его основания, прослеживается пологий межпластовый разрыв, падающий на запад под углом 20-50°. От него в различных местах отходят более крутые трещины оперения. По разрыву наблюдаются выделения кварца, кальцита, иногда минералов урана в ассоциации с минералами железа. Урановое оруденение локализуется в различных частях Рафиконского горизонта, в сферолитовых фельзатах основания вдоль пологого разрыва участка. Восточное гнездо приурочено к трещиноватой зоне в красных фельзитах с гамма-активностями 200-500гамм. Оруденение представлено лимонитом, урановыми чернями, уранофаном, образующим корочки мощностью до 0,3мм. По данным опробования размеры гнезд до 5,2 м, содержание урана 0,57%. *Рудопроявление Эпидотовое* расположено в верховьях сая Эпидотового. Гамма-аномалии приурочены к средней части фельзитовых туфолав Рафиконского горизонта, отмечаясь на большой площади. Большей частью гамма-активность не превышает 100-200гамм, но в отдельных точках достигает 500-1000 гамм.

Левобережный участок рудопроявления контролируется крутопадающей зоной дробления север-северо восточного простирания, вдоль которого выделяются четыре зоны гамма-аномалии со значениями в 100-600 гамм и ряд более мелких.

Правобережный участок контролируется пологим нарушением, падающим на юго-восток и пересеченным рядом крутопадающих трещин с гематитом, кварцем. Вдоль него выделяются пять гамма-аномалий от 200 до 500 гамм. Содержание урана в пробах достигают 0,030-0,033%.

### Литература

1. Баратов Р.Б., Горецкая Е.Н., Щукин С.И. Дацил-липаритовая формация Южного Гиссара. Душанбе: Дониш. 1973. 132 с.
2. Баратов Р.Б., Мельниченко А.К., Дусматов В.Д., Акрамов А.Н. и др. О раннепермской дацил-липаритовой формации Зеравшано-Гиссарской зоны (Южный Тянь-Шань) // Докл. АН ТаджССР. 1974. Т. 17. № 6. С. 30-33.
3. Левиков В.С. О новой находке полиметаллической минерализации пермского возраста на Южном Гиссаре // Докл. АН Тадж ССР. 1977. Т. 20. № 12. С. 37-41.
4. Литвиненко К.И., Месхи А.М., Афиногенова Л.Н. Альпийский магматизм и металлогения Таджикистана // Закономерности размещения полезных ископаемых. М., 1961. Т. 7. С. 370-381.
5. Ошурмамадов А.К. Геохимия кислых вулканитов лючобской серии и ассоциирующихся с ними гранитоидов // Наука и инновация. Душанбе. 2017. № 2. С. 166-170.
6. Щукин С.И. О возможности применения коэффициента окисленности железа для классификации вулканогенных пород // Геохимия. 1963. № 8. С. 759-766.

## РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА БОРНОЙ КИСЛОТЫ НА ЕЕ НАКОПЛЕНИЕ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ АЭС С ВВЭР

Питык А.В.

sas@ippe.ru

АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск, Российская Федерация

### **Научный руководитель:**

*ведущий научный сотрудник АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», д.т.н. Морозов А.В.*

**Аннотация.** В работе выполнен расчетный анализ влияния параметров системы пассивного залива активной зоны на накопление борной кислоты в реакторе ВВЭР в случае аварийной ситуации.

**Ключевые слова:** активная зона, ВВЭР, борная кислота, система пассивного залива, массоперенос, накопление

В рамках концепции безопасности проекта ВВЭР-ТОИ особое внимание уделяется вопросам, связанным с накоплением и кристаллизацией борной кислоты в активной зоне при запроектных авариях с разрывом главного циркуляционного контура и потерей всех источников переменного тока в течение 72 ч. Как известно, обеспечение автономности реактора при аварийном процессе обуславливается функционированием пассивных систем безопасности [1], которые обеспечивают охлаждение активной зоны (АЗ) за счет последовательной подачи в реактор раствора борной кислоты из гидроёмкостей первой (ГЕ-1), второй (ГЕ-2) и третьей ступеней (ГЕ-3). Отвод тепла от реактора при аварии осуществляется за счет работы системы пассивного отвода тепла (СПОТ), которая переводит парогенераторы в конденсационный режим [2, 3]. Активная зона в это время находится в состоянии кипения, соответственно, учитывая малую концентрацию кислоты в паровой фазе, возможно увеличение количества борной кислоты в теплоносителе активной зоны и достижение условий её кристаллизации на наружной поверхности твэлов, что может привести к ухудшению теплоотвода [4]. Одним из рассматриваемых способов снижения риска кристаллизации борной кислоты является уменьшение концентрации кислоты в системе ГЕ-3. Соответственно, актуальной представляется задача установления значения концентрации  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , при котором не будет происходить превышение предельной концентрации борной кислоты в активной зоне. Для оценки влияния концентрации борной кислоты в системе ГЕ-3 на ее накопление в активной зоне был проведен расчет изменения концентрации  $\text{H}_3\text{BO}_3$  при аварийном процессе РУ ВВЭР.

При расчете был сделан ряд допущений, необходимость которых обусловлена либо сложностью процессов, происходящих в контуре, либо недостаточностью данных по свойствам водных растворов борной кислоты: при вычислениях в системе выделялись два объема: объем активной зоны (АЗ) и объем напорной камеры реактора (НКР), свойства растворов борной кислоты в АЗ и НКР одинаковы по всему объему, давление в системе принималось постоянным и равным 0,3 МПа в течение всего аварийного процесса [5].

При расчете было принято, что номинальная мощность реактора составляет  $3,2 \cdot 10^9$  Вт. Изменение остаточного тепловыделения ( $N_{AZ}$ ) в активной зоне реактора после его остановки происходит по экспоненциальному закону. Начальными данными для проведения расчетов служили параметры систем гидроёмкостей пассивного залива ГЕ-2 и ГЕ-3.

В настоящий момент, согласно регламенту эксплуатации РУ ВВЭР концентрация борной кислоты в системе пассивного залива АЗ составляет 16 г/кг. В данном расчете рассматривались варианты снижения концентрации  $\text{H}_3\text{BO}_3$  в системе ГЕ-3 до 1, 2, 4 и 8 г/кг. Результаты расчетного анализа показывают, что при аварии происходит достаточно интенсивное накопление борной кислоты в активной зоне реактора.

Необходимо отметить, что по достижении 24 часов аварийного процесса концентрация борной кислоты в активной зоне составляет ~311 г/кг и не достигает предела растворимости. Кроме того, очевидна зависимость интенсивности накопления  $\text{H}_3\text{BO}_3$  от концентрации кислоты в системе ГЕ-3. При концентрации кислоты, равной 8 г/кг превышения предельной концентрации  $\text{H}_3\text{BO}_3$  практически не происходит, и, соответственно, существенно снижается риск ее кристаллизации на элементах внутрикорпусных устройств.

В качестве одного из вариантов решения проблемы накопления и кристаллизации борной кислоты в активной зоне при возникновении аварийной ситуации с разрывом главного циркуляционного трубопровода рассмотрена возможность снижения концентрации  $\text{H}_3\text{BO}_3$  в системе ГЕ-3. Согласно полученным результатам, концентрация борной кислоты должна быть снижена до ~ 8 г/кг. Данный вариант решения проблемы накопления и кристаллизации предусматривает принятие множества решений в области проектирования и эксплуатации АЭС, и, как следствие, приведет к усложнению и удорожанию технологических процессов.

В то же время, процесс кристаллизации борной кислоты в активной зоне может быть замедлен или даже полностью исключен за счет выноса части борной кислоты с выходящим из активной зоны паром или за счет капельного уноса. Поэтому в дальнейшем для снижения консерватизма расчетов необходимы экспериментальные исследования процессов массопереноса борной кислоты и выноса ее из активной зоны, поскольку именно они могут оказать существенное влияние на изменение концентрации борной кислоты в АЗ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10649). Морозов А.В., Сорокин А.П., Рагулин С.В., Питык А.В., Сахипгареев А.Р., Сошкина А.С., Шлепкина А.С. Влияние процессов массопереноса борной кислоты на ее накопление в активной зоне при аварийных режимах АЭС с ВВЭР // Теплоэнергетика. 2017. № 7. С. 1–6.

### Литература

1. Беркович В.М., Таранов Г.С., Калякин С.Г., Ремизов О.В., Морозов А.В. Разработка и обоснование технологии удаления неконденсирующихся газов для обеспечения работоспособности системы пассивного отвода тепла // Атомная энергия. 2006. Т. 100. Вып. 1. С. 13–19.
2. Morozov A.V., Remizov O.V., Tsyganok A.A. Non-condensable gases effect on steam condensation heat transfer in horizontal tube bundle // Transactions of the American Nuclear Society 2010 ANS Annual Meeting and Embedded Topical Meetings, San Diego, CA, USA, 2010. Pp. 676–677.
3. Лукьянов А.А., Зайцев А.А., Морозов А.В., Попова Т.В., Ремизов О.В., Цыганок А.А., Калякин Д.С. Расчетно-экспериментальное исследование влияния неконденсирующихся газов на работу модели парогенератора ВВЭР в конденсационном режиме при запроектной аварии // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2010. № 4. С. 172–182.
4. Hassan Y.A., Osturk S., Lee S. Rheological characterization of buffered boric acid aqueous solutions in light water reactors // Progress in Nuclear Engineering. 2015. V. 85. Pp. 239-253.
5. Морозов А.В., Сорокин А.П., Рагулин С.В., Питык А.В., Сахипгареев А.Р., Сошкина А.С., Шлепкина А.С. Влияние процессов массопереноса борной кислоты на ее накопление в активной зоне при аварийных режимах АЭС с ВВЭР // Теплоэнергетика. 2017. № 7. С. 1–6.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В ВИДЕ МАКРОЭРГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ БИООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Питык А.В.

sas@ippe.ru

АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск, Российская Федерация

### **Научный руководитель:**

*ведущий научный сотрудник АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», д.т.н. Морозов А.В.*

**Аннотация.** В работе проведено сравнение различных способов накопления низкопотенциального тепла, образующегося при проведении большого числа технологических процессов. Показана возможность использования для этих целей макроэргических связей биоорганических соединений.

**Ключевые слова:** низкопотенциальное тепло, накопление, макроэргические связи, биоорганические соединения

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет сегодня собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Известно, что большинство технологических процессов, работа многих механизмов и систем сопровождается выделением большого количества тепловой энергии, которая не используется, а рассеивается в окружающей среде и называется «сбросное тепло» [1]. Сбросное тепло является низкопотенциальным, поскольку имеет температуру незначительно выше температуры окружающей среды.

Атомные электрические станции являются крупными источниками низкопотенциальной тепловой энергии, не пригодной для промышленного использования вследствие низкого температурного уровня  $t \approx 30^{\circ}\text{C}$ . Эффективное использование «сбросного» или низкопотенциального тепла позволит решить ряд экономических и экологических проблем в атомной энергетике [2]. Возможность накопления сбросного тепла приведет к более эффективному использованию топливных ресурсов, позволит отказаться от больших градирен. Кроме того, во много раз снизится тепловое загрязнение окружающей среды. Помимо чисто экономических потерь, связанных с отсутствием утилизации значительной части вырабатываемой энергии, сброс тепла через существующие системы охлаждения приводит к экономическому ущербу в регионе. Так, тепловое загрязнение водоема-охладителя меняет естественный статус его экосистемы. В качестве водоемов-охладителей АЭС в России достаточно часто используются природные водные системы.

Обзор имеющихся литературных данных показал, что, помимо АЭС, можно выделить следующие источники низкопотенциального тепла:

- 1) Промышленные предприятия: теплота сжатия газов в компрессорах, теплота продуктов сгорания различного рода топлива;
- 2) Системы водяного охлаждения, стоки промышленных предприятий и очистных сооружений (теплота жидкости);
- 3) Биогазовые установки, газогенераторные установки, пиролизеры (теплота сгорания топлива, сгенерированного в этих установках);

- 4) Тепловые двигатели транспортных средств (теплота выхлопных газов);
- 5) Нефтеперерабатывающие заводы (теплота сгорания попутного газа);
- 6) Птицефабрики, скотофермы и т. д. (энергия биологического топлива);
- 7) Лесоперерабатывающие предприятия (энергия сжигания отходов переработки древесины).

Работы по утилизации низкопотенциального тепла являются актуальными и ведутся во всех развитых странах мира [3]. Например, автоконцерн BMW разрабатывает системы электроснабжения автомобиля, использующие в качестве сырья тепло выхлопных газов. Фирма Siemens инвестирует в проекты автономной системы электроснабжения завода, работающей на разнице температур, возникающей в технологическом процессе и т. д.

Известно, что тепловая энергия, образующаяся в результате биологических процессов, является низкопотенциальной. Накопление ее в живых организмах происходит путем перехода тепловой энергии в энергию химических связей макроэргических соединений. Соответственно, существует принципиальная возможность переноса данного процесса, происходящего на клеточном уровне, на крупномасштабные объекты, т.е. осуществить накопление низкопотенциального тепла, выделяющегося в промышленных процессах, в макроэргических связях биоорганических соединений. Макроэргическими называются связи, при гидролизе которых выделяется значительное количество энергии. Необходимо отметить, что данный процесс является обратимым.

Для теоретического обоснования технологической реализуемости данного процесса используются материалы, связанные с работами по осуществлению процесса искусственного фотосинтеза, проведенные в Техническом университете Ильменау (Германия). В данных работах представлены попытки синтеза органических соединений и водорода с использованием энергии солнечного света.

В докладе представлены основные результаты анализа возможности использования макроэргических связей биоорганических соединений для накопления тепловой низкопотенциальной энергии.

### Литература

1. Закиров Д.Г., Рыбин А.А. Использование низкопотенциальной теплоты. Кн. 1. М.: РУСАЙНС. 2015. 158 с.
2. Попов С.А., Ташлыков О.Л. О возможности утилизации низкопотенциальной теплоты АЭС с реакторами на быстрых нейтронах // Труды второй научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института. Екатеринбург: УрФУ. 2017. С. 361-364.
3. Дзиндзела А.В., Сизякин А.В. Эффективное использование низкопотенциального тепла // Энергосбережение. 2012. № 1. С. 24–31.

## ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ ПОЛОСТИ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА НА ПЕРЕДАЧУ ВЗРЫВНОГО ИМПУЛЬСА

Райымкулов М.А.

rmarat@istc.kg

ИКИТ Кыргызско-Российского Славянского университета,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Директор ИКИТ Кыргызско-Российского Славянского университета,  
к.т.н. Коваленко В.А.*

**Аннотация.** Влияние воздушных промежутков в скважинных зарядах на разрушение горной массы известно достаточно давно. Однако имеющиеся упрощенные описания данного эффекта не дают удовлетворительного объяснения механизма действия таких конструкций зарядов. В данной работе представлена попытка более подробного качественного описания механизма воздействия сжимаемой воздушной полости на горный массив, основываясь на результатах численного моделирования.

**Ключевые слова:** рассредоточенный заряд, воздушный промежуток, дробление.

Способ управления взрывом и качеством дробления путем применения зарядов, рассредоточенных воздушными промежутками впервые рассмотрен в работах Н.В. Мельникова и Л.Н. Марченко [1, 2]. Принято считать, что применение воздушного промежутка в конструкции заряда приводит к снижению начального пикового давления взрыва в воздушной полости и увеличению времени действия взрыва на породу. При этом, уменьшается доля энергии затрачиваемой на бесполезное переизмельчение породы в ближней зоне, улучшается проработка подошвы, снижается сейсмический эффект и т.д.

Попытки описание механизма действия воздушного промежутка за счет сложного взаимодействия детонационных волн, воздушного промежутка и продуктов детонации приведены в таких работах как [3-6]. Однако имеющиеся описания ограничиваются упрощенным объяснением механизма действия без учета геометрических характеристик конструкции заряда, свойств взрывчатого вещества (ВВ), физико-механических свойств горной породы, газодинамических неустойчивостей и эффекта поперечных волн при сжатии воздушной полости и т.д. В связи с этим остается открытым вопрос об оптимизации конструкции заряда для конкретной производственной задачи (снижения сейсмического эффекта взрыва, дробления горной массы, проработки подошвы и т.п.).

Для оценки влияния воздушного промежутка на разрушение породы применен инструмент численного моделирования двухмерной осесимметричной системы "скважина - горный массив". В качестве ВВ был выбран игданит. Воздушный промежуток длиной - 1 м, расположенный на дне скважины, описывался моделью идеального газа. Патрон-боевик устанавливался на расстоянии 1 м от контактной поверхности "ВВ-воздух". Для описания газодинамических процессов в скважине использован программный комплекс ANSYS AUTODYN, зарекомендовавший себя в областях решения нестационарных задач нелинейной динамики [7]. Состояние продуктов детонации определялось уравнением Джонс-Уилкинсон-Ли:

$$p = A \left( 1 - \frac{\omega}{R_1 V} \right) e^{-R_1 V} + B \left( 1 - \frac{\omega}{R_2 V} \right) e^{-R_2 V} + \frac{\omega e_0 \rho_e}{V}, \quad (1)$$



где  $p$  - давление вдоль скважины,  $A, B, R_1, R_2, \omega$  - постоянные величины для конкретного ВВ,  $V = \frac{\rho_e}{\rho_{ne}}$ , где  $\rho_e$  - плотность ВВ,  $\rho_{ne}$  - плотность продуктов взрыва,  $e_0$  - удельная внутренняя энергия.

Горный массив моделировался породой, характеризуемой коэффициентом прочности по шкале Протоdjeяконова  $f=6$ . Для анализа поведения массива применялся программный комплекс, разработанный сотрудниками Института Коммуникаций и Информационных Технологий КРСУ (ИКИТ КРСУ), по оценке напряженно-деформированного состояния горных пород [8]. Модель поведения среды под действием взрывной нагрузки описывался законом откольного нагружения:

$$\sigma_i \leq \sigma_p, \quad i = 1, 2, 3, \quad (2)$$

где  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  - главные напряжения,  $\sigma_p$  - критическое напряжение. Если условие (2) не выполняется, то в элементе среды образуется трещина.

Результаты моделирования показали, что пиковые значения давления действительно значительно снижаются в области воздушного промежутка за счет взаимодействия детонационных волн с воздухом в воздушной полости, а время действия увеличивается [9]. При многократном отражении преломленной ударной волны от подвижных границ породы, воздуха и контактной поверхности возникают газодинамические неустойчивости различной природы. Таким образом, в тонком слое сжатого воздуха образуется источник вибрационного действия на породу.

## Литература

1. Мельников Н.В. Использование энергии взрывчатых веществ и кусковатость пород при взрывных работах // Горный журнал. 1940. № 5-6. С. 61-64.
2. Мельников Н.В., Марченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда // М.: Недра. 1964. 138 с.
3. Жунусов К. Отбойка скальных пород зарядами с воздушной подушкой // Алма-Ата: Наука. 1979. 120 с.
4. Жариков И.Ф. Эффективность разрушения горных пород зарядами различных конструкций // Взрывное дело. 1986. Т. 46. № 89. С. 31-42.
5. Lu W., Hustrulid W. A further study on the mechanism of air decking // International Journal For Rock Fragmentation by Blasting. 2003. Vol. 7. № 4. P. 231-255.
6. Abdalla M.A., Hagan P., Chalmers D. Advanced understanding of the mechanism of air-deck blasting: A numerical approach // Rock Fragmentation by Blasting, FRAGBLAST 10: Proceedings of the 10th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. New Delhi, India, 2012. P. 391-396.
7. Прис Д. Использование ANSYS AUTODYN для оптимизации процесса взрывных работ в горной промышленности // ANSYS Advantage. Русская редакция. 2010. № 14. С. 13-14.
8. Коваленко В.А., Григорьев В.В. О численном моделировании разрушения горных пород динамическим нагружением // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. АН СССР, Сиб. отд-ние. 1991. № 5. С. 71-77.
9. Нифадьев В.И., Коваленко В.А., Райымкулов М.А., Комиссаров П.В., Басакина С.С. Механизм действия воздушного промежутка скважинных зарядов // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. 2017. Т. 1. № 12. С. 170-174.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО УРАНА В ВИДЕ ТОПЛИВА ДЛЯ АЭС В РУДНИКЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МЫНКУДУК»**

Рахманбердиев А.Г., Дукенбаева А.С.  
azem\_95@mail.ru

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### ***Научный руководитель:***

*Профессор Казахского национального исследовательского технического университета  
Байбатиша А.Б.*

**Аннотация.** В данной статье приведены экологические аспекты в технологии добычи природного урана в виде топлива для АЭС, оценка воздействия на окружающую среду региона Шу-Сарысуской депрессии.

**Ключевые слова:** Атомная электростанция, природный уран, подземное выщелачивание.

Одним из главных источников загрязнения атмосферы наряду с автомобильным транспортом и жидкими сбросами химической и некоторых других отраслей промышленности являются выбросы в атмосферу продуктов сгорания углеродистого топлива в виде газов, дыма и копоти, сопровождающие производства тепловой и электрической энергии.

Удовлетворение потребностей в энергетике за счет сжигания традиционных видов топлива (уголь, нефть, газ, сланцы, торф) в XXI в. приведет человечество к экологической катастрофе в глобальном масштабе: образованию опасной концентрации диоксида углерода в атмосфере, недопустимому изменению рН атмосферных осадков, образованию вредных концентрации аэрозолей, отравлению атмосферы и водоемов сернистыми соединениями, загрязнению водных поверхностей нефтью и др. По исследованиям американских ученых (исследование Массачусетского технологического института, участники исследования Профессор Stephen Ansolabehere Eric Beckford) выбросы диоксида серы, одного из самых токсичных веществ среди продуктов сгорания при сжигании на ТЭС, в настоящее время достигают свыше 400 млн т в год.

Угли разных сортов содержат в каждой тонне от 50 до 600 мг ртути. Современная электростанция на угле мощностью 1млн кВт сжигает в сутки 10000 т угля, что способствует ежемесячному выбросу в атмосферу до 1 кг ртути. Продуктами сгорания являются также шлак и зола, складирование и захоронение которых требуют больших затрат. Создаются определенные трудности предотвращения их распыления и распространения в окружающую среду. За одни сутки на теплоэлектростанциях указанной мощности образуется свыше 1000 т шлака и золы, и под отвал высотой 8 м требуется площадь около 1 га территории в год.

При сгорании угля в золе остаются радионуклиды уран-радиевого и ториевого рядов, содержащиеся в исходном угле. Они не разбавлены массой углерода, т. е. находятся в концентрированном, а следовательно, наиболее опасном виде. Количественная оценка радиационной опасности ТЭС и АЭС показала, что доза радиационного воздействия на живые организмы при работе ТЭС в 600 раз больше, чем при эксплуатации АЭС. В связи с вредным для окружающей среды воздействием энергетике, основанной на сгорании ископаемого топлива, может очень остро встать вопрос о дальнейшем существовании жизни на Земле вообще.

Переход человечества к мирному использованию атомной энергии в результате развития атомной энергетики позволит резко улучшить экологическую картину.

Эксплуатация АЭС, в отличие от ТЭС не связанная со сгоранием топлива, не приводит к уменьшению содержания кислорода в атмосфере и увеличению концентрации диоксида углерода и серы. Эксплуатация АЭС не изменяет химического состава атмосферы, гидросферы или почвы. Оценка газообразных выбросов ТЭС в сравнении с выбросами АЭС той же электрической мощности показывает, что они загрязняют в сотни и тысячи раз большие объемы воздуха. Исследования показали, что АЭС загрязняют внешнюю среду в 10 тысяч раз меньше, чем ТЭС. Таким образом, широкое строительство АЭС – одно из самых совершенных и реальных средств защиты окружающей среды от вредных промышленных выбросов.

Если говорить о безопасности самой АЭС с помощью современной технологии разрабатывают усовершенствованную локализирующую систему безопасности от внешних воздействии:

- падение самолета со скоростью 200 м/с и весом более 400 т;
- ураганы, смерчи расчетная максимальная скорость ветра повторяемостью 1 раз в 10000 лет 56 м/с;
- ударная волна с давлением во фронте 30 КПа;
- сейсмические воздействия МРЗ - 8 баллов по шкале MSK-64;
- наводнение при уровне с обеспеченностью >0.01%.

Атомный промышленно-энергетический комплекс включает в себя атомную энергетику и урановую промышленность, которая обеспечивает атомные станции топливом и является высокотехнологичной, наукоемкой отраслью экономики. Экономически эффективное, безопасное и экологически чистое получение энергии от атомных энергоисточников возможно только при одновременном, гармоничном развитии обеих составляющих – атомной энергетики и уранового производства. Поэтому одним из важнейших стратегических направлений промышленной деятельности Республики Казахстан (РК) является урановая промышленность.

Топливом для АЭС является природный уран, который добывается двумя способами:

- 1) традиционным (шахтой, карьером и скважинами);
- 2) добыча с применением методов подземно скважинного выщелачивания (ПСВ).

При традиционном способе добычи получаемые в процессе производства урана твердые отходы (пески, шламы, хвосты обогащения и выщелачивания) сбрасываются в отвальные зоны, так называемые хвостовые бессейны, представляющие собой искусственные водоемы, огражденные дамбой. Для таких водоемов выбирают участки, сложенные водонепроницаемыми пластами. Длительное хранение отвальных твердых хвостов представляет собой важную и сложную проблему, поскольку в них сконцентрировано до 70 % содержащихся в руде радиоактивных продуктов (не считая урана), в основном долгоживущего  $^{226}\text{Ra}$  - чрезвычайно опасного потенциального источника радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Именно поэтому с точки зрения охраны окружающей среды наиболее радикален способ подземного выщелачивания урана. При этом способе практически все опасные радиоактивные вещества, сопутствующие урана, остаются на месте своего первоначального залегания в недрах Земли.

Участок «Центральный» месторождения Мынкудук находится на территории листов L-42-XX, -XXI в центральной части Шу-Сарысуской депрессии. Общая площадь геологического отвода составляет 40,6 км<sup>2</sup>. Орографически месторождение Мынкудук расположено на территории плато Бетпақдала, представляющем собой крупную равнинную возвышенность, с севера и запада ограниченную изрезанным эрозионным уступом высотой до 80-100 м, а на юге полого наклоненную к долине р. Шу. Плато Батпақдала характеризуется слаборасчлененным равнинным рельефом с абсолютными отметками 220-300 м, осложненным мелкими котловинами - такырами. Аллювиально-озерно-солончаковые равнины рек Сарысу и Шу, ограничивающие плато с запада и юга, характеризуются абсолютными отметками 120-160 м (АО «Волковгеология», НПФ «Вершина», Алматы, 2003).

Территория промплощадки условно разделена на «чистую» и «грязную» зоны. В «грязной» зоне располагаются сооружения, непосредственно связанные с производством ПВ (перерабатывающий комплекс). В «чистой» зоне размещаются: проектируемый бытовой комбинат, существующие административное и бытовое здания, сооружения электроснабжения, водораспределительные сооружения и др. Основные источники выбросов загрязняющих веществ, промышленной добычи урана методом ПСВ на месторождении Мынкудук находятся на промплощадке и вахтовом поселке.

При оценке внешнего облучения принимается, что облучение персонала от емкостей и оборудования с урансодержащими продуктами происходит постоянно. Оценка внешнего облучения определена от содержания гамма-активных радионуклидов ряда уран-радий в технологических растворах. Средняя энергия гамма-излучения принимается 0,6 МэВ. Согласно расчетам, проведенным для аналогичного предприятия, максимальное значение годовой эффективной дозы внешнего облучения 21 мЗв/год ожидается в камере затаривания аффинажного цеха, на рабочих позициях возле резервуаров с урансодержащим десорбатом - 12,7 мЗв/год. На остальных рабочих позициях ожидаемая годовая доза внешнего облучения заметно меньше.

При типичном значении уровня гамма-активности до 1,5 мкЗв/ч, ожидаемая доза внешнего облучения составит 3,0 мЗв/год, что не превысит допустимое значение дозы внешнего облучения 20 мЗв/год (таблица 1).

Таблица 1 – Значения предельно допустимых выбросов от всех источников промплощадки месторождения Мынкудук АО «НАК «Казатомпром».

Источники выброса	Нуклид	Годовой выброс Q, 10 <sup>6</sup> кБк/год	Фактор безопасности при репрезентативных выбросах	ПДВ, 10 <sup>6</sup> кБк/год, при η = 0,358 (с коэффициентом запаса 2)
		Q	η	
	α-активные	0.110916		0.154754
	β-активные в т.ч.	0.064584		0.09011
промплощадки	U-238	0.077922	0.13066	0.10872
	Th-230	0.027378	0.208311	0.038199
	Ra-226	0.001931	0.004267	0.002694
	U-235	0.003686	0.007166	0.005142
	Pb-210	0.009653	0.006285	0.013468
	Th-234	0.054932	0.001672	0.076643
		<b>0.1755</b>	<b>0.358362</b>	<b>0.244864</b>

Основное влияние на недра происходит при воздействии выщелачивающих растворов на рудовмещающие горизонты, сопровождающиеся нарушением природного химизма и радионуклидным загрязнением подземных вод рудовмещающих горизонтов. Таким образом, воды верхнемеловых отложений являются непригодными для всех видов водопользования. Использование их в хозяйственных целях запрещено, т.к. может привести к поступлению в организм избыточных количеств радионуклидов.

Согласно результатам аналогичных действующих предприятий, концентрация тория в твердых радиоактивных отходах изменяется от 29,6 до 44,4 Бк/кг при среднем фоновом содержании 33,3 Бк/кг. Содержание урана в зависимости от интенсивности загрязнения колеблется от 6 до 200 (редко более) мг/кг при среднем фоновом содержании 3,7 мг/кг, а радия - от 8,2·10<sup>6</sup> до 45·10<sup>6</sup> мг/кг при среднем фоновом содержании 3,2·10<sup>6</sup> мг/кг. Общее солевое загрязнение (сухой остаток) колеблется от 8 до 40 г/кг при фоновом содержании 2,0 г/кг.

По результатам обследований действующих рудников НАК «Казатомпром» мощность

дозы гамма-излучения отходов изменяется от 35 до 200 (редко до 300) мкР/час при естественном природном фоне в 1 м от поверхности земли 15-18 мкР/час.

Результаты определений концентраций урана и тория в пробах почв до глубины 1 м приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Концентраций урана и тория в пробах почв до глубины 1м.

Концентрация		Эманации $^{238}\text{U}$ и $^{232}\text{Th}$ в почвах и грунтах (фоновые пробы)			
Месторождение, интервал опробования грунтов, см	Число проб	$\text{U}_{238}$ , мг/кг		$\text{Th}_{232}$ , мг/кг	
		мин.	макс.	мин.	макс.
Мынкудук	22				
0-25		10(124)	21(260)	10(44)	31(136)
25-50		12(149)	23(285)	12(53)	28(123)
50-75		12(149)	22(273)	10(44)	30(132)
75-100		11(136)	23(285)	10(44)	25(110)

Определение плотного остатка проведено в работе в тех же пробах, что и удельной альфа-активности, его результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения числовых характеристик статистических распределений плотного остатка водной вытяжки на фоновых участках

Месторождение, интервал опробования грунтов, см	Число проб	$I X_{ni}$		Характеристики, %		
		мин.	макс.	сред. $C_0$	$\sigma$	$C_{\phi+3}$
Мынкудук	22					
0-25		746	2467	1239	305	2244
25-50		645	1744	1274	290	2145
50-75		470	2325	1248	419	2508
75-100		557	3048	1175	358	2250

Таким образом, принимается следующая характеристика исходного радиационного и токсического фона на момент проектирования опытно-промышленной добычи урана методом ПСВ на месторождении Мынкудук: по всей территории участка опытно-промышленной добычи урана грунты не содержат избыточных концентраций радионуклидов и вредных химических веществ.

В настоящее время животный мир находится в естественном равновесии, т. к. влияние человека на него пока не ощущалось и дикий животный мир пока достаточно разнообразен.

Данными исследованиями показано, что процессы ПВ урана на технологических площадках практически не оказывают влияния на подземные воды, находящиеся вне добычных блоков. Ожидаемая нейтрализация и деминерализация подземных вод пройдут в контуре геологического отвода. Период полной нейтрализации деятельности ПСВ и восстановления естественных условий в обрабатываемых горизонтах составляет от 40 (большая часть добычных контуров) до 70 лет (на отдельных пятнах).

По результатам опробования подземных вод, почвы и растений по завершению деятельности предприятия и с учетом результатов контрольных точек и прогнозных расчетов, определенных до промышленной деятельности предприятия, будет дана окончательная оценка воздействия проектируемого предприятия на окружающую природную среду, в сравнении с проектной прогнозной оценкой.

Таким образом, рассматривая в целом рабочий проект промышленной добычи урана методом ПСВ на месторождении Мынкудук, можно сделать следующие выводы:

- 1) технология получения готовой продукции разработана с учетом требования минимальности воздействия на окружающую среду;
- 2) предприятие в период ввода в эксплуатацию проектируемого предприятия на стадии рекультивации и в пострекультивационный период не окажет заметного влияния на экологическую обстановку, недра, животный и растительный мир;
- 3) экологический риск от эксплуатации проектируемого предприятия практически исключен.

В целом, оценка воздействия на окружающую среду региона показала, что негативные последствия данной деятельности для окружающей среды будут незначительны при соблюдении рекомендуемых природоохранных мероприятий. Для населения ожидается улучшение социальных условий.

Также стоит отметить, что скважинный метод вскрытия и отработки месторождения ещё и более экономичный с точки зрения стоимости эксплуатации, так как из процесса исключаются операции рудоприёмки и рудоподготовки.

Если рассмотреть весь цикл от добычи природного урана до его применения в АЭС и технологию АЭС можно сделать вывод, что данный цикл является наиболее экологически безопасным, технически возможным и экономический целесообразным. Урановая промышленность является стратегически важной для развития топливно-энергетического комплекса РК.

### Литература

1. Острейковский В.А., Швырыев Ю.В. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2008. 191 с.
2. Тевлин С.А. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000. Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., доп. М.: Изд-во МЭИ. 2008. 358 с.
3. Крапивцев В.Г. Сепарационные устройства ядерных энергетических установок. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 76 с.
4. Рогов Е.И., Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. Алматы: FORTRESS. 2005. 391 с.
5. Stephen Ansolabehere Eric Beckford. Будущее атомной энергетики. Междисциплинарное исследование Массачусетского технологического института. 2014 г.

## УВЕЛИЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ К ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

Романенко С.В.<sup>1</sup>, Беренбеков Н.Б.<sup>2</sup>  
svr@tpu.ru

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*заведующий кафедрой защиты в чрезвычайных ситуациях  
Кыргызско-Российского Славянского университета,  
к.т.н., проф. Ордобаев Б.С.*

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена вопросам сейсмостойкого строительства, защите населения от последствий чрезвычайных ситуаций путем возведения здания по технологии каркасного строительства.

**Ключевые слова:** сейсмическая стойкость, энергетическая эффективность, каркасное строительство, монолитный бетон.

Человечество пережило более 100 катастрофических землетрясений, которые унесли многомиллионные человеческих жизней и привели к значительным повреждениям и разрушениям зданий и сооружений, в том числе в средней Азии: Андижанское (1902г.), Самаркандское (1911г.), Кемино-Чуйское (1938г.), Ашхабадское (1948г.), Ташкентское (1966г.), Сары-Камышское (1970г.), Джамбульское (1971г.), Сусамырское (1992г.) и др. Ликвидация ущерба, нанесенного землетрясениями, крайне дорогостоящие мероприятия, которые сильно отражаются на экономике пострадавших стран.

Анализ последствий разрушительных землетрясений убедительно показывают, что проблема надежной сейсмической защиты до сих пор в мире не решена. Например, в японском г. Кобе в 1995 году землетрясению, предусмотренному японским сейсмическим кодом, не смогли противостоять самые современные и сейсмостойкие здания [1].

Кыргызстан как одна из самых сейсмоактивных стран мира, так значительная часть ее территории находится в зоне 7, 8 и 9 балльной зоне. Землетрясения характерны как для всей территории Кыргызстана, так и соседних государств Средней Азии.

Таким образом, в Кыргызской Республике существует необходимость разработки и внедрения новых технологий на основе инновационных подходов при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений по увеличению их устойчивости к воздействиям, вызванным природными и техногенными чрезвычайными ситуациями (землетрясения, сели, пожары, наводнения, длительное действие низких и высоких температур и т.д.).

Наряду с проблемой надежной сейсмической защиты существует проблема повышения энергетической эффективности зданий и сооружений. Здание в процессе эксплуатации должно не только однократно выдержать сильное воздействие указанных строкою ранее факторов, чтобы спасти жизнь и здоровье людей, но быть способными длительно функционировать в экстремальных условиях, без повреждения несущих конструкций и систем жизнеобеспечения. В то же время необходимо учитывать постоянно растущие требования к энергоэффективности и комфортности проживания при снижении себестоимости строительства и затрат на последующую эксплуатацию жилья.

Почти весь жилищный фонд Кыргызстана был построен в Советское время около 35–60 лет назад без учета требований энергоэффективности. В настоящее время энергетические затраты на квадратный метр почти в 3-5 раз выше, чем в странах ЕС и варьируется между 320 и 690 кВт·ч/кв.м. в год.

В связи с этим чрезвычайно актуально также повышение энергетической эффективности строящихся зданий и сооружений, особенно в секторе малоэтажного строительства.

Кыргызско-Российский Славянский университет на основании Национальной стратегии устойчивого развития Кыргызской Республики на период 2013-2017 годы, Постановления правительства КР «О Стратегии комплексной защиты населения и территорий Кыргызской Республики от чрезвычайных ситуаций на 2016-2030 годы», совместно с Томским политехническим университетом (Россия), Министерством чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, Кыргызским научно-исследовательским и проектным институтом сейсмостойкого строительства осуществляет разработку и внедрение новых материалов и технологий сейсмостойкого строительства на основе инновационных подходов, позволяющих достичь высокой сейсмической защиты зданий с учетом соблюдения повышенных требований к энергетической эффективности без существенного увеличения материальных затрат.

Так, в 2016 году Кыргызско-Российский Славянский университет приступил к реализации проекта «Сейсмоустойчивое энергоэффективное строительство в условиях Кыргызской Республики». В рамках этого проекта была разработана теоретическая база исследований, выполнена с соблюдением теории подобия и размерностей модель экспериментального сейсмоустойчивого энергоэффективного здания (рисунок 1).



Рисунок 1 – Физический модель экспериментального сейсмоустойчивого здания.

*Конкретные цели (задачи) проекта состоят из нижеследующего:*

– системный анализ нестандартных сдвиговых схем разрушения в колоннах, простенках, перемычках и стенах, встречающихся при восьми и девяти балльных землетрясениях;



- установление взаимосвязи между сдвиговыми формами сейсмических разрушений и формой, вызвавшего их сейсмические воздействия;
- проведение качественно новых экспериментально-теоретических исследований, позволяющих получить полную информацию о реальных параметрах волнового импульсного воздействия на здания при сильных землетрясениях;
- проведение эксперимента, подтверждающего волновую природу разрушительного сейсмического воздействия;
- анализ степени точности в показаниях маятниковых акселерометров при отображении ими параметров сейсмических волн;
- разработка эффективных мер сейсмозащиты зданий;
- разработка рекомендаций по строительству реально сейсмостойких сооружений;
- определить реальные коэффициенты теплопередачи строительных конструкций в различных климатических зонах из существующих на рынке Кыргызстана строительных и теплоизоляционных материалов и на этой основе разработать каталог технических решений по теплоизоляции зданий;
- выполнить анализ теплофизических характеристик существующих теплоизоляционных материалов на рынке Кыргызстана;
- определить основные типы конструктивных решений ограждающих конструкций зданий, допустимых в климатических условиях Кыргызстана;
- выполнить расчеты тепловых балансов зданий по выбранным типовым конструктивным решениям;
- подготовить рекомендации для составления каталога технических решений;
- разработать и издать каталог технических решений по тепловой защите зданий.

*Технология строительства малоэтажного каркасного здания*

Предлагаемая технология строительства относится к быстровозводимым сейсмостойчивым энергоэффективным каркасным зданиям (рисунок 2).

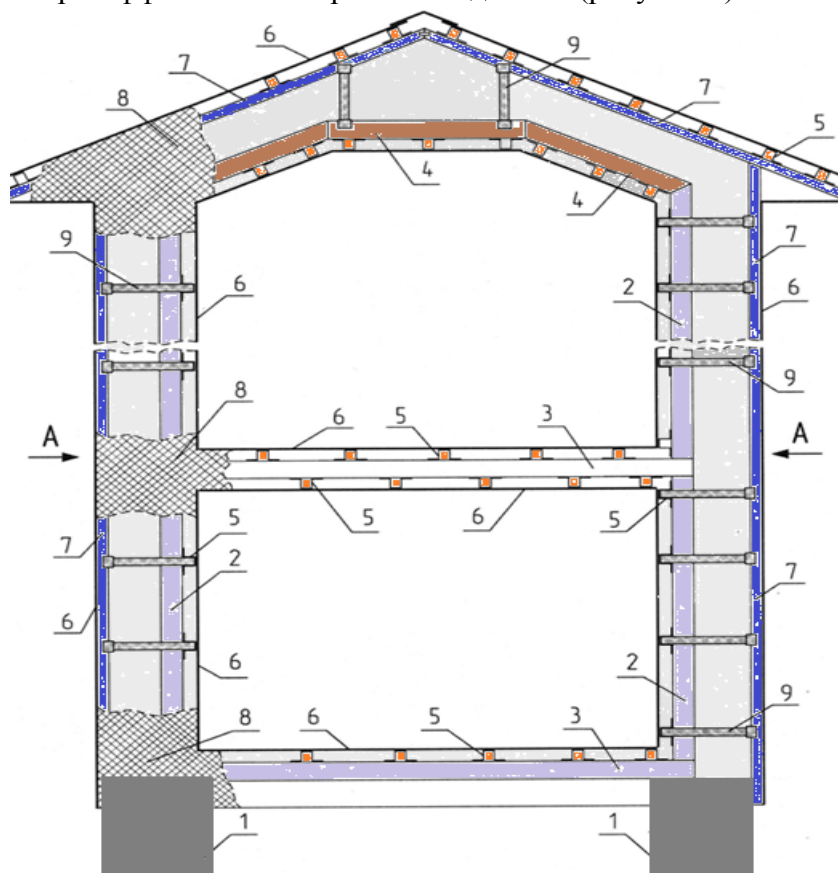


Рисунок 2 – Технология строительства малоэтажного каркасного здания

Каркасное здание содержит фундамент (1), два не связанных между собой металлических каркаса (2), обшитых листами опалубки (6) которое образуют единое связанное опалубочное пространство стен, межэтажных перекрытий и мансардную крышу.

Внутренний каркас выполнен из стальных колонн (2), связанных ригелями и балками перекрытий (3,4), опирается на фундамент и является несущим каркасом всего здания. Внешний каркас выполнен из легкого металлического профиля (7), соединенного с внутренним каркасом временными фиксаторами (9), и служит для крепления листов опалубки при заданной толщине наружных стен здания. Вся образованная опалубочное пространство заполняется легкой модифицированной полистиролбетонной смесью (8) [2].

Рассматриваемая технология строительства с несущим стальным каркасом с последующей монолитной заливкой модифицированным полистиролбетоном, позволяет выполнить основные требования сейсмостойкости, комфортабельности и улучшению теплотехнических характеристик здания, которая может быть использовано при возведении как малоэтажных, так и многоэтажных зданий высотой до 75 метров с длительным сроком эксплуатации и низкими эксплуатационными затратами при эксплуатации здания в диапазоне температур окружающего воздуха от -50°C до +50°C и относительной влажности воздуха до 100% [3].

### Литература

1. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. Сейсмические разрушения - альтернативный взгляд. Сборник научных трудов. Бишкек. 2012. 138 с.
2. Шефер Ю.В., Ордобаев С.Б., Романенко С.В. Концепция малоэтажного сейсмоустойчивого энергоэффективного строительства // Вестник науки Сибири. 2012. № 5. С. 76-81.
3. Патент 2503781 (РФ). Быстровозводимое энергоэффективное каркасное здание / Шефер Ю.В. Действует с 24.07.12, зарегистрирован 10.01.14. Бюл. № 1.
4. ГОСТ Р 51263 – 2012. Полистиролбетон. Технические условия.

**ВЕРТИКАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ СЕЛЕЙ  
БАСЕЙНА РЕКИ КЫЗЫЛСУ  
(ТАДЖИКИСТАН).**

Саидов С.М.

saidov-sukbatullo@mail.ru

Таджикский Национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

***Научный руководитель:***

*заведующий лабораторией геологии филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе  
Салихов Ф.С.*

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются особенности формирования и движения селевых потоков, тип селей, предполагаемые объемы единовременных выносов в зависимости от перепадов высот и уклонов селеопасных русел на основе применения геоинформационных систем. Ключевой позицией применения ГИС являлось расчет основных морфометрических показателей рельефа (углов склона, экспозиции, вертикальной расчлененности рельефа, профильной крутизны рельефа, направление максимального стока) и их загрузки в базу данных. Местом исследований является бассейн реки Кызылсу, находящийся в Юго-Западном Таджикистане.

**Ключевые слова:** сель, движения, уклон, высота, промоина, аккумуляция, порядок, размыв, суглинки, объем, перепад, грязевые сели, водокаменные сели.

Исследуемая территория, бассейн реки Кызылсу (Юго-Западный Таджикистан), в силу своего географического положения, геологического строения, гидрогеологических, геоморфологических особенностей и тектонического режима, характеризуется широким спектром натуральных опасностей эндогенной и экзогенной природы; практически ежегодно отмечаются чрезвычайные ситуации (ЧС), связанные с тем или иным опасным природным явлением. На рассматриваемой площади наблюдаются землетрясения, сели, оползни, различные виды эрозии, суффозионные и карстовые процессы, просадки, наводнения, ливневые дожди, значительные перепады температур и сильный ветер. Однако наиболее опасным и часто возникающим процессом являются сели. Анализ сведений о развитии ЧС природного характера за весь период наблюдений (1969-2017 гг.) [1, 2], показал, что преобладающее число ЧС (до 47%) на рассматриваемой территории было связано с развитием селевых процессов.

Селевые потоки в бассейне р. Кызылсу, образуются обычно в результате интенсивных ливней, выпадающих в бассейне р. Кызылсу с резко расчлененным рельефом и значительным количеством продуктов разрушения горных пород (глинистые породы, песчаники и конгломераты). Условиями образования селей являются крутые уклоны, тальвеги селевых русел (более 0.1), скопление большого количества рыхлообломочного материала и резкое увеличение водности потоков. Первые два условия по своей природе являются геологическими и определяют потенциальную готовность территории к возникновению селей. Третий фактор метеорологический. Иногда важнейшим фактором прохождения селей является землетрясение. Землетрясение помимо прямого воздействия может вызывать постсейсмические эффекты - значительное ухудшение несущих свойств грунтов (разжижение, течение, провальное просадки лессов и песков), массовая активизация склоновых гравитационных процессов, создание и прорывы подпружных озер в результате перекрытия обвально-оползневых массами водотоков и т.д.

Несмотря на то, что селевые явления в Таджикистане широко распространены, в последние годы (20-25 лет) система учета наблюдений и их прогнозирование не отвечает необходимым требованиям. То, что фиксируется КЧС и ГО страны, по мнению некоторых специалистов, Ищук Н.Р. [3] требует критического отношения. Подавляющее большинство этих грозных природных явлений не регистрируются, а из зарегистрированных селей лишь небольшая часть подвергается квалифицированному обследованию, что часто приводит к искаженному представлению о закономерностях селеформирования в отдельных районах или даже регионах. В результате часто неверно показываются селеопасные районы, причины селеформирования, допускается неточность классификации по степени селеопасности. Поэтому при реальном воздействии стихии и отсутствии эффективной системы раннего оповещения, население района М.С.А. Хамадони в 2005 г., Хуросонского в 2009 г., а затем города Куляба в 2010 г. оказались плохо подготовленными к отражению натиска селей и наводнений. Последствия селей и наводнений были трагичными, десятки тысяч домов разрушены и сотни погибших людей (только в г. Куляб было разрушено 229 дома, погибло 47 человек).

Для уверенного дешифрирования селевых явлений помимо некоторого опыта многолетних полевых наблюдений необходимо применение технических решений основанных на использовании пространственного анализа с применением ГИС технологий, позволяющих выявлять внутренние взаимосвязи и тенденции, практически не выявляемые существующими способами и инструментами. Основным выигрышным моментом является то, что электронные карты, созданные в ГИС, поддерживаются мощным арсеналом аналитических средств, богатым инструментарием создания и редактирования объектов, базами данных, средствами Интернет, космическими снимками. Применение современных технологий на основе ГИС позволяют производить:

- прогнозирование и предупреждение различных видов ЧС, в том числе связанных с водой;
- расчет степени потенциальной опасности и принятие решений об оказании помощи;
- выбор, обоснование и пути применения защитных сооружений;
- расчет оптимальных маршрутов движения к месту бедствия;
- оценка нанесенного ущерба и многое другое.

В настоящее время для моделирования ЧС используются информационные и, в частности, нейросетевые технологии и данные космического зондирования земной поверхности. На этой основе разработаны геоинформационные системы, предназначенные для оценки риска возникновения ЧС различных видов, анализа их развития и прогнозирования последствий опасных событий природного и техногенного характера.

На сегодняшний день в мире созданы как локальные ГИС для обслуживания отдельных регионов, так и мощные системы ГИС общего назначения, включающие в себя: подсистему космического мониторинга (электронные топографические карты и средства работы с ними); базы данных о потенциально опасных объектах, о наличии сил и средств, для ликвидации ЧС и их последствий, транспортной инфраструктуре и других данных; базы математических моделей развития ЧС природного и техногенного характера. Главным достоинством ГИС является детальная цифровая, координатная и картографическая привязка опасных объектов, объектов инфраструктуры, учреждений, жилой застройки к местности, возможность учета рельефа и метеоусловий, позволяющие совершенствовать качество прогнозирования ЧС и повышать эффективность управления силами и средствами ликвидации их последствий [4].

В своей работе, для решения поставленных задач нами использовались методы картографического анализа и цифровые методы картографирования, методы обработки, анализа и визуализации информации. Для построения и анализа моделей были использованы программные комплексы ArcGIS 10.4, Google Earth Pro. Реализация данной задачи

(картографический анализ, вычисление характеристик гидрологических параметров, построения модели) включает несколько этапов: определение наиболее опасных участков возможного селевого потока, используя программы Google Earth Pro и ArcGIS 10.4; используя данные Shuttle radar topographic mission строится цифровая модель рельефа, и проводятся горизонтали с требуемым интервалом; используя инструмент ArcMAP 3D Analyst, строится профиль участка долины по поперечному и продольному створам, позволяющее выполнить профилирование долины с целью определения высоты потока и глубины возможного селевого потока относительно дна долины и угол уклона дна русла.

Основным методом составления карты являлось дешифрирование космоснимков в программе Google Earth с последующим переносом отдешифрированных контуров в ГИС - программу. В ГИС - программе проводилась окончательная обработка материала с добавлением атрибутивных данных. При работе со снимками использовались дешифровочные признаки – форма, тон, рисунок изображения [5].

Ниже мы рассмотрим особенности формирования и движения селевых потоков, тип селей, предполагаемые объемы единовременных выносов в зависимости от перепадов высот и уклонов, селеопасных русел с использованием вышеописанных технических методов.

В бассейне р. Кызылсу выделяются три селевые зоны [6] – предгорная (от 400-800 до 1100-1400 м), среднегорная (от 1100-1400 до 1900-2000 м), высокогорная (от 1900-2000 м и выше). Нижняя зона характеризуется более ранним началом и более поздним окончанием селевых явлений на верхних водотоках по сравнению с нижними водотоками, а так же исключительно дождевым генезисом селей. В средней зоне сели возникают в результате выпадения дождей, снеготаяния и смешанного воздействия этих факторов. Ведущая роль принадлежит селям снеготаяния. В нижней области, где преобладают глинистые породы, песчаники и конгломераты, формируются преимущественно грязевые и грязекаменные сели. В верхней зоне, сложенной породами метаморфических и терригенных формаций мезозойского возраста – грязекаменные сели.

На высотах от 2400 до 1200 м, со средним и максимальным уклоном 8-10<sup>0</sup>, сели формируются по коротким разветвленным эрозионным врезам за счет интенсивного размыва обнаженных коренных пород неогена. Дополнительное питание осуществляется за счет оползневых отложений, которые играют решающую роль в формировании селей. Объем единовременных выносов твердой составляющей в крупных логах составляет до 100 тыс. м<sup>3</sup>. В долинах 2-го и 3-го порядка возможны прибортовые оползневые перекрытия с последующим их прорывом. Аккумуляция селей происходит в межгорные впадины, образуя распластанные слившиеся конуса выноса больших размеров. Наибольшая опасность приурочена непосредственно к конусам выноса.

На высотах от 2400 до 900 м, со средним и максимальным уклоном 18-22<sup>0</sup> наблюдается несколько видов селей:

1. Грязекаменные сели за счет размыва коренных пород мела и неогена с дополнительным питанием из размыва крупных оползневых смещений. Возможны оползневые прибортовые и полные перекрытия бассейнов 2-го и 3-го порядка в крупных логах объемом до 450 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит в долину р. Обиминоб с формированием огромных конусов выноса и вдольрусловых заторов. Высокая опасность отмечается в области транзита и конусов.

2. Грязевые и грязекаменные сели в разветвленной эрозионной сети овражного типа, в результате интенсивного размыв обнаженных коренных пород и мощного покрова отложений делювия и пролювия. Вынос происходит непосредственно в р. Пяндж объемом до 560 тыс.м<sup>3</sup>.

3. Водо- и грязекаменные сели по сильно разветвленным эрозионным и овражным врезам в результате размыва грубообломочной толщи неогена. Характерно появление зоны частичной аккумуляции перед выходом в главную долину. Дополнительное питание только за счет эрозионного размыва обнаженных склонов. Объемы единовременных выносов до 450 тыс. м<sup>3</sup>. Зона аккумуляции выходит непосредственно в р. Обиминоб.

4. Грязекаменные сели в крутых очень коротких врезам в результате глубокого размыва коренных пород и покровных суглинков верхней части, высоко поднятых ассиметричных хребтов, с транспортировкой в основание долины. Образуют распластанные конуса выносов значительной площади. Опасность приурочена непосредственно к конусам.

На высотах от 3800 до 2800 м, со средним и максимальным уклонами 22-25<sup>0</sup>, сели формируются за счет размыва элювия коренных пород и моренных отложений с незначительным дополнительным питанием по размыву оползневых отложений. В бассейнах 2-го порядка с площадью от 20 до 120 км<sup>2</sup>, объемы единовременных выносов составляют до 50 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция осуществляется на поверхности низких пойменных террас, образуя распластанные конуса выноса. Опасность приурочена непосредственно к конусам.

На высотах от 1800 до 480 м со средним уклонам 12<sup>0</sup>, наблюдается несколько видов селей:

1. Грязекаменные долинные сели, возникающие за счет размыва коренных пород нижнего и среднего мела и неогена с дополнительным питанием из размыва крупных оползневых смещений. Возможны оползневые прибортовые и полные перекрытия бассейнов 2-го и 3-го порядка. Объемы единовременных выносов до 450 тыс. м<sup>3</sup>. Высокая опасность приурочена к области транзита и конусов выноса.

2. Грязевые и грязекаменные сели в разветвленной эрозионной сети овражного типа, в результате интенсивного размыва обнаженных коренных пород и мощного покрова делювиальных и пролювиальных отложений.

3. Водо- и грязекаменные сели по сильно разветвленным эрозионным и овражным врезам в результате размыва грубообломочной толщи неогена. Характерно появление зоны частичной аккумуляции перед выходом в главную долину. Дополнительное питание только за счет эрозионного размыва обнаженных склонов. Объемы единовременных выносов составляют до 450 тыс. м<sup>3</sup>.

На высотах от 2800 до 600 м со средним и максимальным уклонами 10-12<sup>0</sup>, наблюдаются следующие виды селей:

1. Грязекаменные сели значительного распространения в долинах 2-го порядка с активным поступлением дополнительного питания при размыве аллювия и коренных пород верхнего палеогена и нижнего неогена. В периоды с аномальным выпадением осадков возможно возникновение паводковых селей значительной мощности с поражением всей долины.

2. Грязекаменные сели локального развития при эрозионном размыве делювиальных, осыпных и оползневых накоплений в крупных водосборах второго и третьего порядка с дождевым питанием.

3. Грязевые сели локального развития при овражном размыве мощных толщ покровных лессов без обнажения коренных пород. Образуются селевые потоки малого насыщения, без выходов в главные долины.

На высотах от 2200 до 600 м со средним и максимальным уклонами 17-23<sup>0</sup>, наблюдаются такие виды селей:

1. Водокаменные сели, образующиеся в результате интенсивного размыва древних крупных оползневых массивов и моренных отложений в сильно увлажненной оттаивающей зоне. По транзиту сели обогащаются за счет поступления рыхлообломочного материала при развитии большого количества оползней различных типов и объемов на сейсмически раздробленных склонах. Возможны крупные оползневые перекрытия долин 2-го и 3-го порядка с последующим размывом. Аккумуляция селей происходит по поверхности протяженных пролювиальных шлейфов конусов выноса с большими площадями поражения.

2. Водокаменные сели в крупных резко расчлененных речных долинах за счет эрозионного размыва хорошо обнаженных песчаников и конгломератов неогена с незначительным участием поверхностного делювия. Сели проходят по основным водотокам с объемами выносов от 10 до 200 тыс. м<sup>3</sup>. В верхних частях долин возможны прибортовые

перекрытия. Аккумуляция селей происходит непосредственно в р. Пяндж с основной зоной поражения по транзиту.

3. Водокаменные сели в результате размыва хорошо обнаженных конгломератов неогена и пород палеогена, в коротких крутых эрозионных промоинах 2-го и 3-го порядка с объемом единовременных выносов твердой составляющей в небольших логах до 25 тыс.м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит непосредственно в р. Кызылсу с основной зоной поражения по транзиту.

4. Грязевые сели в мелких крутых склоновых промоинах 2-го и 3-го порядков с площадью до 10 км<sup>2</sup>, за счет эрозионного размыва мощной толщи лессовидных суглинков субаэрального комплекса и пролювия с объемами единовременных выносов от 10 до 150 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит в присклоновых частях крупных межгорных впадин с образованием распластанных конусов с основной зоной поражения в зоне аккумуляции.

На высотах от 2800 до 850-900 м со средним и максимальным уклоном 10-15<sup>0</sup>, наблюдаются следующие виды селей:

1. Водокаменные сели в результате интенсивного размыва древних крупных оползневых массивов и моренных отложений в сильно увлажненной оттаивающей зоне. По транзиту сели обогащаются за счет поступления рыхлообломочного материала при развитии большого количества оползней различных типов и объемов на сейсмически раздробленных склонах. Возможны крупные оползневые перекрытия долин 2-го и 3-го порядка с последующим размывом. Аккумуляция селей происходит по поверхности протяженных пролювиальных шлейфов конусов выноса с большими площадями поражения.

2. Водокаменные сели в крупных резко расчлененных речных долинах за счет эрозионного размыва хорошо обнаженных песчаников и конгломератов неогена с незначительным участием поверхностного делювия. Сели проходят по основным водотокам с объемами выносов от 10 до 200 тыс. м<sup>3</sup>. В верхних частях долин возможны прибортовые перекрытия. Аккумуляция селей происходит непосредственно в р. Пяндж с основной зоной поражения по транзиту.

3. Водокаменные сели в результате размыва хорошо обнаженных конгломератов, в коротких крутых эрозионных промоинах 2-го и 3-го порядка с объемами единовременных выносов до 25 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит непосредственно в р. Кызылсу с основной зоной поражения по транзиту.

На высотах от 3800 до 1400-1500 м, со средними и максимальными уклонами 20-25<sup>0</sup> наблюдаются:

1. Грязекаменные сели значительного распространения в долинах второго порядка с активным поступлением дополнительного питания при размыве аллювия и коренных пород палеогена и неогена. В периоды с аномальным выпадением осадков возможно возникновение паводковых селей значительной мощности, с поражением всей долины.

2. Грязекаменные сели локального развития при эрозионном размыве делювиальных, осыпных и оползневых накоплений в крупных водосборах второго и третьего порядка с дождевым питанием.

3. Грязевые сели локального развития при овражном размыве мощных толщ покровных лессов без обнажения коренных пород. Селевые потоки малого насыщения, без выходов в главные долины.

На высотах от 1400-1500 до 500 м, при средних и максимальных уклонах 8-10/15<sup>0</sup> наблюдаются:

1. Водокаменные сели в крупных, резко расчлененных речных долинах за счет эрозионного размыва хорошо обнаженных песчаников и конгломератов неогена с незначительным участием поверхностного делювия. Аккумуляция селей происходит непосредственно в р. Кызылсу с основной зоной поражения по транзиту.

2. Водокаменные сели в результате размыва хорошо обнаженных конгломератов неогена и терригенных пород палеогена, в коротких крутых эрозионных промоинах 2-го и 3-

го порядка с объемами единовременных выносов до 25 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит непосредственно в р. Пяндж с основной зоной поражения по транзиту.

3. Грязевые сели в мелких крутых склоновых промоинах второго и третьего порядков с площадью до 10 км<sup>2</sup>, за счет эрозионного размыва мощной толщи лессовидных суглинков субаэрального комплекса и пролювия с объемами единовременных выносов от 10 до 150 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит в присклоновых частях крупных межгорных впадин с образованием распластанных конусов с основной зоной поражения в зоне аккумуляции.

Перепад высот 1200-500-600 м, средние и максимальные уклоны 10-12<sup>0</sup>. Грязевые сели в мелких крутых склоновых промоинах второго и третьего порядков с площадью до 10 км<sup>2</sup>, за счет эрозионного размыва мощной толщи лессовидных суглинков субаэрального комплекса и пролювия с объемами единовременных выносов от 10 до 150 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит в присклоновых частях, с образованием распластанных конусов с основной зоной поражения в зоне аккумуляции.

Перепад высот 1200-500-600 м, средние и максимальные уклоны 6-8<sup>0</sup>. Грязевые сели в мелких крутых склоновых промоинах второго и третьего порядков с площадью до 10 км<sup>2</sup>, за счет эрозионного размыва мощной толщи лессовидных суглинков субаэрального комплекса и пролювия с объемами единовременных выносов от 10 до 150 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит в присклоновых частях, с образованием распластанных конусов с основной зоной поражения в зоне аккумуляции.

Перепад высот 700-500 м, средние и максимальные уклоны 6<sup>0</sup>. Грязевые и грязекаменные сели в разветвленной эрозионной сети овражного типа формируются в результате интенсивного размыва обнаженных коренных пород и мощного лессового покрова, вынос осуществляется в р. Пяндж с объемами единовременных выносов до 560 тыс. м<sup>3</sup>

Перепад высот 800-400 м, средние и максимальные уклоны 8-10<sup>0</sup>. Наблюдается два вида селей:

1. Грязекаменные сели в разветвленной эрозионной сети овражного типа, в результате интенсивного размыв обнаженных коренных пород и мощного покрова делювиальных отложений.

2. Водо- и грязекаменные сели по сильно разветвленным эрозионным и овражным врезам, в результате размыва грубообломочной толщи неогена. Характерно появление зоны частичной аккумуляции перед выходом в главную долину.

Перепад высот меньше 400 м, средние и максимальные уклоны 8-10<sup>0</sup>/15<sup>0</sup>. Наблюдается несколько видов селей:

1. Водокаменные долинные сели за счет размыва коренных пород с дополнительным питанием за счет размыва речного аллювия и пролювия. Высокая опасность в области транзита и конусов. Характерно появление зоны частичной аккумуляции перед выходом в главную долину. Объемы единовременных выносов составляют до 450 тыс. м<sup>3</sup>.

2. Грязевые и грязекаменные сели в разветвленной эрозионной сети овражного типа, в результате интенсивного размыв обнаженных коренных пород и мощного покрова речных отложений.

3. Грязевые сели в мелких крутых склоновых промоинах второго и третьего порядков с площадью до 5 км<sup>2</sup>, за счет эрозионного размыва лессовидных суглинков с объемами единовременных выносов от 10 до 150 тыс. м<sup>3</sup>. Аккумуляция происходит в присклоновых частях, с образованием конусов.

В заключение, оценивая значимость выполненной работы, необходимо подчеркнуть несколько важных моментов методологического и рекомендательного характера:

- для определения высотной структуры селевых явлений следует применить графоаналитический метод на основе геоморфологического профилирования рельефа с применением технологий ГИС, который позволяет установить высотные границы развития



селей различных генетических типов – снежниковых и гляциальных, в зависимости от перепадов высот и уклонов, селеопасных русел. Важнейшим источником информации служат космические снимки (Landsat ETM + lands 742, Aster, ALI и др.) и цифровые топографические карты (масштаб 1:100 000). Топографические карты необходимы для извлечения сведений об относительных и абсолютных высотах, числовых значениях уклонов русел и крутизны склонов.

- в зоне основного формирования селей, производство противоселевых мероприятий из-за сложности горнотехнических и горно-геологических условий представляются малоэффективным;

- в зоне транзита и дополнительного питания селевых потоков преимущественно развиты очаги эрозионного характера. Противоселевые мероприятия здесь сводятся [7]: к укреплению отдельных оползней массивов путем строительства подпорных противооползневых стенок в их фронтальных частях; к понижению уровня подземных вод и к осушению сильно перенасыщенных подземными водами оползневых тел; к насаждению лесных полос по бровкам активно растущих оврагов; к общей регулировке поверхностного стока в районах развития эрозионных и гравитационных очагов твердого питания селей.

Целевым назначением производства противоселевых мероприятий в зоне транзита и дополнительного питания селевых потоков, является уменьшение объема поступающего в русла рыхлообломочного материала.

- основные противоселевые мероприятия необходимо сосредотачивать на конусе выноса селевых отложений. В комплексе селезащитных и селеограждающих мероприятий входят: сбор расходящихся русел в единое русло, его выпрямление, углубление и расширение пропуска максимально возможного объема селевых выносов; строительство селезащитных дамб и селепропускных каналов в районах размещения населенных пунктов; переселение населения при необходимости из селеопасных зон.

## Литература

1. Шомахмадов А.М., Саидов М.С. Обследование угрожающих процессов в населенных пунктах, расположенных в бассейнах рек Кызылсу и Яхсу // Сборник трудов ИАЦ КЧС и ГО РТ. Душанбе. 2010. С. 273-296.
2. Мониторинг и раннее оповещения в Таджикистане. Ежемесячный отчет МЭРТ. Душанбе. 2017. 20 с.
3. Ишук Н.Р. Селевые явления Таджикистана. Природные опасности и изменение климата в бассейнах р. Пяндж и Сырдарья Таджикистана. Душанбе (OSCE). 2016. С. 5-6.
4. Гарби Бенюсеф. Адаптация методов ГИС-технологий для решения геолого-гидрологических задач на территории равнины Хемис Милиана в Алжире. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.01. М. 2011. 24 с.
5. Садов А.В. Аэрометоды изучения селей. М.: Недра, 1972. 126 с.
6. Усков Ю.С. Карта «Сели» - Атлас Таджикской ССР, ГУГК при СМ СССР, Душанбе-Москва, 1968. 200 с.
7. СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. МИНРЕГИОН РОССИИ, 1-ая ред. М. 2005. 96 с.

## О КОНЦЕПЦИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Смирнов С.Б.<sup>1</sup>, Ордобаев Б.С.<sup>2</sup>, Абдыкеева Ш.С.<sup>2</sup>  
ordobaev@mail.ru

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
г. Москва, Россия,

<sup>2</sup>Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** Рассматриваются новые концепции разрушения зданий и сооружений при землетрясениях. Отвергается колебательная модель землетрясения. Предлагается импульсно-волновая (толчки) модель землетрясения.

**Ключевые слова:** сейсмостойкость, железобетонные конструкции, сейсмоустойчивость, фундаментальная концепция

Очевидцы сильных землетрясений почти всегда ощущали и описывали два качественно разных типа сейсмических движений грунта. Во-первых, это были краткие и сильные одноразовые толчки и, во-вторых, это протяженные по времени колебания или вибрации. При этом многие замечали, что разрушения зданий обычно происходят именно сразу после первых толчков и что возникшие затем вибрации, как правило, менее опасны и могут лишь усугубить раннее разрушения, но сами они никак не могут вызвать их появление [1...13].

Вот типовой пример описания землетрясения, происшедшего 26 июля 1963 г. в г. Скопле (Югославия). «Главный толчок носил характер удара и сопровождался сильными вибрациями грунта в течение 8-12 секунд» [1].

Вопреки всем подобным свидетельствам официальная сейсмическая наука изначально решила, что не толчки, именно сейсмический резонанс является главной и единственной причиной сейсмических разрушений. В СССР эта резонансная модель сейсмических разрушений господствовала вплоть до разрушительного Карпатского землетрясения 1986-го года. Поэтому идеологов резонансной модели интересовали только низкочастотные колебания грунта, т.к. лишь они могли ввести здания в резонанс.

В этой ситуации краткие сейсмические толчки (т.е. импульсы) никак не вписывались в их стройную и весьма эффективную стратегию анти резонансной сейсмозащиты. Поэтому неофициально было решено считать сейсмические толчки просто некой разновидностью колебаний, не способной вызвать резонанс в зданиях и потому не опасной. Это судьбоносное решение никогда не сопровождалось какими-либо объяснениями или строгими обоснованиями на официальном уровне и внедрялось в жизнь просто в явочном порядке.

Однако, при неофициальных дискуссиях его авторы, а также наиболее «продвинутые» сторонники всегда оправдывались следующим образом: «Если сейсмические толчки, т.е. импульсы, действительно существуют как самостоятельное воздействие, то мы вправе считать их просто отдельными колебаниями или даже их частью. При этом ясно, что одно отдельное колебание грунта гораздо менее опасно для здания, чем их серия, т.к. оно не может ввести здание в резонанс. Что же касается всплесков и скачков на всех акселерограммах, которые якобы отображают сейсмические импульсы, что мы считаем их просто отдельными, очень сильными колебаниями. В своих расчетах мы (в запас прочности) заменяем их на целую серию таких же сильных колебаний, что гарантирует безопасность зданий» [1].

На самый трудный вопрос о том, как же они умудряются находить ускорение в импульсах с помощью маятниковых акселерометров, всегда давался и ныне дается следующий стандартный ответ: «Никакой проблемы по определению точной величины

ускорений, несомых импульсами, для нас не существует. Ведь умея определять ускорения колебаний в их серии, мы также легко сможем определить их и для одного колебания, т.е. для импульса, что мы и делаем в наших акселерограммах» [1].

Вот именно в этом последнем оптимистическом утверждении как раз и скрыта та главная ошибка, выявление которых полностью опровергает официальную колебательную сейсмическую доктрину и сводит на нет всю эффективность основанной на ней стратегии сейсмозащиты. Суть подвоха и ошибки состоит в следующем.

Дело в том, что стандартные маятниковые акселерометры действительно могут точно отображать ускорения низкочастотных колебаний грунта с постоянной частотой и амплитудой. Но они абсолютно не способны сделать это же самое для отдельных колебаний и тем более для импульсов по причине, скрытой в самом принципе работы маятникового акселерометра.

Разъясним суть проблемы. Рабочий орган акселерометра представляет собой массу, закрепленную на жесткой сильно демпфированной пружине с жесткостью  $\gamma$ . Эта масса начинает колебаться, как только появляются сейсмические колебания грунта  $\Delta_r(t)$ . Эти колебания  $\Delta_r(t) = \Delta_r^\alpha \sin \omega_r t$  имеют частоту  $\omega_r$  и амплитуду  $\Delta_r^\alpha$ .

Интересующие нас ускорения колебаний грунта  $a_r(t)$  с амплитудой  $\alpha_r^\alpha = \Delta_r^\alpha \times \omega_r^2$  также описываются синусоидой вида  $a_r(t) = \alpha_r^\alpha \sin \omega_r t = -\Delta_r^\alpha \omega_r^2 \sin \omega_r t$ . После очень быстрого затухания собственных высокочастотных колебаний массы  $m$ , возникших в момент вступления колебаний грунта, масса в акселерометре начинает просто повторять эти низкочастотные колебания грунта  $\Delta_r(t)$ , но со своей амплитудой  $\Delta_m^\alpha$  и с некоторым сдвигом по фазе величиной  $\varphi$ .

При этом амплитуда вынужденных колебаний массы в акселерометре величины  $\Delta_m^\alpha$  оказываются связанной с искомой амплитудой ускорений грунтов основу принципа работы маятникового акселерометра [2]:

$$\alpha_r^\alpha = \Delta_m^\alpha \left[ \frac{\gamma}{m} \right] D^{-1} \quad (1)$$

где  $\omega_m = \sqrt{\frac{\gamma}{m}}$  - это частота собственных колебаний массы в акселерометре, которая должна быть много больше частоты  $\omega_r$ ;

$D$  - коэффициент динамичности, зависящий  $\beta$  и где  $\beta = \omega_r \cdot \omega_m^{-1}$  - это соотношение частот,  $\alpha^\xi$  - параметр затухания собственных колебаний  $m$ .

При  $\beta < 0,6$  и  $\xi = 0,7$  коэффициент  $D$  обращается в константу, равную единице и тогда согласно (1) график колебаний массы в акселерометре  $\Delta_m(t)$ , умноженный на  $\omega_m^2$ , превращает в акселерограммах, т.е. дает нам график ускорений для сейсмических колебаний грунта, сдвинутый по фазе на угол  $\varphi$  [2].

Для сейсмического импульса (рис.1), вступающего путем скачкообразного появления максимального ускорения а ситуация качественно изменяется. Здесь полностью исчезает взаимное подобие графиков, и  $\Delta_m(t)$ . Более того, здесь максимуму ускорения грунта  $\alpha$  отвечают нулевое смещение грунта  $\Delta = 0$  (рис. 1) и нулевое смещение не успевший сдвинуться массы акселерометра  $\Delta_m = 0$ . То есть вместо реального ускорения грунта мы увидим нуль на акселерограммах.

В результате ошибка, даваемая типовым акселерометром в момент вступления импульса, будет равна бесконечности и реальные величины его ускорений остаются абсолютно неизвестными. Ясно лишь то, что они существенно превышают ускорения возбуждаемых ими колебаний грунта (рис. 1).

Реальное присутствие импульсов формально отражают скачки и всплески на акселерограммах. Но их величина не дает нам никакого представления о величине реальных импульсных ускорений грунта и существенно занижает ее. Эти скачки отображают

кратковременные вступления собственных высокочастотных колебаний массы в акселерометре под действием импульсов.

Отметим, что строгая теория маятниковых акселерометров категорически запрещает появление таких колебаний на акселерограммах [2].

Теперь выясним, какова природа скачкообразного появления больших ускорений в сейсмических импульсах. Ясно, что они могут возникать только лишь в гипоцентрах землетрясений, а к зданиям их приносят сейсмические волны.

При описании механизма землетрясений большинство сейсмологов выдвигают принцип «упругой отдачи», когда скачком сдвигаются соседние блоки земной коры, которые до этого взаимно смещались, медленно накапливая сдвиговые напряжения  $\tau$  вдоль линии их контакта (линии разлома).

Блоки земной коры сжаты между собой гигантским горизонтальным давлением  $\mu P$  (где  $P$  — это гравитационное давление от вышележащей толщи, а  $\mu$  — коэффициент Пуассона). Несмотря на это интенсивное сдавливание блоков, с ростом в вершинах трещин, лежащих в плоскости разлома, возникают пики растягивающих напряжений  $\sigma^+$ . Как только они превышают прочность межмолекулярных связей, происходит их разрыв, гигантские напряжения  $[\sigma]^+$  порядка  $0,1E$  скачком исчезают (здесь  $E$  — это модуль упругости материала блоков). Такое скачкообразное исчезновение гигантского растяжения  $\sigma^+$  эквивалентно нанесению удара по плоскости разлома. Именно в этот момент возникают импульсы со скачком ускорений. В результате блоки резко сдвигаются на некоторую величину  $\Delta$ , напряжения  $\tau$  исчезают и блоки вновь намертво скрепляются давлением  $\mu P$ .

Итак, «упругая отдача» блоков порождает разрушительные импульсы. Однако, сейсмическая наука считает, что из гипоцентра землетрясений к нам приходят вовсе не краткие разрушительные импульсы, а наоборот — длительные низкочастотные колебания, которые якобы именно там и зарождаются. Но для этого в гипоцентре должна возникнуть некая загадочная колеблющаяся масса, которая посылает к зданиям эти экзотические волны колебаний. Однако, среди всех известных моделей землетрясения нет ни одной модели, описывающей появление колебаний в толще земной коры. Т.е. сейсмическая наука, по существу, вообще не смогла объяснить природу тех колебаний, которые она решила считать единственной причиной сейсмического разрушения зданий.

Рассмотрим вкратце, как вообще возникла, развивалась и трансформировалась официальная колебательная модель землетрясений.

При становлении сейсмической науки (в начале 20-го века) ей предстояло решить две задачи: во-первых определить параметры разрушительных сейсмических движений грунта и, во-вторых, разработать теорию расчета зданий на эти новые для нее воздействия. Уровень сложности этих задач мог оказаться непредсказуемо высоким, и поэтому возникло логичное желание максимально упростить задачу, увидев в землетрясении какое-то знакомое и хорошо изученное воздействие. И оно нашлось в виде низкочастотных колебаний грунта. Определение их параметров и расчет зданий здесь не представляли никаких трудностей. Более того, даже те примитивные маятниковые приборы, которые уже имелись у сейсмологов, позволяли им определять частоту и амплитуду постоянных сейсмических колебаний грунта и их ускорений.

Эту благостную картину портило лишь явное присутствие серии сильных сейсмических толчков с абсолютно неизвестными параметрами, которые невозможно было определить с помощью маятниковых приборов.

Взяв на вооружение эффектную и прекрасно разработанную теорию резонансного разрушения зданий, ученые удачно для себя распространили ее на землетрясения и похоронили под ней ненавистные им сейсмические толчки, поскольку они заведомо не могли ввести здания в резонанс.

Между тем сейсмические толчки (т.е. импульсы) регулярно проявляли себя не только в виде скачков на акселерограммах. Они проявлялись еще в необычных сдвиговых формах разрушений железобетонных колонн, кирпичных простенков и стен зданий, а также в хрупких разрушениях сварных швов и еще во множестве иных форм и фактов сейсмических разрушений, которые в принципе, не могли быть результатом воздействия низкочастотных колебаний [3,4].

Однако официальная наука успешно игнорировала все факты сейсмических разрушений, которые противоречили ее базовой модели [4].

Эта гибельная резонансная модель господствовала у нас вплоть до 1986 г. В связи с ней в стране было построено много гибких каркасных зданий и зданий с гибким 1-ым этажом, считавшихся «антирезонансными». Кроме того, были предложены еще и новые варианты конструкций, позволяющих искусственно уводить здания от резонанса. Наиболее известной была очень остроумная идея возведения повышено сейсмостойких зданий с особыми «выключающимися (лишними) связями».

В момент появления сейсмических колебаний эти связи должны были мгновенно разрушаться и этим гарантированно уводить здание от сейсмического резонанса.

Но в 1986 г. во время 8-ми бального Карпатского землетрясения безо всякого резонанса, а под действием лишь сейсмических толчков в Кишиневе и других городах и поселках были срезаны железобетонные колонны во многих «антирезонансных» каркасных зданиях, рассчитанных на 9 баллов. Это явилось полной неожиданностью для теоретиков антирезонансной сейсмозащиты. В результате эта теория была сразу похоронена и ее идеологи больше никогда не упомянули о сейсмическом резонансе [5].

Более того, теперь они старались вообще заменить термин колебания на термин «сейсмические воздействия». Но при этом они по-прежнему применяли лишь примитивные маятниковые приборы, нацеленные только на фиксацию гармонических колебаний с постоянной амплитудой и частотой.

Надо подчеркнуть, что еще нигде не было зафиксировано изгибное разрушение железобетонных колонн, ожидаемое при резонансе. Даже при попытках его искусственного создания здания всегда уходили от резонанса за счет своих неупругих деформаций. Гибкие железобетонные каркасные здания и здания с гибким 1-ым этажом вновь проявили свою повышенную уязвимость в январе 1995г. в Японии г. Кобе. Их железобетонные колонны, так же как и в 1986г. в Кишиневе были срезаны сейсмическими импульсами без образования изломов, ожидаемых при сильных колебаниях зданий. Там же был развеян миф о неразрушимости зданий со стальным каркасом, где впервые произошли массовые хрупкие разрушения сварных швов. Этот эффект могли произвести только квазиударные волновые импульсы, но уж никак не колебания грунта и зданий. Но даже катастрофа в г. Кобе, где были срезаны самые современные и сейсмостойкие здания, не смогла похоронить господствующую и ныне колебательную сейсмическую модель, губительную для населения живущего в сейсмических зонах [3,4,6]

Следует подчеркнуть, что при отсутствии фактов сейсмического резонанса, сданного в архив сейсмической наукой, и при ее упорном нежелании замечать опасные сейсмические толчки, нам стала вообще непонятна официальная причина катастрофических сдвиговых разрушений при землетрясениях, т.к. их, в принципе, не способны производить те колебания, которые регистрируют маятниковые акселерометры.

Что касается объяснения природы сейсмических колебаний грунта, то нам было изначально ясно, что они не могут приходить из гипоцентра землетрясений, а должны сами возникать в грунте непосредственно под зданиями в момент прихода сейсмических волн.

Чтобы вскрыть механизм появления этих колебаний, мы изучили специфические свойства поверхностной толщи грунта и выявили, что его поверхностные слои имеют чрезвычайно низкую сдвиговую жесткость, т.е. очень высокую сдвиговую податливость по сравнению с ниже лежащими слоями. Величины их модуля сдвига  $G$  и модуля жесткости  $E$  в среднем примерно на два порядка ниже, чем в глубинных слоях. Это связано там с высоким

процентом содержания пор. По мере движения в глубь вместе с ростом плотности грунта  $E$  и  $G$  за счет снижения объема пор. На глубине  $H$  порядка 100м под возросшим давлением схлопываются почти все поры и прекращается быстрый рост жесткостных параметров  $E$  и  $G$  при дальнейшем заглублении.

Покажем насколько высок градиент изменения жесткостных параметров  $E$  и  $G$  в верхней толще грунта и соотношение их величин с параметрами в более глубоких слоях. Для этого воспользуемся данными экспериментов по измерению величины скоростей распространения волн в грунтах на разной глубине и связью этой величины с параметрами  $E$  и  $G$  в виде  $E = \rho c^2$ ,  $G = \rho \bar{c}^2$ , где  $c$  и  $\bar{c}$  – это фазовые скорости продольных и поперечных волн в грунтах с плотностью  $\rho$ . Результаты измерения скорости  $c$  в глинах, данные, таковы [7]:

на глубине  $H=1\text{м}$ ;  $\rho = 1,4 \text{ т/м}^3$ ;  $c = 260 \text{ м/сек}$ ;

на глубине  $H=60 \text{ м}$ ;  $\rho = 2,8 \text{ т/м}^3$ ;  $c = 1870 \text{ м/сек}$ ;

То есть в верхних слоях толщ скорость  $c$  снижается примерно в 10 раз по сравнению с основанием толщи. Учтя, что плотность  $\rho$  снижается вдвое, найдем, что наверху модуль  $E = \rho c^2$  снизится в 200 раз. Примерно во столько же раз снижается наверху и модуль сдвига  $G$ , а средние значения параметров  $E$  и  $G$  для толщи в целом примерно в 100 раз меньше, чем для подстилающих ее слоев грунта. Т.е. сдвиговая жесткость верхней толщи грунта примерно в 100 раз меньше, чем жесткость на сдвиг слоев в ее основании. Поэтому сейсмические импульсы, приходящие из гипоцентра, интенсивно сдвигают именно эту очень податливую верхнюю толщу.

После импульсного сдвига на величину  $\Delta$  толща начинает совершать собственные возвратные сдвиговые колебания с частотой  $\omega$ , которую можно определить по приближенной формуле  $\omega^2 = \frac{g}{m} \times k$ , [8], где  $k = GF (H)^{-1}$  – это возвратная упругая реакция толщи при смещении ее верха на единицу;  $m = \rho HF$  – это масса толщи;  $k = 0,4$  – это поправочный коэффициент, учитывающий то, что центр тяжести массы толщи расположен примерно на расстоянии  $0,4H$  от низа;  $G$  – усредненный модуль сдвига толщи,  $\rho$  – средняя плотность ее грунта,  $F$  – площадь сечения толщи. С учетом формул для  $g$  и  $m$  находим, что:

$$\omega^2 = \frac{c^2}{0,4H}; \quad \omega = \sqrt{2,5} \frac{\bar{c}}{H}; \quad \bar{c} = \sqrt{\frac{G}{H}}, \quad (2)$$

где  $\bar{c}$  – это средняя скорость волны сдвига в поверхностной толще.

Задавшись взятой из величиной  $\bar{c} = 500 \text{ м/сек}$  при  $H = 100$ , находим согласно (2), что частота колебаний глинистой толщ  $\omega$  равна:  $\omega = 7,85 \text{ сек}^{-1}$  при периоде  $T = 0,8 \text{ сек}$ . Этот результат отвечает примерно середине реального частотного диапазона, обычно даваемого сейсмограммами[6].

Ранее в мы доказывали также, что поверхностная толща, состоящая из слабых пористых грунтов, обладает важным свойством резко усиливать разрушительный эффект, создаваемый сейсмическим импульсами. В скальном грунте с постоянным по глубине большим модулем сдвига этот усиливающий эффект отсутствует[8].

Именно это позволяет объяснить более низкую повреждаемость зданий, стоящих на скальном основании.

Итак, в землетрясениях объективно присутствует не одно, а два качественно разных типа движений грунта: волновые квази-ударные импульсы (ощущаемые как толчки) и возбуждаемые ими низкочастотные колебания, производимые верхней толщей грунта, сдвинутой импульсами, и ощущаемые как вибрации. При одинаковых смещениях грунта  $\Delta$  ускорения в толчке-импульсах превышают ускорения в колебаниях примерно в  $n$  раз, где  $n = \frac{2}{T}$ , – период колебаний;  $t_u$  – время действия импульса. В примере  $n = 16$ .

Именно игнорирование сейсмических толчков предопределяет перманентные неудачи в сфере сейсмозащиты.

Главным показателем этих неудач является полная неспособность официальных сейсмических Норм и Кодов обеспечить даваемые ими гарантии сейсмостойкости сооружений, даже при учтенной в Нормах силе землетрясения. Ведь если здание построено в полном соответствии с требованиями Норм, то оно должно выдержать землетрясение с расчетным уровнем балльности. Но в реальности этого не происходит и «сейсмостойкие» здания часто разрушаются при «неопасном» для них уровне сейсмического воздействия [5,6,9,10].

Эти факты говорят о том, что официальные сейсмические строительные Нормы и Коды основанные на колебательной доктрине и строящие свои расчеты на базе дефектных акселерограмм, существенно занижают реальные сейсмические напряжения в сооружениях [9,10].

Для подтверждения этого основополагающего факта мы предлагаем впервые провести качественно новый эксперимент, который позволит наконец, безоговорочно опровергнуть колебательную модель землетрясений. Мы предлагаем впервые провести прямые, а не косвенные измерения сейсмических напряжений в несущих элементах зданий и сравнить их с теми официальными напряжениями, которые до сих пор определяются лишь косвенно путем расчетов, проведенных на основе анализа записанных при этом акселерограмм.

Мы утверждаем, что реальные напряжения, создаваемые импульсами, окажутся существенно выше тех, которые будут вычислены на основе записанной здесь же акселерограммы.

Во избежание разночтений в процессе расчета мы предлагаем (в целях его упрощения) использовать в эксперименте простейшую конструкцию в виде короткой ж/б. колонны, защемленной в грунте, с грузом на верху колонны. Разместив ее в зоне с постоянной сейсмической активностью надо измерить в ней касательные напряжения от первого же сейсмического толчка и сравнить их с теми же напряжениями, найденными на базе показаний акселерометра, размещенного на колонне. Мы дали детальное описание и подробную проработку всех сторон, деталей и этапов этого эксперимента, проведение которого планируется в Кыргызстане в обозримом будущем [11].

Проведя этот эксперимент и обнаружив многократное расхождение между реальным и официальными напряжениями, мы наглядно опровергнем официальную колебательную модель землетрясений.

После этого надо будет научиться определять параметры сейсмических импульсов с помощью новых качественно иных приборов. А затем придется разработать теорию расчета зданий на импульсные волновые воздействия, идея которой была предложена в [12].

На этой основе надо будет создать качественно новую эффективную стратегию сейсмозащиты и разработать соответствующие ей Нормы и Коды по строительству реально сейсмостойких зданий.

### Литература

1. Поляков С.В. Последствия землетрясений. М.: Стройиздат, 1978. 331 с.
2. Клаф Р., Пепзиен Дж. Динамика сооружений. М.: Стройиздат, 1979. 320с.
3. Смирнов С.Б. Исследования аномальных форм в сейсмических разрушениях зданий, противоречащих официальной теории сейсмозащиты и опровергающих официальный взгляд на причины разрушения зданий при землетрясениях // Объединенный научный журнал. М. 2008. № 9. С. 51-59.
4. Смирнов С.Б. Формы сейсмических разрушений как надежный источник информации о реальном разрушительном волновом сейсмическом воздействии // Жилищное строительство. 2012. № 1. С. 39-41.
5. Карпатское землетрясение 1986 г. Кишинев: Штиинца,1990. 334 с.
6. «A survey report for building damages to the Hyogo – Ken Nanbu carthquake», Building Research Institute; Ministry of Constuction (Japan), 1996, March, 222 p.

7. «Soils and Foundations». Special issue of Geotechnical aspects of the January, 17 1995, Hyogo – Ken Nanbu earthquake, Japanese Geotechnical society, January, 1996, 359 p.
8. Смирнов С.Б. Поверхностная толща грунта, как усилитель разрушительного эффекта сейсмических волн и генератор сдвиговых колебаний // Жилищное строительство. 2009. № 12. С. 33-35.
9. Смирнов С.Б. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» как документ, опровергающий официальную колебательную доктрину сейсмических разрушений зданий // Жилищное строительство. 2010. № 4. С. 9-11.
10. Смирнов С.Б. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» и новый вариант СНиП 22-03-2009 как дополнительные источники сейсмоопасности и сейсмического риска для граждан Российской Федерации // Жилищное строительство. 2010. № 9. С. 49-51.
11. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд. Сборник научных трудов. Ч. 2. Бишкек. 2013. 144 с.
12. Смирнов С.Б. Особенности работы и прочностного расчета зданий при импульсных сейсмических воздействиях // Жилищное строительство. 1995. № 3. С. 14-17.
13. Сеитов Б.М., Ордобаев Б.С. Сейсмозащита и ее организация. Бишкек: Айат. 2013. 172 с.



## **РОЛЬ И МЕСТО ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Султанова А.М.

aizada2996@mail.ru

УНТЦ «Развитие ГЗ» КРСУ и МЧС КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### ***Научный руководитель:***

*начальник отдела УНТЦ «Развитие ГЗ» КРСУ и МЧС КР*

*Тыналиев К.А.*

**Аннотация.** В статье раскрыты основные системы по обеспечению национальной безопасности личности, общества и государства и на основании этого определено место и роль государственной безопасности гражданской защиты.

**Ключевые слова:** национальная безопасность, государственная система гражданской защиты, опасность, чрезвычайная ситуация.

Понятие «безопасность» непосредственно связано с понятием «опасность». В современных изданиях утвердилось такое понимание явлений опасностей и безопасностей общества, при котором весь круг проблем, связанных с этими процессами, концентрируется в понятии «национальная безопасность». Все люди, организации и учреждения, государство и общество в целом считают обеспечение безопасности одной из важнейших задач. Наличие большого многообразия опасностей в обществе порождает проблему ликвидации их причин или защиты от них, то есть создания обществу в целом и его составляющим структурам условий для существования и функционирования без опасности.

Систему национальной безопасности образуют органы государственной власти Кыргызской Республики, государственные, общественные и иные организации и объединения, граждане, принимающие участие в обеспечении национальной безопасности в соответствии с законом, а также законодательство, регламентирующее отношения в сфере безопасности.

Стратегия национальной безопасности Кыргызской Республики разработана на основе Концепции национальной безопасности Кыргызской Республики, рассчитана на среднесрочный период и включает в себя комплекс практических мер, направленных на нейтрализацию и предупреждение угроз национальной безопасности. Стратегия национальной безопасности Кыргызской Республики может быть изменена или дополнена в связи с быстрыми переменами внешней и внутренней обстановки, появлением тех или иных новых опасностей и угроз национальной безопасности.

В законе Кыргызской Республике «О национальной безопасности» определено, что основными функциями системы национальной безопасности являются:

-выявление и прогнозирование внутренних и внешних угроз жизненно важным интересам объектов национальной безопасности, осуществление комплекса оперативных и долговременных мер по их предупреждению и нейтрализации;

-обеспечение территориальной целостности и безопасности Кыргызской Республики;

-создание и поддержание в готовности сил и средств обеспечения национальной безопасности;

-управление силами и средствами обеспечения национальной безопасности в повседневных условиях и при чрезвычайных ситуациях;

-осуществление системы мер по восстановлению нормального функционирования объектов национальной безопасности в регионах, пострадавших в результате возникновения чрезвычайной ситуации.

Необходимо отметить, что национальная безопасность как сложное явление представляет собой систему взаимосвязанных элементов. Данная система включает в себя определенную совокупность концептуальных установок и положений, социально-политических и правовых институтов и учреждений, определенных средств, методов и форм, позволяющих не допускать или адекватно реагировать на возникающие опасности и угрозы.

Национальная безопасность вбирает в себя все виды безопасности личности, общества и государства. Она выражается в потребности личности, общества и государства в устойчивом развитии и имеет свою историю, закономерности и законы развития

Для обеспечения безопасности государства в целом, используются различные мероприятия социального, экономического, политического, военного и иного характера, в том числе - законодательной и нормативно-правовой направленности в сферы деятельности человека, общества и государства. Эффективное решение данной проблемы возможно только при совместном решении вопросов комплексной безопасности личности, общества и государства.

С получением независимости в Кыргызской Республике исследованиям проблем безопасности в области Гражданской защиты, как составной части национальной безопасности государства, стало уделяться более существенное внимание.

К этому подтолкнули критическое состояние окружающей среды, практически неконтролируемая деятельность человека по отношению к окружающей сфере, видимые пределы истощения природных ресурсов, в том числе и участвовавшие на территории Кыргызской Республики природные катаклизмы, принесшие большой ущерб государству и унесшие более сотни жизни людей.

Все это предопределило необходимость системного (комплексного) подхода к исследованию проблем защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций как природного, так и техногенного характера.

Кроме того, основными предпосылками для реорганизации Единой Государственной системы ликвидации ЧС - создания государственной системы Гражданской защиты явились:

а). Социально-экономические

- переход на новые хозяйственные механизмы;
- снижение финансирования защитных мероприятий;
- повышение риска возникновения ЧС;

б). Военно-стратегические

- рост внутреннего и международного терроризма и появления военной опасности в мирное время;
- изменение характера современных войн;
- появление новых видов оружия;
- необходимость проведения военной реформы;
- отсутствие прямой угрозы государству;
- снижение уровня боевой готовности Вооруженных Сил страны.

В этой связи, для обеспечения устойчивого развития, необходимости повышения уровня и эффективности предупредительных мер, уменьшения опасности, масштабов и последствий чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики была разработана концепция Государственной системы Гражданской защиты.

Данная концепция явилась основой для разработки Закона Кыргызской Республики «О гражданской защите», №239 от 2009 г. которая определила создание Государственной системы Гражданской защиты.

Государственная система гражданской защиты (ГСГЗ) - общегосударственная система, элементами которой являются органы управления, силы и средства государственных органов, органов местного самоуправления, общественных объединений и

добровольных организаций Кыргызской Республики, выполняющая функции по защите населения и территорий в чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время.

Сферы национальной безопасности, обеспечение которых возложено на Государственную систему Гражданской защиты:

а). В области военной безопасности

- гражданская защита страны;
- мобилизационная подготовка экономики;
- поддержание устойчивости жизнедеятельности в военное и послевоенное время;
- содействие в преодолении внутренних конфликтов.

б). В области экономической безопасности

- сокращение социально-экономического ущерба от ЧС;
  - внедрение экономических механизмов обеспечения безопасности населения;
- обоснование ресурсов и затрат на социально-экономическую реабилитацию зон ЧС.

в). В области безопасности в чрезвычайных ситуациях

- прогнозирование и предупреждение ЧС;
- готовность органов управления, сил и средств;
- экстренное реагирование и оперативное управление в ЧС;
- организация защиты населения и территории от ЧС;
- ликвидация ЧС и восстановление безопасности.

г). В области экологической безопасности

- снижение риска экологических катастроф;
- предупреждение и ликвидация экологических катастроф;
- участие в экологическом мониторинге.

д). В области информационной безопасности

- информационная защита, информационная поддержка населения и сил зонах ЧС;
- информационная защита ГСГЗ и её мобилизационной готовности.

е). Другие виды безопасности

- интеллектуальная поддержка и защита прав авторов разработок в области предупреждения и ликвидации ЧС;
- участие в обеспечении генетической безопасности и противодействие попыткам воздействия на генофонд страны;
- другие мероприятия.

Для достижения этих целей на Государственную систему Гражданской защиты возложены следующие задачи:

-разработка и реализация правовых норм по обеспечению защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций.

-обеспечение готовности органов управления Гражданской защиты, сил и средств государственных органов и органов местного самоуправления.

-сбор, обработка, обмен и предоставление информации в области Гражданской защиты.

-подготовка и повышение квалификации руководителей и сотрудников государственных органов и органов местного самоуправления всех уровней.

-обучение населения действиям в чрезвычайных ситуациях.

-прогнозирование и оценка социально-экономических последствий Чрезвычайных ситуаций.

-создание финансовых и материальных резервов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

-международное сотрудничество в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций.

-защита сельскохозяйственных животных, растений, продовольствия, пищевого сырья, фуража, водоемочников и систем водоснабжения в чрезвычайных ситуациях.

-ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций.

- эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы.
- восстановление коммунально-технических служб и коммуникаций
- осуществление мероприятий по оказанию медицинской помощи, жизнеобеспечение населения.

- проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в зонах чрезвычайных ситуаций.

- обнаружение и обозначение районов, подвергшихся химическому, радиоактивному, биологическому и иному заражению.

- проведение мероприятий по обеззараживанию населения, техники, зданий и других объектов.

- осуществление исследований по оценке риска для населения и территорий от возможных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

- проведение других мероприятий.

В интересах подготовки органов управления и сил Гражданской защиты к выполнению задач предупреждения и ликвидации ЧС постановлением Правительства Кыргызской Республики № 780, от 21 ноября 2012 года было принято Положение «О Единой системе подготовки органов управления и сил Гражданской защиты и информирования населения в области Гражданской защиты», в котором определены основные направления подготовки органов управления и сил Гражданской защиты:

- изучение способов защиты от опасностей при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, порядка действий по сигналам оповещения, приемов оказания первой медицинской помощи, правил пользования коллективными и индивидуальными средствами защиты;

- совершенствование навыков по организации и проведению мероприятий по Гражданской защите;

- выработка умений и навыков для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;

- овладение личным составом нештатных аварийно-спасательных формирований и спасательных служб приемами и способами действий по защите населения, материальных и культурных ценностей при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Этим же Положением определено, что обучение населения в области Гражданской защиты осуществляется в рамках Единой системы подготовки органов управления и сил Гражданской защиты, информирования и повышения осведомленности населения в области Гражданской защиты. Обучение является обязательным и проводится в Центре подготовки и переподготовки специалистов Гражданской защиты при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, по месту работы, учебы и месту жительства граждан. Формы же обучения для населения определены следующие:

а). Работающее население:

- проведение занятий по месту работы;

- участие в учениях, тренировках и других плановых мероприятиях по гражданской защите;

- индивидуальное изучение программ по предупреждению чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий в мирное и военное время.

б). Неработающее население (по месту жительства):

- посещение мероприятий, проводимых по тематике Гражданской защиты (беседы, лекции, вечера вопросов и ответов, консультации, показ учебных фильмов и др.);

- участие в учениях по Гражданской защите;

- чтение памяток, листовок и пособий, прослушивание радиопередач и просмотр телепрограмм по тематике Гражданская защита.

Сроки проведения таких занятий с населением, как правило, совпадают со сроками проведения занятий с депутатами местных кенешей, глав айыльных округов и айыл баши –

один раз в год или при проведении иных учений и занятий, проводимых вышестоящим органом управления.

Как мы видим, нормативно-правовая база Кыргызской Республики в полной мере позволяет и обязывает местные государственные администрации и органы местного самоуправления заниматься плановой подготовкой органов управления и сил Гражданской защиты, населения к действиям в чрезвычайных ситуациях. К тому же, ст. 10 закона Кыргызской Республики «О Гражданской защите» обязывает местные государственные администрации и органы местного самоуправления осуществлять подготовку и поддержание в готовности необходимых сил и средств для ведения Гражданской защиты, а также организовывать обучение населения способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях по программам, утвержденным уполномоченным государственным органом.

Однако, проведенные исследования деятельности Ивановского айыльного округа Чуйской области Учебным научно-техническим Центром «Развитие Гражданской защиты» Кыргызско-Российского Славянского университета имени первого президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина, показывают, что на деле все не так. Если в областях и районах, где имеются территориальные органы управления уполномоченного органа управления в области Гражданской защиты – МЧС КР, как-то проводятся занятия, тренировки и учения с должностными лицами и силами Гражданской защиты по защите населения и территории в чрезвычайных ситуациях, то с населением айыльных округов и сел, по примеру Ивановского айыльного округа, такие занятия вообще не проводятся, во всяком случае в последние три года.

В заключение рассматриваемой статьи следует отметить, что Гражданская защита на современном этапе продолжает оставаться важной общегосударственной функцией, составной частью системы национальной безопасности страны, призванной обеспечить защиту населения, материальных и культурных ценностей. Она выступает как форма участия всего населения страны, органов государственной власти и местного самоуправления в обеспечении жизнедеятельности государства.

Это обуславливается тем, что в обеспечении жизнедеятельности государства она выполняет две важнейшие функции:

-социальную - обеспечением защиты и жизнедеятельности населения, спасением и оказанием помощи пораженным и пострадавшим;

-экономическую - сохранением объектов, существенно необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения, защитой материальных и культурных ценностей, снижением опасности образования вторичных очагов поражения в условиях ЧС.

## Литература

1. Закон КР о национальной безопасности
2. Закон КР о «Гражданской защите»
3. Положение о государственной системе Гражданской защиты
4. <https://medic.studio/meditsina-katastrof-kniga/121-osnovyi-bespecheniya-natsionalnoy-40076.html>

## **ВЛИЯНИЕ КИРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И РЕК ТАЛАС И АССА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТАЛАС-АССИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Тажиев С.Р.

sula\_tashiev@mail.ru

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина,  
г. Алматы, Республика Казахстан.

### ***Научный руководитель:***

*заместитель директора по науке*

*ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина»,*

*к.г.-м.н Муртазин Е.К.*

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы взаимосвязи подземных и поверхностных вод и роль речного стока в формировании эксплуатационных запасов Талас-Ассинского месторождения, которое приурочено к междуречью рек Талас-Аса и разведано для организации крупного централизованного водоснабжения. Поверхностные воды являются источником питания аллювиального водоносного горизонта месторождения, реки представляются гидродинамическими границами с контуром постоянного напора. Питание за счет поверхностных водотоков оценивается в 7-9% от многолетнего среднегодового речного стока. Кировское водохранилище, реки Талас и Асса являются трансграничными водными объектами Казахстана и Кыргызстана, что в условиях дефицита водных ресурсов региона требует совместного межгосударственного решения вопросов водопотребления.

**Ключевые слова:** Водоохранилище, река, месторождение подземных вод, питание подземных вод, фильтрация, аллювиальные отложения, инфильтрация, бассейн реки, водный баланс, естественные ресурсы, естественные запасы, Талас-Ассинское месторождение подземных вод

Кировское водохранилище, реки Талас и Асса являются трансграничными водными объектами Казахстана и Кыргызстана, что в условиях дефицита водных ресурсов региона, требует совместного межгосударственного решения вопросов водопотребления. [3]

Кировское водохранилище, сооруженное в 1975 г., расположено в 20 км южнее г.Тараз в Таласской области на границе Манасского и Кара-Бууринской районов, в ущелье Чон-Капка. Оно имеет уникальную бетонную, контрфорсную (пустотелая) плотину облегченного типа, высотой 84 м и длиной по гребню 260 м. По оценке международных экспертов, плотина надежна и устойчива. [3]

Полезный объем водохранилища 550 млн. м<sup>3</sup>, пропускная способность – 390 м<sup>3</sup>/с. Площадь зеркала — 205 км<sup>2</sup>, длина зеркала — 22 км, ширина — 4 км. Водоохранилище позволяет орошать 105 тыс.га земель Таласской области Кыргызстана и около 60 тыс.га земель Казахстана в Жамбылской области. Линейная схема объектов распределительного узла Кировского водохранилища иллюстрируется на рисунке 1.

Река Талас берет начало на седловине между Киргизским хребтом и Таласским Алатау, образуется в результате слияния рек Каракол и Учкошай на территории Кыргызстана и теряется в песках Мойынкум на территории Казахстана. Река, проходя через узкую V – образную долину в горах Акташ (на территории Кыргызстана), выходит на Таласскую впадину, где формирует обширную аккумулятивную аллювиальную равнину. [4]

Общая протяженность реки составляет 661 км, площадь водосбора – 52700 км<sup>2</sup>, из которых 22% приходится на территорию Кыргызстана, 78% - Казахстана. Основное питание

р. Талас получает в своих верховьях за счет таяния снежников и ледников (около 80% стока реки формируется в Кыргызстане). Общий объем водных ресурсов бассейна оценивается в 1,5 км<sup>3</sup>.

На выходе из гор максимальные расходы р. Талас, по данным разведочных работ [4] выражаются в количестве 116 м<sup>3</sup>/с (июнь-август), а минимальные – 22 м<sup>3</sup>/с (декабрь-февраль), среднегодовой многолетний сток - 29,6 м<sup>3</sup>/с. Современный гидрологический режим стока р. Талас формируется под влиянием Кировского водохранилища на территории Кыргызстан, введенным в эксплуатацию значительно позже периода разведочных работ.

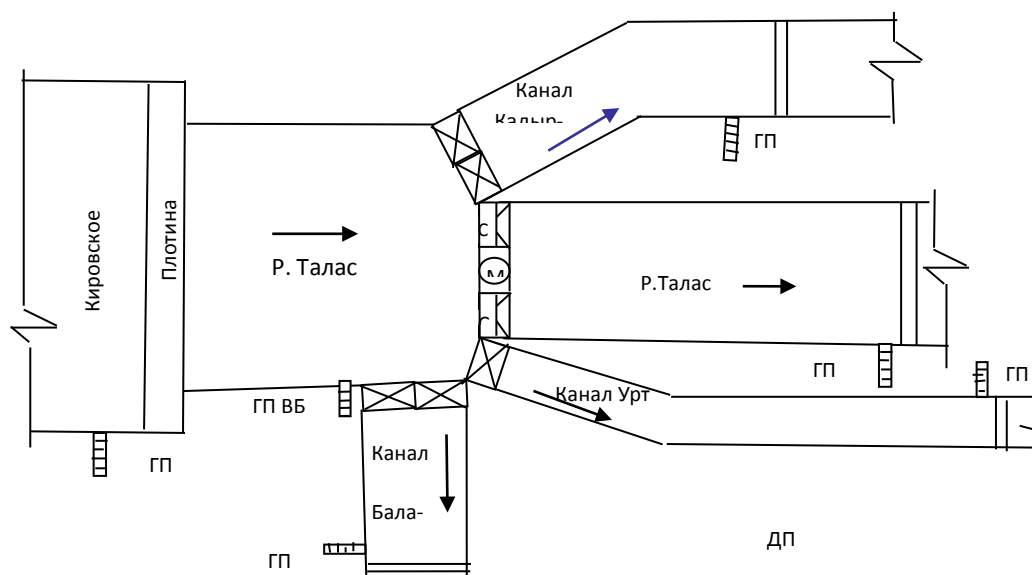


Рисунок 1 – Схема объектов распределительного узла [5]

Река Аса (Асса) - формируется из слияния множества малых рек, берущих начало на отрогах Таласского Алатау (Кыргызстан) и теряется в песках Мойынкум (Казахстан). Максимальные расходы реки на выходе из гор (пост Маймак) в паводковый период достигают 65 м<sup>3</sup>/с (апрель-май), с последующим за ним снижением до 7-10 м<sup>3</sup>/с. Многолетний среднегодовой сток р. Аса по посту Маймак оценивается в 13,1 м<sup>3</sup>/с.

Поверхностные воды р. Аса посредством искусственного межбассейнового ирригационного канала «Аса-Талас», используются для орошения земель хозяйствующих субъектов, на территории южнее г. Тараз. Кроме того, р. Аса является гарантированной емкостью, из которого осуществляются плановые пуски (до 10 м<sup>3</sup>/с) для восполнения стока р. Талас в маловодные годы, обеспечивающим необходимую мощность работы Жамбылской ГРЭС. [2]

Аллювиальные отложения долин рек Талас и Асса при выходе из гор образуют единую обширную равнину, с пространственными границами которого отождествляется Талас-Ассинское месторождение (ТАМ) подземных вод, разведенное для организации крупного централизованного водоснабжения. Месторождение на условной широте 43<sup>0</sup> разделено выходами на дневную поверхность каменноугольных пород в виде цепи отдельных сопок (относимых к восточным отрогам хр. Каратау), на южную и северную части (Рисунки 2 и 3).

Сток бассейна рек Талас и Аса проходит через плиоцен-четвертичную толщу межгорной впадины, аккумулируясь в ней. Вопросы взаимосвязи подземных и поверхностных вод, с количественной оценкой обеспеченности эксплуатационных ресурсов ТАМ рассмотрены на основе балансовых расчетов.

Водный баланс южной части Талас-Ассинского месторождения в нарушенных условиях можно выразить следующим уравнением:

$$Q_{\Sigma} = Q_e + \Delta V_e + V_p + W + W_o + Q_{np} \quad (1)$$

$$Q_{np} = \Delta V_p + Q_6 + \Delta Q_6 + T \quad (2) [1]$$

где:  $Q_6$  – эксплуатационные ресурсы, м<sup>3</sup>/сутки;

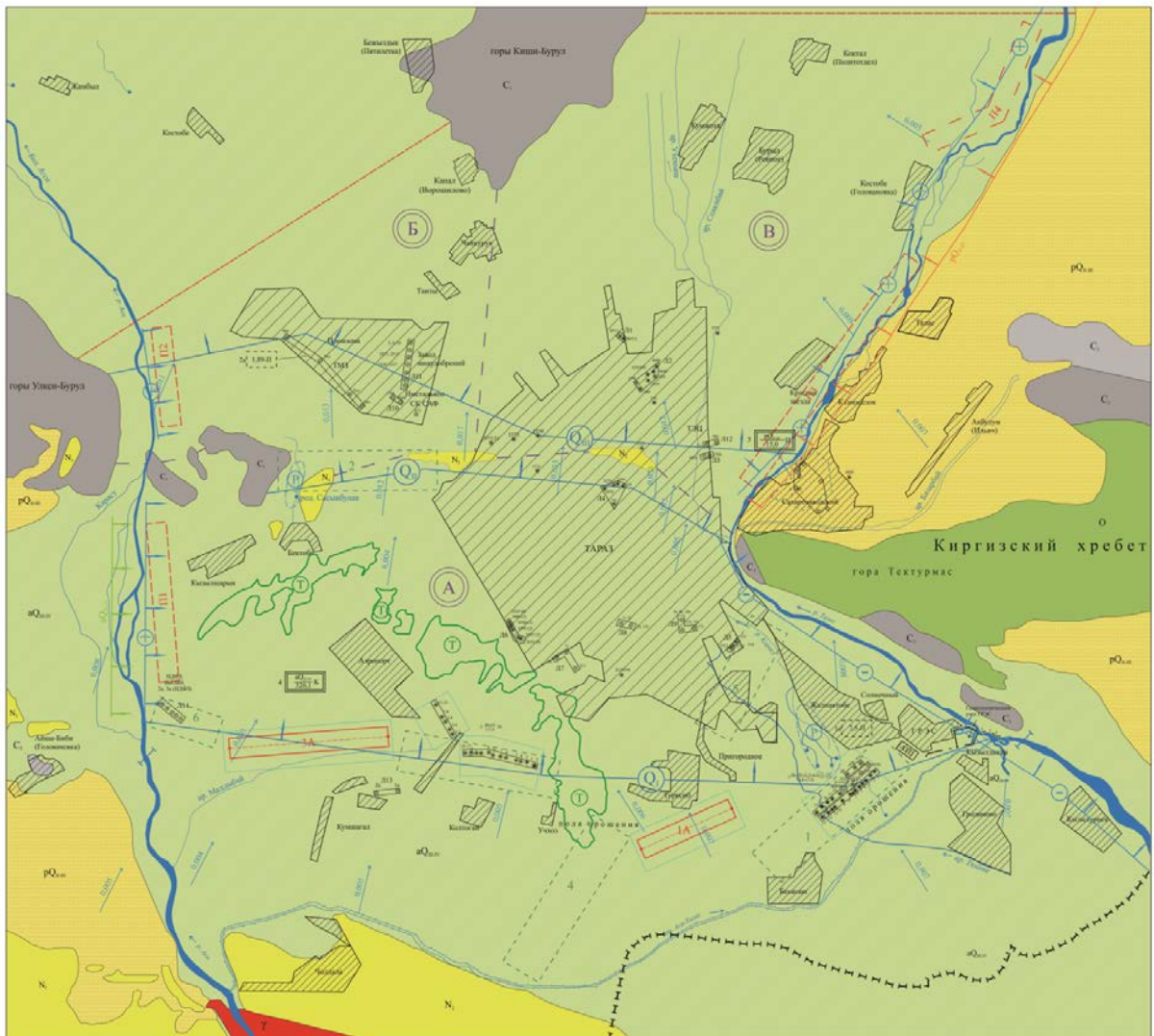


Рисунок 2 – Схематическая гидрогеологическая карта междуречья Талас-Аса.

Условные обозначения для рисунка 2:

$Q_e$  – естественные ресурсы, соответствующие расходу аллювиального потока в условиях, ненарушенных эксплуатацией водозаборов, м<sup>3</sup>/сут;



$\Delta V_e$  – ресурсы, формирующиеся за счет сработки естественных запасов в области влияния водозаборов, м<sup>3</sup>/сут;

$V_p$  – разгрузка речного стока в р.Талас в естественных условиях, перехватываемый водозабором, м<sup>3</sup>/сут;

$W$  – инфильтрация атмосферных осадков, м<sup>3</sup>/сут;

$W_o$  – питание за счет потерь оросительных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$Q_{np}$  – ресурсы, привлекаемые при эксплуатации водозаборов, м<sup>3</sup>/сут;

$\Delta V_{p-}$  – дополнительные потери речного стока в условиях эксплуатации водозаборов, м<sup>3</sup>/сут;

$Q_b$  и  $\Delta Q_b$  – боковые притоки и их приращение за счет увеличения гидравлических градиентов в области депрессии водозаборов, м<sup>3</sup>/сутки

$T$  – приращение ресурсов за счет инверсии эвапотранспирации, вследствие снижения уровня подземных вод в области депрессии водозаборов, м<sup>3</sup>/сутки.

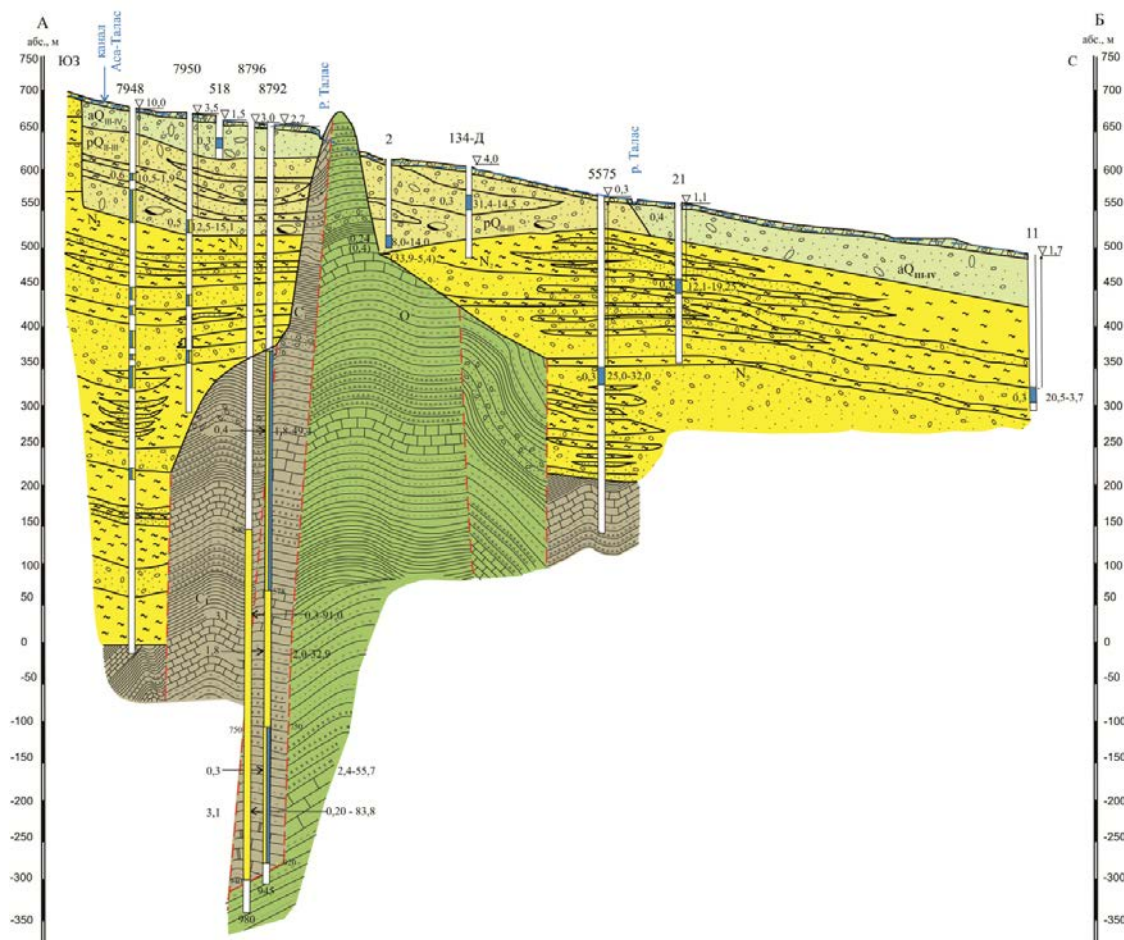


Рисунок 3 – Схематический гидрогеологический разрез междуречья Талас-Аса

Очевидно, когда рассматриваем речной сток, как источник формирования эксплуатационных запасов, а естественные запасы, как емкость, регулирующую (неравномерное за многолетие) поступление речного стока и обеспечивающую стабильную работу водозаборов в южной части ТАМ, то не имеет принципиального значения распределение стока в годовом разрезе. Поэтому, во всех балансовых расчетах достоверность гидрогеологических прогнозов обеспечивается оперированием средних значений водно-балансовых параметров, надежность которых основана на многолетней регулирующей роли естественных запасов.

Естественные ресурсы на расчетном створе южной части ТАМ, формируются расходом потока с горных сооружений в южной, западной и восточной обрамлениях

междуречья (основной области питания южной части Талас-Ассинского месторождения). Величина разгрузки трещинных вод со стороны гор Кызыладыр, Акташ, Ичкелетау (южная часть) и Киргизского хребта (на востоке) определена в процессе разведочных работ. Дебиты родников в зонах тектонических нарушений достигают  $0,08 \text{ м}^3/\text{с}$ . Питание в пределах междуречья оценивается в  $2,4 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $0,057 \text{ м}^3/\text{с}$  на  $1 \text{ км}$ ). [1]

Величина естественного питания аллювиальных отложений междуречья на всем протяжении месторождения со стороны р.Аса определяется потерями речного стока в количестве  $1,15 \text{ м}^3/\text{с}$  (западная гидродинамическая граница ТАМ с контуром постоянного напора). Данная величина не превышает 9% от многолетнего среднегодового стока реки.

Величина естественного питания аллювиальных отложений междуречья со стороны р.Талас (восточная гидродинамическая граница ТАМ с контуром постоянного напора) оценивается в  $1,97 \text{ м}^3/\text{с}$ , или до 7% от многолетнего среднегодового стока реки.

Естественные ресурсы на расчетном створе южной части ТАМ, вычисленные по расходу подземного потока, составляют  $3,73 \text{ м}^3/\text{с}$ , то есть обеспечивают производительность централизованных и локальных водозаборов в южной зоне.

Естественные (статические) запасы подземных вод ( $V_e$ ) по результатам разведочных работ определены в количестве  $6,7$  млрд. $\text{м}^3$  на площади  $1070$  кв.км. Работа водозаборов с расчетной производительностью (по условиям подсчета запасов) может продолжаться при значительном снижении динамических уровней (до 70% мощности пласта), с вовлечением в эксплуатацию 50% естественных (статических) запасов, то есть в объеме  $3,357$  млрд. $\text{м}^3$ , что обеспечивает стабильную работу водозаборов в течение 28,7 лет.

Величиной питания подземных вод за счет потерь оросительных вод, в практических расчетах можно пренебречь. Принимая во внимание, как интенсивное внедрение в южных регионах водосберегающего капельного орошения на мелиоративных работах, так и с точки зрения создания запаса прочности при расчетах приходной статьи водного баланса ( $W_o = 0$ ).

Водозаборы в основном располагаются севернее оросительного канала Аса-Талас, в удалении от предгорий (области питания). Анализ длительного опыта эксплуатации водозаборов с различной производительностью свидетельствует о локализованном характере развития депрессионной воронки, ограниченной в пределах непосредственно очагов возмущения ( $R_{np}=100-500 \text{ м}$ ). В этой связи, привлечение дополнительных боковых притоков от области питания, с созданием номинального гидравлического градиента депрессии, исключается ( $\Delta Q_\delta = 0$ ). [2]

Естественные боковые притоки ( $Q_\delta$ ) учтены в суммарном объеме расхода аллювиального потока.

Ввиду незначительных радиусов влияния депрессионных воронок, некорректно учитывать инверсию эвапотранспирации ( $T=0$ ), за исключением заболоченных суффозионных западин в центральной части месторождения.

Привлекаемые ресурсы ( $Q_{np}$ ) при существующей схеме водоотбора подземных вод, отсутствуют. Вместе с тем, они не исключаются при создании инфильтрационных водозаборов вблизи рек Аса (на правом берегу) и Талас (левобережье, выше гор Тектурмас).

Потери (приращение) речного стока до базового расчетного створа (являются составными частями общего расхода аллювиального потока ( $V_p=0$ )).

В количественном отношении, инфильтрация атмосферных осадков непосредственно на площади месторождения, не имеет выраженного значения, и большей частью расходуется на испарение и транспирацию ( $W = 0$ ).

Таким образом, общее уравнение водного баланса (1), применительно к расчетному створу южной части ТАМ приобретает следующий вид:

$$Q_\Sigma = Q_e + \Delta V_e \quad (3).$$

Следует отметить о том, что уравнение (3) справедливо только для разведанных участков, за пределами которых, характер формирования подземных вод аллювиальных

отложений междуречья имеют существенные различия и особенности, связанные с изменением геолого-структурных и гидродинамических условий. [1]

В целом, продуктивный водоносный комплекс верхнечетвертичных-современных аллювиальных отложений ТАМ обладает наибольшими эксплуатационными ресурсами, обеспечивающими лучшие технико-экономические показатели водозаборов, что обусловлено следующими факторами:

-наибольшие удельные дебиты скважин (и фильтрационные параметры) позволяет эксплуатацию подземных вод наиболее компактным водозабором;

-реки Талас и Аса, прорываясь из гор, разгружаются в аллювий (при этом величина разгрузки ограничена лишь свободной емкостью аллювия), то есть аллювий лучше обеспечен возобновляемыми ресурсами пресных вод;

-аллювий граничит и гидравлически связан с водоносными горизонтами плиоцена и пролювия, которые вместе с палеозойским бортом межгорной впадины являются питающим контуром и формируют водопритоки в аллювий в количестве, сопоставимом с питанием из рек;

-аллювий верхней части разреза впадины характеризуется лучшими условиями водообмена, чем залегающий ниже плиоцен;

-интенсивность водообменных процессов, которая, в конечном счете, определяет величину ресурсов пресных подземных вод (и фильтрационные свойства) аллювиальных отложений выше, чем других отложений впадины;

-подземные воды аллювиальных отложений имеет совершенную гидравлическую связь с реками Талас и Аса, по которым приняты границы подсчета балансовых запасов южной части ТАМ.

-река Аса на всем своем протяжении питает подземные воды месторождения, что создает возможность существенно увеличить производительность водозаборов в южной части ТАМ;

-при работе водозаборов в эксплуатацию привлекается не только речной сток, разгружающийся в аллювий в природных условиях, но и перехватывается подземный поток, в естественных условиях разгружающийся родниковым стоком, эвапотранспирацией и в русла рек;

-при заложении прирусловых водозаборов вблизи рек формируются дополнительные эксплуатационные ресурсы за счет привлечения речного стока в емкость аллювия, высвобождаемую водоотбором;

-залегая первым от поверхности, аллювий открыт для получения питания за счет атмосферных осадков и потерь оросительных вод, что создает дополнительные эксплуатационные ресурсы;

-аллювий имеет потенциал приращения эксплуатационных ресурсов за счет увеличения как боковых водопритоков, так и процессов перетекания из нижележащих водоносных комплексов, вследствие снижения уровня подземных вод и увеличения гидравлических градиентов в области депрессии водозаборов.

## Литература

1. Боровский Б.В. Закономерности формирования эксплуатационных запасов месторождений пресных подземных вод // Водные ресурсы. 1985. № 2. С. 162-164.
2. Джакелов А.К. Формирование подземных вод Чу-Сарысуйского артезианского бассейна, их ресурсы и перспективы использования. Алматы: Гылым, 1993. 238 с.
3. Водный кодекс Республики Казахстан № 481 от 9 июля 2003 года.
4. Трансграничные водные ресурсы – основа региональной стабильности в Центральной Азии. Материалы семинара. Алматы. 2008.
5. Проект схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Талас с притоками на территории Республики Казахстан. Тараз. 2007.

## СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЛОТИНЫ ГИССАРАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Хамидов Х.Л.

hamidov\_1@inbox.uz

Институт сейсмологии АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией сейсмической аппаратуры Института сейсмологии АН РУз,  
к.ф.-м.н. Ибрагимов А. Х.*

**Аннотация.** Изучены собственные колебания плотины Гиссаракского водохранилища. Оценены предварительные динамические параметры колебаний бортов Гиссаракского водохранилища и плотины. Выделены шумы от ближних взрывов или источников высокочастотных колебаний без определения расчета динамических характеристик плотины.

**Ключевые слова:** Сейсмические колебания, спектр, плотина, разжижение, скорость.

Определение сейсмических свойств мелкообломочных и крупнообломочных массивов в исследуемой зоне плотины, как экспериментальный материал при разных нагрузках и объемах воды, выполнялось несколькими методами: записью слабых транзитных землетрясений; изучением спектральных характеристик грунтов анализируя микросейсмы. Непосредственно на объекте измерения микросейсмического уровня природного шума производились с использованием цифровой сейсмической станции CMG-6TD производства Великобритании. Частотная характеристика сейсмометров – равномерная в диапазоне 0,03 - 50,0 Гц. По профилю измерены колебания и в сейсмограммах режимно определяется максимальные амплитуды скорости колебаний -  $A_{max}$ (мм/с) и соответствующие им периоды колебаний, длительность колебаний [1,2]. В 2017 году нами произведены расчет относительного изменения интенсивности колебаний  $\delta i = A_{max}(i)/A_{ma}$ , где  $i$ -номер по порядку измерительных точек. Расчеты мощности слоя от крупнообломочных массивов до мелкообломочных пород производились с использованием следующих эмпирических уравнений:  $h = 156f_0 - 1,08$  где  $h$ - мощность слоя насыпных горных пород,  $f_0$  – резонансная частота каждой части обломочность массивов. Для определения скорости поперечных волн  $V_s$  использовано выражение:  $T = 4h/V_s$ ; где  $T$  – резонансный период для каждого типа массива пород,  $h$  - мощность каждой части пород,  $V_s$ - скорость поперечных волн. Результаты расчетов показывают диапазон изменений  $V_s$  в пределах 564-655 м/с.

Несколько отрезков записей микросейсм длительностью по одному часу нарезаются на интервалы по 8 минут, вычисляется для них спектр и производится фильтрация для устранения случайных импульсных помех. Далее методом взвешивания строится отношение спектров H/V компонент. Обработка данных с использованием программы JSesame позволило оценить спектральное отношение H/V (горизонтальных и вертикальных колебаний, метод Накамуры, [1,2]). При обработке помехи и шумы техногенного и другого происхождения вырезаются из временного ряда. Также использовалась программа GeorSy для контроля параметров HV. Коэффициент сейсмического разжижения грунтов определялся по формуле

$$KL = AHVSR/F_0$$

где  $AHVSR$  – значение коэффициента передачи грунтов HVSR;  $F_0$  – резонансная частота HVSR.

Проведенные измерения на неизмененных массивах в естественном состоянии показали, как и ранее приращение балльности +0,5 (+0,2g).

Результаты анализа записей показано в табл.1. по 19 измеренным пунктам.

Таблица 1 – Результаты анализа записей.

Гиссарак			
№	F <sub>0</sub>	HVSR	K <sub>g</sub>
1	0.779	2.983	11.42
2	0.997	2.993	8.99
3	0.829	3.912	18.46
4	0.942	2.677	7.61
5	3.78	2.70	1.93
6	1.199	2.519	5.29
7	2.673	2.950	3.26

Гиссарак			
№	F <sub>0</sub>	HVSR	K <sub>g</sub>
8	2.011	2.888	4.15
9	2.058	3.075	4.59
10	1.200	3.124	8.13
12	3.074	3.614	4.25
13	3.101	4.335	6.06
17	2.486	2.42	2.36
18	5.997	2.998	1.50
19	1.238	2.871	6.66

где F<sub>0</sub>- резонансная частота; HVSR- коэффициент усиления колебаний; K<sub>g</sub>- коэффициент сейсмической неустойчивости. Пример спектра HVSR на Гиссаракской плотине в измерительных точках 9 и 10 показаны на рис.1 ниже:

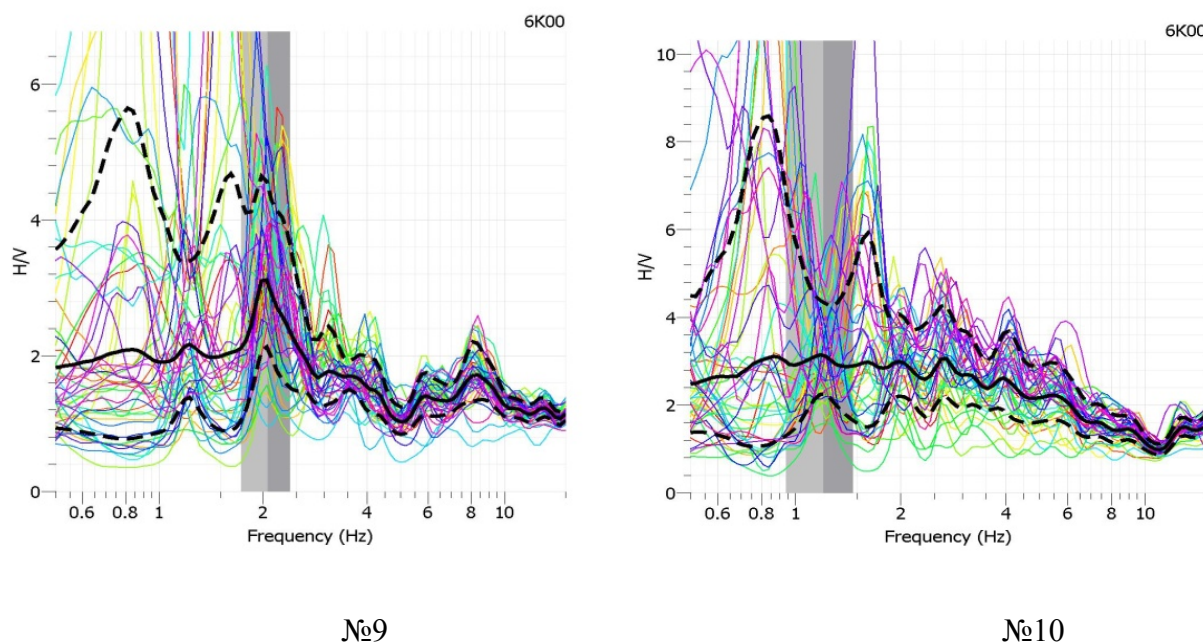


Рисунок 1 – Пример спектров HVSR Гиссаракской плотины (измерительные точки №9 и №10).

С учетом того, что под объектами насыпной зоны при эксплуатации консолидируется достаточно несжатые слои, можно принять максимально возможную интенсивность сейсмических воздействий I=8,5; а максимальные ускорения 0,24 g. В результате анализа сейсмограмм можно отметить, что на гребне плотины сейсмические колебания обогащаются гармониками, связанными с резонансными явлениями. Также на гребне плотины значения скоростей смещения по сравнению с основанием плотины в среднем до 1.1-1.3 раз выше при слабых землетрясениях. При сильных сейсмических воздействиях это отношение не превышает 2,6 раза.

### Литература

1. Nakamura Y. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Micro tremor on the Ground Surface // Quart. Report of RTRI. 1989. Vol. 30. № 1. P. 25-33.
2. Ибрагимов А.Х., Алимухамедов И.М. Экспериментальное обоснование возможности использования метода Накамуры (HVSR) при решении задач сейсмического микрорайонирования // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. Ташкент: ИС АН РУз. 2016. № 13. С. 154-158.

## РАВНОВЕСНОСТЬ И МОРФОЛОГИЯ КРИСТАЛЛОВ ПИРИТА

Чарский В.П.

taga\_21@rambler.ru

Институт геологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** Вопрос «Что считать равновесной формой кристалла?» всегда привлекал внимание геологов, физиков, кристаллографов, минералогов. Эта проблема актуальна и по сей день.

**Ключевые слова:** кристалл, метакристалл, пирит, равновесие, положение Гиббс, форма, габитус.

Вопрос, что считать равновесной формой кристалла, всегда привлекал внимание, как теоретиков, так и экспериментаторов. Г.Г. Леммлейн [1] исходил из следующих представлений о равновесной форме кристалла:

1. Прежде всего, равновесная форма кристалла никоим образом не равна форме роста и потому не может быть получена в результате обычных явлений роста. Равновесная форма может быть получена только путем самопроизвольного изменения неравновесной формы роста (или растворения) кристалла, находящегося достаточное время в растворе при неизменных условиях. Согласно положению Гиббса – Кюри – Вульфа [2], равновесная форма должна обладать минимумом поверхностной энергии при  $V = \text{const}$ . П. Кюри также предполагал, что кристалл неравновесной формы может самопроизвольно преобразовывать свою в равновесную форму.

2. Кроме того, время достижения равновесия весьма зависит, от объема кристалла и, малый кристалл достигает равновесия раньше, чем большой, находящийся в таких же условиях. Г.Г. Леммлейн [1] считал, что выгодно ставить опыт с малыми, микроскопическими кристаллами. Известно, что для достаточно малых микроскопических кристаллов растворимость, т. е. концентрация насыщения, так же, как и давление паров, сильно зависит от размеров кристалла. В присутствии более крупного кристалла меньшие кристаллы (одного и того же минерала) будут растворяться, а их вещество “переоткладывается” на более крупный кристалл. Поэтому опыт должен вестись с одиночным кристаллом.

Все эти рассуждения Г.Г. Леммлейна [1] и других исследователей о равновесности форм кристаллов, приводили к ошибочным представлениям, что равновесной формой кристалла может быть только единственная одна форма кристалла минерала, а все остальные формы кристаллов одного и того же минерала являются неравновесными. Тем более этой концепции придерживался и сам Дж. Гиббс.

При росте кристаллов минералов из гидротерм, все они могут, проходит многоступенчатое равновесное состояние с минералообразующей средой (гидротермами). Для гидротерм характерно быстрое падение температуры и поэтому они могут “проскакать некоторые промежуточные равновесные состояния” и создавать иллюзию того, что некоторые промежуточные формы роста кристалла не являются равновесными состояниями.

Хонигман Б. [3], несколько иначе интерпретирует эволюцию габитусов кристаллов минералов. Он выделяет равновесную форму и формы роста кристаллов. Равновесная форма определяется теоремой Гиббса-Кюри-Вульфа [2], суть которой вкратце сводится к тому, что кристалл ограничивается преимущественно плоскостями с наименьшей удельной поверхностной энергией (а это значит – наиболее медленно растущими гранями).

Кантор Б.З. [4] видел в форме кристалла диалектический, противоречивый характер развития кристалла. Достигнутое равновесие в кристалле предполагает максимально компактную форму, а для этого необходим медленный рост. Но чтобы достигнуть равновесия скорейшим образом, т.е. для быстрого роста, нужна развитая поверхность, а значит неравновесная форма. Противоречие всякий раз разрешается в зависимости от конкретных обстоятельств: наличие свободного пространства и расположения в нем растущего кристалла, состояние среды (температуры, давления, концентрации кристаллизующего вещества и примесей), а также динамики среды (ее движения, темпа обновления, интенсивности и симметрии массопереноса).

А. Патнис и др. [5] формы кристаллов одного и того же минерала предлагает рассматривать как метастабильное равновесие, которому соответствует минимум внутренней энергии или другого термодинамического потенциала, но этот минимум лежит выше основного минимума, определяющего наибольшее устойчивое состояние.

Явное неравновесное состояние минеральной системы — это, отсутствие кристаллических форм минералов. Из гидротерм при быстром падении температуры или давления образуются массивные тонкозернистые минеральные агрегаты пирита, халькопирита и др. Силикатные расплавы при неравновесном состоянии образуют стекла (обсидиан и др.).

При неравновесных процессах, превращение вещества происходит при быстром падении различных термодинамических параметра минералообразующей среды. При этом во многих случаях (при полиморфных превращениях) при низких температурах могут образоваться высокотемпературные полиморфные модификации. Примером может служить различные фазы кремнезема, которые устойчивы лишь при определенной области температур и давления, а при комнатной температуре и давлении стабильна только одна фаза,  $\alpha$ -кварц. Однако в породах, выходящих на поверхность, обнаружены тридимит, и кристабалит, и коэсит. Им следовало бы перейти всем в  $\alpha$ -кварц, но механизм таких переходов настолько медленный, что его не удается наблюдать при низких температурах [5, 6].

Если скорости процессов, протекающих в минералах, весьма малы, и если скорость охлаждения минерала была выше, чем его способность приспособляться к меняющейся температуре, то возникнет большое отклонение от равновесия. В неравновесном состоянии поведение минерала может существенно отличаться от поведения минерала в равновесных условиях. Кинетика процесса в минеральном веществе сильно зависит от структур минеральных фаз.

Но все выше приведенные концепции равновесности кристаллов минералов касались растворов (гидротерм), магмы, газов.

Что же касается пиритов и др. минералов, образующихся на золоторудных месторождениях, то более 90% из них представляют собой метакристаллы. Метакристаллы (для примера возьмем тот же пирит), образуются метасоматическим путем в микротрещинах за счет поровых растворов. Механизм образования метакристаллов пирита отличается от механизма образования кристаллов пирита образующихся из гидротерм.

Равновесность метакристаллов пирита (и др. минералов) с вмещающей породой (или минералом), достигается не за счет положения Гиббса (равновесна форма должна обладать минимумом его суммарной поверхностной энергии, при  $V=\text{const}$ ), а за счет выполнения тождества (1):

$$L_{m-cp} = L_{kp-la} \quad (1)$$

где  $L_{m-cp}$  – поверхностная энергия минералообразующей среды (или контактирующая минеральная ассоциация),  $L_{kp-la}$  – поверхностная энергия метакристалла пирита (или другого минерала), контактирующая с минеральной ассоциацией или с минералообразующей средой.

Для равновесной минеральной ассоциации, состоящей из контактирующего доломита с пиритом, должно выполняться тождество (2).

$$L_{\text{п}}=L_{\text{д}} \quad (2)$$

где  $L_{\text{п}}$  – поверхностная энергия метакристаллов пирита,

$L_{\text{д}}$  – поверхностная энергия доломита (по границе с пиритом).

Это тождество (2) определяет форму кристаллов пирита и доломита (доломит может находиться в диспергированном состоянии при контакте с пиритом).

В ассоциации пирита с доломитом, пирит имеет {210} габитус. Это происходит не за счет химического взаимодействия доломита с пиритом, а за счет энергетической структурной неоднородности в зоне их контакта (соответственно и от разности их энтропий).

В случае если кристалл растет из раствора, то он приходит в равновесное состояние, когда их поверхностные энергии становятся равными (что и определяет морфологию кристалла минерала).

Разность поверхностных потенциалов у контактирующих минералов компенсируется изменением их площади поверхности. При этом (при метасоматическом процессе в залежах и др.), поверхностные энергии минералов выравниваются, и кристалл минерала принимает соответствующую форму.

Таким образом – равновесной формой пирита может быть любая форма, лишь бы его поверхностная энергия была равна поверхностной энергии контактирующего с ним другого минерального вида или минералообразующей среде (гидротермам, поровым растворам).

Еще в 1959 году, академик Г.Н. Наан [7] писал: “... трудно избавиться от подозрения, что в списке фундаментальных законов природы не хватает, по крайней мере, одного очень общего закона. В природе мы наблюдаем самые разнообразные процессы, антиэнтропийного характера - процессы становления, если брать их в философском плане, процессы возникновения сложного из более простого. Быть может, процессы, например, нуклеогенеза, возникновения звезд, галактик, происхождения жизни, по крайней мере, отчасти, именно потому с таким трудом поддаются раскрытию, что нам неизвестен соответствующий общий закон, и мы находимся во власти сильно укоренившегося представления, что все эти явления могут получить объяснение только как редкое исключение из общего правила”.

Все формулировки второго начала термодинамики так или иначе сводятся, к тому, что энтропия возрастает в замкнутой системе при неравновесных процессах и либо остается неизменной, если в системе протекают обратимые, равновесные процессы. При равновесии – энтропия системы максимальна.

Надо отметить, что есть, и другая интерпретация второго начала термодинамики, предложенная Щербаков В.П. [8]:

“Все системы самопроизвольно меняются таким образом, что уменьшается их способность к изменению, то есть они стремятся к состоянию равновесия” (или всякая система при самопроизвольном процессе стремится уменьшить способность к изменению, то есть, она стремится к равновесию).

Из этой интерпретации второго закона термодинамики вовсе не следует, что равновесная система обязательно должна сопровождаться уменьшением свободной и поверхностной энергии, энтропии.

Такая интерпретация второго начала термодинамики была предложена Щербаковым В.П. [8] для “живого мира”. Он, исследуя эволюцию биологических систем, пришел к выводу, что на фоне повышения энтропии биосферы, могут появляться локальные структуры (участки), где живой мир, эволюционируя, усложняет свою структуру.



Такая интерпретация второго закона термодинамики вполне приемлема и для минерального мира.

Как отмечает Щербаков В.П., [8] “для живого мира, можно наблюдать локальное повышение свободной энергии, ведущей к равновесному состоянию, когда на фоне повышения энтропии в биосфере, появляются локальные структуры, способствующие сотворению маловероятного мира, его организованной сложности”.

Если такое возможно для живого мира, то для минерального мира тем более.

#### ВЫВОДЫ

1. Всякая система при самопроизвольном процессе стремится уменьшить способность к изменению, то есть система стремится к равновесию.

2. Равновесие системы может быть достигнуто как при повышении энтропии системы, так и при ее понижении (при синергетических процессах).

3. Система стремится достичь равновесия с окружающей средой (минералообразующей средой). Т.е. при равновесии системы должно выполняться тождество - (1).

Из этого следует, что положение Гиббса – “кристалл, находящийся в равновесии с собственным раствором, должен иметь форму, которая отвечает минимуму его суммарной поверхностной энергии (при постоянном объеме), является исключением из правил.

4. В равновесной минеральной ассоциации минералы одного и того же вида должны иметь один и тот же габитус, а также одни и те же физико-химические свойства (изоморфные примеси, параметры кристаллической решетки, соотношения изотопов в кристалле и др.).

#### Литература

1. Леммлейн Г.Г. К вопросу об условиях экспериментального получения кристаллов равновесной формы // Морфология и генезис кристаллов. М.: Наука, 1973. 123 с.
2. Козлова О.Г. Рост и морфология кристаллов. М.: Московский Университет, 1980. 340 с.
3. Хонигман Б. Рост и форма кристаллов. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 209 с.
4. Кантор Б.З. Минерал рассказывает о себе. М.: Недра, 1985. 134 с.
5. Патнис А., Мак-Коннели Дж. Основные черты поведения минералов. М.: Мир, 1983. 304 с.
6. Крестов Г.А., Кобенин В.А. От кристалла к раствору. Л.: Химия, 1977. 107 с.
7. Шевлоков В.А. Синергетика: уровни и способы описания сложных эволюционирующих систем (философско-методологический анализ). Нальчик: Книга, 1999. 172 с.
8. Щербаков В.П. Эволюция как сопротивление энтропии, <http://elementy.ru/lib/430413>

## ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ ТЕЛ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТАЛДЫБУЛАК ЛЕВОБЕРЕЖНЫЙ (КЫРГЫЗСТАН)

Чарский В.П.

taga\_21@rambler.ru

Институт геологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика.

**Аннотация.** Определение параметров термоЭДС кристаллов пирита, позволяет выявлять верхние и нижние границы выклинивания продуктивного оруденения, оценивать уровень эрозионный среза рудных залежей и др.

**Ключевые слова:** метакристаллы пирита, термоЭДС, коэффициент термоЭДС пирита, рудная залежь, пириты р-тип и n-тип проводимости пирита.

Полезные ископаемые, далеко не всегда является доступными для непосредственного наблюдения и их исследования. Поэтому они познаются через изучение зональности в рудных залежах (через изменение каких-либо определенных свойств в рудных залежах и др.) [1, 2]. Существуют различные зональности в рудных залежах - минералогическая, кристалломорфологическая, геохимическая, термоэлектрическая, метасоматическая и др., которые выявляются различными методами исследований [3].

Зональность рудной залежи и приуроченность золоторудной минерализации к определенному типу ее изменчивости, можно выявлять, изучая морфологию кристаллов пирита и его электрические свойства в рудных залежах. Это дает возможность прогнозировать такие параметры, как размах оруденения, глубину распространения, уровень эрозионного среза рудной залежи и др. [1 – 5].

Более эффективным методом изучения зональности в рудных залежах является термоэлектрический метод, по сравнению с методом “Поисковой Кристалломорфологии” Н.З. Евзиковой [4, 5].

Это связано с тем, что на месторождении Талдыбулак Левобережный, в процессе рудообразования, в локальных участках аргиллизитов, появляются высоко энергетичные пириты (за счет синергетичных процессов), которые осложняют (нарушают) кристалломорфологическую зональность пирита на глубину в рудных залежах\* [5 – 7].

Поэтому более эффективно выявление рудных залежей по электрическим (по термоэлектрическим, типам проводимости и др.), параметрам кристаллов пирита в рудных залежах.

Среди золоторудных месторождений пирит является наиболее распространенным минералом в рудных залежах и поэтому является “удобным” минералом для выявления и изучения пространственно–временной зональности в рудных залежах [4, 5]

*\*Два явления в природе - энергетическая эволюция морфологии кристаллов пирита в залежах и др., при совмещении с синергетичными процессами рудообразования и др. в локальных участках залежей, могут формировать синергетичные кристаллы пирита, которые нарушают кристалломорфологическую зональность (эволюцию) пирита в рудных залежах.*

Энергетическая изменчивость кристаллов пирита (как по латерали, так по вертикали), коррелирует с энергетической изменчивостью (зональностью) самой рудной залежи [7, 8].

На месторождении Талдыбулак Левобережный (Кыргызстан) выявление золотоносных тел в рудных залежах основывалось на определение типа проводимости пирита и термоэдс кристаллов пирита (рис 2., 3). Кристаллы пирита отбирались из керна пробуренных скважин.

Определение термоЭДС кристаллов пирита проводились на приборе ЭП-1.

На рисунке видно, что золотоносные тела в скважинах, на месторождении Талдыбулак Левобережный, приурочены к пиритам р-типа проводимости и появляются тогда, когда происходит резкая смена типа проводимости пирита (с n-типа на р-тип проводимости) [3, 5, 7].

На разных месторождениях преобладают разные типы проводимости кристаллов пирита. На золоторудных высокотемпературных месторождениях преобладают пириты n-типа проводимости. Для них наиболее контрастным параметром, отражающим изменчивость (зональность) пиритов в рудных залежах является температурный коэффициент сопротивления.

Месторождение Талдыбулак Левобережный является среднетемпературным. Для него основным параметром отражающим изменчивость кристаллов пирита в рудной залежи, является изменение приращения КТЭДС (коэффициента термоЭДС) пирита [5, 9] в горизонтальной скважине №1629УМС06 на месторождении Талдыбулак Левобережный. Рудная зона приурочена к р-типу проводимости кристаллов пирита. Скважина, после 50 метров была “перебурена” на 15-20 метров (см. рис. 1).

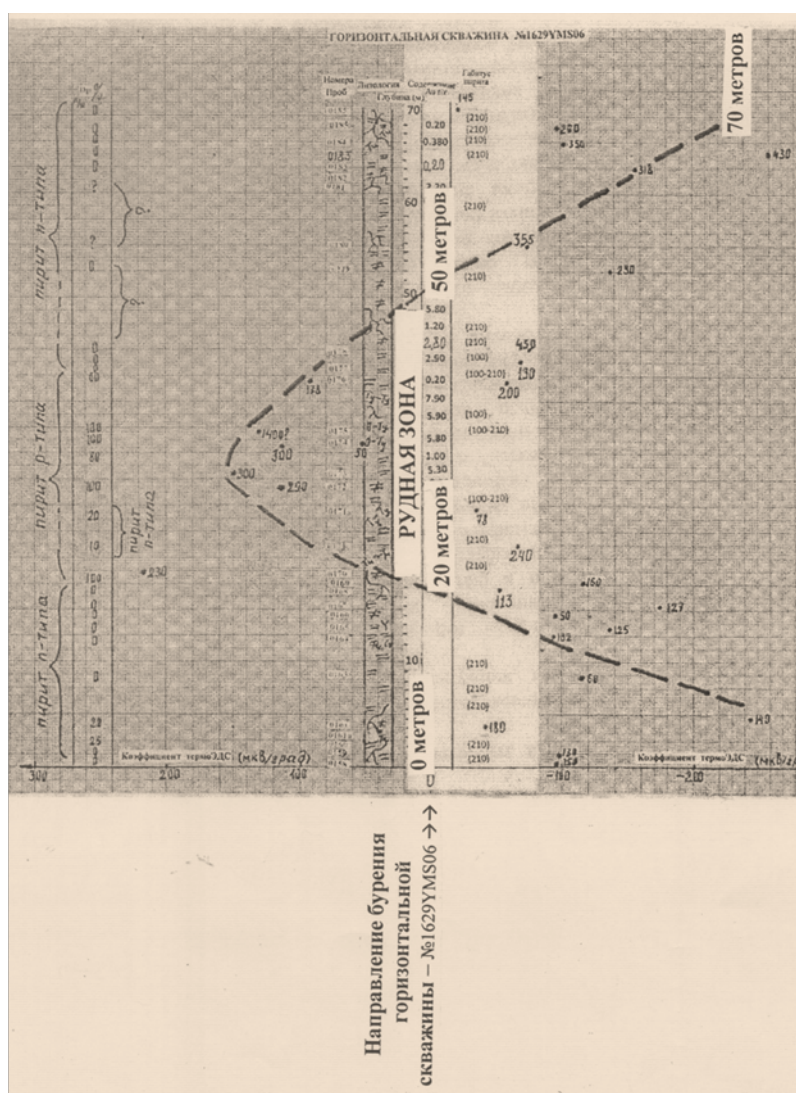


Рисунок 1 – Изменение КТЭДС (конфигурационная кривая) и типа проводимости кристаллов пирита в скважине №1629УМС06 на месторождении Талдыбулак Левобережный.

Данный способ определения добурена скважина или перебурена по отношению к рудному телу является экономичным и экологичным. Особенно он эффективен при разбурировании рудных узлов из штольни, когда надо оперативно знать добурена или перебурена скважина относительно золотоносной зоны. Данный способ оценки добурена или перебурена

перебурена скважина относительно золотоносного рудного тела позволят экономить “метраж” при бурении скважин, а также экономить химикаты на проведение химических анализов на золото, на подготовку проб к анализам (дробление, истирание проб и др.).

### Литература

1. Красников В.И., Гурьевич А.С., Сычугов В.С., Фаворов В.А. Способ исследования природных полупроводниковых минералов и устройство для его осуществления. Авторское свидетельство СССР №567153 // Бюллетень Открытий и Изобретений. 1977. № 28. 140 с.
2. Методические рекомендации по использованию электрических свойств рудных минералов для изучения оценки эндогенных месторождений / Красников В.И., Фафоров В.А., Суматохин В.А., Гурьевич А.С., Романов В.Т., Лапушков В.М., Зезюлина Э.Д. Л.: ВСЕГЕИ, 1983. 90 с.
3. Романов В.Г. Зональность рудных месторождений как основа технологической типизации руд // Экологические проблемы и новые технологии комплексной переработки минерального сырья (Плаксинские чтения): Труды междунар. совещ. Ч. IV. М.-Чита: ЧитГТУ. 2002. С. 181-188.
4. Евзикова Н.З. Поисковая кристалломорфология. М.: Недра, 1984. 142 с.
5. Сакиев К.С., Чарский В.П. О термоэлектрических свойствах пирита на месторождении Талдыбулак Левобережный // АПНИ, Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 3-4. По материалам науч.-практ. конф., г. Белгород, 2017. С. 39-44.
6. Бакиров А. Ноосферология. Бишкек: ОСОО Анфаль. 2005. 411 с.
7. Чарский В.П., Мезгин И.А. О термоэлектрических свойствах пирита на месторождении Талдыбулак Левобережный // Сб. “Актуальные проблемы геофизики и металлогении”, посвященный 80-ю создания ИГиГ и 105-летию со дня рождения академика Х.М. Абдулаева, 2017 г. С. 111-113.
8. Чарский В.П. Аргиллизиты и пириты месторождения Талдыбулак Левобережный // Инженер. Бишкек. 2015. № 9. С. 117-121.
9. Григорьев Д.П., Евзикова Н.З., Зидарова Б., Костов И., Кузнецов С.К., Малеев М., Минев Д.А., Попов В.А., Чесноков Б.В., Шафрановский И.И., Юшкин Н.П. Закономерность пространственно-временного изменения морфологии минеральных индивидов в процессах природного кристаллообразования // Открытия СССР. № 35. ВНИПИ. 1983. С. 17-20.

## АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ В ЗОНЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ РАЗЛОМОВ КАРЖАНТАУ И ТАВАКСАЙ

Шукуров З.Ф.

zukhriddin85@mail.ru

Институт сейсмологии АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией техногенной сейсмичности Институт сейсмологии АН РУз,  
д.ф.-м.н. Хамидов Л. А.*

**Аннотация.** В статье приводится анализ вертикального движения поверхности земли в зоне пересечения разломов Каржантау и Таваксай. Приводятся результаты тахеометрических измерений, проводившихся в 2016 году на Таваксайском геодинамическом полигоне, результаты нивелировочных работ, которые проводились с 1979 года, результаты анализа полученных данных.

**Ключевые слова:** вертикальные движения, разлом, землетрясения, геодезические пункты, сейсмичность, модель, ГИС технологии.

Около 60-70 % территории Республики Узбекистан располагается в сейсмоактивных зонах. Активность сейсмоактивных зон характеризуются активностью расположенных в них глубинных разломов. Сейсмическая активность Ташкентского геодинамического полигона тесно связана с активностью глубинного Каржантауского разлома. Произошедшие в данной сейсмоактивной зоне сильные землетрясения приурочены к активному глубинному Каржантаускому разлому. Известно, что в зоне глубинного Каржантауского разлома в течении последующих 80 лет произошли 7 сильных землетрясений: Пскемское 1937 года (M=6,5), Бричмуллинское 1957 года (M=5,7), Ташкентское 1966 года (M=5,3), Абайбазарское 1971 года (M=4,4), Таваксайское 1977 года (M=5,3), Назарбекское 1980 года (M=5,5), Ташкентское 2008 года (M=4,7). За этот период на территории Приташкентского района произошло 41 ощутимых землетрясений. Эти данные показывают высокую сейсмическую активность региона и определяет актуальность проведения постоянных геолого-геофизических исследований, по оценке текущей сейсмической активности.

Цель исследований является проведение в зоне глубинного Каржантауского разлома комплексные геолого-геофизические исследования и на их основе оценить напряжённо-деформированное состояние земной коры, проведение мониторинга комплексом методов, выделение предвестников землетрясений и на основе полученных результатов с помощью ArcGIS технологии создать количественных моделей.

При проведении исследований изучены геолого-тектоническое строение, сейсмичность, характер геофизических полей, глубинное строение и другие данные по зоне глубинного Каржантауского разлома и сопредельных территорий.

Проведены профильные и площадные геомагнитные, геодезические, радиометрические исследования, исследованы горизонтальные и вертикальные движения земной коры. В будущем на основе полученных результатов комплексных геолого-геофизических исследований с применением ArcGIS технологий будут созданы геоморфологический модель (DEM-Digital elevation model), 3D модели и разные количественные модели региона.

В 1978 году, после Таваксайского землетрясения во главе Д.Х.Якубова и А.Р.Ярмухамедова был создан Таваксайский геодинамический полигон (рис.1). При создании сети геодезических пунктов и измерениях деформаций земной коры участвовали

следующие ученые: В.Г.Леухин, В.Н.Ем, Р.Ильясов, А.М.Морохов, С.А.Ирушкин, А.С.Саттаров, Ш.Х.Абдуллаев, А.Р.Ярмухамедов и др. Результаты регулярных геодезических исследований с 1978 года освещены в работах Д.Х.Якубова и А.Р.Ярмухамедова [1].

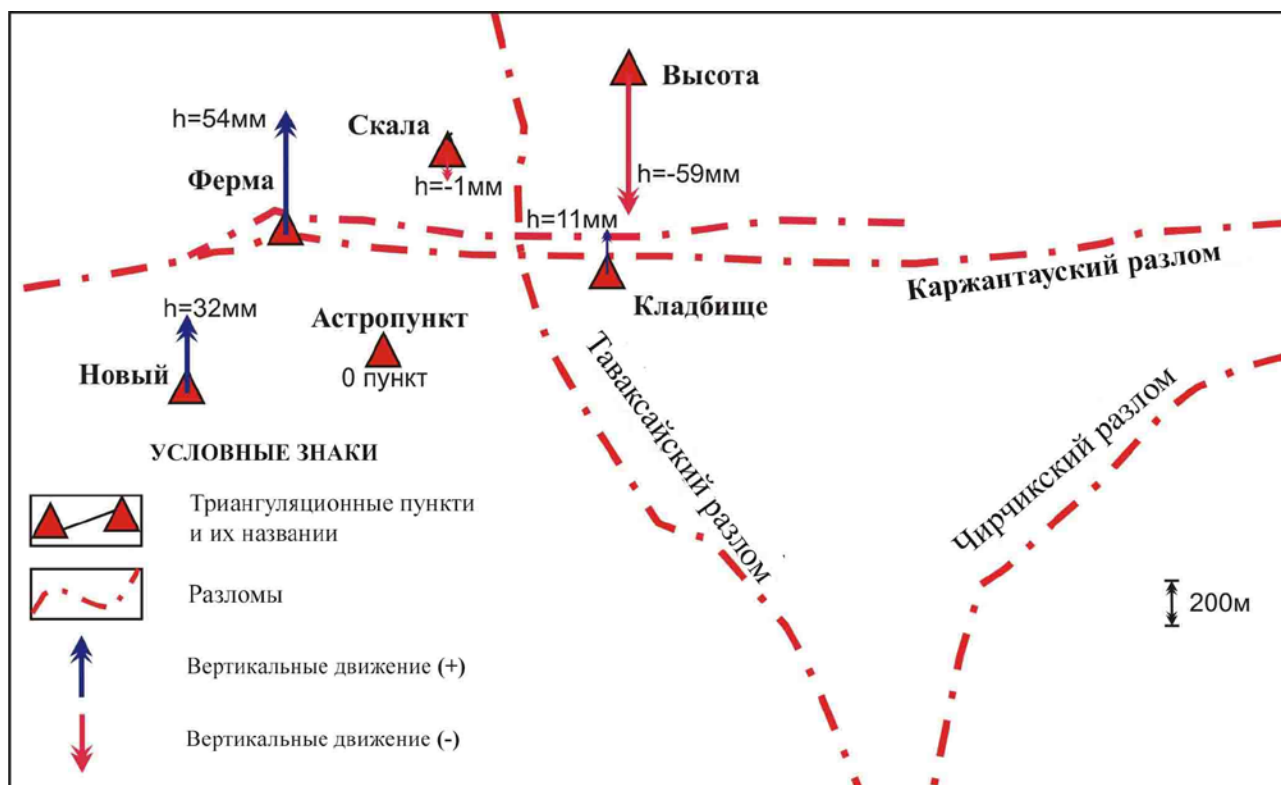


Рисунок 1 – Схематическая карта Таваксайского геодинимического полигона.

Начиная с 2016 года проводятся комплексные геофизические и геодезические исследования на Таваксайском микрополигоне. Данные исследования дадут возможность приближенно количественно оценить деформации в Каржантауской горной зоне Западного Тянь-Шаня, особенно Приташкентской сейсмогенной зоны. Исследования проводятся с применением высокоточных геодезических приборов. Наблюденные данные обработаны и анализированы с применением ArcGIS технологий [3].

Тахеометрические измерения на Таваксайском микрополигоне проводилось на основе местной системы координат. Пункт «Астропункт» принят как опорная точка для измерений, его X-координата 10000 метр; Y-координата 20000 метр; Z-координата принята относительно 700 метров. При полевых работах пункты «Астропункт» и «Ферма» приняты в качестве базовых точек и все величины координат, и относительные высоты определялись по ним.

Измеренные в 1979-1980 годах (0 - 4 циклы) и новые в 2016-2017 годах (0 - 4 циклы) совместно обработаны, результаты сравнены друг с другом. При обработке данных 1979-1980 годов вычислены средние значения вертикального движения при 4 циклах измерений, а в 2016-2017 годов вычислены средние значения вертикального движения при 4 циклах измерений. Все данные переведены в одну систему координат, обработаны по единой методике, проанализированы. По результатам анализа выявлены характерные изменения величин вертикальных движений за 36 лет (рис.2.).

В пунктах «Скала» и «Высота», расположенных на севере Каржантауского разлома наблюдаются опускание земной коры, соответственно на -1 мм и -59 мм. В пунктах «Новый», «Кладбище» и «Ферма», расположенных к югу от разлома, наблюдаются поднятие земной коры, соответственно на 32 мм, 11 мм и 54 мм [2].

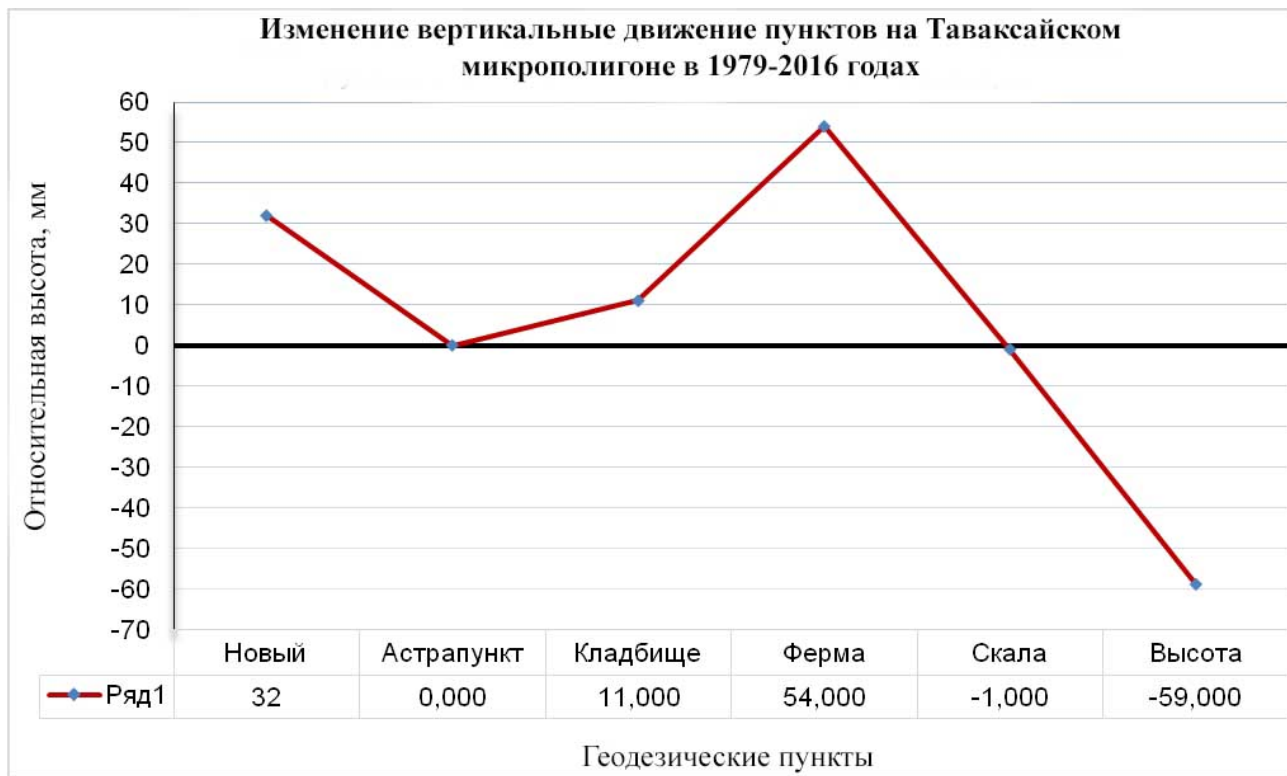


Рисунок 2 – Характерные изменения величин вертикальных движений за 36 лет.

Результаты проведенных исследований в 2016 году в зоне пересечения глубинного Каржантауского разлома и Таваксайского разлома показывают, что величина вертикального движения на пунктах «Ферма» и «Высота» изменялись больше чем в остальных пунктах. Эти значительные изменения, по нашему мнению, показывают динамику активности Каржантауского разлома, поскольку оба этих пункта расположены прямо в зоне разлома.

### Литература

1. Ярмухамедов А.Р., Ирушкин С.А. О современных горизонтальных движениях земной поверхности на Таваксайском полигоне в связи с сейсмичностью // Узб. геол. журн. 1998. № 5. С. 3-10.
2. Юсупов В.Р., Шукуров З.Ф., Ядигаров Э.М. Оценка сейсмической активности глубинного Каржантауского разлома комплексом геолого-геофизических методов // Горный вестник Узбекистана. 2016. № 4. С. 45-48.
3. Шукуров З.Ф. Определение модуля полного вектора смещений по расчетам эмпирических формул для Чаткало-Кураминской горной зоны // Слет молодых специалистов геологической отрасли Узбекистана «ГЕОПОКОЛЕНИЕ XXI ВЕКА-2016», г. Ташкент, 18 августа 2016 г. С. 164-166.

## ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА ЗОЛОТОРУДНОМ КОМБИНАТЕ «КУМТОР»

Шергазиева Н.

Shergazieva\_n@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г.Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** В статье дается описание последствий экологических изменений в следствии промышленных отходов на золоторудном комбинате «Кумтор».

**Ключевые слова:** золоторудный комбинат, хвостохранилище, прорывоопасные озера, экология, ледники, техногенный, радиоактивные руды, катастрофа.

Рудник «Кумтор» расположен в горном массиве Ак-Шийрак в районе ледников Лысый, Давыдова, Сары-Тор в верховьях рек Кумтор-Арабель бассейна реки Нарын и озера Петрова. В связи с эксплуатацией месторождения в хозяйственный оборот вовлекается значительная территория в высокогорной зоне, что отражается активным воздействием на геологическую среду. В настоящее время одними из наиболее значимых угроз являются: вероятность прорыва озера Петрова, геокриогенные опасные процессы, вызванные горнодобывающей деятельностью (нарушение равновесия в многолетнемерзлых, сезонно-талых грунтах), деградация ледников (разрушение, запыление, загрязнение талых вод), состояние дамбы хвостохранилища. Разрабатывающей компанией проводится мониторинг опасных процессов и объектов с привлечением различных научно-исследовательских и проектных организаций, о чем было доложено на встрече представителей компании с рабочей группой МЧС. Вопросы безопасности объектов рассматривались также на заседаниях Научно-технического совета при МВК Кыргызской Республики. Работы по исследованию и мониторингу состояния объектов в районе рудника Кумтор должны быть продолжены. Руководству Кумтора в соответствии с Законом "О Гражданской защите" рекомендовано создание локальной системы оповещения населения и персонала об угрозе чрезвычайной ситуации, организация взаимодействия с территориальными органами исполнительной власти и МЧС на случай угрозы или возникновения чрезвычайной ситуации.

Перевалочная база «КОК». Находится в черте г. Балыкчы в 1500 м от берега оз. Иссык-Куль. Перевалочная база, как вспомогательный объект «КОК» предназначена для кратковременного хранения химических реагентов: цианистого натрия, каустической соды, кальцинированной соды, а также нефтепродуктов. Результаты мониторинга окружающей среды в пределах территории базы удовлетворяют санитарным нормам. Однако существует вероятность подверженности территории базы селевым потокам, в результате чего возможен вынос химических реагентов на западную часть города и прилегающую акваторию оз. Иссык-Куль. Для обеспечения безопасности хранения опасных веществ необходимо скорейшее решение вопроса строительства селезащитной дамбы непосредственно для защиты территории, где находится перевалочная база «КОК».

Как показала экологическая катастрофа в с.Барскоон 20.05.98 г., особое внимание должно акцентироваться на безопасную транспортировку сильно действующих ядовитых веществ, применяющихся для технологических целей переработки золота по маршруту от перевалочной базы к месторождению Кумтор. Хвостохранилища и отвалы. На территории области хвостохранилища и отвалы добычи и обогащения радиоактивных руд, находящиеся в ведении МЧС КР, расположены в районе пгт. Каджи-Сай Тонского района.



Кумтор производит несколько видов загрязнения, ухудшение экологии и опасность, которая имеет различные последствия как в пространстве так и во времени. Два доклада, опубликованные один за другим, первый доклад межправительственной комиссии (30 января 2012) и второй американского геохимика-гидролога Роберта Морана (31 января 2012), указывают на экологические проблемы, появившиеся вследствие деятельности Кумтора. Доклад Р. Моран является совершенно удручающим. Одновременно существуют сильные структурные загрязнения и загрязнение, которое способствует экологическому риску, его можно охарактеризовать как « событие ». Наконец, добыча золота Кумтором увеличивает нагрузку на водные ресурсы, загрязняя их, что имеет санитарные, социальные и даже геополитические последствия.

Структурное загрязнение. Это загрязнение является постоянным и существенным, оно может быть одновременно атмосферным, гидравлическим и минеральным. Горнорудная добыча загрязняет вокруг почву и воду, распространяя опасные отложения или непосредственно химические вещества. Р. Моран выявил высокие концентрации урана, мышьяка, алюминия, никеля, цинка, хлорида, сульфата, нитрата, аммония, цианидов и загрязнений, вызванных взрывчатыми веществами, топливом, маслами или антифризом. Но самое главное загрязнение касается воды. В самом деле, вся система водоснабжения вблизи Кумтора (Нарын, Озеро Петрова, реки Кумтор...) серьезно загрязнены в основном тяжелыми металлами. По эффекту сообщающихся сосудов, к загрязнению присоединились знаменитый Иссык-Куль и Сырдарья в Узбекистане. Кроме того, Centerra Gold использует 4 380 000 000 литров воды в год и ее деятельность усугубляет уничтожение ледников в связи с глобальным потеплением. Наконец, условия хранения использованных химических веществ, так как одна часть, что невообразимо, хранится на склонах ледника, другая на уровне сейсмической зоны.

Прежде всего, воздействие на здоровье, которое потребует реального исследования на месте. Количество рыбы и ее качество, как представляется, значительно сократилось, в то время как прием в пищу рыбы, выросшей в загрязненной воде, влечет за собой серьезные заболевания. Структурное загрязнение имеет прочное и глубокое воздействие, которое не всегда становится сразу очевидным, но последствия драматичны и долгосрочны. Вода озера Иссык-Куль, которая является естественным, экономическим и « долговременным » богатством (рыба и туристические ресурсы...) обречена быть положенной на алтарь золотого тельца. Тем не менее, разумное и уважительное развитие туризма будет более выгодным непосредственно для местного населения, чем добыча золота, чья экономическая выгода (финансирование школ, больниц, микрокредитная деятельность...), похоже, больше связаны со стратегией коммуникации чем с настоящей благотворительностью. Кроме того, несчастный случай, такой как в 1998 году может иметь очень серьезные последствия на многих уровнях.

Наконец, двойное негативное влияние деятельности Centerra Gold на водные ресурсы Кыргызстана и региона (очень большой объем добычи, высокое загрязнение) неизбежно приведет к обострению геополитической напряженности в Центральной Азии, в частности, между Кыргызстаном и Узбекистаном. Не вдаваясь в подробности, распределение воды в Центральной Азии на основе соглашений между вышележащими по течению рек странами (Таджикистан, Кыргызстан) и странами низовья (Казахстан, Узбекистан), основанных на обмене воды на энергетические ресурсы. Если качество и / или количество воды, идущей из Кыргызстана в Узбекистан снизится, это повлечет за собой дополнительную напряженность в уже существующем раздоре между двумя странами (приграничное узбекское население, пограничные спорные вопросы). Это может также способствовать ухудшению добрососедских отношений с Казахстаном, который может быть еще более зависимым от воды, приходящей из Кыргызстана, чем Узбекистан. Вода является основным стратегическим вопросом для всего региона, чрезмерное загрязнение или уменьшение подачи в конечном итоге будет иметь негативные дипломатические последствия.

---

# **Механика**

---

## СООТНОШЕНИЕ «НАПРЯЖЕНИЯ – ДЕФОРМАЦИЯ» ДЛЯ БЕТОНА И АРМАТУРЫ С КРАТКОВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Абдыкеева Ш.С., Торокельдиева Ж.М.  
shirin\_280990@mail.ru  
Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

Ректор Баткенского Государственного университета,  
д.т.н., проф. Зулпуев А.М.

**Аннотация.** В статье исследуются соотношения «напряжения-деформации» для бетона и арматуры при одноосных и многоосных напряженных состояниях « $\sigma_m-\varepsilon_m$ ».

**Ключевые слова:** напряжение-деформация, бетон, арматура, нагрузка, деформация, железобетонные плиты, несущие конструкции

В условиях разнообразных нагрузок, соотношения «напряжения-деформации» для бетона и арматуры при одноосных и многоосных напряженных состояниях « $\sigma_m-\varepsilon_m$ » являются главными составляющими расчетных моделей несущих конструкций многоэтажных зданий и сооружений. В сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений для стыков, между разными элементами необходимо также располагать сведениями характеристики данных стыков в форме «усилие-перемещение»; в отдельных случаях для стыков необходимо составить собственные расчетные модели, в которых могут быть осуществлены соотношения «напряжения-деформации».

В отдельных случаях благоприятно полные сборные железобетонные конструкции несущих систем многоэтажных зданий и сооружений, можно представить в виде соединительных элементов, учитывая на них обобщенные зависимости «усилие-перемещение»; например: устраиваются над проемными железобетонными перемычками в дискретно-континуальной расчетной модели. В настоящее время наблюдается постоянной, повышенной и возрастающая заинтересованность, к соотношению « $\sigma_m-\varepsilon_m$ » диаграммам деформированию бетона и арматуры, а также экспериментальному подтверждению, аналитическому описанию и применению, в следующих работах [1-7 и др.]. Соотношение полных диаграмм « $\sigma_m-\varepsilon_m$ » деформированию бетона и арматуры, включая нисходящие ветви, получают в экспериментах с проверкой перемещений (деформаций): задаются отдельные деформации и фиксируются надлежащие им напряжения (рисунок 1 б).

В предоставленной основной испытаний (рисунок 1а) при постоянной скорости приложения напряжений ( $\Delta\sigma_i/\Delta t_i = \text{const}$ ), где:  $\Delta t_i$  - время приложения нагрузки на  $i$  - ом этапе соответствующие деформации растут опережающими темпами ( $\Delta\varepsilon_i/\Delta t_i \neq \text{const}$ ) и это связано с неупругими деформациями (ползучестью). Такую схему воздействия внешней нагрузки в некоторых случаях называют «мягкой», а вторую – «жесткой» [8].

При воздействия внешней нагрузки деформаций или вынужденными деформациями (рисунок 1.б) с постоянной скоростью увеличения ( $\Delta\varepsilon_i/\Delta t_i = \text{const}$ ) соответствующие им напряжения увеличиваются.

С постепенным замедлением ( $\Delta\sigma_i/\Delta t_i \neq \text{const}$ ), при этом возникает эффект релаксации напряжений; вторая схема в практической реализации сложнее, но при этом можно получать полные диаграммы « $\sigma_m-\varepsilon_m$ » деформированию бетона и арматуры, с учетом нисходящих ветвь.

В данном случае изображенные схемы внешней нагрузки являются идеализированными. В основной схеме внешней нагрузки может быть «висячей», т.е. только увеличивающейся поэтапно, и к испытательному стенду не предъявляется требований в связи ее внутренней жесткости.

А во второй схеме внешней нагрузки испытательный стенд должно обладать абсолютную внутреннюю жесткость.

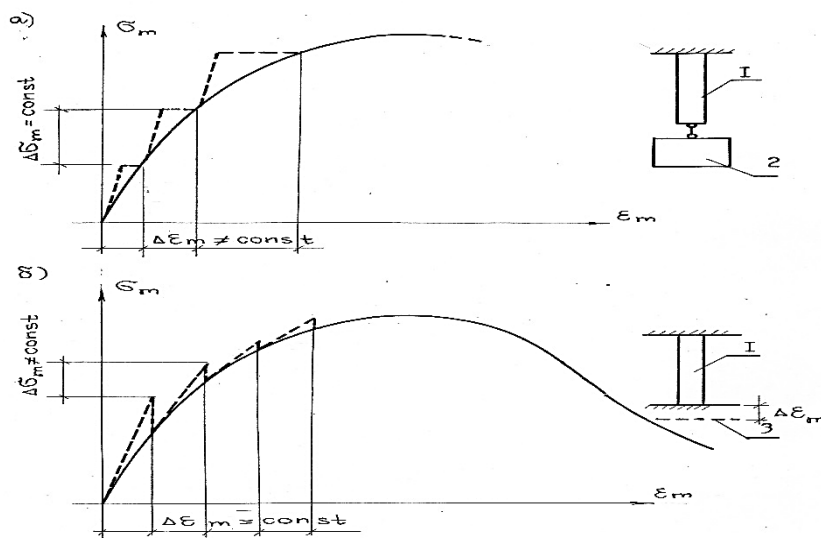


Рисунок - 1 Диаграммы « $\sigma_m$ - $\varepsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры: а – мягкая схема (при действии «висячего» груза); б) – жесткая схема (при задаваемых деформациях). 1 – опытный образец; 2 – «висячий» груз; 3 – силовое «жесткое» устройство.

В действительности приходится согласиться с обязательными отклонениями от показанных требований, результатом чего являются отличия в диаграммах « $\sigma_m$ - $\varepsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры в экспериментах авторов, употребляющих разнообразными испытательными стендами. Это в особенности воздействует на характере нисходящих участков диаграмм « $\sigma_m$ - $\varepsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры.

В связи этим следует полагать актуальной задачей составления регламентирующего документа, обуславливающего требования к параметрам испытательных стендов и технологии испытаний.

Вместе с тем в настоящее время они чрезвычайно многообразны, т.е. испытательных стендов к ним предъявляются отдельные общие требования:

- они соответственно должно быть более простыми по форме и универсальными;
- с принципов теории вероятности и математической статистики параметры диаграммы « $\sigma_m$ - $\varepsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры должны иметь надлежащее обоснование;
- для расчета сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений по предельным состояниям и оценки результатов испытаний, диаграммы « $\sigma_m$ - $\varepsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры должны быть пригодными и удобными;
- в диаграммах деформирования бетона и арматуры должны быть учтены различные факторы времени и повторного внешней нагрузки;
- диаграммы « $\sigma_m$ - $\varepsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры должна легко связываться с современными расчетными подходами с применением вычислительной техники, т.е. возможность для построения матриц жесткости сечений, элементов и систем, а также осуществления различных итерационных процессов, характерных для расчетов сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений.

Наибольшее использование из всех аналитических, способы диаграммы « $\sigma_m - \varepsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры получили степенные в следующих работах [1,9 и др.].

В большинство случаев степенные зависимости часто используются для связи между другими физическими величинами. Например, в работе Смирнова О.Г. применена зависимость для изображения связи между перемещениями  $q_x$  арматурного стержня в сечениях с координатой  $X$ , подвергнутого выдергиванию из железобетонного элемента.

$$q_x \approx \sum_n a_n \sigma_x^n \quad (1.1)$$

где:  $a_n$  – экспериментальные параметры, количество которых отвечает требуемой точности описания зависимости « $q_x - \sigma_x$ »;  $\sigma_x$  – нормальное напряжение в арматуре в сечении с координатой  $X$ .

Для отыскания параметров  $a_n$  базой предназначалась экспериментальная зависимость « $q_0 - \sigma_0$ » между смещениями  $q_0$  и напряжениями  $\sigma_0$  на свободном конце арматурного стержня. Параметры  $a_n$  находятся из решения системы алгебраических уравнений вида

$$\{q_0\} = [\sigma_0^n] \cdot \{a_n\}, \quad (1.1a)$$

где:  $\{q_0\} = \{q_{01}, q_{02}, \dots, q_{0n}\}^T$  – вектор опытных значений для перемещений арматурного стержня на свободном конце;  $[\sigma_0^n]$  – матрица, элементами которой служат нормальные напряжения (в степенях  $n$ ) на свободном конце;

$$\{a_n\} = \{a_{01}, a_{02}, \dots, a_{0n}\}^T \text{ - искомые параметры.}$$

По ходу решения задачи отысканию параметров  $a_n$  в данном случае является общим в математическом отношении для аналогичных нелинейных задач.

Применительно к диаграмме « $\sigma - \varepsilon$ » деформирования бетона и арматуры формула (1.1) выглядит так:

$$\sigma = \sum_n B_n \varepsilon^n \quad (1.2)$$

где  $n$  – целые степени.

Соотношение зависимости « $\sigma - \varepsilon$ » диаграммы деформирования бетона и арматуры типа (1.2) имеют определенный недостаток, так как они тяжело обращаются, т.е. обратная запись в форме « $\varepsilon - \sigma$ » требует решения нелинейных алгебраических уравнений высокого порядка. Кроме того, в формуле (1.2) составляет трудность учитывать влияние факторов длительности и повторности внешней нагрузки.

В этом исследовании использованы « $\sigma_m - \varepsilon_m$ » в форме [10], данные диаграммы деформирования бетона и арматуры введены в расчетные формулы для элементов матриц жесткости сечений, элементов и несущих систем. А также введены алгоритм программы для вычислительной техники, на основе их решены численные примеры и сравнены результаты теоретических и экспериментальных данных.

В соответствии [10], диаграммы « $\sigma_m - \varepsilon_m$ » деформирования для бетона и арматуры при одноосного сжатия и растяжения принимаются в единообразной форме:

$$\sigma_m = E_m \cdot v_m \cdot \varepsilon_m, \quad (1.3)$$

где:  $v_m$  – коэффициенты упругих деформаций материала (бетона и арматуры).

Для упругих (линейных) участков диаграмм  $v_m = 1$ , а для нелинейного (восходящего и нисходящего) участков имеет следующий вид:

$$v_m = v_m^* \pm (v_0 - v_m^*) \cdot (1 - e_{1,m} \cdot \eta_m - e_{2,m} \cdot \eta_m^2)^{0,5}, \quad (1.4)$$

где:  $v_m^*$  – значение  $v_m$  для вершины диаграммы;

$$\eta_m = (\sigma_m - \sigma_{m,1}) / (\sigma_m^* - \sigma_{m,1});$$

$\sigma_m^*$  – напряжение для вершины диаграммы;  $\sigma_{m,1}$  – напряжение, отвечающее линейной части диаграммы;  $e_{1,m}$  – коэффициент, характеризующий вид материала;

$$e_{2,m} = 1 - e_{1,m}$$

Конкретные значения параметров бетона и арматуры приводятся в [10], на рис. 2 приведен свойственный вид диаграммы « $\sigma_b - \epsilon_b$ » деформирования для бетона при сжатии и растяжении.

В настоящее время исследование, сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, для диаграммы арматуры « $\sigma_s - \epsilon_s$ » не удается установить нисходящую ветвь. Так как обрыв арматуры с площадкой текучести носит мгновенный характер, и современные испытательные устройства не в состоянии контролировать процесс обрыва арматуры.

В большинстве случаев сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений обрыв арматурного стержня характеризует потеря несущей способности в сечении, после чего конструкция не поддается описанию.

В случае обрыва ряд арматур сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, может оставаться жизнеспособной (статически неопределимые стержневые системы, сечения с распределенным расположением арматуры по высоте, плосконапряженные конструкции и т.д.).

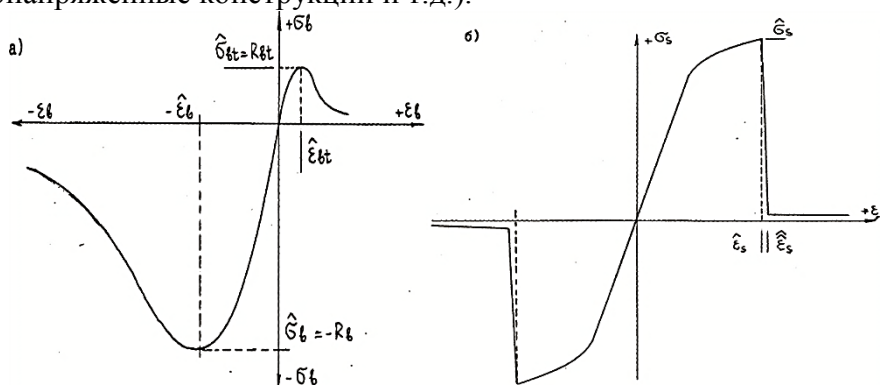


Рисунок 2 – Диаграммы «напряжения – деформация» с одноосного кратковременной внешней нагрузки. а) – бетона; б) – арматуры.

В связи этим рационально для арматурных стержней в диаграммах « $\sigma_m - \epsilon_m$ » деформирования бетона и арматуры можно удерживать нисходящие ветвь. Для остальных случаев как двух- и многоосных напряженных состояниях в бетоне (и арматуре) соотношения между напряжениями и деформациями будут носить многомерный характер, который можно описать в форме (1.3), располагая в виду, что модуль деформаций будет иметь сложный характер, определяемый уровнем и соотношением напряжений, а также взятым положением координатных осей.

## Литература

1. Байков В.Н. Расчет изгибаемых элементов с учетом экспериментальных зависимостей между напряжениями и деформациями для бетона и высокопрочной арматуры // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. 1981. № 5. С. 26–31.
2. Горбатов С.В. Несущая способность изгибаемых элементов с арматурой, имеющей площадку текучести, при учете неупругих свойств бетона // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. 1983. № 7. С. 7–10.
3. Додонов М.И., Мухамедиев Т.А., Кунижев В.Х., Адыракаева Г.Д. Расчет прочности и перемещений стержневых железобетонных элементов по деформированной схеме // Строительная механика и расчет сооружений. 1987. № 3.
4. Кодыш Э.Н., Мамин А.Н., Долгова Т.Б. Расчетная модель для проектирования несущих систем и элементов // Жилищное строительство. 2003. № 11. С. 9–15.

5. Коломиец В.П. Метод определения напряжений и деформаций в сечении балки при сложном нагружении с учетом действительной диаграммы // Изв. вузов. Авиац. техника. 1966. № 1. С. 63–71.
6. Темикеев К.Т. Расчет горизонтальных диафрагм (перекрытий) многоэтажных каркасных зданий как многопролетных неразрезных составных балок // Труды ФПИ. Фрунзе. 1978. № 110. С. 3–10.
7. Темикеев К.Т. Совместная работа сборных железобетонных перекрытий, опертых по контуру // Проблемы строительства и архитектуры на пороге XXI века. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию образования Строит. фак. Ч. II. Бишкек. 2000. С. 25–30.
8. Потапов В.Н., Егоров М.И. Механика деформирования строительной стали при одноосном растяжении // Строительная механика и расчет сооружений. 1986. № 5. С. 56–60.
9. Байков В.Н., Сапрыкин В.Ф. Несущая способность изгибаемых элементов с большим содержанием высокопрочной арматуры при учете неупругих свойств бетона и арматуры // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1981. № 7. С. 20–26.
10. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Петров А.Н. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры // Напряженно-деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ. М., 1986. С. 7–25.

## ОБ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МЕТОДА СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЗАДАЧАХ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Абдыкеева Ш.С.

shirin\_280990@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет,

г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Ректор Баткенского Государственного университета,*

*д.т.н., проф. Зулпуев А.М.*

**Аннотация.** В статье приведено сравнение метода конечных элементов и метода сосредоточенных деформаций для расчета изгибаемых железобетонных конструкций

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, метод сосредоточенных деформаций, метод конечных элементов, изгибаемые конструкции

Изгибаемые железобетонные конструкции, как частный вид плоскостных элементов несущих систем входят, прежде всего, в состав перекрытий всех конструктивных систем; как изгибаемые железобетонные конструкции работают плитные фундаменты; компоненты изгибного напряженного состояния могут присутствовать в стенах панельных и монолитных зданиях при внецентренном использовании вертикальных нагрузок.

Изгибное напряженное состояние в плоскостных железобетонных элементах несущих систем в чистом виде практически не встречается; оно обычно сопровождается компонентами плоского напряженного состояния.

Компоненты плоского напряженного состояния в изгибаемых конструкциях развиваются не только вследствие приложения нагрузок в плоскости конструкции, но также из-за сдерживания деформаций при стесненных условиях опирания и развития геометрической и физической нелинейности.

По этим причинам деление плоскостных железобетонных элементов на изгибаемые и плосконапряженные следует считать условным, оправдываемым преимущественной ролью того или иного напряженно-деформированного состояния, а также удобствами расчета.

Применяемые на сегодняшний день из различных расчетных методов, для изгибаемых железобетонных конструкций наибольшей универсальностью и полнотой обладает метод конечных элементов [1,2,3 и др.], основные этапы которого состоят:

- разбивке исходной конструкции на конечные элементы;
- выборы функций для перемещений по полю конечного элемента;
- формирование матриц жесткости.

Разбивка рассчитываемой конструкций на конечные элементы выполняется исходя из задач расчета и вычислительных возможностей, при этом конечные элементы чаще всего применяются в прямоугольной форме, реже в треугольной или иной форме.

Однако в методе сосредоточенных деформаций назначение плоскостей сосредоточенных деформаций приводит к образованию элементов, аналогичных конечных элементов. Плоскости сосредоточенных деформаций отделяют конструкцию от опорных устройств, позволяя таким образом вычислять внутренние силы непосредственно вблизи опорных устройств, где они обычно являются определяющими. Плоскости сосредоточенных деформаций целесообразно совмещать с конструктивными швами и другими податливыми соединениями между сборными железобетонными элементами.



При расчете железобетонных изгибаемых конструкции по методу конечных элементов предполагается, что жесткостные характеристики каждого конечного элемента в его пределах постоянны. Это обстоятельство вынуждает назначать размеры конечных элементов достаточно малыми, чтобы получить подробные сведения о напряженно-деформированном состоянии плиты, а также обеспечить достаточную точность расчета.

При расчете железобетонных изгибаемых конструкции по методу сосредоточенных деформаций [4,5,6 и др.], допускаются переменные по толщине и в плане элемента жесткостные характеристики, что позволяет назначать элементы значительно, больших размеров, чем по методу конечных элементов, добиваясь тем самым существенного снижения трудоемкости вычислительных работ.

При расчете конструкции на изгиб по методу конечных элементов отыскиваются перемещения (прогибы) элементов в углах их сопряжения, при этом получается 4 параметра, с помощью которых аппроксимируется поле прогибов конечного элемента.

Часто употребляются конечные элементы, для узлов которых задаются, кроме прогибов, также углы их поворотов, тогда образуется 12 параметров, позволяющих построить достаточно сложное поле перемещений в пределах конечного элемента.

Такие конечные элементы вскрывают только изгибаемое напряженно-деформированное состояние в конструкции, которое может быть достаточным для описания поведения упругие конструкции.

В железобетонных изгибаемых конструкциях вследствие физической нелинейности положение точек с ненулевыми деформациями меняется по толщине плиты в процессе увеличения нагрузки. По этой причине узлы закрепления конечных элементов и точки нулевых деформаций, будучи совмещенными в упругой стадии работы, по мере развития неупругих деформаций будут расходиться, то есть узлы закрепления конечных элементов будут получать перемещения в плоскости изгибаемой конструкций.

Таким образом, в приложении к железобетонным изгибаемым плитам обычный вариант метода конечных элементов для упругих конструкций нуждается в развитии, узлы конечных элементов должны быть наделены степенями свободы, учитывающими возможность их перемещений в плоскости плиты.

Принимаемый в настоящей работе метод сосредоточенных деформаций учитывает изложенное обстоятельство. Элементы метода сосредоточенных деформаций наделяются шестью степенями свободы – по три степени свободы для изгибаемого и плосконапряженного состояния, что делает решение достаточно строгим и полным.

Существенное отличие метода конечных элементов и метода сосредоточенных деформаций состоит в способах формирования матриц жесткости. По методу сосредоточенных деформаций поле перемещений для изгибаемой части складывается из цилиндрических изгибов в двух координатных плоскостях (им соответствуют изгибные жесткости), кручения (с соответствующими жесткостями на кручение), сдвига (сдвига) в двух направлениях (при соответствующих жесткостях на сдвиг); для плосконапряженной части перемещения складываются из сжатия–растяжения в направлении координатных осей (при соответствующих осевых жесткостях), сдвига в плоскости конструкций (при жесткостях на сдвиг), изгиба в своей плоскости (при соответствующих изгибных жесткостях).

Таким образом, в матрицах жесткости метода сосредоточенных деформаций присутствуют физически ясные жесткостные характеристики, подробно изучаемые в теории железобетона.

Из сказанного следует, что в основных своих положениях метод сосредоточенных деформаций имеет определенные преимущества перед методом конечных элементов применительно к расчету изгибаемых железобетонных конструкций.

## Литература

1. Гениев Г.А., Тюпин Г.А. Некоторые вопросы теории упругости и пластичности железобетона при наличии трещин // Новые методы расчета строительных конструкций: Сб. ЦНИИСК. М.: Стройиздат, 1968. С. 9-14.
2. Карпенко Н.И. К расчету железобетонных пластин и оболочек с учетом трещин // Строит. механика и расчет сооружений. 1991. № 1. С. 7–13.
3. Носарев А.В. Приближенные методы в теории армированных материалов и их приложение к расчету строительных конструкций. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1973. 31 с.
4. Додонов М.И. Расчет изгибаемых пластин методом сосредоточенных деформаций // Строительная механика и расчет сооружений. 1986. № 2. С. 22–25.
5. Додонов М.И. Развитие и применение метода сосредоточенных деформаций к расчету плоскостных конструкций многоэтажных зданий // Тезисы докладов 3–го коорд. совещания. Вильнюс, 1984. С. 84–88.
6. Ржаницын А.Р. Расчет сплошных конструкций методом упругих сосредоточенных деформаций // Строительная механика и расчет сооружений. 1980. № 5. С. 15–20.

## КОЛЕБАНИЯ КОРПУСА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА МО-10 ПРИ ВИБРОУДАРНОЙ ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Арстанбек А.

[alisherarstanbek@mail.ru](mailto:alisherarstanbek@mail.ru)

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Профессор кафедры механики Кыргызско-Российского Славянского университета,  
д.т.н. Еремьянц В. Э.*

**Аннотация.** Рассмотрены колебания корпуса ударного механизма путем построения графиков перемещения корпуса относительно инструмента и его скорости в зависимости от времени с учетом предварительного натяга пружин.

**Ключевые слова:** ударный механизм, колебания корпуса, инструмент, амплитуда колебаний, скорость удара.

В работе [1] получены формулы для определения перемещения и скорости корпуса ударного механизма МО-10 в зависимости от времени, предварительного натяга устройства прижима и параметров вынуждающей нагрузки.

Схема ударного механизма МО-10 показана на рисунке 1. Корпус 1 может вращаться относительно неподвижной опоры 2 под действием вынуждающего момента  $M$ . Прижим механизма к инструменту 4 осуществляется с помощью усилия прижатия со стороны пружинного устройства 3.

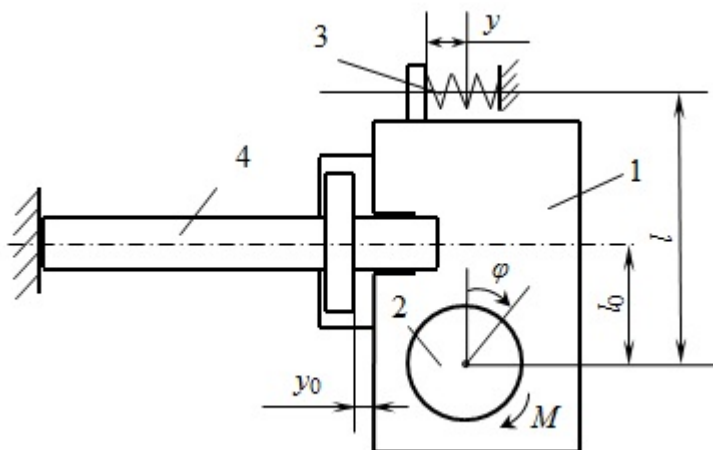


Рисунок 1 – Схема исследуемой системы

В процессе работы машины под действием реактивных нагрузок происходят колебания корпуса ударного механизма относительно рабочего инструмента с нанесением ударов по инструменту. В работе [2, 3] показано, что амплитуда колебаний корпуса ударного механизма и скорость его соударения с инструментом являются основными критериями эффективной работы машины, определяющими её производительность и долговечность. Поэтому на амплитуду колебаний и скорость соударения налагаются определенные

ограничения, связанные с уменьшением ударных нагрузок на корпус механизма и инструмент.

При наличии предварительной деформации пружин  $a$ , движение корпуса ударного механизма начнется в момент времени  $t_0$  (рисунок 2), когда величина вынуждающего момента достигнет величины, обусловленной предварительной деформацией пружин. Равенство этих моментов определяется соотношением:

$$cal = H \sin \mu(t_0 - t_1),$$

где  $t_1$  – время начала действия вынуждающего момента;  $cal$  – момент затяжки;  $a$  – предварительная деформация пружин;  $l$  – плечо упругой силы (расстояние от оси вращения механизма – кривошипа до продольной оси пружин);  $H, \mu$  – соответственно амплитуда и частота изменения вынуждающего момента.

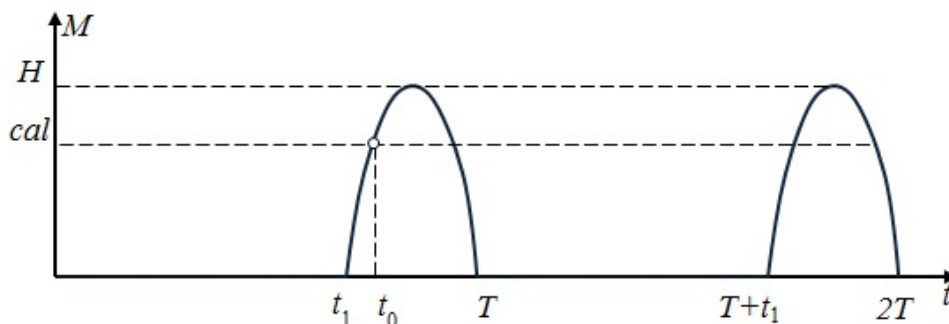


Рисунок 2 – Зависимость вынуждающего момента от времени

Из этого соотношения следует:

$$t_0 = t_1 + \frac{1}{\mu} \arcsin \left( \frac{cal}{H} \right) = t_1 + \frac{1}{\mu} \arcsin v; v = \sin \mu(t_0 - t_1),$$

где  $v$  – безразмерный параметр, равный отношению момента затяжки к вынуждающему моменту:  $v = cal/H$ .

Уравнения движения рассматриваемой системы с циклом работы ударного механизма  $T$  на различных временных участках имеют следующий вид:

$$t_0 < t < T$$

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = \frac{H}{J} \sin \mu(t - t_1) - k^2 \varphi_0; \quad (1)$$

$$T < t < T + t_1$$

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = -k^2 \varphi_0, \quad (2)$$

где  $\varphi$  – угловое перемещение корпуса механизма относительно начального положения;  $k$  – собственная частота колебаний корпуса;  $\varphi_0$  – угол, соответствующий предварительной деформации пружин,

$$k = l\sqrt{c/J}; \quad \varphi_0 = a/l; \quad \mu = \pi/(T - t_1),$$

$J$  – момент инерции ударного механизма относительно оси его вращения;  $c$  – коэффициент жесткости пружин.

Общее решение неоднородного уравнения (1) на интервале времени  $t_0 < t < T$  описывается функциями:

$$\varphi(t) = A_1 \sin k(t - t_0) + B_1 \cos k(t - t_0) + C \sin \mu(t - t_1) - \varphi_0;$$

$$\dot{\varphi}(t) = A_1 k \cos k(t - t_0) - B_1 k \sin k(t - t_0) + C \mu \cos \mu(t - t_1).$$

Решение уравнений движения (1) и (2) записывается в виде:

$$\varphi = \bar{\varphi} + \tilde{\varphi},$$

где  $\bar{\varphi}$  общее решение однородного уравнения;  $\tilde{\varphi}$  – частное решение неоднородного уравнения.

Для первого интервала движения начальные условия имеют вид:

$$\varphi_{01} = \varphi(t_0) = 0; \quad \dot{\varphi}_{01} = \dot{\varphi}(t_0) = 0. \quad (3)$$

Общее решение однородного уравнения с начала движения описывается функцией:

$$\bar{\varphi}(t) = A_1 \sin k(t - t_0) + B_1 \cos k(t - t_0).$$

Частное решение неоднородного уравнения:

$$\tilde{\varphi}_{21}(t) = C_1 \sin \mu(t - t_1) + C_2 \cos \mu(t - t_1) + C_0.$$

Подставляя частное решение в левую часть уравнения (1) и приравнявая коэффициенты при одинаковых функциях в левой и правой части уравнения находим неизвестные постоянные:

$$C_1 = C = \frac{H}{J(k^2 - \mu^2)}; \quad C_2 = 0; \quad C_0 = -\varphi_0.$$

С учетом этих постоянных частное решение запишется в виде:

$$\tilde{\varphi}(t) = \frac{H}{J(k^2 - \mu^2)} \sin \mu(t - t_1) - \varphi_0.$$

Общее решение неоднородного уравнения (1) описывается функциями:

$$\varphi(t) = A_1 \sin k(t - t_0) + B_1 \cos k(t - t_0) + C \sin \mu(t - t_1) - \varphi_0; \quad (4)$$

$$\dot{\varphi}(t) = A_1 k \cos k(t - t_0) - B_1 k \sin k(t - t_0) + C \mu \cos \mu(t - t_1), \quad (5)$$

где  $A$  и  $B$  – постоянные, определяемые из начальных условий (3);  $C = C_1$ .

Подставляя решение (4) и (5) в начальные условия (3) найдем

$$A_1 = -C \frac{\mu}{k} \cos \mu(t_0 - t_1); \quad B_1 = \varphi_0 - C \nu.$$

Подставляя эти постоянные в уравнение (4) получим

$$\varphi(t) = -C \left[ \frac{\mu}{k} \cos \mu(t_0 - t_1) \sin k(t - t_0) + \left( \nu - \frac{a}{Cl} \right) \cos k(t - t_0) - \sin \mu(t - t_1) \right] - \frac{a}{l}. \quad (6)$$

Перемещение корпуса относительно инструмента  $y_0(t)$  и его скорость  $\dot{y}_0(t)$  связаны с функцией  $\varphi(t)$  соотношениями:

$$y_0(t) = l_0 \varphi(t); \quad \dot{y}_0(t) = l_0 \dot{\varphi}(t),$$

где  $l_0$  – расстояние от оси вращения корпуса до продольной оси инструмента.

Используя безразмерный параметр  $s = k/\mu$  получим

$$y_0(t) = \frac{Hl_0}{J\mu^2(1-s^2)} \left[ \frac{1}{s} \cos \mu(t_0 - t_1) \sin k(t - t_0) + \frac{\nu}{s^2} \cos k(t - t_0) - \sin \mu(t - t_1) \right] - a \frac{l_0}{l}. \quad (7)$$

Скорость соударения корпуса с инструментом тогда определится как

$$\dot{y}_0(t) = \frac{Hl_0}{J\mu(1-s^2)} \left[ \cos \mu(t_0 - t_1) \cos k(t - t_0) - \frac{\nu}{s} \sin k(t - t_0) - \cos \mu(t - t_1) \right]. \quad (8)$$

Решение уравнения (2) на интервале времени  $T < t < T + t_1$  запишется в виде

$$\varphi(t) = \frac{\dot{\varphi}_{02}}{k} \sin k(t - T) + (\varphi_{02} + \varphi_0) \cos k(t - T) - \varphi_0.$$

где  $\varphi_{02} = \varphi(T)$ ;  $\dot{\varphi}_{02} = \dot{\varphi}(T)$ .

Для следующего интервала  $T + t_1 < t < 2T$  решение уравнения движения (1) имеет вид

$$\varphi(t) = A_3 \sin k(t - T - t_1) + B_3 \cos k(t - T - t_1) + C \sin \mu(t - T - t_1) - \varphi_0,$$

где  $A_3 = (\dot{\varphi}_{03} - C\mu)/k$ ;  $B_3 = \varphi_{03} + \varphi_0$ ;  $\varphi_{03} = \varphi(T + t_1)$ ;  $\dot{\varphi}_{03} = \dot{\varphi}(T + t_1)$ .

Для третьего цикла удара на интервале времени  $2T < t < 2T + t_1$  решение уравнения (2) имеет вид:

$$\varphi(t) = \frac{\dot{\varphi}_{04}}{k} \sin k(t - 2T) + (\varphi_{04} + \varphi_0) \cos k(t - 2T) - \varphi_0,$$

где  $\varphi_{04} = \varphi(2T)$ ;  $\dot{\varphi}_{04} = \dot{\varphi}(2T)$ .

Для следующего интервала  $2T + t_1 < t < 3T$  решение уравнения движения (1) запишется в виде:

$$\varphi(t) = A_5 \sin k(t - 2T - t_1) + B_5 \cos k(t - 2T - t_1) + C \sin \mu(t - 2T - t_1) - \varphi_0,$$

где

$$A_5 = (\dot{\varphi}_{05} - C\mu) / k; \quad B_5 = \varphi_{05} + \varphi_0; \quad \varphi_{05} = \varphi(2T + t_1); \quad \dot{\varphi}_{05} = \dot{\varphi}(2T + t_1).$$

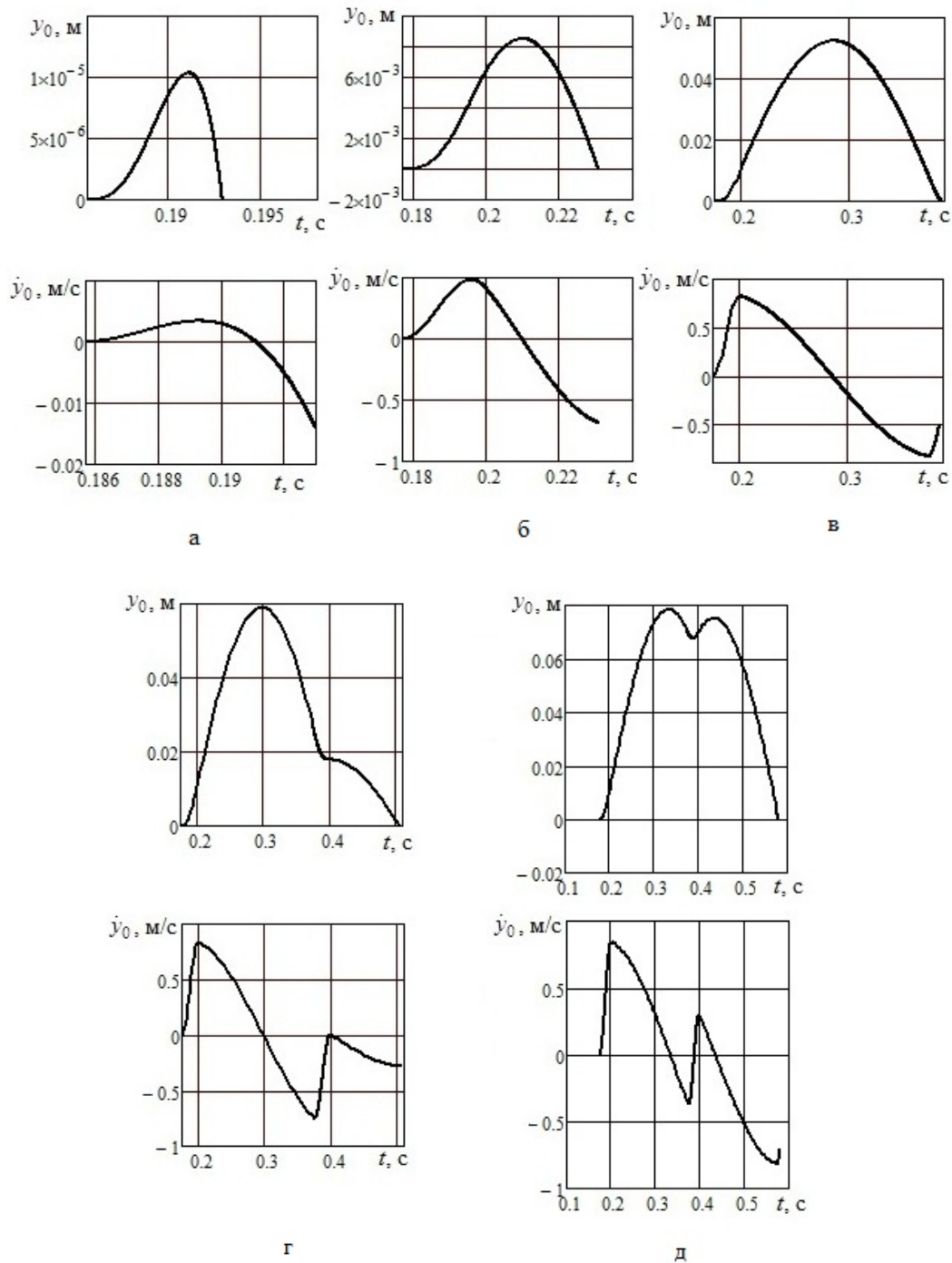


Рисунок 3 – Графики зависимости перемещения корпуса и его скорости от времени при различных значениях параметра  $s$ , равных:

а – 1,1; б – 0,5; в – 0,123; г – 0,11; д – 0,084 мм

В качестве примера проведен расчет колебаний корпуса ударного механизма МО-10 при предварительном поджатии пружин равном 4,5 мм. Остальные исходные данные следующие:  $l = 0,225$  м;  $J = 1,25$  кгм<sup>2</sup>;  $H = 490$  Нм;  $\mu = 125,6$  с<sup>-1</sup>;  $t_1 = 0,175$  с.

Безразмерные параметры  $v$  и  $s$  связаны соотношением

$$v = \frac{aJ}{lH} \mu^2 s^2.$$

Из анализа формул следует, что при значении параметра  $s$  большем 1,114 колебание корпуса не происходит и корпус остается прижатым к буртику инструмента. При изменении параметра  $s$  от 1,023 до 1,115 удар происходит до момента времени  $T$ . Таким образом, в зависимости от параметра  $s$  удар корпусом по инструменту может происходить на различных интервалах времени.

В качестве примера приведены графики функций  $y_0(t)$  и  $\dot{y}_0(t)$  от безразмерного параметра  $s$  при предварительном поджатии пружин  $a$  равном 4,5 мм (рисунок 3).

Из графиков видно, что с увеличением параметра  $s$  значения времени до удара корпусом по инструменту, амплитуда колебаний корпуса ударного механизма и скорость его соударения с инструментом уменьшаются.

Формулы, приведенные выше, позволяют провести анализ влияния параметров ударного механизма и механизма прижима на амплитуду колебаний корпуса ударного механизма и скорость его соударения с инструментом, с целью последующей разработки рекомендации по выбору рациональных параметров механизма прижима, удовлетворяющих заданным ограничениям.

### Литература

1. Eremyants V.E., Arstanbek A. Preliminary tension of clamp device of mechanism MO-10 influence on its oscillations // Journal of Advanced Research in Technical Science. North Charleston, USA: SRC MS, CreateSpace. 2018. Issue 8. P. 13–17.
2. Еремянц В.Э., Арстанбек А. Динамика кривошипно-коромысловой виброударной машины при очистке внутренних поверхностей бункеров // Проблемы механики современных машин. Материалы VI междунар. конф. Улан-Удэ: ВСГТУ. 2015. С. 98–103.
3. Арстанбек А. Динамический анализ виброударного механизма МО-10 // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2015. № 3 (36). С. 65-70.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ОПАЛУБКЕ-АРМАТУРЕ В ПЕРЕКРЫТИЯХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Бактыгулов К., Ордобаев Б.С., Бактыгулова А.Б.  
ordobaev@mail.ru

Кыргызско - Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** Проанализированы комплексные конструкции перекрытия различных зданий во Франции, Чехии, Польше, Финляндии и Японии.

**Ключевые слова:** комплексные конструкции, стальной профилированный настил, вертикальные анкеры

Во Франции разработкой и возведением комплексных конструкций перекрытия на стальных профилированных настилах занимаются фирмы «Hi-Bond», «Acieroid», «Cofrasra», «Novotec» и «FOS». Настил «Hi-Bond» изготавливается из листов с временным сопротивлением 37÷45 МПа и пределом текучести – 24 МПа [1]. Толщина листового стали находится в пределах от 0,75 до 1,2 мм, высота гофров – 53 и 77 мм. Перекрываемый настилами пролет в зависимости от толщины листа и высоты гофров составляет от 2,0 до 4,0 м. Толщина плиты принимается от 10,0 до 20,0 см. Совместность работы плиты с прогонами обеспечивается двумя способами: приваркой к балке через настил анкерных штырей, а также специальной профилированной полосы «Hi-Bond IS» (рисунок 1 а, б).

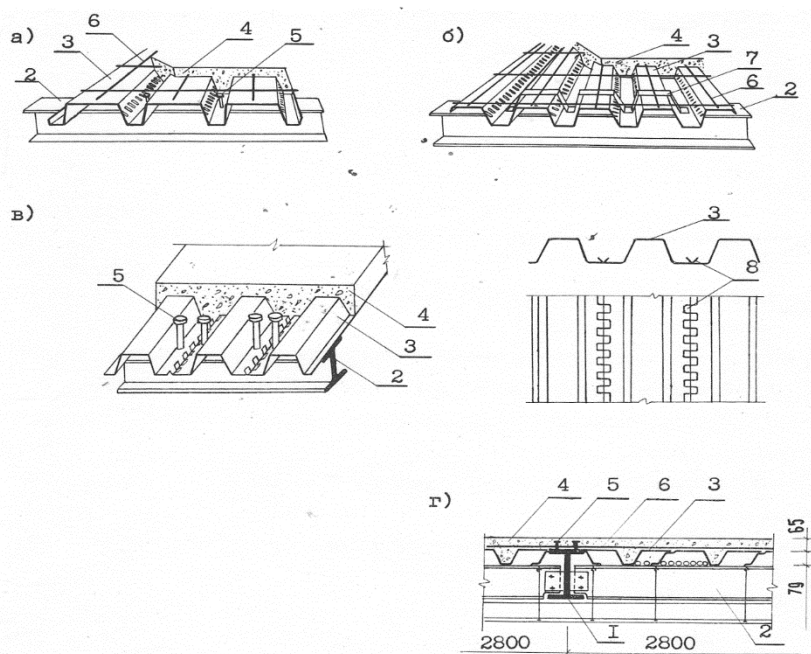


Рисунок. 1 - Система перекрытий, возводимых во Франции

а, б – система «Hi-Bond»; в – система «Novotec»; г – система «FOS»; 1 – главная балка; 2 – второстепенная балка; 3 – настил; 4 – монолитный бетон; 5 – штыри; 6 – арматурные стержни; 7 – профилированные полосовые анкера; 8 – анкерующая гребенка.

Система «Novotec» выполняется с использованием профилей, имеющих один трапециевидный гофр и две нижние полки с отогнутым зубчатым краем [2]. Зубцы соседних



листов пересекаясь образуют гребень, повышающий сцепление настила с бетоном. Объединение плиты со стальными балками осуществляется с помощью двойных болтов со шляпкой, привариваемых через нижние полки соседних листов к балке (рисунок 1, в). При строительстве 32-этажного здания Tour Nobel (г. Париж) в конструкции перекрытия использована система «FOS» [2]. Система состоит из двутавров высотой 24,0 см и пролетом 7,5 м, служащих в качестве главных балок, а также второстепенных, высотой 18,0 см и пролетом 2,8 м (рисунок 1, г). Высота профилей принята 79 мм, толщина бетонного слоя над верхней полкой составляет 65 мм. Перекрытие рассчитано под временную нагрузку 35,0 кПа. Объединение плиты с балками осуществлено с помощью вертикальных анкеров. Конструкции усиленного комплексного перекрытия рассчитана на нагрузку 10 кПа при пролете плиты 5,0 м [2]. Относительный максимальный прогиб в середине пролета плиты составляет  $1/500$ . Особенностью этой конструкции является установка в пределах гофров настила гнутых стальных С-образных элементов. Высота гофра колеблется от 10 до 21,5 см, толщина листа –  $1,0 \div 2,15$  мм.

Система «Acieroid» является одной из наиболее распространенных. Настилы этой фирмы, выпускаемые также в Италии фирмой «Acieroid Italiana SpA», имеет трапециевидную форму с продольными рифами на верхней грани. Высота гофра 45 – 55 мм, толщина листа – от 0,8 до 1,2 мм, ширина профиля составляет 600÷800 мм. Такие настилы использованы при строительстве 17-этажного здания министерства иностранных дел в г. Нант. Перекрытие решено по стальным балкам из широкополочных двутавров [3].

Изучению и применению комплексных конструкций перекрытий на стальных профилированных настилах уделяется большое внимание в Чехии. На основе системы «VIP», разработанной специалистами исследовательского института наземного строительства в Праге, сооружено около 60 многоэтажных зданий различного назначения [4]. Основной несущей конструкцией этой системы является стальной каркас связевого типа, пространственная жесткость которого обеспечивается решетчатыми диафрагмами. Стальной профилированный настил высотой 80 мм из листов типа «VSŽ», замоноличенный слоем бетона, выполняет роль горизонтального диска жесткости для передачи ветровых нагрузок на диафрагмы. Совместность работы бетона с настилом и плиты с балками обеспечивается с помощью приваренных вертикальных штырей со шляпками. Приварка анкеров производится аппаратом «Nelson» (Германия) (рисунок 2, а). С целью изучения экономической эффективности комплексных конструкций в г. Садска построено 2-этажное экспериментальное производственное здание [5]. Размеры здания в плане 14,4х30,0 м. В поперечном направлении шаг колонн составляет 6,0; 2,4; 6,0 м, а в продольном – 6,0 м. Колонны выполнены из Н-образных сварных профилей сечением 160х160 мм. Главные и второстепенные балки изготовлены из прокатных двутавров. На главные балки, расположенные в продольном направлении, на одном уровне по верхнему поясу расположены второстепенные балки. Шаг последних 1,5 м. Настил типа «VSZ 11001», высотой сечения 50 мм, приварен к балкам с помощью круглых стальных болтов диаметром 15,8 и 18,2 мм (рисунок 2 б). В пределах ширины верхнего пояса главных балок соединение соседних настилов осуществлялось с помощью дополнительных вставных отогнутых листов, служащих для выравнивания неточности в монтаже. Результаты специальных исследований жесткости стального каркаса до и после объединения настилов к балкам показали, что совместность работы настила с несущими элементами увеличивает жесткость каркаса в 18 раз. Болты приваривали с помощью полуавтоматического пистолета типа «Nelson NS 20 MD», производительностью 60 шт./ч. Чешские специалисты считают, что перекрытия такой конструкции могут применяться в жилых зданиях при пролетах от 7,2 до 9,0 м и нагрузке на перекрытие до 8,0 кПа, а также в промышленных зданиях при пролетах до 12,0 м и нагрузке на перекрытие до 20,0 кПа.

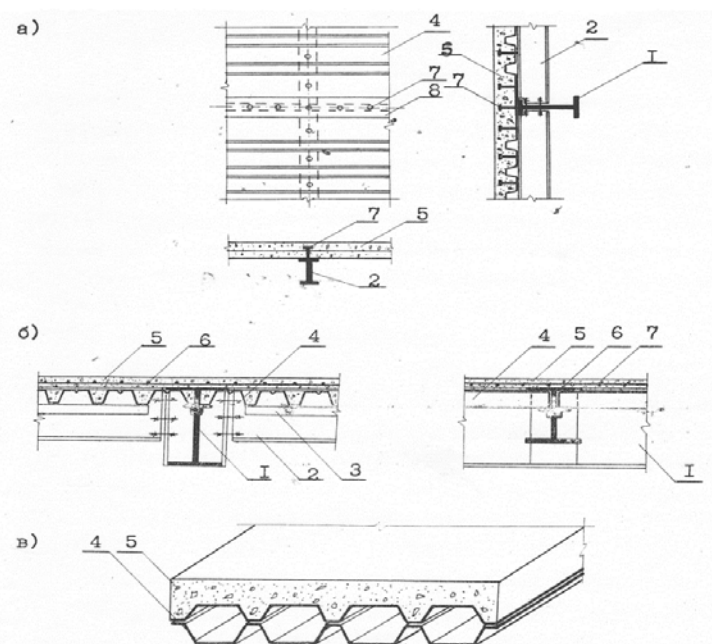


Рисунок 2 - Конструкция перекрытий, применяемых в Чехии и Польше а – система «VIP»; б – перекрытие экспериментального здания (г. Садкс); в – перекрытие здания «Metalplast» (г. Познань); 1 – главная балка; 2 – второстепенная балка; 3 – полка из уголков; 4 – настил; 5 – бетон; 6 – продольные стержни; 7 – поперечные стержни; 8 – вставной лист.

В г. Брно (Чехия) построенное здание бытового обслуживания также имеет комплексное перекрытие, состоящее из главных балок, пролетом 7,2 м и второстепенных, с пролетом 3,6 ÷ 4,8 м. Толщина плиты составляет 5 ÷ 8 см. Объединение плиты с несущими элементами каркаса осуществлено с помощью вертикальных гибких анкеров [6]. Для опирания стальных профилированных настилов к стенке второстепенных балок приварена полка из прокатных уголков, что дает возможность уменьшить конструктивную высоту перекрытия.

В Польше разработана конструкция перекрытия с применением замкнутых профилей, выполненных из двух профилированных листов с трапециевидными гофрами. Листы соединены между собой точечной сваркой. Такая конструкция была применена при строительстве многоэтажного здания «Metalplast» в г. Познань [7]. Разработана конструкция перекрытия 40-этажного здания в Варшаве [8].

Финскими специалистами разработаны системы перекрытий «Home Cone» и «Pe-Va Rakenne». Перекрытия системы «Home Cone» возводятся на настиле «Home Cone - 45» с шириной 900 мм и толщиной 0,7; 0,8 и 0,9 мм; длина профиля до 12 м. Настилы изготовлены из стали с пределом текучести 32 МПа. Особенностью системы является выштамповки, нанесенные на нижнюю полку профиля (рисунок 3 а). Толщина слоя бетона плиты принимается 10; 16 и 20 см [9]. Система «Pe-Va Rakenne» основана на применении настила «Pe-Va 45» шириной 750 мм, высотой гофра 45 мм и толщиной листа от 0,7 до 1,1 мм. Листы между собой соединяются заклепками, размещенные с шагом 500 мм. По настилу укладывают стержневую арматуру периодического профиля диаметром 16 мм. При поддержке временными опорами пролет плиты перекрывает расстояние до 6,0 м. Скорость возведения такой системы составляет 400 ÷ 500 м в день. Экономические расчеты показали, что расход бетона на плиту перекрытия рассмотренной конструкции сокращается на 30%, расход арматуры из стержней периодического профиля – на 90%, по сравнению с расходом этих же материалов при возведении железобетонных плит традиционной конструкции. Совместность работы плиты с балками осуществляется вертикальными гибкими анкерами.

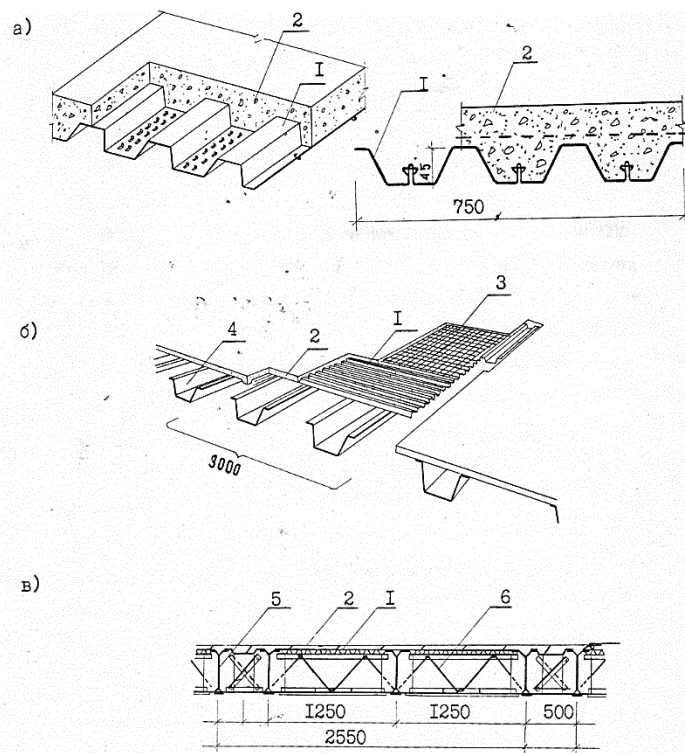


Рисунок 3 - Конструкции перекрытий, возводимых в Финляндии (а) и Японии (б, в)  
 а – система «Home Cone»; б – система «UKF»; в – система «ZDF»; 1 – настил; 2 – бетон; 3 – арматурная сетка; 4 – лотковый профиль; 5 – стойка балки; 6 – главная решетчатая балка.

В Японии применяются системы комплексных перекрытий двух типов: UKF и ZDF [10]. Несущим элементом балочной клетки системы UKF служат гнутые стальные профили высотой 300 и 500 мм. Толщина стенки лоткового профиля равна  $3,2 \div 4,5$  мм. Стальной профилированный настил типа «Keystone» имеет трапециевидную форму с высотой гофра 25 мм. Объединенные в систему стальной настил и несущие профили лоткообразного сечения выпускаются в виде панелей с шириной 3,0 м и длиной от 5,5 до 12,0 м (рисунок 3, б). Несущими элементами системы ZDF служат Z-образные профили. Длина этих панелей 12,0 м и более. Объединение стальных элементов перекрытия в систему осуществляется с помощью винтов «tesk» диаметром 5,2 мм и длиной до 19 мм. Применяется легкий бетон плотностью  $1500 \div 1800$  кг/м<sup>3</sup>, укладываемый поверх панелей толщиной 6,0 ÷ 8,0 см. На основе этой системы возведено перекрытие 52-этажного здания «Сумитомо» в Токио [10]. Здесь несущими ребрами стальных панелей применены гнутые двутавровые профили высотой 400 мм и поперечные решетчатые элементы, по низу которых были прикреплены плоские стальные листы толщиной 3,2 мм, а поверху – профилированный настил «Keystone». Размеры панели 2,5x11,2 м. Монолитная плита выполнена из легкого бетона толщиной 6,0 см (рисунок 3, в).

На основании проведенного анализа применения стальных профилированных настилов в комплексных конструкциях перекрытий сделаны выводы: 1) стальные профилированные настилы в качестве внешней арматуры в комплексных конструкциях перекрытий многоэтажных зданий нашли широкое применение; 2) обеспечение совместности работы настила с несущими элементами увеличивает жесткость каркаса в 18 раз; 3) скорость возведения такой системы может достигать  $400 \div 500$  м<sup>2</sup> в день и более. Расход бетона на плиту перекрытия рассмотренной конструкции сокращается до 30%, расход арматуры из стержней периодического профиля – до 90%, по сравнению с расходом этих же материалов при возведении железобетонных плит традиционной конструкции.

### Литература

1. Cahiers de Centre Scintifique et Technique du Bâtiment, 1979, № 1621, ch. 3/75-53. p. 1-11.
2. Сталежелезобетонные конструкции перекрытий многоэтажных зданий. Обзорная статья. М.: Реферативный сборник. Зарубежный опыт. 1975, сер. VIII, вып. 1, с. 6-11.
3. Проектирование комплексных перекрытий с учетом совместной работы железобетонных плит и стальных балок (Италия). М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. Зарубежный опыт. 1975, сер. VIII, вып. 1, с. 6-11.
4. Стальные унифицированные каркасные конструкции многоэтажных общественных и производственных зданий в ЧССР. М.: ЦИНИС. Реферативный сборник, 1980, сер. 8, вып. 19, с. 4-7.
5. Стальные конструкции зданий со сталежелезобетонными плитами перекрытий ЧССР. М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1974, сер. 8, вып. 5, с. 8-11.
6. Reinsch B., Cordes R., Sowa W. Fine neue Trapezblechdecke mit strazzen verbund. –Der stahlbau, 1979, № 1, p. 12-22.
7. Конструкции комбинированных перекрытий с применением стальных профилированных листов (обзорная статья). М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1977, сер. VIII, вып. 9, с. 62-66.
8. Конструкции 40-этажных административных зданий (ПНР). М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1975, сер. VIII, вып. 5, с. 2-5.
9. Matti Home. HOMECON-RAKENNUS-JÄRJESTELMÄ – Rakennustatio, 1982, № 3, p. 43.
10. Комплексные сталежелезобетонные конструкции перекрытий многоэтажных зданий (США, Япония). М.: ЦИНИС. Реферативный сборник. 1975, сер. VIII, вып. 14, с. 2-7.

## К ТЕОРИИ ПРЯМОГО ПРЕССОВАНИЯ КРУГОВОГО АЛЮМИНИЕВОГО ПРУТКА

Джусумаматов Э.А.<sup>1</sup>, Салман К.М.<sup>2</sup>  
 kg-productions@mail.ru, salman-karina@mail.ru

<sup>1</sup>Ошский Технологический Университет им. М.М. Адышева, г. Ош, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>Кыргызско - Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** Рассматривается задача установления составляющих вектора скорости радиального перемещения и тензора скоростей деформаций при прямом изотермическом прессовании алюминиевого прутка круглого поперечного сечения. Решение осуществлено в рамках динамической модели пригодной для описания деформационного поведения алюминиевых сплавов широких температурно-скоростных диапазонов, включая интервалы реализации эффекта сверхпластичности.

**Ключевые слова:** сверхпластичность, скорости перемещений и деформаций, уравнение состояния, уравнения поверхности, тензор деформаций.

**Введение.** Прессованием называется технологический процесс, в котором заготовка в форме призмы или цилиндра выдавливается из контейнера через матрицу с уменьшением поперечных размеров заготовки. При прямом прессовании пресс-шайба движется в контейнере, заставляя проходить через отверстие или канал в матрице.

**Постановка задачи.** Рассмотрим задачу установления поля скоростей перемещений и деформаций процесса горячего прессования алюминиевого прутка круглого сечения. Считаем, что процесс осуществляется в изотермических условиях, в частности при температурах, принадлежащих диапазону сверхпластичности.

В основу постановки задачи положено исследование течения металла в коническом сходящемся канале [2,3], которое считается радиальным.

При схематизации процесса примем, как и в [3], сферическую систему координат  $\rho, \alpha, \varphi$  (рис.1).

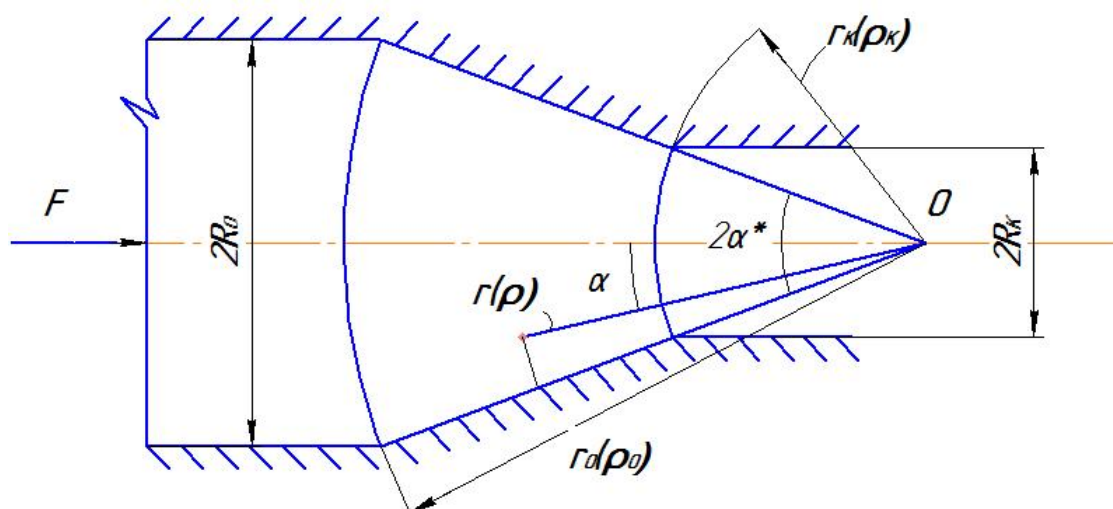


Рисунок 1

Схема прессования прутка круглого сечения в конической матрице

В рамках введенных положений математическая формулировка задачи будет включать:

– дифференциальные уравнения равновесия

$$\frac{\partial \sigma_\rho}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{\rho\alpha}}{\partial \alpha} + \frac{1}{\rho} [2\sigma_\rho - (\sigma_\alpha + \sigma_\varphi) + \tau_{\rho\alpha} \operatorname{ctg} \alpha] = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \tau_{\rho\alpha}}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \sigma_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{1}{\rho} [3\tau_{\rho\alpha} + (\sigma_\alpha - \sigma_\varphi) \operatorname{ctg} \alpha] = 0$$

– кинематические соотношения, устанавливающие связь между составляющими скоростей перемещений и деформаций

$$\dot{\varepsilon}_\rho = \frac{\partial V_\rho}{\partial \rho}; \quad \dot{\varepsilon}_\alpha = \dot{\varepsilon}_\varphi = \frac{V_\rho}{\rho}; \quad \dot{\gamma}_{\rho\alpha} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial V_\rho}{\partial \alpha}; \quad (2)$$

– условие несжимаемости в скоростях

$$\dot{\varepsilon}_\alpha + \dot{\varepsilon}_\varphi + \dot{\varepsilon}_\rho = 0; \quad (3)$$

– определяющие соотношения

$$\sigma_\rho - \sigma_0 = \frac{2\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\varepsilon}_\rho; \quad \sigma_\alpha - \sigma_0 = \frac{2\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\varepsilon}_\alpha; \quad \sigma_\varphi - \sigma_0 = \frac{2\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\varepsilon}_\varphi;$$

$$\tau_{\rho\alpha} = \frac{\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\gamma}_{\rho\alpha}; \quad 3\sigma_0 = \sigma_\rho + \sigma_\alpha + \sigma_\varphi; \quad (4)$$

– уравнение состояния в форме зависимости между интенсивностями напряжений и скоростей деформаций [1]

$$\sigma_u = 1 - m_0 - \beta + (3m_0 + \beta)\dot{\varepsilon}_u - 3m_0\dot{\varepsilon}_u^2 + m_0\dot{\varepsilon}_u^3 \quad (5)$$

Здесь  $\sigma_{ij}, \dot{\varepsilon}_{ij}$  ( $i, j \approx \rho, \alpha, \varphi$ ) – компоненты тензоров напряжений и скоростей деформаций, отнесенные соответственно к альтернативным внутренним параметрам состояния

$\sigma^*, \dot{\varepsilon}^*; \rho = \frac{r}{R_0}$  ( $R_0$  – радиус контейнера); компонента вектора скорости радиального перемещения  $V_\rho$  отнесена к величине  $\dot{\varepsilon}^* R_0$ ,  $m_0$  – материальная постоянная;  $\beta = \beta(\xi); \sigma^* = \sigma^*(\xi); \dot{\varepsilon}^* = \dot{\varepsilon}^*(\xi)$  – параметры состояния, для определения которых записаны эволюционные уравнения [1,4,5], где  $\xi$  – нормированная температура.

Укажем, что в изотермических условиях ( $\xi = \text{const}$ ) эти параметры принимают постоянные значения, причем при сверхпластичности  $\beta < 0$ .

Граничные условия будут сформулированы в процессе решения задачи.

**Основное дифференциальное уравнение.** Подстановка зависимостей (2) в условие несжимаемости (3) приводит к уравнению

$$\frac{\partial V_\rho}{\partial \rho} + 2 \frac{V_\rho}{\rho} = 0, \quad (6)$$

решение которого имеет вид:

$$V_\rho = -\frac{K(\alpha)}{\rho^2} \quad (7)$$

где  $K = K(\alpha)$  – произвольная функция, подлежащая определению.

С учетом решения (7) кинематические соотношения (2) примет вид:

$$\dot{\varepsilon}_\rho = \frac{2K(\alpha)}{\rho^3}; \quad \dot{\varepsilon}_\alpha = \dot{\varepsilon}_\varphi = -\frac{K(\alpha)}{\rho^3}; \quad \dot{\gamma}_{\rho\alpha} = -\frac{K'(\alpha)}{\rho^3}. \quad (8)$$

Определяющие уравнения (4) с учетом уравнения соотношения (5) представим в форме:

$$\sigma_\rho = \sigma_0 + \frac{4}{3} T(\alpha, \rho) K(\alpha); \quad \sigma_\alpha = \sigma_\varphi = \sigma_0 - \frac{2}{3} T(\alpha, \rho) K(\alpha);$$

$$\tau_{\rho\alpha} = -\frac{1}{3}T(\alpha, \rho)K'(\alpha); \quad 3\sigma_0 = \sigma_\rho + \sigma_\alpha + \sigma_\varphi. \quad (9)$$

Здесь

$$T(\alpha, \rho) = (1 - m_0 - \beta)L^{-1/2} + \frac{3m_0 + \beta}{\rho^3} - \frac{3m_0L^{1/2}}{\rho^6} + \frac{m_0L}{\rho^9}; \quad (10)$$

где

$$L(\alpha) = \frac{1}{3}[12K^2 + (K')^2] \quad (11)$$

Причем интенсивность скоростей деформаций будет равна:

$$\dot{\varepsilon}_u = \frac{L^{1/2}}{\rho^3} \quad (12)$$

Из рассмотрения соотношений (7) - (12) видно, что компоненты напряжений, скоростей деформаций и перемещений будут установлены, если станет известным явное выражение функции  $K = K(\alpha)$ , которую назовем разрешающей. Для ее нахождения подставим в уравнения равновесия (1) зависимости (9). Полученные при этом значения  $\partial\sigma_0/\partial\rho$  и  $\partial\sigma_0/\partial\alpha$  продифференцируем соответственно по  $\alpha$  и  $\rho$  и приравняем друг к другу. В результате получим дифференциальное уравнение:

$$\begin{aligned} 6\frac{\partial^2 T}{\partial\rho\partial\alpha}K + 10\frac{\partial T}{\partial\rho}K' + \rho\frac{\partial^2 T}{\partial\alpha^2}K' - \frac{1}{\rho}\frac{\partial T}{\partial\alpha}(2K'' - 12K + K'ctg\alpha) - \\ - \frac{T}{\rho}(K''' - 12K' + K'''ctg\alpha - \frac{K'}{\sin^2\alpha}) = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Вычислив с привлечением зависимости (10) слагаемые, входящие в (13), и полагая, что уравнение (13) должно удовлетворяться при всех значениях  $\rho$ , приходим к системе дифференциальных уравнений, которые удовлетворяется, если

$$K''' + K'''ctg\alpha + K'\left(6 - \frac{1}{\sin^2\alpha}\right) = 0 \quad (14)$$

Интеграл уравнения (14) равен:

$$K(\alpha) = \frac{C_1}{2}\sin^2\alpha - C_2\left[(1 - 3\sin^2\alpha)\ln\left|tg\frac{\alpha}{2}\right| + 3\cos\alpha + \frac{3}{2}\cos^2\alpha\right] + C_3 \quad (15)$$

Причем  $C_1, C_2, C_3$  - постоянные интегрирования.

Входящие в (15) постоянные интегрирования будем определять из граничных условий. На рассматриваемом этапе решения задачи имеем два крайних условия

$$\tau_{\rho\alpha}|_{\alpha=0} = 0; \quad (16)$$

$$\tau_{\rho\alpha}|_{\alpha=\alpha^*} = -\chi\tau_{\max}|_{\alpha=\alpha^*}, \quad (17)$$

где  $\tau_{\max}(\alpha^*)$  - максимальное касательное напряжение на контакте матрицы и деформируемого материала;  $\chi$  - коэффициент пропорциональности, определяемый экспериментально [3].

Условие (16) равносильно в соответствии (9) равенству  $K'(0) = 0$ . С учетом последнего, имеем  $C_2 = 0$ .

Условие (17) дает

$$C_3 = \frac{C_1}{2}\psi(\alpha^*, \chi), \quad (18)$$

причем  $\psi = \psi(\alpha^*, \chi)$  есть:

$$\psi = \frac{1}{3\chi} \sqrt{1-\chi^2} \sin 2\alpha^* - \sin^2 \alpha^* . \quad (19)$$

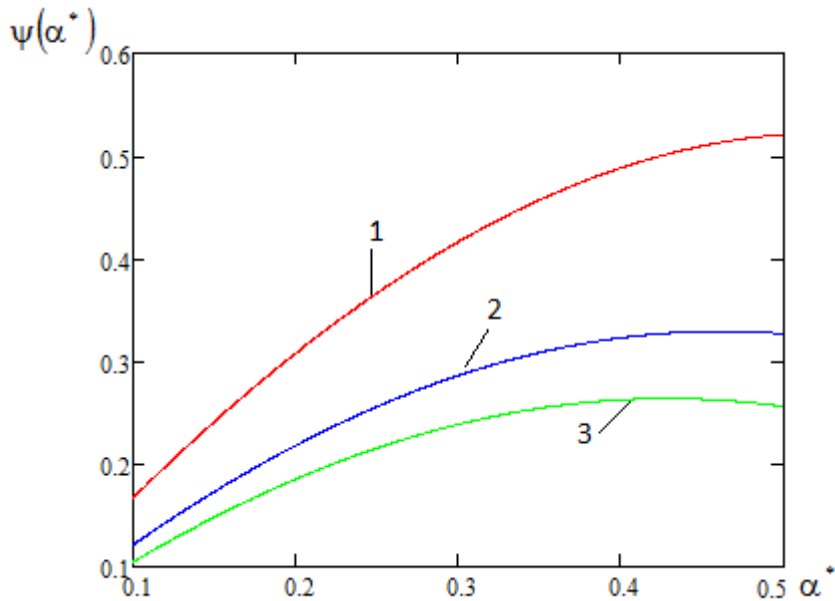


Рисунок 2

Зависимость параметра  $\psi$  от угла раствора матрицы  $\alpha^*$  (1–  $\chi = 0,35$ , 2–  $\chi = 0,45$ , 3–  $\chi = 0,5$ )

Теперь для функции  $K = K(\alpha)$  можем записать

$$K(\alpha) = \frac{C_1}{2} (\sin^2 \alpha + \psi) \quad (20)$$

В формулу (20) входит неустановленная еще постоянная  $C_1$ , для определения которой следует проанализировать поле скоростей деформаций.

**Скорости перемещений и деформаций.** Считаем [3], что очаг деформации ограничен конической поверхностью матрицы и двумя поверхностями разрыва скоростей  $\rho_0 = \rho_0(\alpha)$ ;  $\rho_\kappa = \rho_\kappa(\alpha)$ , представляющих собой поверхности вращения (рис. 1).

Воспользовавшись процедурой, изложенной в [2,3], уравнения поверхностей  $\rho_0(\alpha)$ ,  $\rho_\kappa(\alpha)$ , запишем в виде:

$$\rho_0 = \left\{ \frac{C_1 [2 + 3\psi - 3(1 + \psi)\cos \alpha + \cos^3 \alpha]}{3v_0 \sin^2 \alpha} \right\}^{1/2} \quad (21)$$

$$\rho_\kappa = \left\{ \frac{C_1 [2 + 3\psi - 3(1 + \psi)\cos \alpha + \cos^3 \alpha]}{3v_\kappa \sin^2 \alpha} \right\}^{1/2} , \quad (22)$$

где  $v_0, v_\kappa$  - соответственно нормированные скорости перемещения металла на входе в очаг деформации и выходе из него.

Перейдем теперь к определению постоянной  $C_1$ . Для ее нахождения воспользуемся следующим приемом.

Запишем выражение для секундного объема материала, проходящего через поверхность разрыва  $\rho_0 = \rho_0(\alpha)$ . Имеем:

$$W_S = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\alpha^*} v_\rho \Big|_{\rho=\rho_0} \rho_0^2 \sin \alpha \cos \alpha d\alpha \quad (23)$$

Учитывая зависимости (7),(20), для  $W_S$  можем записать:



$$W_s = -4\pi C_1 \int_{\cos^2 \alpha^*}^1 (1 + \varphi - u) du, \quad (24)$$

где  
(25)

$$u = \cos^2 \alpha.$$

После вычисления интеграла в (24), можем записать

$$W_s = -2\pi C_1 (1 + 2\psi) \sin^2 \alpha^* \quad (26)$$

Воспользовавшись теоремой о среднем, получим

$$W_s = 2\pi v_0 \rho_0^2(0) (1 - \cos^2 \alpha^*) \quad (27)$$

Приравняв друг к другу (26) и (27), найдем явное выражение для постоянной  $C_1$ :

$$C_1 = -\frac{v_0 \rho_0^2(0)}{1 + 2\psi} \quad (28)$$

При  $C_1$  (28), формула для  $K = K(\alpha)$  примет вид:

$$K(\alpha) = -\frac{2v_0 \rho_0^2(0)}{2(1 + 2\psi)} (\sin^2 \alpha + \psi). \quad (29)$$

Здесь  $v_0$  - средняя скорость перемещения металла на входе в очаг деформации,  $\rho_0 = \rho_0(0)$  - значение радиуса поверхности разрыва скоростей -  $\rho = \rho_0$  при  $\alpha = 0$ ,  $\psi = \psi(\alpha^*, \chi)$  определяется формулой (19).

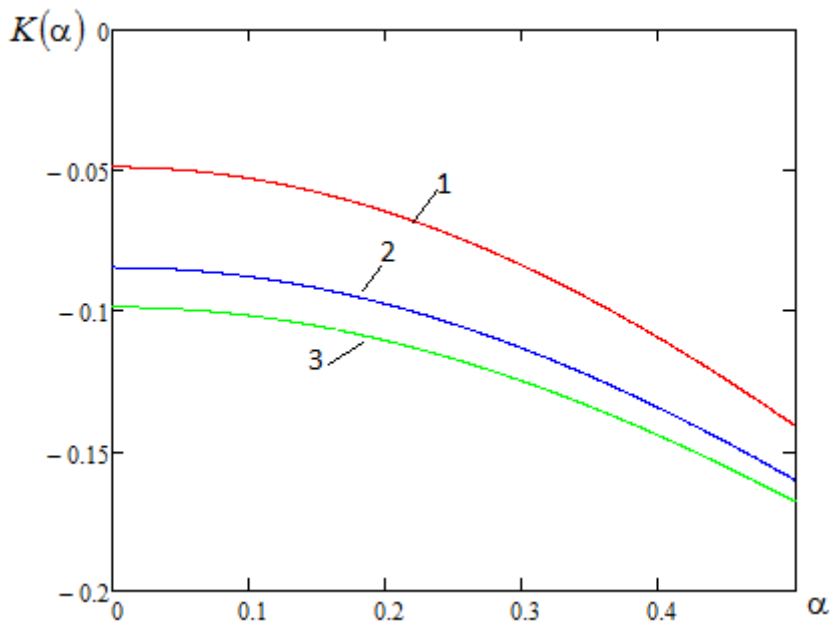


Рисунок 3

Зависимость функции  $K$  от угла  $\alpha$  при  $\chi = 0,45$  (1-  $\alpha^* = 0,1$ , 2-  $\alpha^* = 0,25$ , 3-  $\alpha^* = 0,5$ )

Компоненты скоростей перемещений и деформаций будут представимы зависимостями:

$$v_\rho = -\frac{2v_0 \rho_0^2(0)}{\bar{\psi} \rho^2} (\sin^2 \alpha + \bar{\psi}); \quad \dot{\epsilon}_\rho = \frac{2v_0 \rho_0^2(0)}{\bar{\psi} \rho^3} (\sin^2 \alpha + \psi); \quad (30)$$

$$\dot{\epsilon}_\alpha = \dot{\epsilon}_\varphi = -\frac{2v_0 \rho_0^2(0)}{\bar{\psi} \rho^3}; \quad \dot{\gamma}_{\rho\alpha} = -\frac{v_0 \rho_0^2(0)}{\bar{\psi} \rho^3} \sin 2\alpha$$

### Литература

1. Рудской А.И., Рудаев Я.И. Механика динамической сверхпластичности алюминиевых сплавов. СПб.: Наука. 2009. 217 с.
2. Соколовский В.В. Теория пластичности. М.: Высш. шк., 1969. 608 с.
3. Малинин Н.Н. Технологические задачи пластичности и ползучести. М.: Высш. шк., 1979. 119 с.
4. Kitaeva D., Kodzhaspirov G., Rudaev Ya. On the dynamic superplasticity // Mater. Sci. Forum. 2017. V. 879. P. 960-965.
5. Китаева Д.А., Рудаев Я.И. Синергетические представления в механике динамической сверхпластичности // НТВ СПбГПУ. 2013. № 1 (183). С. 274-283.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА DFA ДЛЯ АНАЛИЗА ВАРИАЦИЙ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ОБРАЗЦА ГАББРО ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

Имашев С.А.

sanzhar.imashev@gmail.com

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** Представлены результаты измерения тангенса угла диэлектрических потерь образца габбро в процессе деформации при одноосном сжатии. Шумоподобный временной ряд нормированного электросопротивления  $D/D_0$  демонстрирует наличие мультифрактального поведения. Расчет параметра Херста методом анализа флуктуаций после исключения масштабно-зависимых трендов в скользящем окне показал наличие характерного минимума, который может быть связан с моментом перехода материала от стадии упрочнения к процессу разрушения. Полученные результаты согласуются с данными, полученными авторами для вариаций электросопротивления образцов мрамора и гранита.

**Ключевые слова:** деформация, габбро, тангенс угла диэлектрических потерь, фрактальный анализ, метод DFA, параметр Херста

**Введение.** Исследование процесса неупругого деформирования и разрушения в образцах геоматериалов в ходе его протекания, является одной из важных задач изучения оклика геосреды на энерговодействие [1, 2]. Одним из методов количественной оценки повреждаемости образца горных пород является измерение электрических характеристик [3–5], что может дать дополнительную информацию, которая зачастую не выявляется при использовании традиционных методов контроля повреждаемости [6].

Так, например, при испытании образцов мрамора Ак-Таш и гранита Каинда на одноосное сжатие, на фоне линейного роста деформаций наблюдались скачки и периоды ускорения деформаций, связанные с трещинообразованием и подготовкой к разрушению, которые отмечались также и вариациями электрического сопротивления. В частности, характерный минимум нормированного сопротивления  $R/R_0$  совпадал со скачкообразным ростом поперечной деформации, а также являлся результатом активизации трещинообразования, что подтверждалось всплеском активности акустической эмиссии  $dN/dt$ . При этом каждое значительное изменение в накоплении событий акустической эмиссии  $N$  и соответственно ее активности, сопровождалось откликом в значениях нормированного сопротивления  $R/R_0$  [6].

Анализ вариаций электросопротивления обоих образцов показал, что у обоих образцов наблюдается снижение сопротивления до минимума при нагрузках ниже 61% и 65% от разрушения для мрамора и гранита соответственно (рисунок 1). Этот отчетливый минимум электросопротивления демонстрирует момент перехода материала от стадии упрочнения к процессу разрушения, что согласуется с результатами, полученными в работе [7], где образец гранита показал резкое падение значений  $b$ -value в диапазоне напряжений 60–65 % от предела прочности, что объяснялось неупругой объемной деформацией, за счет формирования большого количества новых микротрещин.

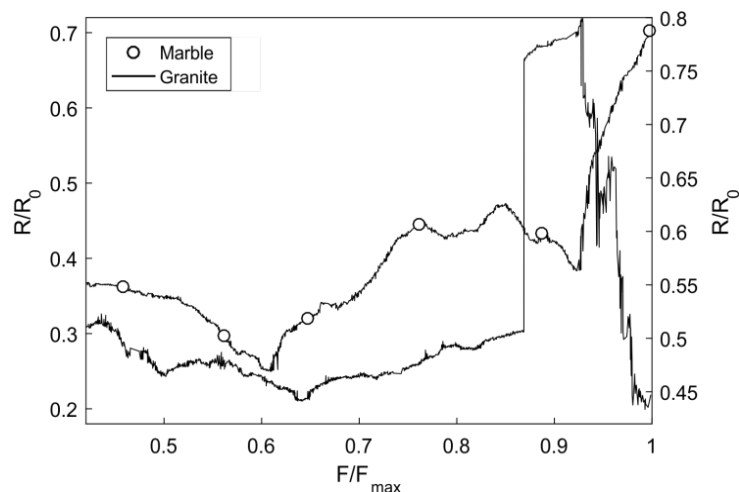


Рисунок 1 - Вариации электросопротивления образцов мрамора и гранита в зависимости от уровня нагрузки.

Указанные особенности поведения нормированного электросопротивления, однако, не просматривались в явном виде для образцов габбро. Целью настоящего исследования является анализ вариаций электросопротивления данного вида геоматериала, с помощью методов фрактального анализа, на предмет выявления структурирования шумов, зачастую скрытого при использовании традиционных методик обработки.

**Методика.** Эксперименты проводились на рычажной установке [8], которая позволяет реализовать режим одноосного сжатия с максимальной нагрузкой до 250 кН. Для испытаний были изготовлены образцы габбро в форме правильной призмы с размерами 30 мм в длину (ось X), 19 мм в ширину (ось Y) и 60 мм в высоту (ось Z) (рисунок 2).

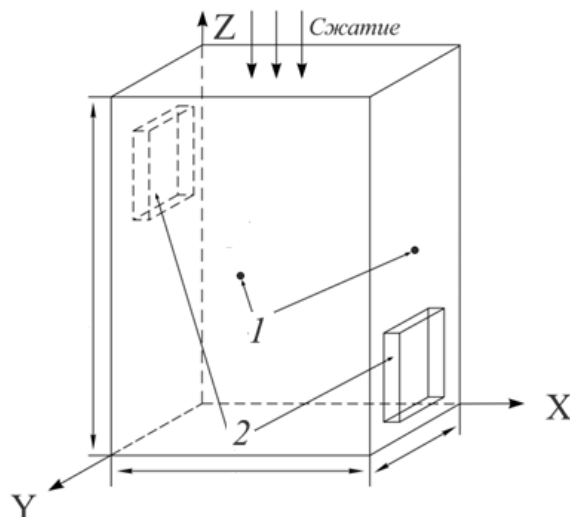


Рисунок 2 - Схема проведения эксперимента: 1 – точки регистрации поперечных компонент деформации, 2 – электроды измерения электрических характеристик

Для измерения диэлектрических параметров образцов в ходе эксперимента использовался измеритель иммитанса Актакон АМ-3001. Данный прибор представляет собой устройство для измерения RLC – характеристик, а также добротности Q и тангенса угла диэлектрических потерь D на 5 частотах при точности измерений 0.05%. Для автоматизации процесса измерения разработана программа управления прибором и сбора данных через последовательный интерфейс RS-232. Считывание значений проводится на 5 частотах: 100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц. В данной работе использовались данные канала 1 кГц.

В качестве метода оценки фрактальных свойств был использован метод анализа флуктуаций после исключения масштабно-зависимых трендов – Detrended Fluctuation Analysis (DFA) [9, 10]. В качестве исследуемого сигнала использовался временной ряд нормированного тангенса угла диэлектрических потерь  $D/D_0$ .

**Результаты и обсуждение.** На рис.3а представлен временной ряд вариаций нормированного тангенса угла диэлектрических потерь  $D/D_0$  для образца габбро на частоте 1 кГц. Из рисунка видно, что в отличие от образцов мрамора и гранита, в вариациях  $D/D_0$  образца габбро не просматривается отчетливый минимум (есть три относительных участка спада и подъема), характеризующий момент перехода материала от стадии упрочнения к процессу разрушения.

Для дальнейшей обработки из исходного временного ряда был удален низкочастотный тренд с помощью полиномиальной аппроксимации и анализировались уже только высокочастотные вариации (рисунок 3, б) по форме напоминающие шум.

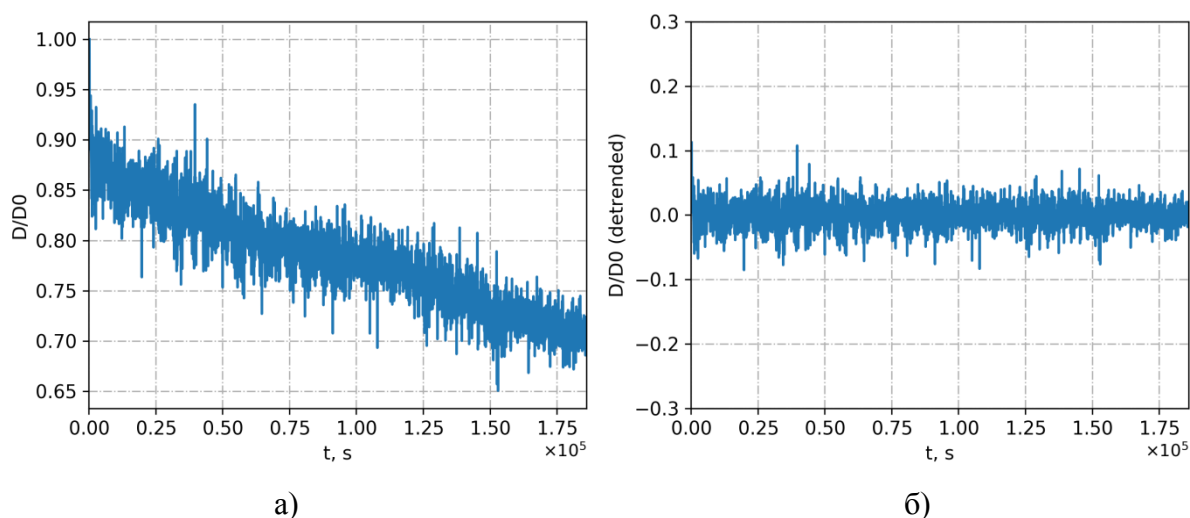


Рисунок 3 - Вариации нормированного тангенса угла диэлектрических потерь  $D/D_0$  и высокочастотный шум после удаления низкочастотного тренда

При анализе временных рядов подобной формы все чаще прибегают к методам фрактального анализа, отличительной особенностью которых, является возможность получить дополнительную информацию об исследуемом временном ряде, зачастую скрытую из-за доминирования шумовой составляющей [10, 11]

Для оценки фрактальных свойств высокочастотных вариаций  $D/D_0$  был рассчитан параметр Херста на основе метода DFA (рисунок 4). Как видно из рисунка, исходные данные распределяются на две группы, и могут быть аппроксимированы одной линейной зависимостью (красная штриховая), а несколькими (зеленые сплошные).

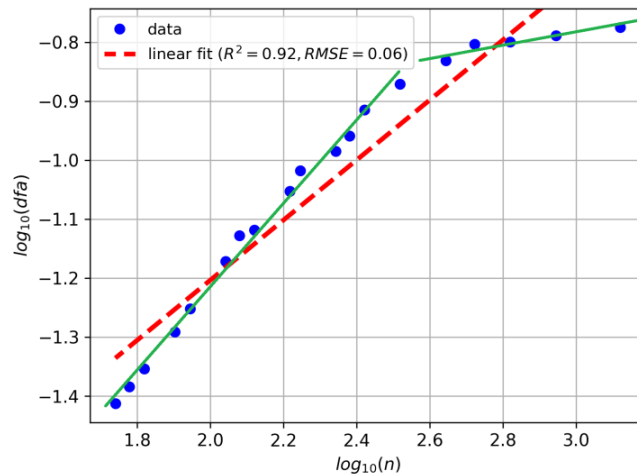


Рисунок 4 - К расчету параметра Херста вариаций D/D0 методом DFA: красная штриховая – линейная аппроксимация по всем данным, зеленые – аппроксимация отдельных участков

Полученный результат демонстрирует, что данный временной ряд не может быть описан единичным значением параметра Херста, или, иначе говоря, указывает на мультифрактальную природу сигнала.

Для выявления периодов вариаций параметра Херста был произведен расчет его значений в скользящем окне шириной в 600 отсчетов (рисунок 5).

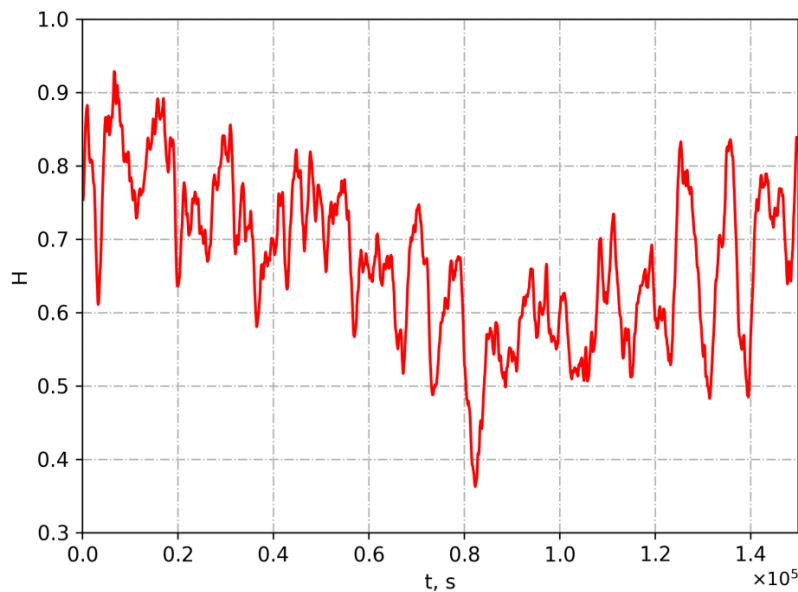


Рисунок 5 - Расчет параметра Херста вариаций D/D0 методом DFA в скользящем окне (600 отсчетов)

Как видно из рисунка динамика временных вариаций параметра Херста в скользящем окне демонстрирует медленный спад, минимум, а затем рост. При этом минимум ( $H \approx 0.36$ ) проявляется при  $\sim 53\%$  от предела прочности. Полученные результаты согласуются с данными приведенными авторами в работе [6] для образцов мрамора и гранита. При этом, смещение положения минимума может быть связано с особенностями структуры материала образца габбро и исходным распределением локальных дефектов.

**Выводы.** Временной ряд нормированного электросопротивления образца габбро демонстрирует наличие мультифрактального поведения. Расчет параметра Херста методом DFA в скользящем окне показал наличие характерного минимума, который может отражать момент перехода материала от стадии упрочнения к процессу разрушения. Указанные

особенности требуют дальнейшего подтверждения и анализа на большем наборе экспериментальных данных

### Литература

1. Гаврилов В.А., Богомолов Л.М., Закупин А.С. Сравнение результатов скважинных геоакустических измерений с данными лабораторных и натурных экспериментов по электромагнитному воздействию на горные породы // Физика Земли. 2011. № 11. С. 63–74.
2. Боровский Б.В., Богомолов Л.М., Закупин А.С., Мубассарова В.А. К вопросу о стимулировании акустической эмиссии образцов геоматериалов электромагнитными полями // Физика Земли. 2011. № 10. С. 71–81.
3. Bontea D.-M., Chung D.D.L., Lee G.C. Damage in carbon fiber-reinforced concrete, monitored by electrical resistance measurement // Cement and Concrete Research. 2000. Т. 30. № 4. С. 651–659.
4. Chen B., Liu J. Damage in carbon fiber-reinforced concrete, monitored by both electrical resistance measurement and acoustic emission analysis // Construction and Building Materials. 2008. Т. 22. № 11. С. 2196–2201.
5. Carpinteri A., Lacidogna G., Manuello A. Correlated Fracture Precursors in Rocks and Cement-Based Materials Under Stress. Acoustic, Electromagnetic, Neutron Emissions from Fracture and Earthquakes. Cham: Springer International Publishing, 2015. 264 p.
6. Сычев В.Н., Богомолов Л.М., Имашев С.А., Мубассарова В.А. Вариации электрических характеристик в процессе разрушения образцов горных пород // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2017. Т. 4. № 2. С. 163–168.
7. Rao M.V.M.S., Lakshmi K.J.P. Analysis of b-value and improved b-value of acoustic emissions accompanying rock fracture. Current Science. - 2005. - Vol. 89. - № 9. - P. 1577–1582.
8. Закупин А.С., Боровский Б.В. Пат. 2012148683/28 РФ. Рычажная установка для статических и динамических испытаний материалов в условиях одноосного сжатия. БИ. 2015. № 5.
9. Kantelhardt J.W., Koscielny-Bunde E., Rego H.H.A., Havlin S., Bunde A. Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. - 2001. - Vol. 295. - № 3-4. - С. 441–454.
10. Сычев В.Н., Имашев С.А. Оценка параметра Херста сейсмического сигнала // Геосистемы переходных зон. 2017. № 2. С. 50–61.
11. Любушин А.А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. М.: Наука. 2007. 227 с.

## К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГИХ КОНСТАНТ ПЕРИДОТИТА

Кулагина М.А.

kulagina\_m.a@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** Рассмотрены экспериментальные данные для перидотита, представленные в монографии К. Могі “Experimental rock mechanics”, изданной в 2007 году. Цилиндрические образцы породы были испытаны по схеме Т. Кармана: вначале создавалось гидростатическое давление до разного уровня напряжений, после чего увеличивалась осевая нагрузка при постоянном достигнутом боковом давлении. Проанализировано напряженно-деформированное состояние указанной породы на втором этапе сложного нагружения в пределах упругости. На каждой из шести реализованных траекторий нагружения определена такая точка, которая соответствует осевому напряжению при одном и том же виде напряженного состояния, т.е. выделена расчетная траектория пропорционального нагружения. Продемонстрировано, что соответствующее экспериментальное значение приращения осевой деформации (в пределах упругости) является линейной функцией от приращения осевого напряжения. Тем самым доказана применимость обобщенного закона Гука. В итоге определены модуль Юнга и коэффициент Пуассона и показано, что они (применительно и к горным породам) действительно являются упругими константами, а не переменными величинами, как это иногда трактуется.

**Ключевые слова:** деформация горных пород, упругие константы, закон Гука при сложном нагружении.

**Введение.** Горные породы на определенной глубине в массиве находятся под действием неравномерных объемных давлений. Такое состояние в лабораторных условиях моделируется неравномерным трехосным сжатием цилиндрических образцов горных пород. В результате таких испытаний образцов разнообразных пород определяются их механические свойства [1-4, 6], которые затем используются для решения прикладных задач при разработке полезных ископаемых.

Цель данной работы – определение упругих констант перидотита (Nabe-ishi Peridotite) на основе экспериментальных данных, представленных в монографии [1].

Одним из наиболее распространенных видов испытаний образцов горных пород является испытание по схеме Т. Кармана, когда вначале создается гидростатическое давление цилиндрического образца, а затем при постоянном боковом давлении увеличивается осевое давление. В этом случае сложного нагружения (по двузвенной ломанной в пространстве напряжений) обычно фиксируется только приращение осевой деформации, вызванное приращением осевой нагрузки (соответствующей второму звену траектории нагружения). Это обстоятельство приводит к затруднению при определении упругих свойств материала, характеризующихся обобщенным законом Гука, в частности, модуля упругости. В данном сообщении последовательно рассматривается методика определения не только модуля упругости Юнга, но и коэффициента Пуассона.

**Исходные данные.** При реализованном в [1] нагружении измерялось (на втором этапе нагружения) только приращение осевой деформации в зависимости от приращения осевого напряжения. Эта зависимость (в оригинале) представлена в виде графиков в реальном масштабе, что дало возможность перевести данные графики в цифровой формат в виде табличных значений перидотита (Nabe-ishi Peridotite).



На представленных в монографии [1] графиках отражены приращения осевой деформации при соответствующем приращении осевого напряжения при постоянном достигнутом равномерном боковом давлении после начального гидростатического давления образца до определенной величины.

Экспериментальные данные (рис. 1) отсканированы с оригинала [1]. Как было проверено автором эксперимента, в исходном состоянии эта горная порода представляет собой изотропный материал.

С помощью программы «Chart2Digit» была проведена оцифровка этих графиков, а полученный результат использован в виде табличных значений деформаций и напряжений.

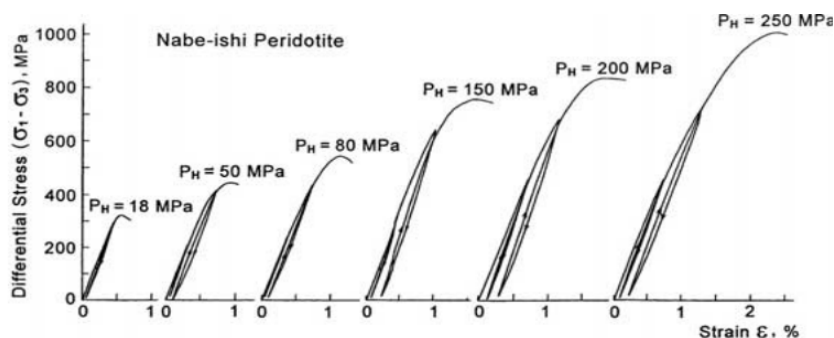


Рисунок 1 – Экспериментальные зависимости приращения напряжений - приращения деформаций для Nabe-ishi Peridotite

На рис. (1) приращение осевой деформации обозначено  $\varepsilon$ , а разность  $(\sigma_1 - \sigma_3)$  между максимальным и минимальным главными напряжениями фактически означает приращение осевого напряжения, поскольку после гидростатического давления (до уровня  $P_H$ , при  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ ) осевое напряжение  $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = const$  ( $\sigma_2 = \sigma_3$  – напряжение от бокового давления).

Определение упругих констант. Ранее в [5] был представлен метод определения упругих констант на примере исходных экспериментальных данных для диорита. Для проверки его применимости этот метод реализован в данном сообщении и для перидотита [1]. Для сравнения, определение упругих констант предлагается осуществлять еще следующим образом.

Показано [5], что в случае пропорционального нагружения согласно закону Гука для связи между приращениями напряжений и деформаций имеем:

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{\Delta\sigma_1}{E}[1 - 2c\nu] \quad (1)$$

где  $E$ - модуль Юнга,  $\nu$  – коэффициент Пуассона,  $c$  – параметр вида напряженного состояния ( $c = \sigma_2/\sigma_1$ ).

В рассматриваемом случае формулу (1) правомерно использовать, так как, согласно основному постулату теории упругости, траектория рассматриваемого сложного нагружения в конечной ее точке заменяется пропорциональным нагружением в эту точку.

На втором звене траектории нагружения выделим какое-либо одно и то же приращение напряжения  $\Delta\sigma_1$ , достигаемое при разных боковых давлениях.

Рассматривая зависимость  $\Delta\varepsilon_1(\Delta\sigma_1)$  при различных комбинациях двух значений бокового давления можно, как и по предыдущему методу [5], используя (1), вычислим константы  $E$  и  $\nu$ . Получено для перидотита  $E = 56490$  МПа,  $\nu = 0.21$ .

Проверим, на сколько лучше отражается общая картина деформирования при том или ином методе определения упругих констант. Для этого построим зависимость приращения объемной деформации  $\Delta\varepsilon$

$$\Delta\varepsilon = \frac{1}{3}(\Delta\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_2 + \Delta\varepsilon_3) \quad (\Delta\varepsilon_2 = \Delta\varepsilon_3) \quad (2)$$

от приращения среднего давления ( $\Delta\sigma$ )

$$\Delta\sigma = \frac{1}{3}\Delta\sigma_1(1+2c), \quad (c = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}, \sigma_2 = \sigma_3) \quad (3)$$

Приращение поперечной деформации представляется подобно формуле (2), т.е.

$$\Delta\varepsilon_2 = \frac{\Delta\sigma_1}{E}[c - \nu(1+c)] \quad (4)$$

Согласно (1)–(4), имеем

$$\Delta\varepsilon = \frac{1}{3} \frac{\Delta\sigma_1}{E} (1 - 2\nu)(1 + 2c) \quad (5)$$

Поскольку в эксперименте поперечная деформация не измерялась, то при сравнении теоретических и экспериментальных данных значения  $\Delta\varepsilon_2 = \Delta\varepsilon_3$  во всех случаях вычислялись по формуле (5). Сопоставление теоретической и соответствующей «полуэмпирической» зависимости  $\Delta\varepsilon(\Delta\sigma)$  представлено на рис. 2 (а,б). Как видно из этих рисунков, второй метод определения упругих констант предпочтительнее, поскольку в этом случае «полуэмпирическая» зависимость  $\Delta\varepsilon(\Delta\sigma)$  несколько лучше соответствует теоретической линейной связи между объемной деформацией и средним давлением.

Окончательный выбор того или иного метода определения упругих констант зависит от наличия экспериментальных данных при разных траекториях сложного нагружения.

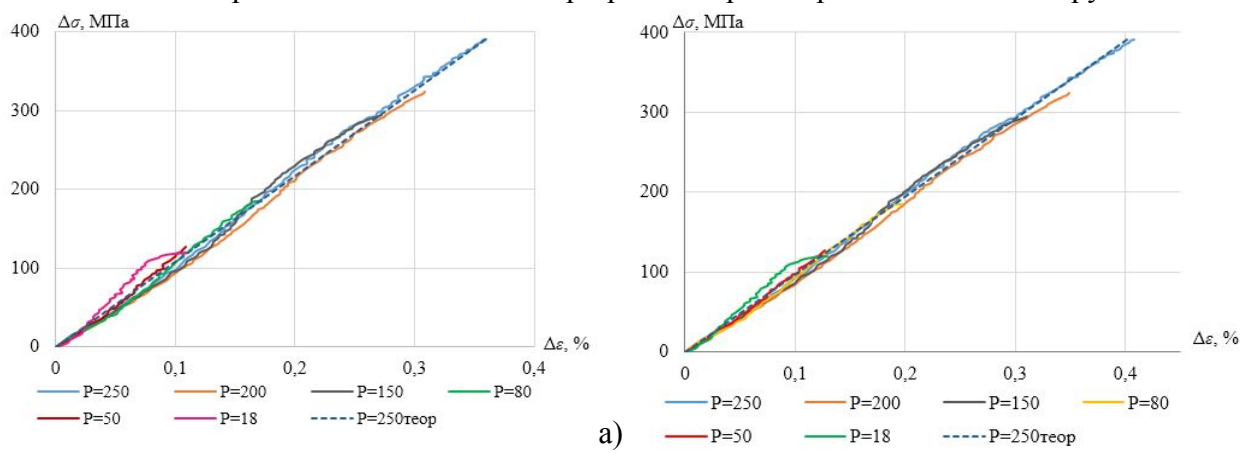


Рисунок 2 – Зависимость приращения объемной деформации  $\Delta\varepsilon$  от приращения среднего давления  $\Delta\sigma$  для перидотита: а) упругие константы определены по первому способу, представленному в [5], б) упругие константы определены по второму способу

**О трактовке упругого модуля.** В первоисточнике [1] используемых исходных экспериментальных данных, а также в некоторых других исследованиях [2-4] введен только один параметр, характеризующий приращение упругой деформации, а именно, утверждается, что

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_1^*}{E_f}, \quad (6)$$

где  $\sigma_1^*$  – осевое напряжение, достигнутое при гидростатическом давлении, а величина  $E_f$  считается модулем упругости.

Ранее [5] было показано, что модуль  $E_f$  является некоторой эмпирической функцией от вида и уровня напряженного состояния. Из сравнения (1) и (6) имеем:

$$E_f = \frac{E}{1 - 2\nu} \quad (7)$$

Сравнение значений  $E_f$  вычисляемых по формуле (7), с экспериментальными данными при фиксированных приращениях осевой деформации представлено на рис. 3

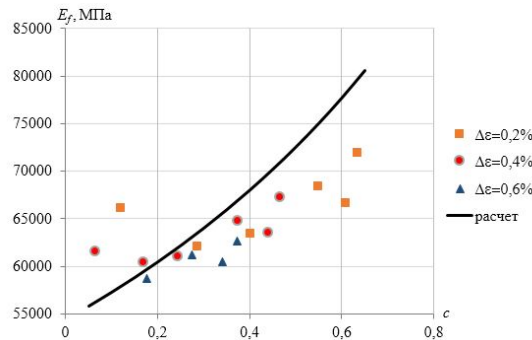


Рисунок 3 – Расчетные (сплошная линия) и экспериментальные (точки) значения фиктивного модуля упругости для перидотита

**Итоговое сопоставление расчетных и представленных в [1] экспериментальных диаграмм в пределах упругости.** Приращения осевой упругой деформации на втором звене рассматриваемой траектории сложного нагружения при разных боковых давлениях вычисляются по формуле (1). Результат сравнения расчетных диаграмм  $\Delta\varepsilon_1(\Delta\sigma_1)$  с экспериментальными данными представлен на рис.4; при этом использованы значения упругих констант, найденные по первому и второму способу их определения.

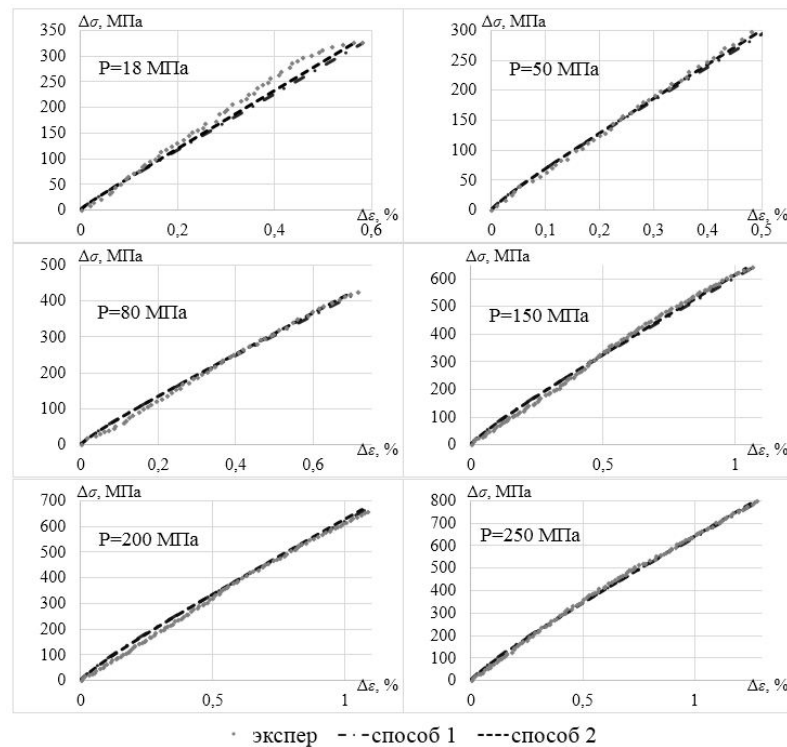


Рисунок 4 – Зависимости  $\Delta\varepsilon_1(\Delta\sigma_1)$  при различных боковых давлениях

**Заключение.** Таким образом, как при пропорциональном нагружении [6], так и при сложном нагружении упругая деформация горных пород (начально изотропных в исходном состоянии) характеризуется модулем Юнга и коэффициентом Пуассона как действительными константами материала. Как показало настоящее исследование, эмпирическая величина функции  $E_f(c)$  (трактуемая как переменный упругий модуль [1])

согласуется с полученными в данном исследовании расчетными ее значениями в пределах естественного разброса экспериментальных данных.

В этой связи, предлагаемое уточнение методики определения упругих констант при сложном нагружении необходимо как для практических расчетов в пределах упругости, так и для последующего правильного отображения [7] деформационного упрочнения горных пород.

#### Литература

1. Mogi K. Experimental rock mechanics. The Netherlands, Taylor & Francis. Balkema, 2007. 380 с.
2. Al-Shayea N.A. Effects of testing methods and conditions on the elastic properties of limestone rock // Engineering Geology. 2004. Vol. 74. Pp. 139–156.
3. Hao Xu, Wen Zhou, Runcheng Xie, et al. Characterization of Rock Mechanical Properties Using Lab Tests and Numerical Interpretation Model of Well Logs. Mathematical Problems in Engineering, vol. 2016, Article ID 5967159, 13 pages, 2016. doi:10.1155/2016/5967159
4. Стефанов Ю.П. Нелинейные эффекты поведения горных пород // Физическая мезомеханика. 2016. Т. 19. № 6. С. 54-61.
5. Рычков Б.А., Комарцов Н.М., Кулагина М.А., Резин П.М. Определение упругих констант диорита по экспериментальным данным трехосного сжатия цилиндрических образцов // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. VIII Междунар. конф. молодых ученых и студентов (г. Бишкек, 24-25 марта 2016 г.). Бишкек: НС РАН. 2016. С. 213-216.
6. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Пластичность горных пород. М.: Недра, 1979. 305 с.
7. Рычков Б.А. О деформационном упрочнении горных пород // Известия РАН. Механика твердого тела. 1999. № 2. С. 115-124.

## ДИНАМИКА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С ДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ

Кынатбекова Н.Н., Эликбаев К.Т.

nkn\_94kg@mail.ru

Институт машиноведения НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** В этой статье проводится кинетостатический анализ и определение требуемого момента инерции маховика для обеспечения заданной энергии удара, который является продолжением исследования рычажного механизма переменной структуры с динамической связью.

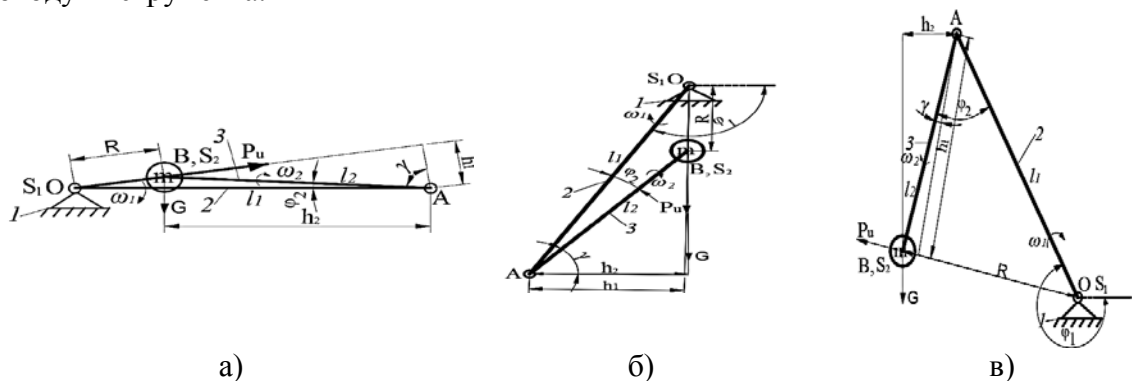
**Ключевые слова:** кривошип; шатун; боек; реакция; сила удара; время удара; сила инерции; уравнивающая сила; уравнивающий момент, угловая скорость; момент инерции; работа; кинетическая энергия.

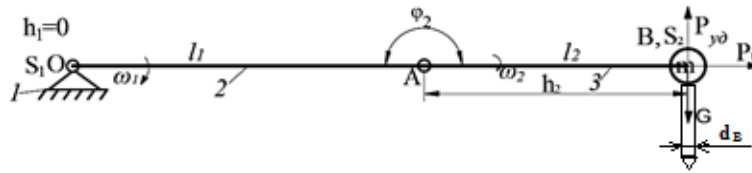
**Цель работы:** определение передаваемой силы и времени удара, определение реактивной силы на опорах механизма и уравнивающей силы, а также требуемого момента инерции маховика для обеспечения заданной энергии удара механизма переменной структуры с динамической связью.

Существуют различные ударные механизмы, имеющие традиционные структуры: в виде шарнирного четырехзвенника, кривошипно-коромыслового, кривошипно-вакуумного механизма с разгоняющейся массой ударника и др. [1].

Практика показывает, что в таких механизмах возникают реакции в кинематических парах, величина которых достигает высоких значений, которые приводят к разрушению подшипниковых узлов и самих звеньев. Для снижения этих реакций предлагается центробежный ударный механизм, схема которого приведена на рисунке 1, где особенностью является практическое отсутствие реактивных нагрузок на опоры либо они ничтожно малы [1, 2].

Принцип работы данного механизма заключается в следующем. При вращении кривошипа 2 со скоростью  $\omega_1$  ( $\omega_1 = \text{const}$ ), ударная масса  $m$  шатуна 3, сосредоточенная в ( $\cdot$ ) В, под действием инерционной силы  $P_u$ , вращаясь вокруг шарнира ( $\cdot$ ) А (рисунок 1 а, б, в), стремится к периферии вращения, и при достижении которого (рисунок 1 г) из-за действия инерционной силы и сил трения в шарнире А, происходит динамическое замыкание кривошипа и шатуна, и они представляют собой одно цельное звено, т.е. механизм меняет степень подвижности с  $W=2$  на  $W=1$  [3]. В этом положении происходит нанесение удара по волноводу инструмента.





г)

Рисунок 1 – Ударный механизм переменной структуры с динамической связью. 1 – стойка; 2 – кривошип (маховик); 3 – шатун; m – ударная масса (бойк)

В работе [3] было проведено исследование движения рассматриваемого механизма, где с помощью зависимости (10) были определены оптимальная частота вращения ротора и соотношение длин кривошипа и шатуна, позволяющие гарантированный выход ударной массы в предупредное положение (раскрытие шатуна) за один оборот кривошипа. Так наиболее оптимальным соотношением длин звеньев является  $l_2/l_1=0,67$ , а частота вращения  $n_1=750$  об/мин. В работе [2] был рассмотрен выход ударной массы в предупредное положение после полного отскока ударника (при  $\varphi_2=3^\circ$ ).

Здесь при исследовании кинестатики данного механизма рассмотрим случай неполного отскока ударника (рисунок 2), при  $\varphi_2=90^\circ$ .

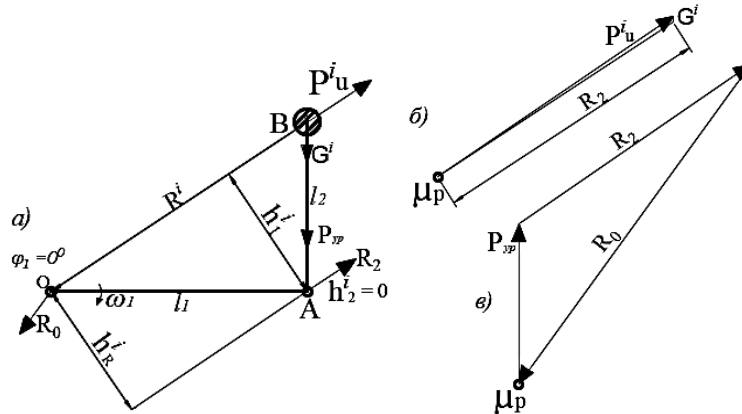


Рисунок 2 – Начальное положение механизма (а) и план сил (б), (в)

Тут предполагаются заданными: закон движения ведущего звена  $\omega_1 = \text{const}$  ( $c^{-1}$ ), энергия удара механизма  $A=50$  Дж, длины звеньев  $l_1, l_2$  (м).

До определения реактивных сил, найдем силу удара методом последовательных приближений [4].

Ударную массу  $m$  определим из зависимости энергии удара:  $m = \frac{2A}{V^2}; (кг)$  (1)

где  $V$  – предупредная линейная скорость бойка, которая равна:  $V = \omega_1 R = \omega_1 (l_1 + l_2); (м/с)$ , здесь  $R$  радиус-вектор объединяющий  $l_1$  и  $l_2$ .

Если допустить, что боек выполнен в виде жесткой призмы с размерами  $l_1 \times h_\delta \times h_\delta$  (мм), и со сферическим торцом  $r$  (мм). С нижней стороны призмы расположено ушко, имеющее также призматическую форму с размерами,  $a_\delta$  (мм),  $c_\delta$  (мм),  $d_\delta$  (мм) (см. рисунок 3).

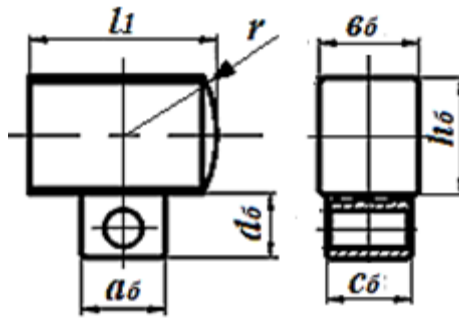


Рисунок 3 – Боёк

В свою очередь ударная масса состоит из массы бойка  $m_1$  и массы ушка  $m_2$ :  $m = m_1 + m_2$

где  $m_2 = a_6 \cdot c_6 \cdot d_6 \cdot \rho$ ; (кг), здесь  $\rho$  - плотность материала. Тогда масса бойка  $m_1 = m - m_2$ ; (кг).

Отсюда определяем длину бойка следующим образом:  $l_1 = \frac{m_1}{6\delta \cdot h_6 \cdot \rho}$ ; (мм)

(2)

Для построения расчетной модели ударной системы, инструмент представим в виде цилиндрического упругого волновода с диаметром  $d_6$  (мм) (см. рисунок 1). Допустим, что волновод имеет постоянное по длине поперечное сечение, который равняется:

$$F_2 = \frac{\pi \cdot d_6^2}{4}; (м^2) \quad (3)$$

Вычислим ударную жесткость волновода, принимая скорость распространения волны деформации в них равной  $a = 5150$  м/с,

$$C = \rho \cdot a \cdot F_2; (Нс / м) \quad (4)$$

При сферических ударных торцах контактная сила определяется формулой Герца [4]:

$$P_k = K\alpha^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

где  $\alpha = u_1 - u_2$  - сближение центра масс бойка с ударным торцом волновода;  $K$  – постоянный коэффициент, определяемый при контакте сферы и плоскости из одинакового материала как

$$K = \frac{2E}{3(1-\mu^2)} \sqrt{r}; (н / м^3) \quad (6)$$

где,  $E$  – модуль упругости материала;  $\mu$  - коэффициент Пуассона материала.

Проведем линейризацию функции (5) методом Бидермана, тогда зависимость контактной силы от сближения центра масс бойка и ударного торца волновода представляется в виде [4]:

$$P_k = c[u_1(t) - u_2(0, t)]$$

где  $c$  – приведенный коэффициент жесткости, который равен:

$$c = 1,25K^{\frac{2}{3}} \cdot P_m^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

здесь  $P_m$  - максимальная контактная сила, в свою очередь определяется с помощью следующей формулы:

$$P_m = -CV \cdot \frac{2h}{h-p} \left[ \frac{h+p}{h-p} \right]^{-0.5 \left[ 1 + \frac{h}{p} \right]} \quad (8)$$

где  $h = \frac{c}{2EF_2}$ ,  $k^2 = \frac{c}{ma^2}$ ;  $p = \sqrt{h^2 - k^2}$  - безразмерные коэффициенты (9)

Величина максимальной контактной силы  $P_m$  заранее не известна, поэтому коэффициент жесткости  $c$  находится методом последовательных приближений [4]. В начале, задается какое-то значение максимальной силы удара  $P_m$  и определяется коэффициент жесткости  $c$ . Затем, с учетом найденного значения  $c$ , по формулам (9) находятся коэффициенты  $h$ ,  $k^2$ ,  $p$ . После этого по формуле (8) уточняется величина приведенного коэффициента жесткости и т.д., до тех пор, пока расхождение между результатами предыдущего и последующего циклов расчета не станет меньше некоторой заданной величины, например 1 %.

Момент времени, когда усилия в волне максимальны, определяется следующим образом:

$$t_m = \frac{1}{2ap} \cdot \ln \left[ \frac{h+p}{h-p} \right]; (\text{мкс}) \quad (10)$$

Время удара:  $\tau = \frac{2m}{\rho a F_2}; (с) \quad (11)$

Все численные величины в табличной форме приведены ниже.

Теперь определяем реактивные силы на опоре О ( $R_0$ ), на точке А ( $R_2$ ) и уравнивающую силу для каждого положения механизма за один оборот кривошипа с помощью принципа Даламбера [6]. С помощью графоаналитического метода, после построения плана сил (рисунок 2 б), нахождения реакции  $R_2$  и уравнивающей силы  $P_{ур}$ , строим план сил для первого звена (рисунок 2 в), из которого найдем реакцию  $R_0$ . Далее построим график зависимости  $R_0(\varphi_1)$  и  $R_2(\varphi_1)$  (рисунок 4).

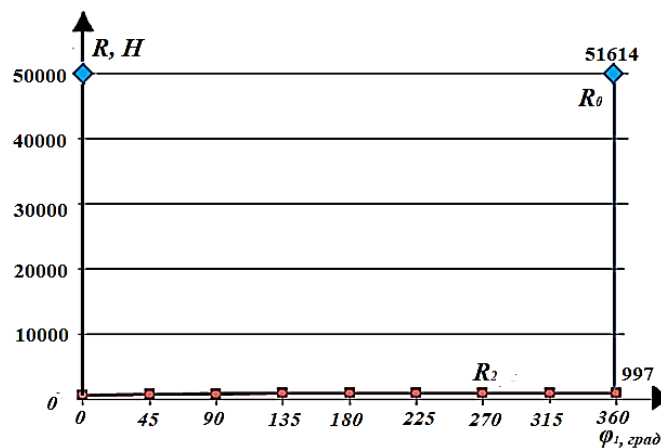


Рисунок 4 – График зависимости реактивных сил  $R_0$ ,  $R_2$  от угла поворота кривошипа  $\varphi_1$

После этого определяем уравнивающий момент, используя формулы:  $M_{ур} = l_1 \cdot P_{ур}; (Н \cdot м)$  и строим график зависимости  $P_{ур}(\varphi_1)$ ,  $M_{ур}(\varphi_1)$  (рисунок 5).

Из данной диаграммы видим, что только в момент соударения реактивные силы в шарнирах мгновенно многократно возрастают и тут же пропадают, что объясняется кратковременным действием момента передачи энергии от бояка волноводу.

Так например, если сила удара  $P_{yo} = m \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ ,

где  $V_1$  – предударная скорость бояка, а  $V_2$  - скорость отскока;  $t_1 = 0$  – время соударения,  $t_2 \rightarrow 0$  - время отскока.

Данное обстоятельство объясняет резкий скачок реактивных сил.



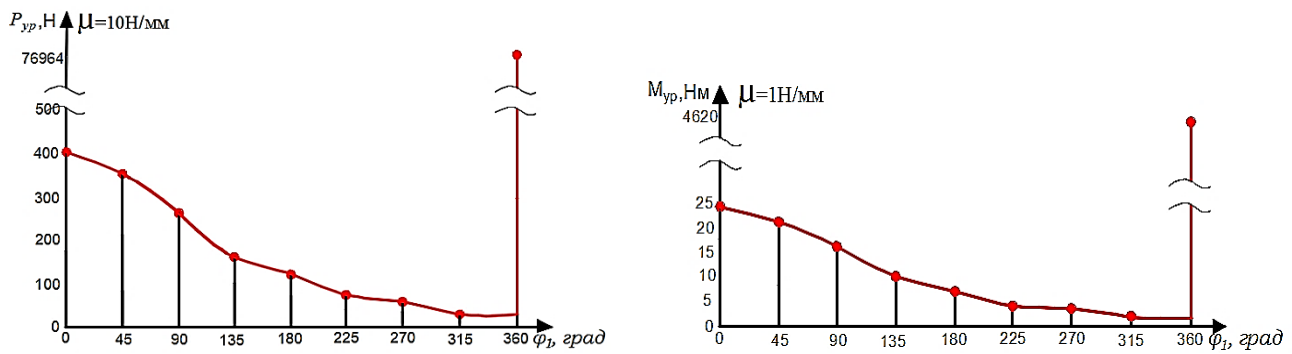


Рисунок 5 – График зависимости уравнивающей силы  $P_{уп}$  и уравнивающего момента  $M_{уп}$  от угла поворота кривошипа  $\varphi_1$

Основываясь, на выше написанных данных определяем момент инерции маховика, по которому в дальнейшем можно определить его массу и размеры.

При решении данной задачи проводится частичное кинестатическое исследование механизма методом планов сил, определяется уравнивающий момент механизма. Момент инерции маховика определяется методом профессора Виттенбауэра [5, 6].

Графически проинтегрировав график уравнивающего момента сил, построим график работ (работа движущийся сил  $A_d$  и работа сил сопротивления  $A_c$ ), а затем и график приращения кинетической энергии  $\Delta T$ , в зависимости от угла поворота кривошипа  $\varphi_1$  (рисунок 5) [5].

С помощью формулы (12) определяем приведенный момент инерции и построим график зависимости  $I_{np}(\varphi_1)$  в масштабе  $\mu_{I_{np}}$  ( $кг \cdot м^2 / мм$ ) (рисунок 6):

$$I_{np} \frac{\omega_1^2}{2} = I_1 \frac{\omega_1^2}{2} + I_2 \frac{(\omega_1^2 + \omega_2^2)}{2} \quad \text{или} \quad I_{np} = I_1 + I_2 \left( 1 + \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} \right) \quad (12)$$

где,  $I_1 = m_{кр} \frac{R_1^2}{4}$ ; ( $кг \cdot м^2$ ) – момент инерции кривошипа, здесь  $m_{кр}$  – масса кривошипа, (кг);

$R_1$  – радиус кривошипа, (м);  $I_2 = m \frac{R^2}{3}$  – момент инерции шатуна, здесь  $m$  – ударная масса,

$\omega_2$  – угловая скорость шатуна, которая определяется  $\omega_2 = \frac{d\varphi_2}{dt} = \frac{\Delta\varphi_2}{\Delta t}$ .

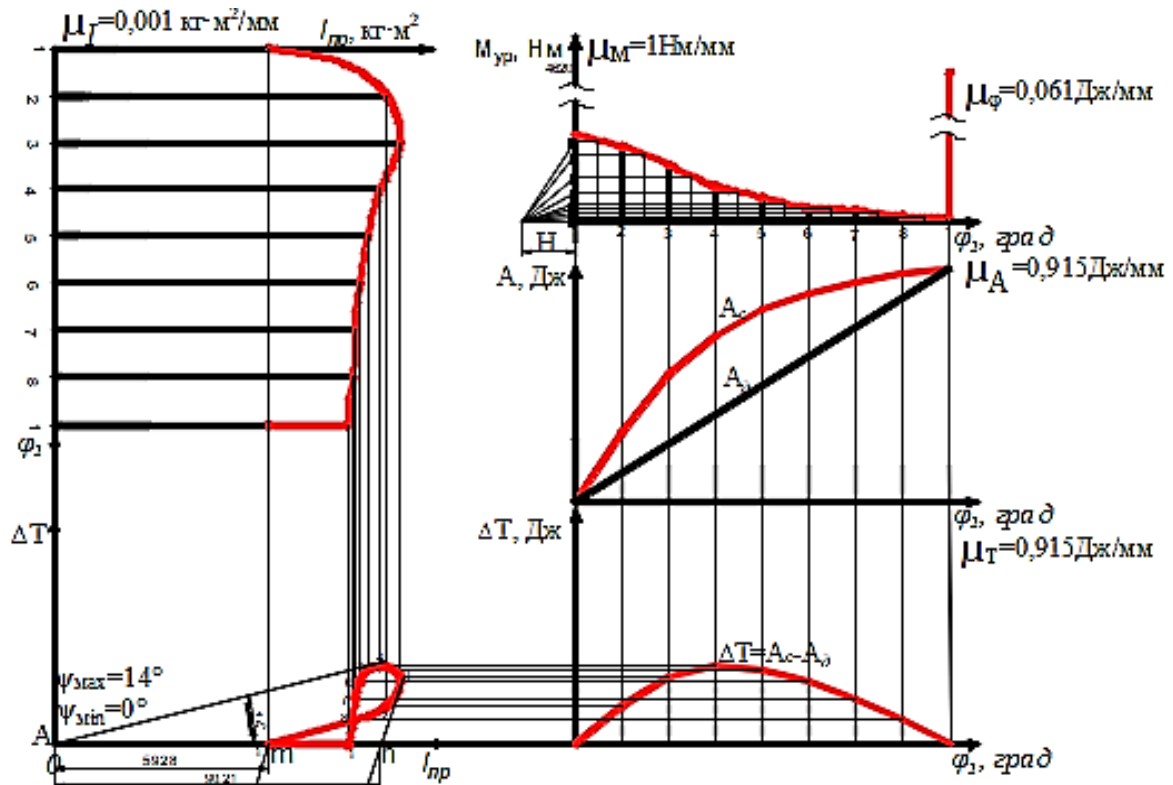


Рисунок 6 –Динамический синтез механизма переменной структуры с динамической связью

После этого, путем исключения параметра  $\varphi_1$ , построим график зависимости приращения кинетической энергии от приведенного момента инерции (петля Виттенбауэра) (рисунок 6). Истинного значение угловой скорости кривошипа  $\omega_{uc}$  определяем, следующим

образом построим график зависимости  $\omega_{uc}(\varphi_1)$  (рисунок 7): 
$$\omega_{uc} = \omega_1 + \sqrt{\frac{2\Delta T}{I_{пр}}} \quad (13)$$

Определяем момент инерции маховика следующим образом: 
$$I_{Max} = \frac{\Delta T_{max}}{\omega_{cp}^2 \cdot \delta}; (кг \cdot м^2) \quad (14)$$

где,  $\Delta T_{max}$  – максимальное значение изменения кинетической энергии, который получаем, измеряя из графика  $\Delta T(I_{пр})$  (рисунок 6), и ее, умножая на  $\mu_T$ ;

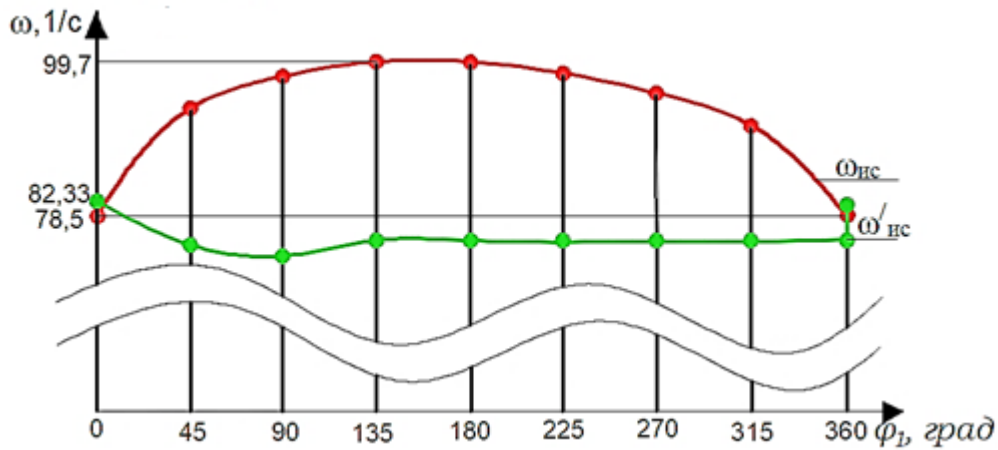
$\omega_{cp}$ – средняя угловая скорость, которая определяется  $\omega_{cp} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}; (с^{-1});$

$\delta$  – коэффициент неравномерности движения, который равен:  $\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{cp}}.$

Для определения углы наклона касательных к диаграмме Виттенбауэра, соединяем прямой линией начало координат  $\Delta T(I_{пр})$  и максимальные, минимальные точки в петлях Виттенбауэра и, измеряя угол наклона этих линий, получаем:  $tg \psi_{max}; tg \psi_{min}.$

Определяем маховой массы: 
$$m = \frac{4J_{Max}}{D^2}; (кг) \quad (15)$$

где  $D$  – диаметр кривошипа, (м).



$\omega_{ис}(\varphi_1)$  – изменение угловой скорости кривошипа при  $m = 2,936$  кг;

$\omega'_{ис}(\varphi_1)$  – изменение угловой скорости кривошипа при  $m = 17,21$  кг

Рисунок 6 – График зависимости угловой скорости  $\omega_{ис}$  от угла поворота кривошипа  $\varphi_1$

Из рисунка 6 видим, что расстояния между заданной и истинной значение угловой скорости немного больше, чтобы уменьшить их расстояние, добавим дополнительную массу маховика. Для этого уменьшаем коэффициент неравномерности  $\delta$ . После этого определим углы наклона касательных к диаграмме Виттенбауэра:

$$tg \psi_{\max} = \frac{\mu_I \omega_1^2 (1 + \delta)}{2\mu_T} \quad \text{и} \quad tg \psi_{\min} = \frac{\mu_I \omega_1^2 (1 - \delta)}{2\mu_T} \quad (16)$$

Проведём касательные и отметим точки их пересечения  $k, l$  с осью  $\Delta T$ . В нашем случае углы касательных получилось слишком большими и точки  $k, l$  оказались за пределами чертежа, то длину отрезка  $kl$  определяем через отрезки  $A_m$  и  $A_n$  (рисунок 6) по формуле [5]:

$$kl = A_n tg \psi_{\min} - A_m tg \psi_{\max}; (\text{мм}) \quad (17)$$

Через отрезок  $kl$  вычисляем момент инерции  $J_{\max}$  маховика:

$$I_{\max} = \frac{kl \cdot \mu_T}{\omega_{cp}^2 \cdot \delta}; (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \quad (18)$$

С помощью формулы (15) определяем массы маховика и после этого, с помощью формулы (19) определяем изменение угловой скорости кривошипа и построим график зависимости  $\omega'_{ис}(\varphi_1)$  (рисунок 6):

$$\omega'_{ис} = \sqrt{\frac{2\mu_T}{\mu_{I_{np}}} \cdot tg \psi_i} \quad (19)$$

где  $tg \psi_i$  – угол между отрезками  $O1 \dots$  (отрезок получен из соединения начало дополнительного координата  $\Delta T(I_{np})$  и из каждой точки в петлях Виттенбауэра и они располагались за пределами чертежа, поэтому их рисунки нет на этой статье) и оси  $I_{np}$ .

Оказывается, чем больше масса маховика, тем меньше неравномерность хода машин, и уменьшается истинное значение угловой скорости кривошипа  $\omega_{ис}$  от заданной угловой скорости кривошипа  $\omega_1$  (рисунок 6).

В таблице 1 приведены первоначальные данные рассматриваемого механизма.

Таблица 1 – Исходные данные

$A, Дж$	$\omega_1, 1/c$	$l_1, м$	$l_2, м$	$b_0, мм$	$h_0, мм$	$r, мм$	$a_0$	$c_0$	$d_0$
50	78,5	0,06	0,04	43	50	53	36	36	28

Таблица 2 - Результаты, полученные из формул (6), (7), (8) и (9)

$K, 10^{11} Н/м^3$	$P_m, кН$	$c, 10^8 Н/м$	$h, м^{-1}$	$k^2, м^{-2}$	$p, м^{-1}$	$P_m, кН$	%
0,3373	50	4,7155	3,7543	10,966	14,094	75,787	
	75,787	5,4167	4,312	12,6	2,4481	77,388	2,06
	77,388	5,4544	4,3426	12,6846	2,4846	77,386	0,0025

Максимальная сила удара составляют  $P_m = 77,386$  кН, так как процент погрешности составляет 0,0025% (таблица 2).

Таблица 3 - Результаты, полученные из формул (15), (16), (17) и (18).

$\tau, мкс$	при $\delta = 0,236$				при $\delta = 0,1$				
	$tg \psi_{max}$	$tg \psi_{min}$	$I_{max}, кЭ \cdot м^2$	$m_{max}, кЭ$	$tg \psi_{max}$	$tg \psi_{min}$	$kl, мм$	$I_{max}, кЭ \cdot м^2$	$m_{max}, кЭ$
256	$14^0$	$0^0$	0,01057	2,936	$74^0$	$71^0$	53,76	0,0619	17,21

**Вывод:** В работе были определены величины реактивных сил, сила удара и время взаимодействия бойка с волноводом. А также построены графики уравнивающего момента, работа движущихся сил, работа сил сопротивления, изменение кинетической энергии, приведенного момента инерции и угловой скорости кривошипа. А также определен требуемый момент инерции маховика для обеспечения заданной энергии удара механизма.

### Литература

1. Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Кынатбекова Н.Н. Механические ударные механизмы переменной структуры // Машиноведение. Бишкек. 2015. № 2. С. 3–11.
2. Техника и технология для приоритетных отраслей промышленности Кыргызской Республики. Отчет о НИР, разд. 7 / Институт машиноведения, Лаборатория КДК. Бишкек. 2016. С. 72.
3. Еремьянц В.Э. Расчет ударных процессов в машинах. Учеб. пособие. Ч. 3. Бишкек: КРСУ. 2002. С. 60.
4. Усубалиев Ж., Эликбаев К.Т., Кынатбекова Н.Н. Графоаналитический метод исследования ударного механизма переменной структуры с динамической связью Известия НАН КР. 2018. С. 3–11.
5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1967. 720 с.
6. Ермак В.Н., Курышкин Н.П. Теория механизмов и машин (курсовое проектирование). Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Кемерово. 2010. 194 с.

УДК 622.23

## ДИНАМИКА УДАРНОЙ СИСТЕМЫ С ТРАНСФОРМИРУЕМЫМ УДАРНЫМ ИМПУЛЬСОМ

Мелис кызы Назира

nazi.mel@mail.ru

Институт машиноведения НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Директор Института машиноведения НАН КР,*

*д.т.н. Султаналиев Б.С.*

**Аннотация.** Рассмотрена модель ударной системы для разрушения крепких горных пород с передачей удара через замкнутый объем жидкости. Проведен анализ влияния коэффициента жесткости камеры с жидкостью на усилия в этой камере, контакте инструмента с обрабатываемой средой и коэффициента использования энергии удара для разрушения горной породы.

**Ключевые слова:** поршень, камера с жидкостью, инструмент, горная порода, удар, трансформируемый ударный импульс, усилия, коэффициент использования энергии удара

Одним из актуальных направлений совершенствования гидравлических молотов для разрушения горных пород является повышение их энергии единичного удара. От этого показателя, а также от коэффициента передачи энергии удара в горную породу зависит производительность машины. Энергия удара определяется кинетической энергией поршня ударного механизма в начальный момент удара. Она зависит от массы поршня и скорости его движения в квадрате. Отсюда следует, что увеличивать энергию удара лучше за счет повышения скорости поршня, особенно если учесть, что увеличение массы поршня связано с увеличением его габаритов, а, следовательно, с увеличением габаритов и металлоемкости всей машины. Увеличение скорости поршня связано с повышением напряжений в поршне и инструменте, которые ограничены пределом прочности этих элементов. Это затрудняло решение проблемы увеличения энергии удара молотов без существенного увеличения их массы и габаритов.

В конце прошлого века фирма Джой (США) попыталась решить эту проблему путем размещения между поршнем и инструментом замкнутой камеры с жидкостью [1]. При этом энергия поршня передается инструменту через столб жидкости. Регулируя размеры этой камеры можно управлять амплитудой и длительностью ударного импульса, действующего на горную породу. Отсюда появилось название «ударная система с трансформируемым ударным импульсом».

Использование жидкостной камеры в молоте 514 НЕFTI фирмы Джой позволило в два раза увеличить допускаемую по условию прочности скорость удара и в четыре раза увеличить энергию удара молота без существенного увеличения его габаритов. Однако в последующем, судя по литературным источникам и проспектам фирмы, серийно этот молот не выпускался.

В 2013 г. к этой идее вернулись сотрудники Института машиноведения НАН КР, которые в статье [2] предложили создать молот с трансформируемым ударным импульсом на базе серийно выпускаемого в России гидравлического молота ГПМ. Но для реализации этой идеи потребовалось изучение динамических процессов, протекающих в ударной системе с передачей удара через замкнутый объем жидкости, с целью выявления основных закономерностей этих процессов. Предполагалось, что эти закономерности позволят

научно обоснованно подойти к проектированию конструкции молота и выбору его параметров.

Изучение динамических процессов в ударной системы с передачей удара через замкнутый объем жидкости было начато в Институте машиноведения НАН КР в середине 2017 года. В работе [1] была обоснована модель этой системы, в которой поршень и инструмент представлялись в виде твердых тел с массами  $m_1$  и  $m_2$  (рисунок 1, а), а жидкостная камера – в виде безинерционного упругого элемента с коэффициентом жесткости  $c_1$ , определяемым как:

$$c_1 = E_1 S_1 / l_1, \quad (1)$$

где  $E_1$  – модуль объемной упругости жидкости;  $S_1$ ,  $l_1$  – соответственно площадь поперечного сечения и длина жидкостной камеры.

Перемещение поршня описывалось координатой  $x_1$ , а инструмента –  $x_2$ .

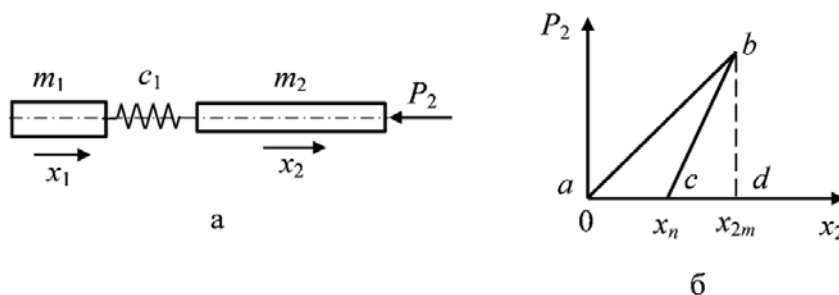


Рисунок 1 – Расчетная схема ударной системы (а) и зависимость сопротивления горной породы от величины внедрения инструмента (б)

В работе [3] эта модель была дополнена силой сопротивления горной породы. Для крепких горных пород характеристика этой силы имела вид, показанный на рисунке 1, б. [4] На этапе внедрения инструмента в породу она описывалась линейной функцией:

$$P_2 = c_2 x_2,$$

где  $P_2$  – усилие в контакте инструмента с породой;  $c_2$  – коэффициент жесткости контакта инструмента с породой, который зависит от свойств породы и геометрии инструмента.

При разрушении породы усилие сопротивления падает до нуля. Если за время действия ударного импульса порода не разрушилась, то происходит упругое восстановление контактных поверхностей по линии  $bc$  (рисунок 1, б) с остаточной деформацией породы  $x_n$ . В дальнейшем рассматривается решение только для первой ветви характеристики  $ab$ , когда усилие в контакте инструмента с породой достигает максимального значения.

С использованием этой модели в [3] получены следующие формулы, описывающие зависимости усилий в жидкостной камере  $P_1$  и в контакте инструмента с обрабатываемой породой  $P_2$  от времени,

$$P_1(t) = \frac{m_1 V_0}{(\lambda_2^2 - \lambda_1^2)} \left[ \lambda_1 \left( \lambda_2^2 - \frac{c_1}{m_1} \right) \sin \lambda_1 t + \lambda_2 \left( \frac{c_1}{m_1} - \lambda_1^2 \right) \sin \lambda_2 t \right]; \quad (2)$$

$$P_2(t) = \frac{c_2 m_1 V_0}{c_1 (\lambda_2^2 - \lambda_1^2)} \left( \frac{c_1}{m_1} - \lambda_1^2 \right) \left( \lambda_2^2 - \frac{c_1}{m_1} \right) \left[ \frac{1}{\lambda_1} \sin \lambda_1 t - \frac{1}{\lambda_2} \sin \lambda_2 t \right], \quad (3)$$

максимальные значения усилий в контакте инструмента с породой:

$$P_{2m} = \frac{km_1 V_0}{\lambda_2 - \lambda_1} \sin \left( \frac{2\pi \lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} \right), \quad (4)$$

и коэффициент передачи энергии удара в породу:

$$\eta = \frac{c_1}{m_2(\lambda_2 - \lambda_1)^2} \sin^2 \left( \frac{2\pi\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} \right), \quad (5)$$

где  $V_0$  – скорость поршня в начальный момент удара;  $\lambda_1, \lambda_2$  – собственные частоты колебаний системы:

$$\lambda_1 = \pm\sqrt{h - \sqrt{h^2 - k^2}}; \quad \lambda_2 = \pm\sqrt{h + \sqrt{h^2 - k^2}};$$

$$h = \frac{1}{2} \left( \frac{c_1}{m_1} + \frac{c_1}{m_2} + \frac{c_2}{m_2} \right); \quad k = \frac{c_1 c_2}{m_1 m_2}.$$

Решения (2) – (5) справедливы до момента времени  $\tau_1$ , пока в контакте поршня и инструмента с замкнутым объемом жидкости действуют сжимающие усилия. Появление растягивающих усилий означает, что удар закончился и для дальнейшего решения надо изменить граничные условия на ударных торцах поршня и инструмента, приняв, что эти торцы свободные. Движение элементов системы после удара в работе [3] не рассматривалось.

С использованием формул (2) – (5) в [3] найдены зависимости максимальных усилий в жидкостной камере  $P_{1m}$ , в контакте инструмента с породой  $P_{2m}$  и коэффициента передачи энергии удара в породу  $\eta$  от коэффициента жесткости контакта инструмента с породой  $c_2$ .

Данная работа является продолжением перечисленных работ. В её задачи входило установление зависимостей параметров  $P_{1m}$ ,  $P_{2m}$  и  $\eta$  от коэффициента жесткости жидкостной камеры  $c_1$ . Эта задача решалась, как и в работе [3], на примере ударной системы молота 514 НЕФТИ со следующими параметрами:  $m_1 = 43,03$  кг;  $m_2 = 70,35$  кг;  $E_1 = 1700$  МПа;  $V_0 = 10$  м/с. Коэффициент  $c_1$  варьировался от 50 до 250 МН/м, а коэффициент  $c_2$  от 100 до 1000 МН/м.

На рисунке 2, а в качестве примера представлены диаграммы зависимости усилий в жидкостной камере от времени, при коэффициенте жесткости контакта инструмента с породой 100 МН/м и различных коэффициентах жесткости жидкостной камеры  $c_1$ . На этом рисунке кривые 1–5 соответствуют коэффициенту жесткости  $c_1$ , равному соответственно 50, 100, 150, 200, 250 МН/м.

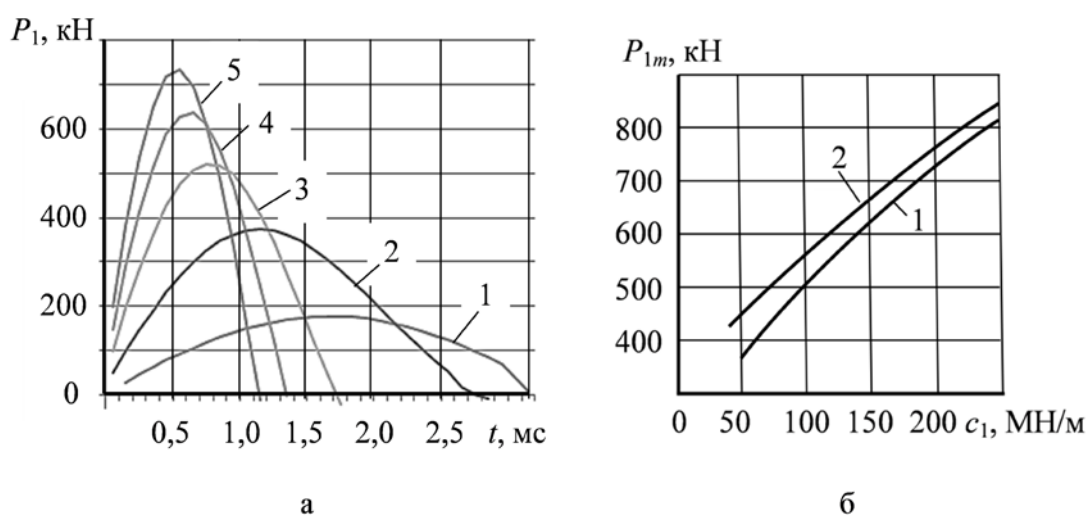


Рисунок 2 – Диаграммы зависимости усилия  $P_1$  от времени (а) и от коэффициента жесткости жидкостной камеры (б)

На рисунке 2, а видно, что с увеличением жесткости замкнутой камеры с жидкостью происходит возрастание амплитуды ударного импульса и уменьшение его длительности. Закономерность этого возрастания показана на рисунке 2, б, где кривая 1 соответствует коэффициенту жесткости породы 100 МН/м, а кривая 2 – коэффициенту жесткости 1000 МН/м.

Из этого рисунка следует, что с увеличением коэффициента жесткости  $c_1$  от 50 до 250 МН/м, т.е. в пять раз, максимальное усилие в ней возрастает в 1,9-2,4 раза, причем меньшие значения возрастания соответствуют более жесткой характеристике обрабатываемой среды.

С увеличением жесткости контакта инструмента с породой  $c_2$  в 10 раз максимальное значение силы  $P_{1m}$  изменяется от 4% при  $c_1 = 250$  МН/м до 20% при  $c_1 = 50$  МН/м. Отсюда можно сделать вывод, что при разрушении крепких горных пород жесткость контакта инструмента с породой не оказывает существенного влияния на максимальные усилия в жидкостной камере. Зависимость  $P_{1m}(c_1)$  практически одинакова для всех рассмотренных случаев. При этом все кривые лежат в узкой области (рисунок 2, б) ограниченной кривыми 1 и 2.

Определив силу в жидкостной камере, можно найти максимальное давление в ней  $p_m$  и напряжения в контактных сечениях поршня и инструмента  $\sigma_m$  по формуле:

$$p_m = \sigma_m = P_{1m} / S_1$$

На рисунке 3, а приведены диаграммы зависимости максимальной силы в контакте инструмента с породой (а) и коэффициента передачи энергии удара в породу (б) от коэффициента жесткости камеры с жидкостью  $c_1$ . Кривые 1–6 на этих рисунках соответствуют коэффициенту жесткости  $c_2$ , равному 100, 200, 400, 600, 800, 1000 МН/м.

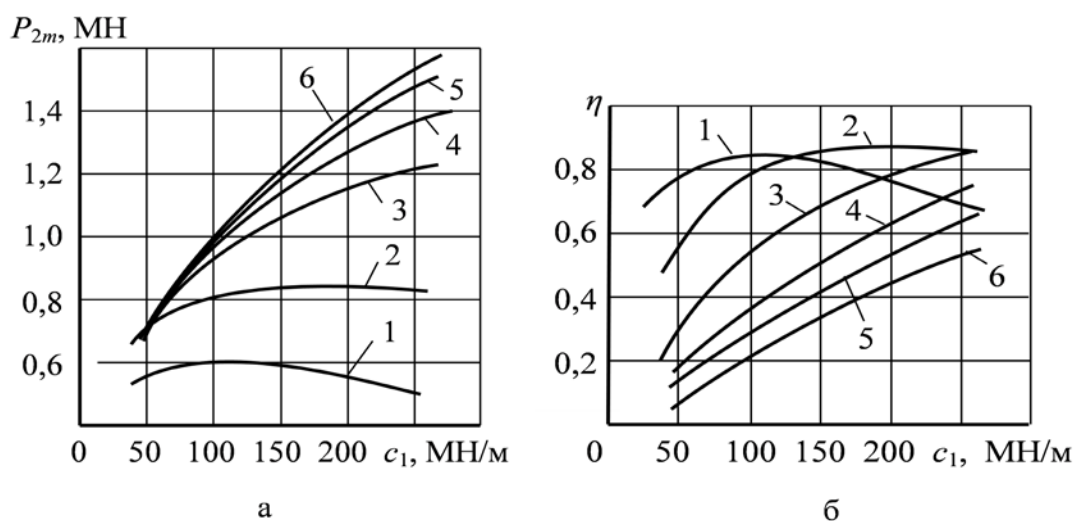


Рисунок 3 – Диаграммы зависимостей максимальной силы в контакте инструмента с породой (а) и коэффициента передачи энергии удара в породу (б) от жесткости камеры с жидкостью  $c_1$  для различных значений жесткости контакта инструмента с породой  $c_2$

Из этого рисунка видно, что при малой жесткости контакта инструмента с породой, изменяющейся в пределах 100–200 МН/м (кривые 1, 2), жесткость жидкостной камеры мало влияет на максимальные усилия в контакте инструмента с породой и коэффициент передачи энергии удара в породу. При больших коэффициентах жесткости  $c_2$ , это влияние становится существенным. Например, при  $c_2$  равном 1000 МН/м увеличение коэффициента  $c_1$  от 50 до 250 МН/м, т.е. в пять раз, приводит к возрастанию максимального усилия  $P_{2m}$  в 2,5 раз.



При значениях коэффициента  $c_2$ , изменяющихся в диапазоне 100–200 МН/м зависимость коэффициента передачи энергии от жесткости камеры имеет экстремальный характер (рисунок 3, б). Например, при жесткости контакта инструмента с породой 100 МН/м коэффициент передачи энергии удара в породу будет не менее 0,8, если размеры камеры подобраны по формуле (1) таким образом, чтобы коэффициент её жесткости лежал в диапазоне от 50 до 150 МН/м. При жесткости контакта инструмента с породой 200 МН/м такой же результат получается, если коэффициент жесткости камеры с жидкостью лежит в диапазоне от 100 до 300 МН/м.

При коэффициентах жесткости контакта инструмента с породой больших 400 МН/м коэффициент передачи энергии удара в породу тем больше, чем больше коэффициент жесткости жидкостной камеры.

Полученные результаты позволяют более обоснованно подходить к проектированию и выбору параметров ударной системы с трансформируемым ударным импульсом, учитывая свойства обрабатываемого объекта и возможности конструктора, учитывающего различные требования и ограничения.

### Литература

1. Еремьянц В.Э., Мелис кызы Назира. К выбору модели соударения стержней через замкнутый объем жидкости // *Journal of Advanced Research in Technical Science*. – North Charleston, USA: SR CMS, CreateSpace. 2017. Issue 6. P. 11–16.
2. Ураимов М., Султаналиев Б.С., Дыйканбаев А. Гидравлический молот с трансформируемым ударным импульсом // *Теория машин и рабочих процессов*. Бишкек: Ин-т машиноведения НАН КР. 2013. С. 178–181.
3. Еремьянц В.Э., Мелис кызы Назира. Модель ударной системы с жидкостной камерой для разрушения крепких горных пород // *Фундаментальные основы механики*. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Новокузнецк: НИЦ МС. 2017. № 2. С. 49–53.
4. Алимов О.Д. О взаимосвязи основных параметров машин ударного действия с усилием подачи // *Труды Николаевского кораблестроительного института*. Вып. 169. Николаев, 1980. С. 38–44.

## ДЕФОРМИРОВАНИЕ КВАЗИПЛАСТИЧНЫХ СОЛЯНЫХ ПОРОД ПРИ МНОГОСТУПЕНЧАТОМ ОБЪЕМНОМ НАГРУЖЕНИИ

Морозов И.А.

imorozov.work@yandex.ru

Горный институт Уральского отделения РАН, г. Пермь, Российская Федерация

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией Физических процессов освоения георесурсов,  
д.т.н., проф. Асанов В.А.*

**Аннотация.** Целью работы является разработка методики определения прочностных и деформационных характеристик соляных пород по результатам объемного многоступенчатого нагружения в лабораторных условиях, что позволяет существенно снизить объем породного материала, необходимого для определения значений показателей механических свойств. Проведены сопоставительные исследования одноступенчатых и многоступенчатых испытаний соляных образцов, что показало возможность применения многоступенчатого метода для исследования деформирования соляных пород в процессе объемного нагружения. Особое внимание необходимо уделять выбору точки переключения испытания на следующий этап нагружения.

**Ключевые слова:** соляные породы, объемное сжатие, напряжения, деформации.

Комплекс лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород включает в себя эксперименты по одноосному сжатию и растяжению, объемному нагружению и сдвигу, изгибу и т. д. Статистическая значимость полученных результатов определяется размерами представительных выборок по каждому типу испытаний, другими словами, количеством испытанных образцов. Ввиду ограниченности объема породного материала при исследовании физико-механических свойств образцов, отобранных при бурении геологоразведочных скважин, каждый вид испытаний должен быть максимально информативным. В работе рассматривается метод объемного многоступенчатого нагружения [1] как альтернатива стандартному эксперименту на объемное сжатие (ГОСТ 21153.8-88, ASTM D7012 и др.) для соляных пород. На сегодняшний день многоступенчатый метод вызывает большой интерес у целого ряда ученых [2-5], что объясняется существенным снижением необходимого объема породного материала, а также уменьшением дисперсии значений определяемых механических показателей.

Порядок проведения объемного многоступенчатого испытания:

- подготовленный образец помещается в камеру объемного сжатия;
- в режиме простого нагружения, по А.А. Ильюшину, увеличивается боковое давление ( $\sigma_2 = \sigma_3$ ) и осевая нагрузка ( $\sigma_1$ ) до необходимого уровня гидростатического давления первой ступени нагружения;
- дальнейшее нагружение выполняется по схеме Кармана ( $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ ) с постепенным увеличением осевой нагрузки ( $\sigma_1$ ) и поддержанием бокового давления ( $\sigma_2 = \sigma_3 = \text{const}$ );
- в заранее определенной точке эксперимент переключается на следующую ступень: боковое давление ( $\sigma_2 = \sigma_3$ ) увеличивается, а осевая нагрузка ( $\sigma_1$ ) сбрасывается до уровня, соответствующего величине гидростатического сжатия следующей ступени;
- шаги 3-4 повторяются необходимое количество раз.

Исследования выполнялись на призматических образцах (70 x 35 x 35 мм) сильвинита Верхнекамского калийного месторождений на универсальном испытательном комплексе «MTS 815». Всего было испытано более 40 образцов. Эксперименты выполнялись при

следующих уровнях бокового давления: 0,2 МПа, 2 МПа, 4 МПа, 8 МПа. Часть образцов была испытано в режиме стандартного (одноступенчатого) объемного нагружения, а другая часть – по многоступенчатой схеме.

По результатам экспериментов для каждого образца строилась полная диаграмма деформирования в координатах «осевое напряжение - относительная продольная деформация» (рисунок 1).

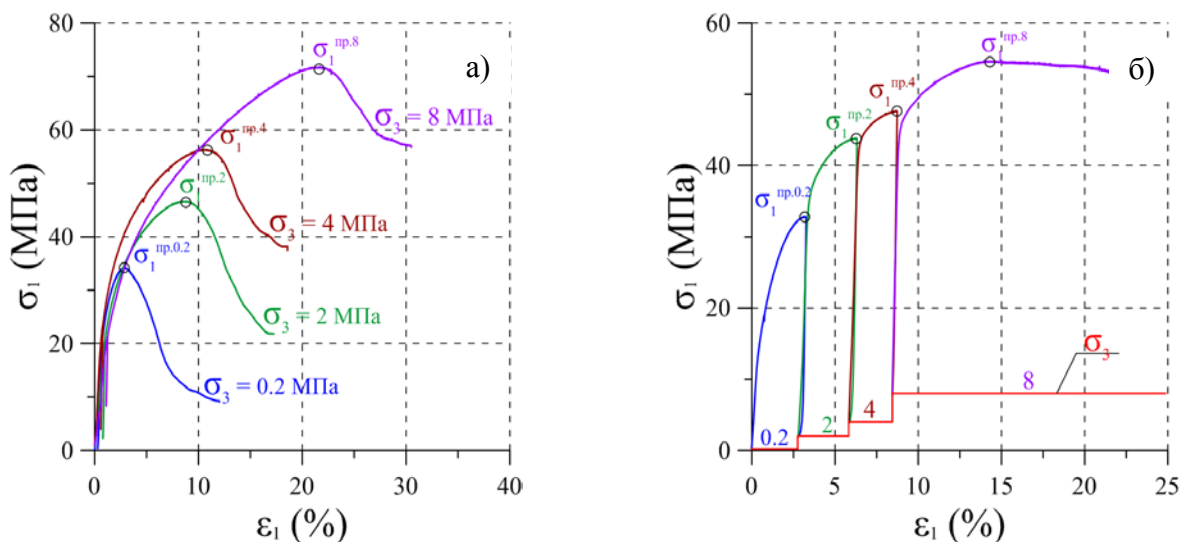


Рисунок 1 - Характерные диаграммы деформирования в координатах «осевое напряжение - относительная продольная деформация»: а) диаграммы, полученные по серии одноступенчатых испытаний; б) диаграмма, полученная по результатам многоступенчатого испытания

Для исследования влияния деформирования в процессе нагружения на упругие характеристики, часть экспериментов выполнялись с разгрузкой на различных этапах нагружения. По данным как многоступенчатых, так и одноступенчатых испытаний были построены паспорта прочности Кулона-Мора (рисунок 2).

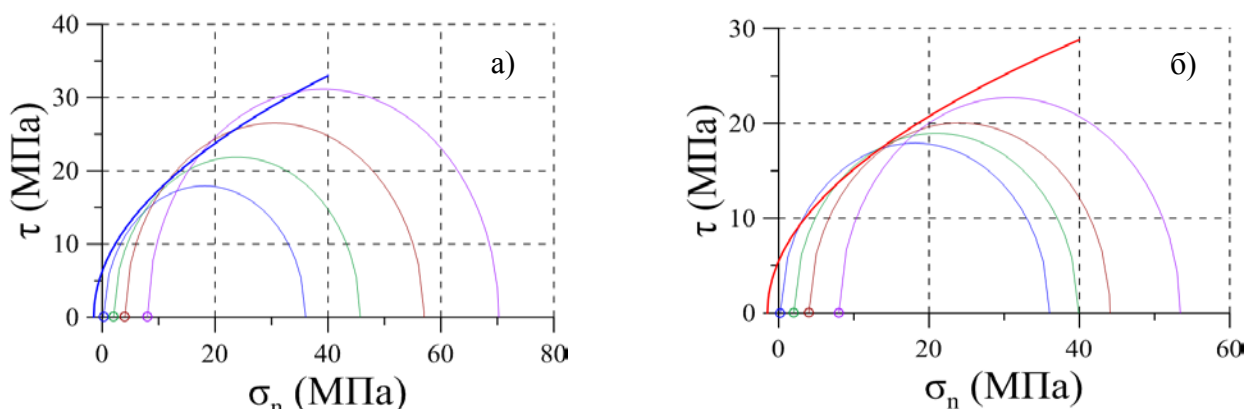


Рисунок 2 - Параболические огибающие паспортов прочности: а) для стандартного объемного нагружения; б) для многоступенчатого объемного нагружения

Анализ результатов проведенного исследования показал, что объемное многоступенчатое нагружение может давать заниженные значения прочностных характеристик, что объясняется закономерным увеличением поврежденности образцов на последующих стадиях многоступенчатого нагружения. Полученные результаты показывают, что относительное отклонение параболической огибающей, построенной по данным многоступенчатого нагружения, от огибающей, построенной по данным серии

одноступенчатых испытаний для соляных пород, не превышает 11 %. Для снижения степени недооцененности прочностных характеристик методом многоступенчатого объемного сжатия, необходимо более тщательно подходить к определению точки переключения на следующую ступень нагружения. В случае переключения на последующую ступень нагружения, не доводя образец до предельных значений, определение последних для соляных пород возможно путем экстраполяции имеющейся части диаграммы деформирования до предела прочности.

Проведенное экспериментальное исследование позволяет сделать вывод о возможности применения многоступенчатого метода для исследования процессов деформирования соляных пород в процессе объемного нагружения.

### **Литература**

1. Kovári, K., Tisa, A. Multiple Failure State and Strain Controlled Triaxial Tests // *Rock Mech Rock Eng.* – 1975. – Vol. 7, № 1. – pp. 17–33. doi: 10.1007/BF01239232.
2. Heejung Youn, Fulvio Tonon. Multi-stage triaxial test on brittle rock // *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences.* – 2010. – Vol. 47, № 4. – pp. 678-684. doi: 10.1016/j.ijrmms.2009.12.017.
3. Amann, F., Kaiser, P. & Button, E.A. Experimental Study of Brittle Behavior of Clay Shale in Rapid Triaxial Compression // *Rock Mech Rock Eng.* – 2012. – Vol. 45, № 1. – pp. 21-23. doi: 10.1007/s00603-011-0195-9.
4. Vergara, M.R., Kudella, P. & Triantafyllidis, T. Large Scale Tests on Jointed and Bedded Rocks Under Multi-Stage Triaxial Compression and Direct Shear // *Rock Mech Rock Eng.* – 2015. – Vol. 48, № 1. – pp. 75-92. doi: 10.1007/s00603-013-0541-1.
5. Villamor Lora, R., Ghazanfari, E. & Asanza Izquierdo, E. Geomechanical Characterization of Marcellus Shale // *Rock Mech Rock Eng.* – 2016. – Vol. 49, № 9. – pp. 3403-3424. doi: 10.1007/s00603-016-0955-7.

## ЗАДАЧА АВТОФРЕТИРОВАНИЯ ТОЛСТОСТЕННОЙ ТРУБЫ

Резин П.М.

rezinpm@gmail.com

Кыргызский Государственный Технический Университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Профессор кафедры механики Кыргызско-Российского Славянского университета,  
д.ф.-м.н. Рычков Б.А.*

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена задача упругопластического деформирования толстостенной трубы в случае идеальной пластичности с применением условия пластичности М.Я. Леонова и указано влияние этого условия на величину предельного давления, достигаемого при автофретировании.

**Ключевые слова:** задача Ламе, условие текучести, напряженно-деформированное состояние, толстостенная труба, пластическая деформация.

Постановка задачи заключается в нахождении значения предельного давления  $q_T$  при достижении материалом трубы полностью пластического состояния.

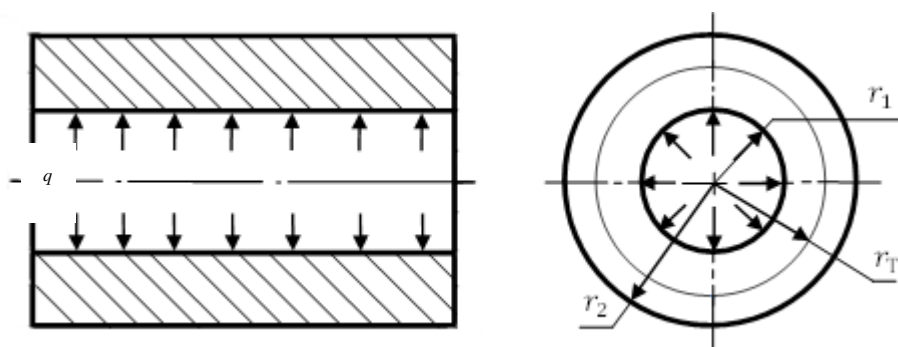


Рисунок 1 - Схема нагружения толстостенной трубы

Труба с закрытыми торцами нагружена внутренним давлением  $q$  (рисунок 1).

При увеличении давления, которым производится автофретирование толстостенной трубы, пластическая составляющая ее деформации простирается от внутренней до внешней поверхности рассматриваемой трубы. Для определенности рассматривается толстостенная труба, закрытая с обоих концов [1]. Также принимается, что поведение материала трубы за пределом упругости соответствует диаграмме идеальной пластичности [2].

Внутренний радиус трубы  $r_1$  обозначим через  $a$ , внешний  $r_2$  - через  $b$ , границу пластической зоны  $r_T$  -  $r$ . Для этой границы известно [2] решение для определения главных напряжений в случае только упругой деформации:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{qa^2}{b^2 - a^2} \left(1 - \frac{b^2}{r^2}\right) \\ \sigma_\varphi &= \frac{qa^2}{b^2 - a^2} \left(1 + \frac{b^2}{r^2}\right) \\ \sigma_z &= \frac{qa^2}{b^2 - a^2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $\sigma_r$  - радиальное,  $\sigma_\varphi$  - окружное,  $\sigma_z$  - осевое напряжения.

Пластическая деформация возникает на внутренней поверхности, т.е. при  $r = a$  в соответствии с (1) имеем:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= -q \\ \sigma_\varphi &= q \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} \\ \sigma_z &= q \frac{a^2}{b^2 - a^2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Отсюда вытекает, что

$$\sigma_\varphi > \sigma_z > \sigma_r \quad (3)$$

и  $\sigma_z$  всегда (в рамках данной задачи) является средним главным напряжением.

В соответствии с различными критериями текучести условием возникновения пластичности является:

- 1) Критерий Треска:  $q = \sigma_\varphi \frac{b^2 - a^2}{2b^2}$
- 2) Критерий Мизеса  $q = \sigma_T \frac{b^2 - a^2}{\sqrt{3}b^2}$
- 3) Критерий М.Я.Леонова  $q = \sigma_T \frac{b^2 - a^2}{kb^2}$  .

$$(4)$$

где  $k = 1,81$  [3],  $\sigma_T$  – предел текучести при растяжении.

Установлено [4], что критерий М.Я.Леонова наиболее приближен к описанию поведения реальных конструкционных материалов.

Согласно соотношению между главными напряжениями (2) в трубе с закрытыми торцами осуществляется плоское деформированное состояние, т.е. осевая деформация  $\varepsilon_z = 0$

Тогда условие пластичности принимает вид:

$$\sigma_\varphi - \sigma_r = \frac{2}{k} \sigma_T \quad (5)$$

где

$$k = \begin{cases} 2 \\ \sqrt{3} \\ 1,81 \end{cases} \quad (6)$$

Значения  $k$  приведены последовательно для критерия Треска-Сен-Венана, Губера-Мизеса и М.Я.Леонова.

При увеличении давления в трубе образуются две области: внутренняя и внешняя, упругая. Для оценки прочности материала трубы обычно используется предельное значение давления, т.е. давление при котором весь материал приходит в пластическое состояние

Используем решение данной задачи [2] для трубы, полностью перешедшей в пластическое состояние.

Для случая несжимаемого материала значения напряжений примут вид:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= -q_T + \frac{2}{k} \sigma_T \ln \frac{r}{a}, \\ \sigma_\varphi &= -q_T + \frac{2}{k} \sigma_T (1 + \ln \frac{r}{a}), \\ \sigma_z &= -q_T + \frac{2}{k} \sigma_T (\frac{1}{2} + \ln \frac{r}{a}). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Здесь предельное давление принимает значение:

$$q_T = \frac{2}{k} \sigma_T \ln \frac{b}{a} \quad (8)$$

При оценке критического значения давления в процессе автофретирования обычно ориентируются на теорию Мизеса, согласно которой  $k = \sqrt{3}$  в (8), однако для реальных конструкционных материалов в условиях текучести (6) и соответственно в (8) для  $q_T$  следует принимать  $k = 1,81$  в соответствии с критерием М.Я.Леонова [2]. В этом случае предельное значение давления  $q_T$  имеет наиболее приближенное к действительности значение, нежели чем при использовании критериев Треска-Сен-Венана и Губера-Мизеса. Получим, что по критерию М.Я.Леонова предельное значение давления на 5% меньше, чем по критерию Мизеса. Это имеет существенное практическое значение, о чем непосредственно упоминается в [5].

### Литература

1. Резин П.М. О критерии пластичности при расчете толстостенных труб // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов IX Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек: НС РАН. 2017. С. 307-311.
2. Работнов Ю.Н. Сопротивление материалов. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит. 1962. 456 с.
3. Леонов М.Я. Прочность и устойчивость механических систем: Актуальные задачи нелинейной механики. Фрунзе: Илим. 1987. 279 с.
4. Комарцов Н.М., Рычков Б.А. Концепция скольжения и механика пластической деформации. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 176 с.
5. Hill, R. (Rodney). The mathematical theory of plasticity. Oxford: Clarendon Press; New York: Oxford University Press. 1998. 355 p.



## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЗАГРУЖАЕМЫХ КУСКОВ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДРОБИЛКИ С ЦИКЛОИДАЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВАЛКОВ

Салманова А. Н.  
alinak096@mail.ru

Казахская автомобильно-дорожная академия им. Л.Б. Гончарова,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### **Научный руководитель:**

*заведующий кафедрой Транспортная техника и организация перевозок,  
д.т.н., академик НАН МТ РК Рабат О.Ж.*

**Аннотация.** В работе дана методика расчёта предельных размеров загружаемых кусков каменных материалов для дробилки с циклоидальным движением валков.

**Ключевые слова:** дробилка, скорость, вал, материал, циклоида.

Существующие валковые дробилки измельчают камень небольших размеров, поэтому их используют для вторичного дробления материала. Камень измельчается между двумя параллельными валками, вращающимися вокруг горизонтальных осей навстречу друг другу. Рабочая поверхность валков бывает гладкая, ребристая и зубчатая. Чаще всего применяют валки с ребристой поверхностью, поскольку в этом случае помимо раздавливания происходит срезание дробимого материала. Затягивание дробимого материала между валками зависит от соотношения валков, размера кусков, ширины щели между валками и коэффициента трения между камнем и поверхностью валков [1].

Производительность валковых дробилок зависит от ширины и длины щели между валками. С увеличением щели производительность дробилок увеличивается. Размеры загружаемых в валковую дробилку кусков не должны превышать 60-80 мм.

Диаметры валков составляют 400-1000 мм. Длина их для крупных дробилок равна 0,5-0,6 диаметра валка, а для малых дробилок - 0,7-1,0 диаметра валка. Частота вращения валков не превышает 230-300 об/мин.

Принимая во внимание, что дробилка с циклоидальным движением валков не имеет аналогов в мировой практике, ниже приводится методика расчета основных технологических параметров дробилки с циклоидальным движением валков [2].

Угол захвата в валковых дробилках - это угол между двумя касательными к поверхности валков в точках их соприкосновения с наибольшим куском дробимого материала, еще удерживаемого между валками силами трения.

На кусок дробимого материала, имеющего форму шара, масса которого не учитывается, действуют нормальные силы  $P$  от поверхности обоих валков и силы трения, равные  $fP$ , где  $f$  - коэффициент трения материала о валок (рисунок 1).

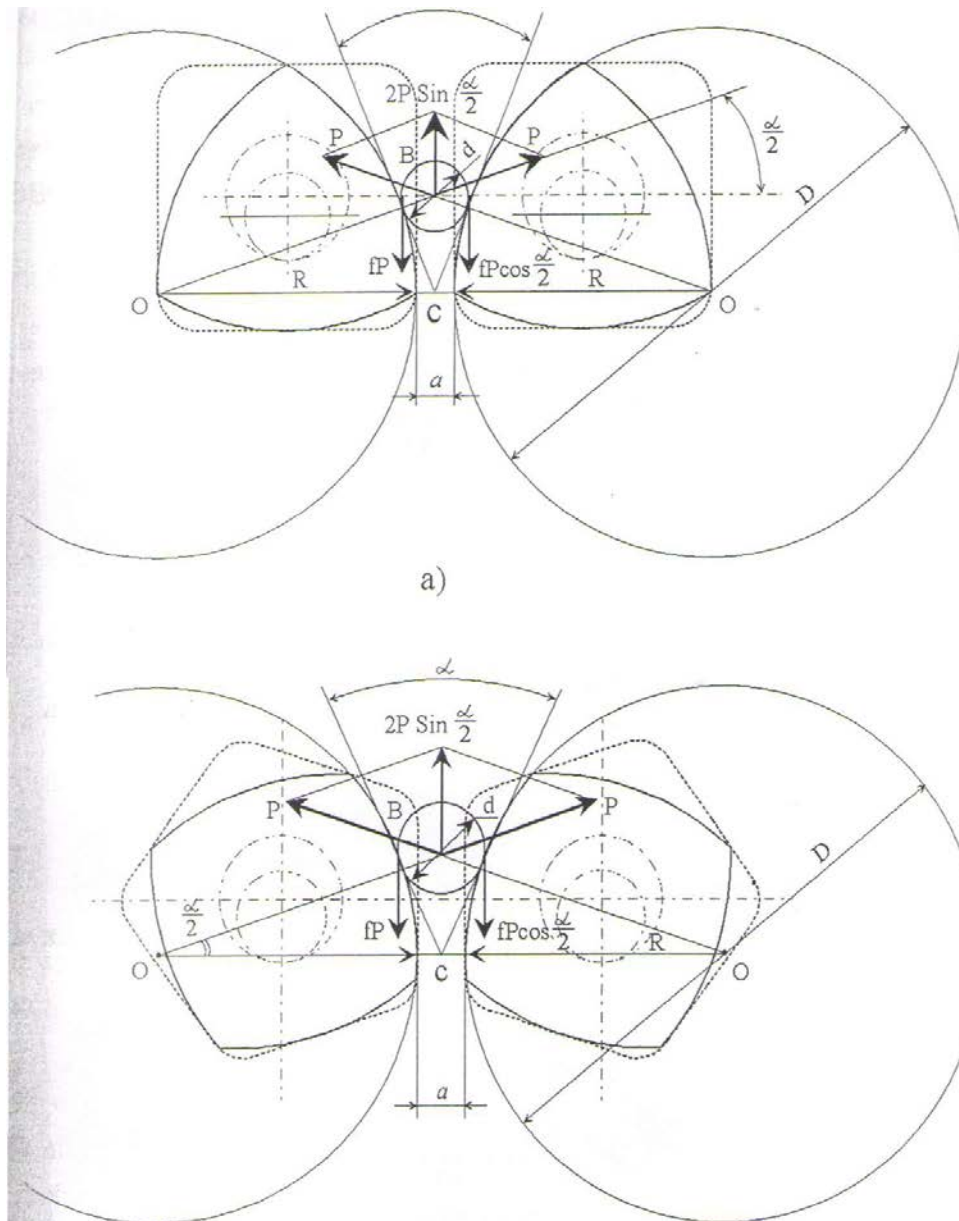


Рисунок 1 - Схема к определению угла захвата валков  
 а) валки с треугольным поперечным сечением ( $z = 3$ );  
 б) валки с квадратным поперечным сечением ( $z = 4$ ).

Кусок затягивается валками, если  $2pf \cos \alpha/2 > 2p \sin \alpha/2$  или  $f \geq \operatorname{tg} \alpha/2$ . Но  $f \geq \operatorname{tg} \varphi$ , где  $\varphi$  - угол трения, значит  $\alpha/2 < \varphi$ . Следовательно угол захвата дробилки с многогранными валками также как и в обычных валковых дробилках не должен превышать двойного угла трения, т.е.  $\alpha \leq 2\varphi$ .

Соотношение размера  $d$  куска, захватываемого валками, и габаритного размера  $R$  валка, можно определить из условия, что при известных  $R$ , диаметре  $d$  и ширине  $a$  выходной щели имеет место равенство (из треугольника  $OBC$  см. рисунок 1)

$$R + \frac{a}{2} = \left(R + \frac{d}{2}\right) \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

или

(1)

При делении правой и левой части на  $d$  получаем:

Так как степень измельчения в валковых дробилках в среднем равна 4, то  $a/d=0,25$ . Следовательно

$$\frac{R}{d} = \frac{1}{2} * \frac{\cos \frac{\alpha}{2} - 0.25}{(1 - \cos \frac{\alpha}{2})} \quad (2)$$

Для большинства скальных пород коэффициент трения  $f = 0,3$ , следовательно, угол трения  $\varphi \approx 17^\circ$ , а отношение  $R/d \approx 10$ , то есть

$$R = 10 d \quad (3)$$

Для обычных валковых дробилок с цилиндрическими гладкими валками отношение  $D/d \approx 20$ , а  $D \approx 20d$  /. Таким образом, габаритный размер  $R$  поперечного сечения многогранного валка при прочих равных условиях дробления, в два раза меньше размера поперечного сечения эквивалентного по захватывающей способности цилиндрического валка с диаметром  $D$ , т.е.  $R \approx D/2$ .

Аналогично рассуждая и используя рекомендации [3] можно прийти к заключению, что для дробилок с многогранными рифлеными валками, совершающими циклоидальное движение, имеет место соотношение

$$R = (5 \div 6)d \quad (4)$$

т.е. размеры рифленых валков примерно в 2 раза меньше гладких, при прочих равных условиях.

Угол внешнего трения битумосодержащих пород (БСП) по стали изменяется в широких пределах в зависимости от содержания битума и температуры [4]. В связи с этим и захватывающая способность валков при измельчении БСП с различной температурой и содержанием битума будет различной, кроме того, одни и те же валки будут иметь различную захватывающую способность при дроблении каменных материалов и БСП.

Рассмотрим как соотносятся размеры кусков каменных материалов и БСП при дроблении многогранными рифлеными валками, совершающими циклоидальное движение.

Задавшись максимальным размером каменного материала  $d = 100$  мм по формуле (4) получим

$$R = 5 \cdot 100 = 500 \text{ мм.}$$

Тогда при степени измельчения  $i = 4$  ширина разгрузочной щели

$$a = d/i = 100/4 = 25 \text{ мм.}$$

Примем содержание битума в БСП равным 20 %, а диапазон изменения температуры от  $0^\circ \text{C}$  до  $40^\circ \text{C}$ . Угол внешнего трения БСП при температуре  $У \text{ C}$  составляет  $28,6^\circ$ , а при температуре  $40^\circ \text{C}$  он равен  $20,5^\circ$ . Этим значениям угла трения соответствуют коэффициенты трения 0,55 и 0,37. Видно, что коэффициент трения у БСП при  $0^\circ \text{C}$  выше, чем у БСП при температуре  $40^\circ$ . Значит захватывающая способность у валков при измельчении БСП с температурой  $0^\circ \text{C}$  выше, чем при измельчении БСП с температурой  $-0' \text{C}$ . Поэтому

рассмотрим чему равен максимальный диаметр куска БСП с температурой  $40^{\circ} \text{C}$ , захватываемый валками при угле захвата  $\alpha = 40^{\circ}$  и степени измельчения  $i = 4$ .

Для гладких валков имеет место соотношение

$$R = \frac{\cos \frac{\alpha}{2} - 0.25}{2 * (1 - 0.94)} * d_1 \quad (5)$$

где  $d_1$  - максимальный размер куска БСП.

Или

$$R = \frac{0.94 - 0.25}{2 * (1 - 0.94)} * d_1 \approx 5.8 * d_1$$

Тогда для рифленых валков можно принять

$$R = 2.6 * d_1$$

Откуда  $d_1 = 500 / 2.6 \approx 192 \text{ мм}$ .

При таком значении  $d_1$  и ширине разгрузочной щели  $a = 25 \text{ мм}$  степень измельчения будет равна  $i = 192 / 25 = 7.7$ , т.е. выше, чем она принималась при расчете  $d_1$ .

При степени измельчения  $i = 7.7$  и  $d_1 = 192 \text{ мм}$  ширина разгрузочной щели должна быть  $a = 192 / 7.7 \approx 25 \text{ мм}$ , т.е. в данном случае она совпадает с принятой шириной для щели для каменных материалов при степени измельчения  $i = 4$ .

Используя метод последовательных приближений [5], найдем по (5) для гладких валков уточненное значение  $d_1$  при степени измельчения  $i = 7.7$

$$R = \frac{0.94 - 0.13}{2 * (1 - 0.94)} * d_1 \approx 6.4 * d_1$$

Тогда для рифленых валков

$$R = 3.4 d_1$$

Откуда  $d_1 = 500 / 3.4 = 147 \text{ мм}$ .

При уточненном значении  $d_1$  степень измельчения  $i = 147 / 25 = 5.8$ .

Сделаем еще шаг приближения при новом значении степени измельчения.

По формуле (5) для гладких валков

$$R = \frac{0.94 - 0.17}{2 * (1 - 0.94)} * d_1 \approx 6.4 * d_1$$

Для рифленых валков

$$R = 3.2 d_1$$

Тогда  $d_1 = 500 / 3.2 = 153 \text{ мм}$ .

Степень измельчения  $i = 153 / 25 = 6.1$ .

При следующем шаге приближения по формуле

$$R = \frac{0.94 - 0.16}{2 * (1 - 0.94)} * d_1 \approx 6.5 * d_1$$

Для рифленых валков

$$R = 3,25 d_1$$

Откуда  $d_1 = 500/3,25 = 153$  мм.

Таким образом, максимальные размеры кусков каменных материалов и БСП при содержании битума 20 % и температуре 40° С, которые еще будут захватываться рифлеными валками с габаритным размером  $R = 500$  мм и шириной разгрузочной щели 25 мм, соответственно равны 100 и 150 мм.

Таким образом, данная методика позволяет решить две практически важные задачи: рассчитать предельные размеры загружаемых кусков каменных материалов для конкретной валковой дробилки или найти размеры поперечного сечения валков, если известно, какого размера куски материала придется на ней дробить.

### Литература

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземник Ю.А. Дробилки. Конструкция расчёт и особенности эксплуатации. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
2. Недорезов И.А., Кабашев Р.А. Машины строительного производства и их рабочие среды взаимодействия. М.-Алматы: Бастау. 2013. 444 с.
3. Ли С.В., Рабат О.Ж., Салманова А.Н. Дробильная машина со сложным движением рабочих органов // Zhanstvena misel journal. 2017. Т. 1. № 13. С. 52-57.
4. Z. Wang, H. Yu, D. Tang, and J. Li. Study on rigid-body guidance synthesis of planar linkage // Mechanism and Machine Theory. 2002, vol. 37, no. 7, pp. 673–684.
5. R.-C. Soong and S.-L. Wu. Design of variable coupler curve four-bar mechanisms // Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, 2009, vol. 30, no. 3, pp. 249–257.

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ КАВЕРНОМЕТРИИ В БУРОВЫХ СКВАЖИНАХ

Сатибекова С.Б.

s.satibekova@bk.ru

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### **Научный руководитель:**

*заведующий кафедрой Общая геология, минералогия и петрография Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева, д.г.-м.н., проф. А.Б. Байбатша*

**Аннотация.** В статье приводятся результаты изучения разреза разведочных скважин методом кавернометрии в комплексе с другими геофизическими методами, которые могут быть использованы для определения физико-механических свойств пород и их устойчивости в горных выработках. Если в интервалах скважин, сложенных прочными горными породами, диаметр скважины изменяется незначительно, а интервалы, сложенные слабыми породами, разрушаются быстро и интенсивно, что требует принятия соответствующей меры для предотвращения аварии. В связи с этим оценка изменения диаметра скважин в процессе бурения важна для литологического расчленения разреза и прогноза свойств пород.

**Ключевые слова:** диаметр скважины, кавернозность, угленосная свита, Карагандинский угольный бассейн.

**Введение.** В Карагандинском каменноугольном бассейне (Казахстан) для изучения разреза разведочных скважин в комплексе с другими геофизическими методами широко применяется и метод кавернометрии или измерения диаметра скважин (ДС) [1, 2]. Зависимость кавернозности скважин от литологического типа пересекаемых пород дает возможность изучать разрез скважины по данным кавернометрии. На величину каверны влияет и время стояния обнаженных стенок скважины, а также глубина вскрываемого интервала (очевидно через уровень напряженного состояния и изменения плотности пород).

**Методика исследований.** Увеличение фактического диаметра скважины в процессе ее бурения против номинального происходит по всей глубине скважины, особенно в породах менее прочных и менее водостойких. Наибольшей кавернозностью обладают аргиллиты, наименьшей – песчаники, а алевролиты занимают промежуточное положение. Угольные пласты обнаруживают весьма разнообразную кавернозность: от высокой кавернозности, равной таковой в аргиллитах, до незначительной, как в песчаниках. [1, 3-4].

**Пример.** На рисунке 1 для примера показаны две кавернограммы, записанные через 6 и 15 суток после проходки данного интервала скважины –  $d_1$  и  $d_2$ . Сравнение приведенных кавернограмм показывает, что с увеличением времени стояния стенок скважины происходит увеличение ее диаметра и кавернозности. Образовавшаяся первоначально незначительная кавернозность продолжает развиваться с течением времени в пределах тех же интервалов, где они зародились. Существенное увеличение кавернозности во времени наблюдается в аргиллитах. В интервалах залегания алевролитов и песчаников как в начале, так и в последующем не происходит образование локальных каверн, а характерно общее увеличение диаметра скважины с течением времени [4].

По каждой из них для каждой конкретной пачки пород устанавливался фактический средний диаметр скважины, который определялся с кавернограммы графически. При этом

фиксировались глубина середины характеризуемой пачки пород ( $H$ , м) и время состояния стенок от момента перебурки до момента снятия кавернограммы ( $t$ , суток).

Данные  $d = f(H, t)$  группировались по основным литотипам: аргиллитам, алевролитам и песчаникам разреза угленосной свиты. После этого для каждого литотипа находились уравнения двухфакторных корреляций. Приведенная оценка существенности различия этих эмпирических зависимостей посредством критерия Стьюдента подтвердила возможность расчета  $d'$  по одной общей для песчаников и алевролитов формуле. На основе проведенной оценки для расчетов окончательно выбраны следующие формулы для:

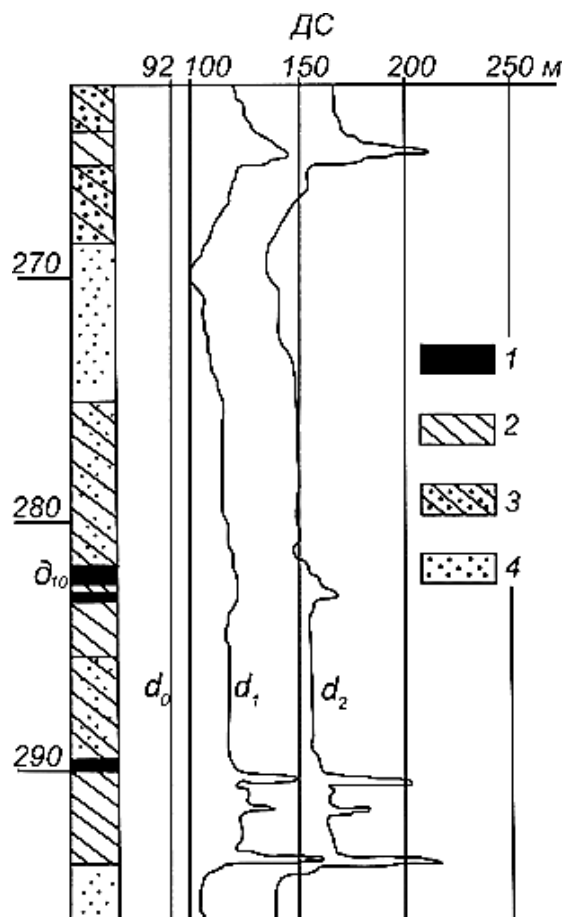


Рисунок 1 – Увеличение диаметра скважины и кавернозности в процессе бурения: 1 – уголь; 2 – аргиллиты; 3 – алевролиты; 4 – песчаники.

аргиллитов

$$d' = 1 + 4,11 \frac{tH^{0,18}}{t + 7,69}, \quad (4)$$

алевролитов и песчаников

$$d' = 1 + 7,56 \frac{tH^{-0,39}}{t + 8,13}. \quad (5)$$

**Выводы.** Исследованиями установлено, что, учитывая влияние на кавернозность возраста обнаженных стенок скважины и глубины залегания пересекаемых в разрезе слоев, можно достаточно объективно охарактеризовать физико-механические свойства пород и их устойчивость в горных выработках.

При бурении разведочных скважин их ствол в зависимости от физико-механических свойств горных пород пересекаемого геологического разреза месторождения претерпевает различных изменений от увеличения до сужения. Для определения состояния стенок ствола скважин в них проводится измерение диаметра от начала до конца бурения с помощью

метода кавернометрии. В разрезе ствола встречаются горные породы с различными физико-механическими свойствами. Если в интервалах скважин, сложенных прочными горными породами диаметр скважины, изменяется незначительно, а интервалы, сложенные слабыми породами, разрушаются быстро и интенсивно, требуется принятие соответствующей меры для предотвращения аварии. В связи с этим оценка изменения диаметра скважин в процессе бурения может обеспечить информацией для оценки физико-механических свойств углевмещающих пород и их устойчивости в горных выработках.

#### **Литература**

1. Байбатша А.Б. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых с основами геоинформатики. Алматы: Ғылым. 2003. 320 с.
2. Thomas L. Coal Geology. Second Edition. A John Wiley & Sons, Ltd., 2013. 444 p.
3. Peng Suping. Engineering Geology for Underground Rocks. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. 320 p.
4. Baibatsha A., Bekbotaeva A., Satibekova S. The Penecontemporaneous Transformation and Physical-Mechanical Properties of Terrigenous Rocks // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, vol. 17, Issue 11. Sofia, 2017. Pp. 651-658.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ НЕ ОПАСНОГО ПО ВЫБРОСАМ ПЕСЧАНИКА ПРИ ТРЁХОСНОМ СЖАТИИ

Степанова Ю.Ю.

stepanova\_yulya\_1995@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Профессор кафедры механики Кыргызско-Российского Славянского университета,  
д.ф.-м.н. Рычков Б.А.*

**Аннотация.** Рассмотрены экспериментальные данные А.Н. Ставрогина по трехосному сжатию цилиндрических образцов песчаника, не опасного по выбросам, при пропорциональном нагружении по схеме Т. Кармана. Песчаники обладают достаточно высокой пористостью в исходном состоянии. Поэтому на диаграмме продольной и поперечной деформации в пределах упругости наблюдаются определенные нелинейные участки, что связывается с происходящим на этих участках уплотнением материала. Это обстоятельство вызывает определенное затруднение при определении упругих констант материала. Предлагается способ корректировки исходных диаграмм деформации в диапазоне изменения осевого напряжения, в котором заканчивается процесс уплотнения материала. В результате уточняется методика определения модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

**Ключевые слова:** трехосное сжатие, уплотнение материала, обобщенный закон Гука, учет нелинейности диаграммы деформации, тензор деформаций.

**Введение.** При трехосном сжатии цилиндрических образцов горных пород вычисляются главные напряжения ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) и измеряются осевая  $\varepsilon_1(\sigma_1)$  и поперечная ( $\varepsilon_2$ ) деформации, наблюдаемые при испытании по схеме Т. Кармана ( $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ ). На диаграмме для продольной осевой деформации ( $\sigma_1 \sim \varepsilon_1$ ) наблюдается (особенно) для песчаников начальный нелинейный участок [1,2], после которого следует практически линейный участок этой диаграммы вплоть до условного предела упругости. Как на этом участке использовать зависимость  $\varepsilon_1(\sigma_1)$  для определения упругих констант материала, до сих пор не существует единого мнения [1,3,4]. Некоторые исследователи [3,5] считают, что наклон такой кривой «напряжение - деформация» определяет модуль упругости Юнга. При этом подчеркивают, что численное значение модуля зависит от напряжения, а при последовательном нагружении и разгрузке образца породы модуль зависит и от цикла испытания, так как указанные кривые при нагружении и разгрузке не совпадают между собой. Иначе говоря, утверждается, что на отмеченном нелинейном участке диаграммы происходит упругая деформация. Аналогичное утверждение относится и к определению коэффициента Пуассона. Другие экспериментаторы [1,4] предлагают исключать из рассмотрения такой начальный участок, а упругие параметры породы определять при более высоких уровнях напряжения, когда зависимость «напряжение - деформация» становится близкой к линейной. Однако до сих пор нет общепринятой методики определения упругих констант пород даже при пропорциональном нагружении. В этом направлении проводятся многочисленные экспериментальные исследования и даются различные теоретические интерпретации [6,7,8,9,10].

В настоящем сообщении сделана попытка устранить указанное выше противоречие в этом вопросе и разработать методику определения упругих параметров не опасного по

выбросам (НВО) песчаника на основе предлагаемой корректировки исходных [1] экспериментальных диаграмм деформации.

**Анализ криволинейного участка продольной деформации.** Вид напряженного состояния характеризуется параметром  $C = \sigma_2 / \sigma_1$ . Начиная с определенного уровня осевого напряжения  $\sigma_{1n}$  (характерного для каждого C) можно выделить линейный участок диаграммы деформации  $\varepsilon_1(\sigma_1)$  вплоть до условного предела упругости  $\sigma_{1y}$ . Как указано в [1],  $\sigma_{1n} = (0,05 \div 0,15)\sigma_{1y}$ . На рисунке 1 представлены диаграммы продольной и поперечной деформации не опасного по выбросам песчаника для всех осуществленных видов напряженного состояния.

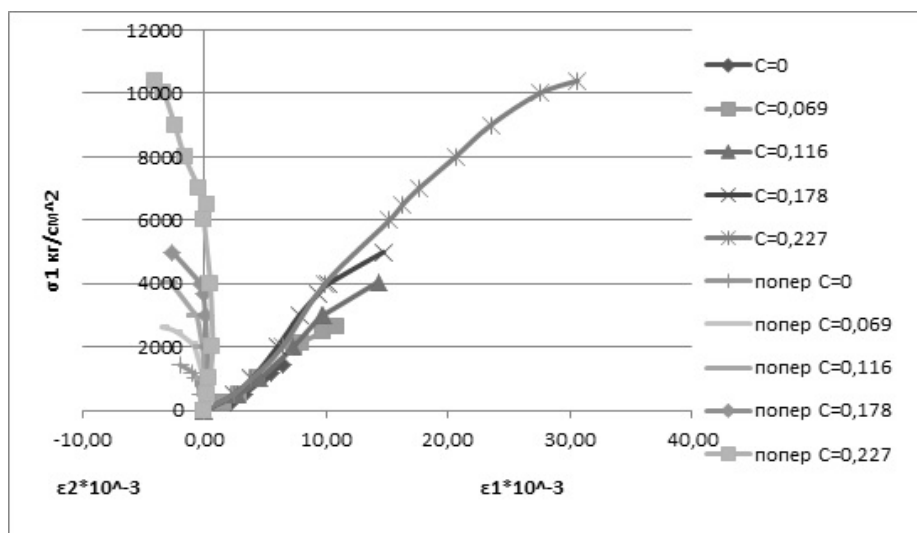


Рисунок 1 - Диаграммы  $\varepsilon_1(\sigma_1)$  и  $\varepsilon_2(\sigma_1)$  для НВО песчаника

Рассмотрим, например, диаграмму продольной деформации этой горной породы при одноосном сжатии. Аппроксимация с помощью линии тренда (линейной зависимостью) квазилинейного установившегося участка деформации и продолжение этой линии тренда до нулевого напряжения доставляет новое начало координат ( точка  $\varepsilon_1^0$  на рисунке 2) для отсчета упругой деформации вплоть до предела упругости (достоверность аппроксимации  $R^2 = 0,9993$ ).

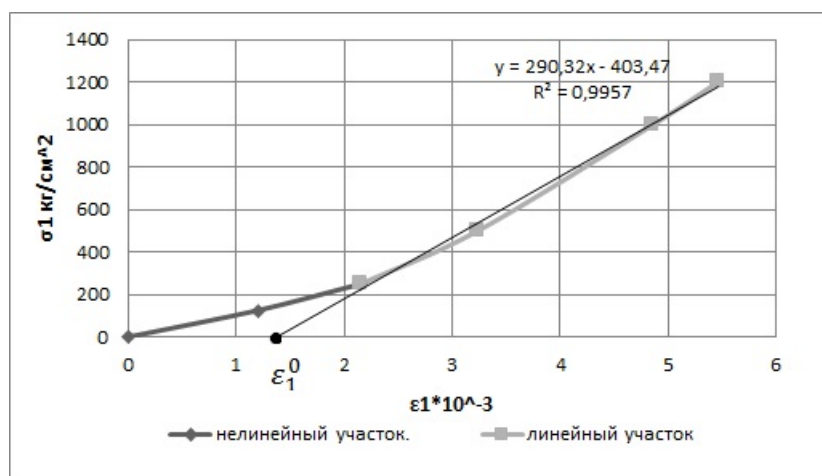


Рисунок 2 - Диаграмма упругой деформации  $\varepsilon_1(\sigma_1)$  для песчаника не опасного по выбросам при одноосном сжатии

Установлено, что, определяемое таким образом, это начало координат оказывается практически одним и тем же для всех рассматриваемых видов напряженного состояния данной горной породы. Среднее значение  $(\varepsilon_1^0)_{cp} = 1,52 * 10^{-3}$ . Отклонение от этого значения при разных видах напряженного состояния определялось по формуле:

$$\varepsilon_1^0 = \frac{\varepsilon_1^0 - (\varepsilon_1^0)_{cp}}{(\varepsilon_1^0)_{cp}} * 100\% , \quad (1)$$

и представлено в Таблице 1.

Таблица 1 - Отклонение от среднего значения при разных видах напряженного состояния

C	$\varepsilon_1^0 * 10^{-3}$	$\Delta \varepsilon_1^0, \%$
0	1,39	-8,4
0,069	1,37	-9,9
0,116	1,69	11,2
0,178	1,56	2,8
0,227	1,58	4,4

Таким образом, при определении модуля Юнга устраняется из рассмотрения начальная нелинейная деформация, наблюдаемая при нагружении цилиндрических образцов песчаников из исходного состояния. Эта начальная деформация не является чисто упругой деформацией [2,6], а содержит также деформацию уплотнения (как правило, пористость таких песчаников составляет 6 -7% [1]).

На рис.3. приведена расчетная диаграмма продольной деформации для не опасного по выбросам песчаника (обозначенная на рисунке с помощью маркеров треугольниками), которая построена по значению модуля ( $E = 2,7 * 10^5 \frac{кгс}{см^2}$ ), определенного авторами эксперимента [11]. На самом деле эта диаграмма должна исходить не из исходного начала координат, а из точки А (точка на пересечении исходного криволинейного и расчетного линейного участка диаграммы), а затем продолжена до точки В. Этой оговорки в [1] не было сделано; кроме того не указано, как сравнивать расчетные и экспериментальные данные при других видах напряженного состояния. Эта неопределенность исключается, если во всех случаях трехосного сжатия использовать установленное новое начало координат (точка В на рисунке 3).

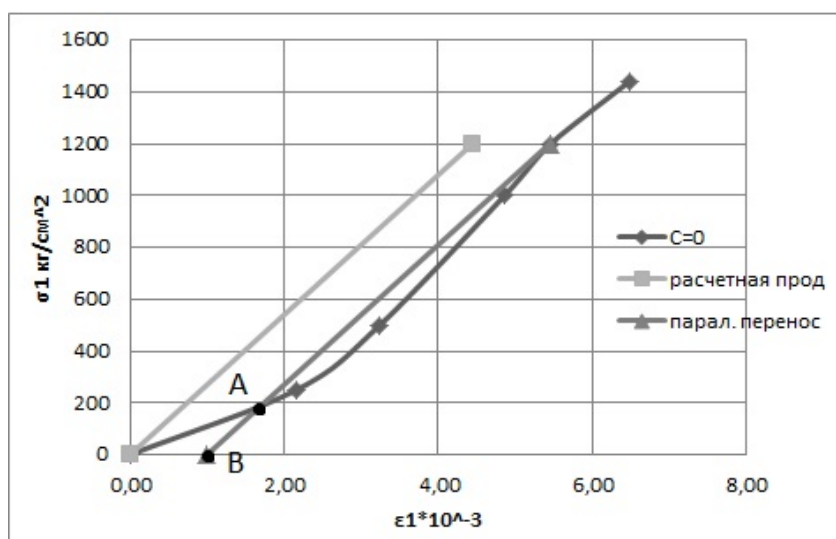


Рисунок 3 - К определению модуля Юнга по схеме А.Н. Ставрогина.

**Пример обработки диаграммы поперечной деформации.** Для поперечной деформации при тех же напряженных состояниях (при которых наблюдается установившийся участок продольной деформации) происходит некоторое запаздывание установившегося участка этой деформации. Если на диаграмме для поперечной деформации выделить участок, на котором с ростом уровня осевого сжимающего напряжения каждое последующее значение деформации по модулю больше предыдущего, то аппроксимация этого участка линейной зависимостью (с привязкой к установленному новому началу координат) также происходит с достаточной достоверностью. Исключение составляет диаграмма поперечной деформации при одноосном сжатии: эта диаграмма является практически линейной вплоть до условного предела упругости (рисунок 4).

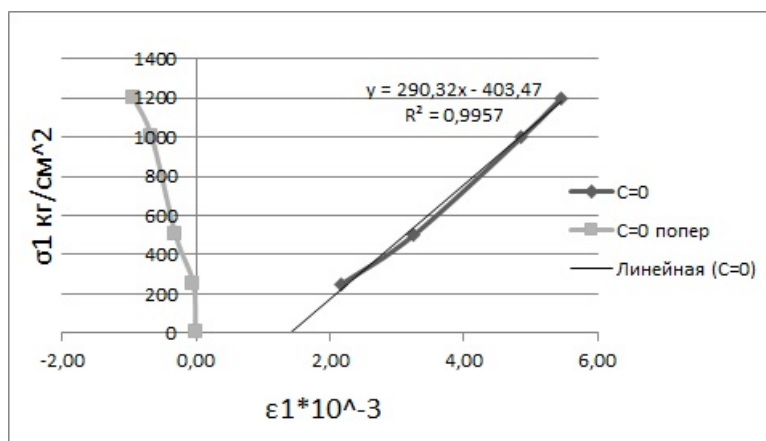


Рисунок 4 - Аппроксимация диаграммы деформации НВО песчаника при одноосном сжатии

Поэтому выделенный на диаграмме  $\varepsilon_2(\sigma_1)$  линейный участок до условного предела упругости сохраняет ту же самую разность отсчитываемых деформаций, если весь участок поперечной деформации перенести в новое установленное начало координат параллельно его исходному состоянию. С меньшей, но достаточно приемлемой точностью, такая же картина наблюдается и при пропорциональном нагружении для  $C = 0,069$ , начиная с участка устойчивого роста по модулю значения приращения поперечной деформации. Таким способом (с учетом изложенного выше) устраняется неопределенность выделения установившегося упругого участка как продольной, так и поперечной деформации при произвольном виде напряженного состояния.

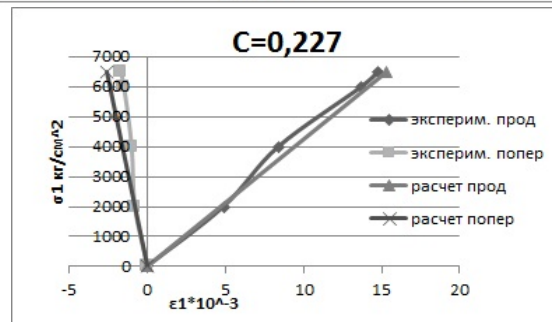
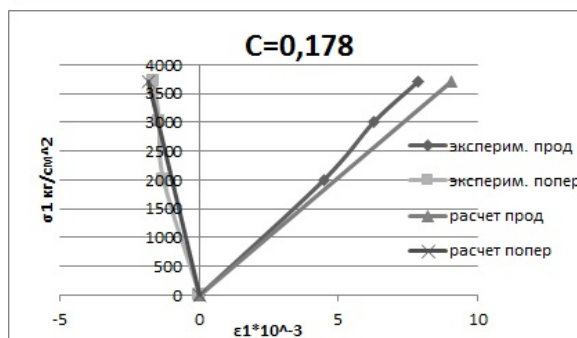
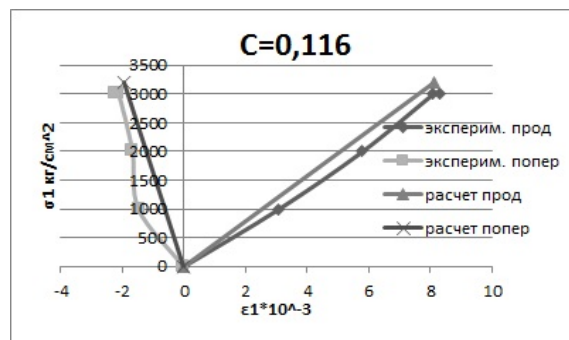
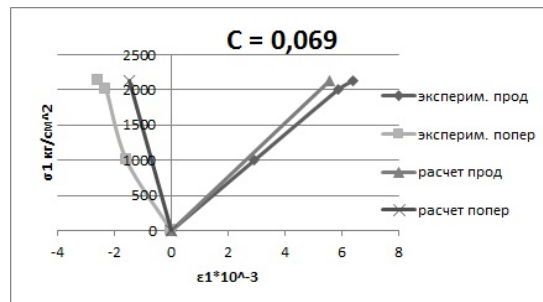
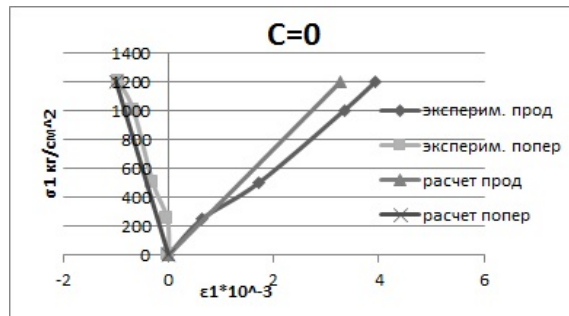
**Определение упругих констант на основе преобразованных (скорректированных) диаграмм деформаций.** Обобщенный закон Гука представляется в виде:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E}(1 - 2C\nu), \quad \varepsilon_2 = \frac{\sigma_1}{E}(C - \nu(1 + C)), \quad \varepsilon_3 = \varepsilon_2 \quad (2)$$

По аппроксимированным (вышеуказанным образом) участкам поперечной и продольной деформации определялись упругие константы (модуль Юнга -  $E$  и коэффициент Пуассона -  $\nu$ ). В качестве первого приближения (1 способ определения  $E$  и  $\nu$ ) были использованы диаграммы деформаций при  $C = 0,116$ ; получено:  $E = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$ ,  $\nu = 0,32$ .

Константы  $E$  и  $\nu$  можно еще определить (2 способ) отдельно при трёх видах напряженного состояния (т.е. при трёх значениях  $C$ ); найденные при этом их значения затем усреднялись ( $E = 3,7 \cdot 10^5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$ ,  $\nu = 0,3$ ). Отклонение от среднего значения коэффициента  $\nu$  составило +6%, -11%, а по величине  $E$  отклонение от среднего значения +8%, -14%.

Скорректированные диаграммы деформации (с учётом переноса начала координат) и последующее их отображение расчетными зависимостями представлены на рисунках 5 - 9 для всех осуществленных в опыте видов напряженного состояния ( $C$ ).



Рисунки 5 - 9 - Диаграммы, исключая начальные нелинейные участки деформации.

**Анализ представленной в [1,6] методики определения упругой и остаточной деформации.** В [1, приложение №2] даны значения остаточной продольной деформации ( $\varepsilon_1^n$ ) после достижения предела прочности и коэффициент остаточной поперечной деформации ( $\mu_n$ ), а в [1, приложение №1] приведены значения предельных накопленных продольной ( $\varepsilon_1^k$ ) и поперечной ( $\varepsilon_2^k$ ) деформаций. Эти исходные данные для двух видов напряженного состояния (С) сведены в таблицу 2. В ней указано также получаемое расчетное значение остаточной поперечной деформации ( $\varepsilon_2^n = -\mu_n * \varepsilon_1^n$ ).

Таблица 2 – Предельные накопленные значения продольной и поперечной деформаций

С	$ \varepsilon_1^k * 10^{-3} $	$\varepsilon_2^k * 10^{-3}$	$\varepsilon_1^n * 10^{-3}$	$\mu_n$	$ \varepsilon_2^n * 10^{-3} $
0,178	14,7	2,6	2,74	0,953	2,6112
0,227	30,6	4,0	5,65	0,762	4,3053

По этим исходным данным на рисунке 10 представлена полная картина упругой и остаточной деформации при  $C = 0,227$ .

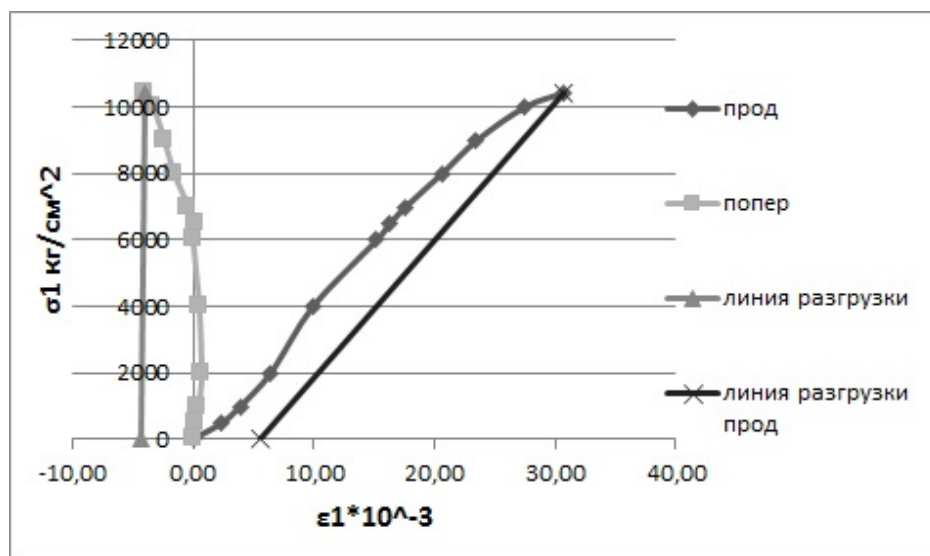


Рисунок 10 - Активное нагружение и разгрузка по схеме А.Н. Ставрогина

Здесь криволинейные диаграммы для продольной и поперечной деформации соответствуют активному нагружению до предела прочности. Линия разгрузки осевой деформации практически параллельна установившемуся линейному упругому участку.

Если построить соответствующую линию разгрузки поперечной деформации после достижения предела прочности, то получим, что при полной разгрузке значение поперечной деформации по модулю увеличивается по сравнению с ее значением, достигнутом на пределе прочности (поскольку  $\varepsilon_2^n$  больше по модулю чем  $\varepsilon_2^k$ ). Такого парадокса не будет, если поперечную деформацию отсчитывать от нового начала координат, соответствующего установившемуся упругому характеру деформирования, как предложено в п.3.

**Заключение.** Представленный метод определения упругих констант горных пород, применительно к песчаникам, достаточно хорошо соответствует экспериментальным данным в пределах их разброса и устраняет существующую неопределенность при выделении упругого начального участка диаграммы деформации при трехосном сжатии цилиндрических образцов. Адекватное отображение упругой деформации необходимо также при моделировании [12] деформационного упрочнения за пределами упругости.

#### Литература

1. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Пластичность горных пород. М.: Недра, 1979. 301 с.
2. Карташев Ю.М., Матвеев Б.В., Матвеев Г.В., Фадеев А.Б. Прочность и деформируемость горных пород. М.: Недра, 1979. 269 с.
3. Введение в механику скальных пород: Пер. с англ. / Под ред. Х. Бока. М.: Мир, 1983. 276 с.
4. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. М.: Недра, 1985. 271 с.
5. Стефанов Ю.П. Численное моделирование разрушения горных пород на примере расчета поведения образцов песчаника // ФТПРТИ. 2008. № 1. С. 73-83.
6. Paterson M.S., Wong Teng-fong. Experimental Rock Deformation - The Brittle Field. Berlin Heidelberg New York. Springer- Verlag. 2005. 348 p.
7. Kachanov M. On the effective elastic properties of cracked solids - Editor's comments // Int. J. of Fract. (Letters in fracture and micromechanics). 2007. V. 146. 295-299.
8. Китаева Д.А., Пазылов Ш.Т., Рудаев Я.И. О приложениях методов нелинейной динамики в механике материалов // Математическое моделирование систем и процессов. 2007. № 15. С. 46-70.
9. Шваб А.А. Экспериментально-аналитический метод определения характеристик квазиоднородного материала по упругопластическому анализу экспериментальных данных // Вестник СамГТУ. 2012. Вып. 2 (27). С. 65-71.
10. Zhang J.C., Zhou S.H., Xu S.H., Fang L.G. Evolution of the elastic properties of a bedded argillite damaged in cyclic triaxial tests // International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences, Vol. 58, 2013, 103-110.
11. Ставрогин А.Н., Георгиевский В.С. Каталог механических свойств горных пород. 2-е изд. Л.: ВНИМИ, 1972. 267 с.
12. Рычков Б.А. О деформационном упрочнении горных пород // Известия РАН. МТТ. 1999. № 2. С. 115-124.

## НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТОЛСТОСТЕННОЙ ТРУБЫ В УСЛОВИЯХ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

Хохлова Ю.А.

Ch.ulenkakh\_97@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*заведующий кафедрой механики Кыргызско–Российского Славянского университета, д.ф.-м.н., проф. Рудаев Я.И.*

**Аннотация:** Рассматривается задача нагружения толстостенной алюминиевой трубы наружным давлением и растягивающей силой. Компоненты напряжений, скоростей деформаций и перемещений определяются с привлечением динамической модели, обобщенный на пространственный случай соотношениями теории упругопластических процессов малой кривизны.

**Ключевые слова:** сверхпластичность, толстостенная труба, алюминиевые сплавы, напряжение, скорость деформации, температура

**Введение.** Математическая постановка и строгое решение задач о развитом пластическом формоизменении, к которым относятся процессы обработки металлов давлением, обусловлены физико-механической неоднородностью реализуемых операций. Технологические операции горячего объемного формование сопровождаются большими деформациями, неоднородностью и не стационарностью полей температур, напряжений и скоростей деформации, как в объеме деформируемого тела, так и в системе «инструмент – заготовка», существенно влияющих на формирование физико-механических свойств изделий и полуфабрикатов.

Естественной представляется попытка теоритически прогнозировать получение конечного продукта с качественными структурными показателями, в частности с мелкозернистой структурой. Такой тип структуры образуется при низком уровне напряжений в температурно-скоростных условиях сверхпластичности, особенности, проявление которых в промышленных алюминиевых сплавах изложены в [1]. При этом открывается возможность использовать эффект для разработки таких уникальных операций, как обжатие, раздача, волочение труб, автофритирование. Базовой здесь можно считать задачи об изотермической деформации толстостенной трубы при температуре сверхпластичности.

**Постановка задачи.** Бесконечная цилиндрическая труба постоянного сечения длиной  $\bar{l}$  растягивается осевой силой  $\bar{F}$  и подвергается внешнему давлению интенсивностью  $\bar{q}$  (рисунок 1). Заданной считается скорость радиального перемещения наружной поверхности  $\bar{V}_0$ .

Рассмотрим задачу определение давления  $\bar{q}$  и осевой силы  $\bar{F}$  в зависимости от механических и кинематических параметров процесса деформирования.

Предполагается, что материалом трубы является алюминиевые сплавы, а напряжение осуществляется в изотермических условиях при температурах, не выходящих за рамки термического диапазона сверхпластичности [1].



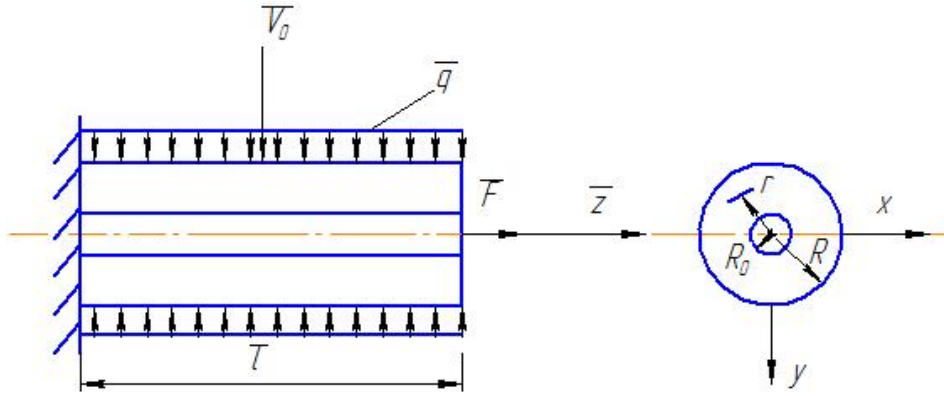


Рисунок 1 - Бесконечная цилиндрическая труба постоянного сечения длиной  $\bar{l}$ , растягиваемая осевой силой  $\bar{F}$  и подвергается внешнему давлению интенсивностью  $\bar{q}$

Решение задачи будем искать в рамках динамической модели [1], обобщенной на пространственный случай и использованием соотношений теории упругопластических процессов малой кривизны [2]. В цилиндрической системе координат (рисунок 1) основные уравнения будут иметь вид:

– дифференциальные уравнения равновесия

$$\frac{\partial \sigma_\rho}{\partial \rho} + \frac{\partial \tau_{\rho z}}{\partial z} + \frac{\sigma_\rho - \sigma_\alpha}{\rho} = 0; \quad \frac{\partial \tau_{\rho z}}{\partial \rho} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\tau_{\rho z}}{\rho} = 0; \quad (1.1)$$

– кинематические соотношения, устанавливающие связь между скоростями деформацией и перемещением

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\partial V_\rho}{\partial \rho}; \quad \dot{\varepsilon}_\alpha = \frac{V_\rho}{\rho}; \quad \dot{\varepsilon}_z = \frac{\partial V_z}{\partial z}; \quad \dot{\gamma}_{\rho z} = \frac{\partial V_z}{\partial \rho} + \frac{\partial V_\rho}{\partial z}; \quad (1.2)$$

– условия не сжимаемости в скоростях

$$\frac{\partial V_\rho}{\partial \rho} + \frac{V_\rho}{\rho} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0; \quad (1.3)$$

– определяющие соотношения [2]

$$\sigma_\rho - \sigma_0 = \frac{2\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\varepsilon}_\rho; \quad \sigma_\alpha - \sigma_0 = \frac{2\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\varepsilon}_\alpha; \quad \sigma_z - \sigma_0 = \frac{2\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\varepsilon}_z; \quad \tau_{\rho z} = -\frac{\sigma_u}{3\dot{\varepsilon}_u} \dot{\gamma}_{\rho z}; \quad (1.4)$$

– уравнения состояния в виде зависимости интенсивности напряжений оси, интенсивности скоростей деформаций [1]

$$\sigma_u = 1 - m_0 - \beta + (3m_0 + \beta)\dot{\varepsilon}_u - 3m_0\dot{\varepsilon}_u^2 + m_0\dot{\varepsilon}_u^3. \quad (1.5)$$

Здесь  $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}$  – соответственно составляющие тензоров напряжений и скоростной деформаций;  $V_i$  – компоненты вектора скорости перемещений;  $\sigma_0$  – среднее напряжение;  $m_0$  – материальная постоянная;  $\beta$  – управляющий параметр (при сверхпластичности  $\beta < 0$ ; компоненты напряжений и скоростей деформаций предполагаются поделенными на альтернативные внутренние параметры состояния  $\sigma^*, \dot{\varepsilon}^*$ , а скорости перемещений на  $\dot{\varepsilon}^* R$ . Заметим, что в изотермических условиях параметры  $\beta, \sigma^*, \dot{\varepsilon}^*$  принимают постоянные значения.

Введем следующие безразмерные параметры

$$q = \frac{\bar{q}}{\sigma^*}; \quad F = \frac{\bar{F}}{A\sigma^*}; \quad V_0 = \frac{\bar{V}_0}{\dot{\varepsilon}^* R}; \quad z = \frac{\bar{z}}{R}; \quad \rho = \frac{r}{R}; \quad \lambda = \frac{R_0}{R}; \quad A = \pi R^2(1 - \lambda^2), \quad l = \frac{\bar{l}}{R}. \quad (1.6)$$

Задача подобного типа рассмотрена в [3,4] и решена методами, традиционными для теории обработки металлов давлением, при этом предполагается отсутствие сдвигающих сил на наружной поверхности трубы. Последнее приводит к приемлемости гипотезы плоских

сечений. Иными словами, показано, что скорость перемещения  $V_z$  может считаться линейной функцией абсциссы  $z$ . Далее будем полагать, что линейность функции скорости продольных перемещений в рассматриваемом здесь случае вполне оправдана тем, что сверхпластичность в сечениях трубы возникает при невысоких значениях осевой силы  $F$  [5].

Наружное давление будем считать результатом контакта поверхности трубы с инструментом, скорости перемещения которого равняется  $V_0$ . В связи со сказанным возникновению на наружной поверхности трубы контактных сил не вызывает сомнений. Влияние указанных сил будем учитывать введением в компоненту скорости продольного перемещения радиального составляющего в форме

$$V_z = b[z - \psi(\rho)], \quad (1.7)$$

где  $\psi = \psi(\rho)$  – неизвестная функция, подлежащая определению;  $b$  – материальная константа

**К определению функции  $\psi(\rho)$ .** Рассмотрим условие не сжимаемости (1.3). Если учесть, что на основании (1.7) производная  $\frac{\partial V_z}{\partial z} = b$ , уравнения (1.3) примет вид

$$\frac{dV_\rho}{d\rho} + \frac{V_\rho}{\rho} + b = 0. \quad (2.1)$$

Решение уравнения (2.1) при выполнении условия  $V_\rho|_{\rho=1} = -V_0$  запишем так

$$V_\rho = \frac{b}{2\rho}(C - \rho^2), \quad (2.2)$$

где постоянная интегрирования определяется выражением

$$C = 1 - \frac{2V_0}{b}. \quad (2.3)$$

При известной скорости радиального смещения (2.2) компоненты скоростей деформаций (1.2) будут равны

$$\dot{\epsilon}_\rho = -\frac{b}{2\rho^2}(C + \rho^2); \quad \dot{\epsilon}_\alpha = \frac{b}{2\rho^2}(C - \rho^2); \quad \dot{\epsilon}_z = b; \quad \dot{\gamma}_{\rho z} = -b\psi'(\rho). \quad (2.4)$$

Интенсивность скоростей деформации определяются формулой

$$\dot{\epsilon}_u = \frac{b}{\sqrt{3}} \left[ \frac{C^2}{\rho^4} + 3 + \psi'^2(\rho) \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2.5)$$

или

$$\dot{\epsilon}_u = \frac{b}{\sqrt{3}} L^{\frac{1}{2}}(\rho), \quad (2.6)$$

где

$$L(\rho) = \left[ \frac{C^2}{\rho^4} + 3 + \psi'^2(\rho) \right]. \quad (2.7)$$

Перейдем теперь к определяющим соотношениям (1.4). Представим их с привлечением (2.4) в виде

$$\begin{aligned} \sigma_\rho - \sigma_0 &= -\frac{1}{3}bT(\rho)\left(1 + \frac{C}{\rho^2}\right); & \sigma_\alpha - \sigma_0 &= -\frac{1}{3}bT(\rho)\left(1 - \frac{C}{\rho^2}\right); \\ \sigma_z - \sigma_0 &= \frac{2}{3}bT(\rho); & \tau_{\rho z} &= -\frac{1}{3}bT(\rho)\psi'(\rho), \end{aligned} \quad (2.8)$$

где через  $T = T(\rho)$  обозначено

$$T(\rho) = \frac{\sqrt{3}}{b}(1 - m_0 - \beta)L^{\frac{1}{2}}(\rho) + 3m_0 + \beta - \sqrt{3}m_0bL^{\frac{1}{2}}(\rho) + \frac{m_0}{3}b^2L(\rho). \quad (2.9)$$

Перейдем теперь непосредственно к задаче установления вида  $\psi(\rho)$ .

Рассмотрим второе дифференциальное уравнение равновесия (1.1). Перепишем его так

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = -\frac{\partial \tau_{\rho z}}{\partial \rho} - \frac{\tau_{\rho z}}{\rho}. \quad (2.10)$$

Подставим в (2.10) последнюю зависимость (2.8) и получим

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = \frac{1}{3}b \left[ T'\psi' + T(\psi'' + \frac{\psi'}{\rho}) \right], \quad (2.11)$$

здесь и далее  $T = T(\rho)$ ,  $\psi = \psi(\rho)$ .

Интеграл уравнения (2.11) вычислим при граничных условиях

$$\sigma_z|_{z=0} = F. \quad (2.12)$$

Имеем

$$\sigma_z = \frac{1}{3}b \left[ T'\psi' + T(\psi'' + \frac{\psi'}{\rho}) \right] z + F. \quad (2.13)$$

При известном напряжении  $\sigma_z$  несложно определить величину среднего напряжений  $\sigma_0$ . На основании формулы (2.8) получим

$$\sigma_0 = \sigma_z - \frac{2}{3}bT, \quad (2.14)$$

или, принимая во внимание (2.13),

$$\sigma_0 = \frac{1}{3}b \left\{ \left[ T'\psi' + T(\psi'' + \frac{\psi'}{\rho}) \right] z + \frac{3F}{b} - 2T \right\}. \quad (2.15)$$

Обратимся теперь к первому дифференциальному уравнению равновесия (1.1).

Подставляем в него зависимость (3.8) и, решая относительно  $\frac{\partial \sigma_0}{\partial \rho}$ , можем записать

$$\frac{\partial \sigma_0}{\partial \rho} = bT'(1 + \frac{C}{\rho^2}). \quad (2.16)$$

Продифференцировав по  $\rho$  выражение (2.15) и приравняв его к (2.16), будем иметь

$$\left[ T''\psi'' + T'\psi'' + T'(2\psi'' + \frac{\psi'}{\rho}) + T(\psi''' + \frac{\psi''}{\rho} - \frac{\psi'}{\rho^2}) \right] z - T'(3 + \frac{C}{\rho^2}) = 0. \quad (2.17)$$

Уравнение (2.17) должно удовлетворяться при всех значениях  $z$ . Поэтому можно положить

$$T''\psi'' + T'\psi'' + T'(2\psi'' + \frac{\psi'}{\rho}) + T(\psi''' + \frac{\psi''}{\rho} - \frac{\psi'}{\rho^2}) = 0; \quad (2.18)$$

$$T' = 0. \quad (2.19)$$

При удовлетворении условия (2.19) уравнения для определения функции  $\psi = \psi(\rho)$  примет вид

$$\psi''' + \frac{\psi''}{\rho} - \frac{\psi'}{\rho^2} = 0. \quad (2.20)$$

Интеграл уравнения (2.20) будет равен

$$\psi(\rho) = \frac{C_1}{2}\rho^2 + C_2 \ln \rho + C_3, \quad (2.21)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  – произвольная постоянная интегрирования.

К постоянным, подлежащим определению, относятся также константа  $b$  и величина  $C$ , для которой имеем (2.3).

С учетом решения (2.21) составляющие напряжений на основании (2.8), (2.15) запишем так

$$\begin{aligned}\sigma_{\rho} &= \frac{b}{3} \left\{ \left[ T' \left( C_1 \rho + \frac{C_2}{\rho} \right) + 2TC_1 \right] z - 3T - \frac{C}{\rho^2} + \frac{3F}{b} \right\}; \\ \sigma_{\alpha} &= \frac{b}{3} \left\{ \left[ T' \left( C_1 \rho + \frac{C_2}{\rho} \right) + 2TC_1 \right] z - 3T + \frac{C}{\rho^2} + \frac{3F}{b} \right\}; \\ \sigma_z &= \frac{b}{3} \left\{ \left[ T' \left( C_1 \rho + \frac{C_2}{\rho} \right) + 2TC_1 \right] z + \frac{3F}{b} \right\}; \\ \tau_{\rho z} &= -\frac{b}{3} T \left( C_1 \rho + \frac{C_2}{\rho} \right),\end{aligned}\tag{2.22}$$

здесь, как и выше,  $T = T(\rho)$  определяется формулой (2.9).

Граничные условия запишутся в виде

$$\tau_{\rho z} \Big|_{\rho=\lambda} = 0; \quad \sigma_{\rho} \Big|_{\rho=\lambda} = 0; \quad \tau_{\rho z} \Big|_{\rho=1} = -\chi \tau_{\max}; \quad \sigma_{\rho} \Big|_{\rho=1} = -q,\tag{2.23}$$

где  $\tau_{\max}$  – максимальное касательное напряжение на наружной поверхности трубы;  $\chi$  – коэффициент пропорциональности, определенный экспериментально.

Удовлетворения граничных условий позволит оценить напряженное состояние, возникшее в толстостенной трубе.

## Литература

1. Рудаев Я.И. Введение в механику динамической сверхпластичности. Бишкек: КРСУ. 2003. 134 с.
2. Гунн Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. М.: Металлургия. 1980. 456 с.
3. Рудской А.И., Рудаев Я.И. Механика динамической сверхпластичности алюминиевых сплавов. СПб: Наука. 2009. 217 с.
4. Рудаев Я.И., Сулайманова С.М., Тамбаев Ч.К. Теория обратного выдавливания в режимах сверхпластичности // НТВ СПб ГПУ. 2010. № 1 (94). С. 91-102.
5. Овчинников А.Г. Основы теории штамповки выдавливанием на прессах. М.: Машиностроение. 1983. 200 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕЛИКОВ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Шубина С.В.

s\_v16@mail.ru

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
г. Пермь, Российская Федерация

### **Научный руководитель:**

*Доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых,  
к.т.н. Паньков И.Л.*

**Аннотация.** Проведено изучение прочностных показателей образцов различной геометрической конфигурации с целью геомеханического обоснования несущей способности междукамерных целиков при различных схемах отработки продуктивных пластов АБ и Красный 2 Верхнекамского месторождения калийных солей.

### **Ключевые слова:**

Моделирование, прочностные показатели, целики.

На рудниках ВКМКС применяется камерная система разработки с оставлением прямоугольных ленточных поддерживающих целиков, обеспечивающих сохранность сплошности водозащитной толщи, предохраняющей продуктивные отработываемые пласты от поступления пресных вод из вышележащих водоносных горизонтов. Это накладывает ограничение на коэффициент извлечения соляных пород, который, согласно действующим “Указаниям...” [1] не должен превышать 35÷40 %. Также в работе [1] регламентировано нормативное изменение прочностных показатели целиков прямоугольной формы в зависимости от соотношения их высоты к ширине. В работе [2] предложен вариант повышения извлечения соляных пород, заключающийся в переходе от равномерной выемки к неравномерной с целиками, имеющими трапециевидную или прямоугольную форму различной ширины. Для обоснования предложенных схем отработки сильвинитовых пластов проведено физическое моделирование различных соляных образцов на сжатие, а также сравнение полученных прочностных параметров.

Эксперимент проводился на образцах, изготовленных из монолитов соляных пород (пласты Красный 2 и АБ). Первый этап изготовления заключался в нарезке из породного монолита плоскопараллельных пластин, которые в последующем распиливались на две одинаковые полупластины. На втором этапе из каждой полупластины (длина – 385 мм, ширина – 125 мм, высота – 52 мм) изготавливались два образца прямоугольной формы одинаковой ширины и два образца трапециевидной формы (первая серия) либо два образца прямоугольной формы одинаковой ширины и два образца прямоугольной формы различной шириной (вторая серия).

Эксперименты проводились на гидравлическом прессе ToniNorm2041 развивающем максимальное усилие 5000 кН, оснащенный системой автоматического измерения, позволяющего заносить результаты испытаний в память персонального компьютера в режиме реального времени (рисунок 1, а). Эксперимент заключался в проведении испытаний на сжатие двух образцов разнесенных друг относительно друга, на расстояние 5÷10 см, имитирующих камеру и междукамерные целики (рисунок 1, б). В качестве сопоставления проводилась сжатие образцов прямоугольной формы. Согласно ГОСТ [3], количество образцов при сравнительных испытаниях должно обеспечивать относительную погрешность результатов их испытаний не более 10 % при надежности не ниже 0,95. Всего было произведено 48 испытаний.



Рисунок 1 - Пример проведения испытаний на образцах различной геометрической конфигурации: а - пресс ToniNorm2041; б – сжатие образцов прямоугольной формы различной ширины

При построении диаграмм деформирования при расчете напряжений первоначально использовалась стандартная формула [4]:

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (1)$$

где  $F$  - усилие развиваемое прессом,  $S_0$  - исходное поперечное сечение образца.

В связи с тем, что в ряде случаев наблюдалось упрочнение (рисунок 2, кривая 1) горной породы при сжатии, происходящей в результате ее уплотнения и увеличения площади поперечного сечения образцов в процессе испытания, возникла сложность с определением предела прочности и соответствующей ему разрушающей деформации. Для сопоставления результатов, диаграммы корректировались, при этом, площадь поперечного сечения принималась не в виде константы, а в виде величины, увеличивающейся в процессе деформирования согласно формуле:

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \left( 1 - \frac{\Delta h}{h_0} \right) \quad (2)$$

где  $h_0$  - исходная высота образца,  $\Delta h$  - смещение плит пресса в процессе испытания.

Пример скорректированной диаграммы деформирования с использованием выражения (2) представлен на рисунке 2 (кривая 2).

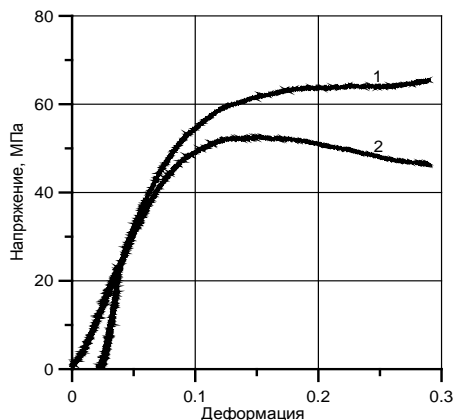


Рисунок 2 - Характерный вид диаграмм деформирования по стандартной (1) и скорректированной (2) методикам расчета при сжатии соляных образцов различной геометрической конфигурации

По скорректированным диаграммам деформирования определялись прочностные показатели, используемые для проведения сравнительного анализа, результаты которого представлены на диаграммах (рисунке 3).

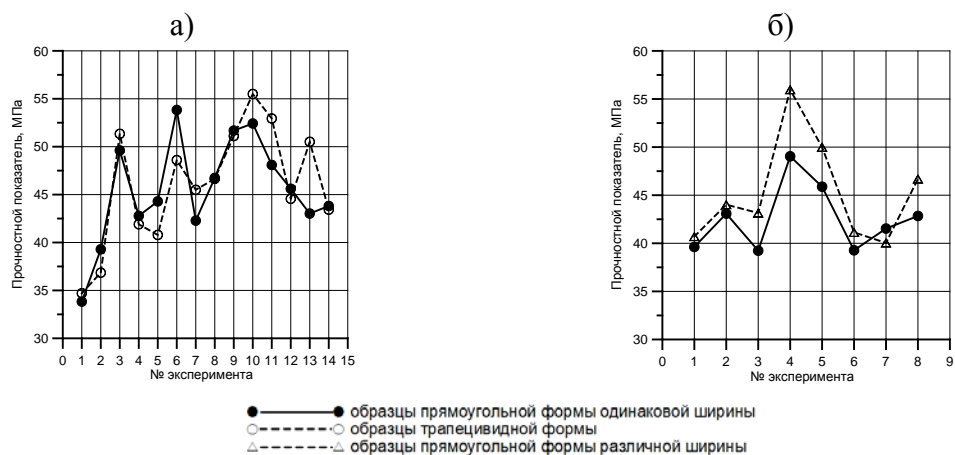


Рисунок 3 - Результаты сопоставительных испытаний образцов первой и второй серии: а - трапециевидной и прямоугольной формы; б - прямоугольной формы и прямоугольной формы различной ширины

**Заключение.** Анализ результатов экспериментального определения прочностных показателей, полученных по скорректированным диаграммам деформирования, позволил установить, что в среднем для первой серии испытаний несущая способность прямоугольных образцов одинаковой ширины и образцов трапециевидной формы приблизительно одинаковая и составляет соответственно 45,5 МПа и 46,0 МПа (рисунок 3, а). Для второй серии испытаний установлены повышенные прочностные показатели прямоугольных образцов различной ширины по сравнению с прямоугольными образцами одинаковой ширины и составляющие в среднем соответственно 42,6 МПа и 45,2 МПа (рисунок 3, б). Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют говорить о целесообразности применения неравномерной выемки, с оставлением прямоугольных целиков различной ширины.

### Литература

1. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей. СПб. 2008.
2. Артемов В.Г., Челпанова Е.В. Варианты неравномерной выемки руды при камерной разработке пологих калийных пластов // Рудник будущего. 2012. № 3 (11). С. 83-85.
3. ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии.
4. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения. Учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. 2008. 199 с.

---

# **Междисциплинарные доклады**

---



## ИЗМЕРИТЕЛЬ РАСХОДА И ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Арепьев П.Б.

Pavel\_levap94@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Заведующий лабораторией плазменных технологий*

*Кыргызско-Российского Славянского университета к.ф.- м.н., доцент Токарев А.В.*

**Аннотация.** Разработан прибор для измерения расходов и давления газов в технологических установках. Для измерения расхода газа и давления в приборе установлены 2 датчика: mpx5500dp дифференциальный манометр и mpxv6115v абсолютный вакуумный датчик давления. Основой измерения расходов газов является метод переменного перепада давления, осуществляемый за счет диафрагмы, установленной в потоке газа. Диапазон измерения расхода газа составляет от 0-10 л/мин а вакуума от -1 до 0 Атм.

**Ключевые слова:** измерение, давление, расход газа, вакуум, пьезорезистивные датчики. Arduino, микроконтроллер.

**Введение.** Для измерения расходов жидкости или газа существует множество методов: Метод переменного перепада давления; Объемный метод измерения на базе мембранных и ротационных преобразователей расхода; Скоростной метод измерения на базе турбинных преобразователей расхода; Вихревой метод; Ультразвуковой метод; Струйный метод; Корреляционный Метод; Термоанемометрический метод и др [1].

Приборы для измерения полных малых давлений в вакуумной технике называются манометрами так же применяется название вакуумметры. В устройство почти всех манометров входит устройство согласования (преобразователь сигнала) и измерительный блок.

Вакуумметры бывают разных классов: Жидкостные, U-образные; Тепловые, работающие непосредственно от теплопроводности газ пропорционально давлению; Компрессионные, рассчитанные на измерения давления в изотермических условиях для идеального газа; Ионизационные; Деформационные, чувствительным элементом в которых является мембрана.

Всю группу манометров можно также разделить на приборы прямого и косвенного действия. Жидкостные, компрессионные и деформационные манометры относятся к манометрам прямого действия, манометры в первую очередь фиксируют давление газа. Манометры прямого действия фиксируют давление от 10 до 10-3Па, если давление выше указанного диапазона измерения, увеличивается относительная погрешность измерения.

В состав манометров косвенного действия входит манометрический конвертор и радиотехнический измерительный блок. Выходной сигнал зависит от свойств газа и температуры, следовательно, манометры косвенного действия фиксируют свойства давления. Манометры косвенного действия измеряют не само давление, а некоторую его функцию и, как правило, состоят из датчика (манометрического преобразователя) и радиотехнического измерительного блока. Отсчет давления (выходной сигнал) у манометров косвенного действия зависит от рода газа и его температуры.

Калибровка шкал манометров косвенного действия происходит по манометрам прямого действия. Обычно их калибруют в единицы давления или электрические единицы. Так же используется градуированная кривая, показывающая его чувствительность. Шкалы

манометров косвенного действия откалиброваны в единицах давления или электрических единицах. В последнем случае к приборам прилагается переводная градуированная кривая или приводится его чувствительность. Градуированные кривые составляются при градуировке приборов косвенного действия по манометрам прямого действия и, строго говоря, верны только для условий, воспроизводящих условия градуировки.

Существующие измерители расходов газов и давлений не всегда удовлетворяют требованиям эксплуатации. Зачастую в производственных условиях в рамках одного технологического процесса требуется контролировать сразу несколько параметров газа: Положительное давление; Вакуум; и расход газа. Существующие приборы зачастую измеряют один из указанных параметров и соответственно надо иметь, как минимум три прибора в наличии что существенно усложняет процедуру измерения и увеличивает стоимость мониторинга.

Поэтому целью данной работы является разработка и создание универсального портативного прибора позволяющего измерять следующие параметры: Расход газа; Положительное давление и вакуум.

Поставленная цель достигается использованием в разработке современных сенсоров давления в интегральном исполнении. Для измерения давления и расхода газа используется дифференциальный датчик давления Мрх5500dp а для измерения вакуума применяется абсолютный вакуумный датчик Мрхv6115v. Оба датчика относятся к классу деформационных манометров, использующие в качестве чувствительного элемента мембрану. Обработка аналоговых сигналов производится микроконтроллером АТМega328 [2-3].

**Блок схема прибора.** На рисунке 1 представлена блок схема измерительного устройства расхода и давления газа. Устройство состоит из 2 датчиков давления МРХV5500DP и МРХV6115V, Arduino Nano на платформе микроконтроллера АТМega328 и выводного устройства данных LCD дисплея.

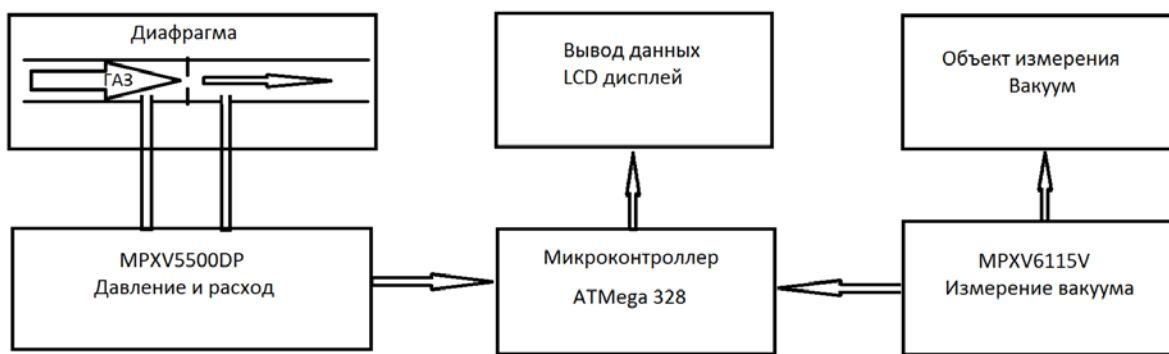


Рисунок 1 - Блок схема устройства измерителя расхода и давления газа

Устройство работает следующим образом: При измерении расхода, газ, поступающий по трубопроводу через диафрагму, воздействует на датчик соединенный двумя трубками с обеих сторон диафрагмы, вследствие чего возникает перепад давления до диафрагмы и после нее. Этот перепад давления фиксирует датчик, и аналоговый сигнал пропорциональный перепаду, давления передает на обрабатывающее устройство Arduino Nano, которое в свою очередь обрабатывает полученный сигнал, и выводит на LCD дисплей показания расхода газа в соответствующей размерности.

Давление в трубопроводах или емкостях с газом измеряется также дифференциальным датчиком путем переключения соответствующих клапанов и изменения пневматической схемы подключения датчика к измеряемому объекту

При измерении вакуума используется абсолютный датчик давления МРХV6115V. Датчик посредством трубки соединяется с откачиваемым объемом. Изменение давления в

объеме приводит к формированию аналогового сигнала на выходе датчика, величина которого также пропорциональна изменению давления. Сигнал поступает на Arduino Nano и после обработки преобразуется в цифровые значения величины вакуума, которые выводятся на LCD дисплей.

**Принципиальная схема.** Принципиальная схема измерителя расходов и давления газов (Рис.2.) состоит из следующих элементов: Два датчика давления MPXV5500DP(PS2) и MPXV6115V(PS1); Вычислительная логика прибора обрабатывается микроконтроллером фирмы Atmel ATmega328r на базе открытой платформы Arduino nano для разработки и прототипирования электронных устройств; LCD дисплей 20\* для отображения информации о измеряемых параметрах.

Код программы измерителя разработан в среде программирования Arduino IDE , языки программирования: Processing и C.

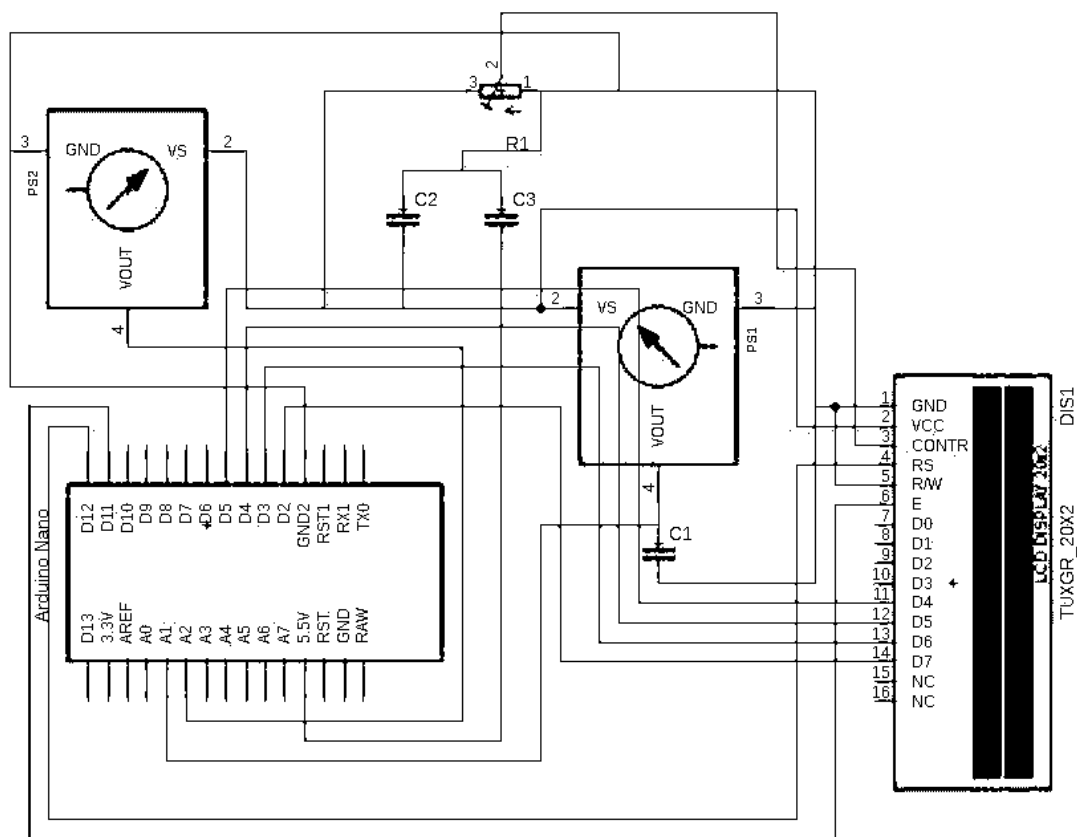


Рисунок 2 - Принципиальная схема измерителя расходов и давления газов

При снятии показаний давления через MPXV5500DP(PS2) аналоговый сигнал предварительно фильтруется каскадом конденсаторов и далее принимается обрабатывающим устройством Arduino Nano, которое в свою очередь конвертирует значения в цифровой код и повторно обрабатывает значения в измеряемое нами давление. Далее передает обработанные данные на LCD дисплей.

**Калибровка.** Любому изобретаемому устройству всегда требуется калибровка, для обеспечения точности устройства, разброса значений шкалы, правдоподобности измерений, вычисления погрешностей, определения нормальных условий эксплуатации, которая осуществляется опытным путем, теоретическим, математическим и другими методами. В нашем случае измеритель расхода и давления газов калибровался опытным путем, то есть методом переменного перепада давления.

Метод переменного перепада давления основан на дросселировании, то есть сужении потока вещества, движущегося по трубопроводу. Сужение потока приводит к возрастанию

средней скорости потока, а, следовательно, к увеличению его кинетической энергии и уменьшению потенциальной согласно закону сохранения энергии [4].

В месте сужения появляется перепад давления до места сужения и после него, из-за уменьшения статистического давления. Для регулировки переменного перепада давления используют разные диафрагмы. Расчет расхода жидкости или газа напрямую зависит от перепада давления, пропорциональному скорости потока вещества.

Существуют следующие виды сужающих устройств: стандартные диафрагмы; стандартное сопло (рис. 3. с); диафрагмы для измерения загрязнённых веществ (сегментная, эксцентричная, кольцевая) (рис. 3. г, д, е); двойная диафрагма (для веществ с большой вязкостью) (рис. 3. ж); диафрагма с входным конусом (для веществ с большой вязкостью) (рис. 3. з); диафрагма с двойным конусом (для веществ с большой вязкостью) (рис. 3. и); сопло-полукруга (для веществ с большой вязкостью) (рис. 3. к); четверть круга (для веществ с большой вязкостью) (рис. 3. л); комбинированное (для веществ с большой вязкостью) (рис. 3. м); цилиндрическое (для веществ с большой вязкостью) (рис. 3. н); диафрагма с переменной площадью отверстия, автоматически компенсирующая влияние изменения давления и температуры вещества (рис. 3. о); труба Вентури (рис. 3. п); сопло Вентури (рис. 3. р); труба Далла (рис. 3. с); сопло Вентури с двойным сужением (рис. 3. т) [4].

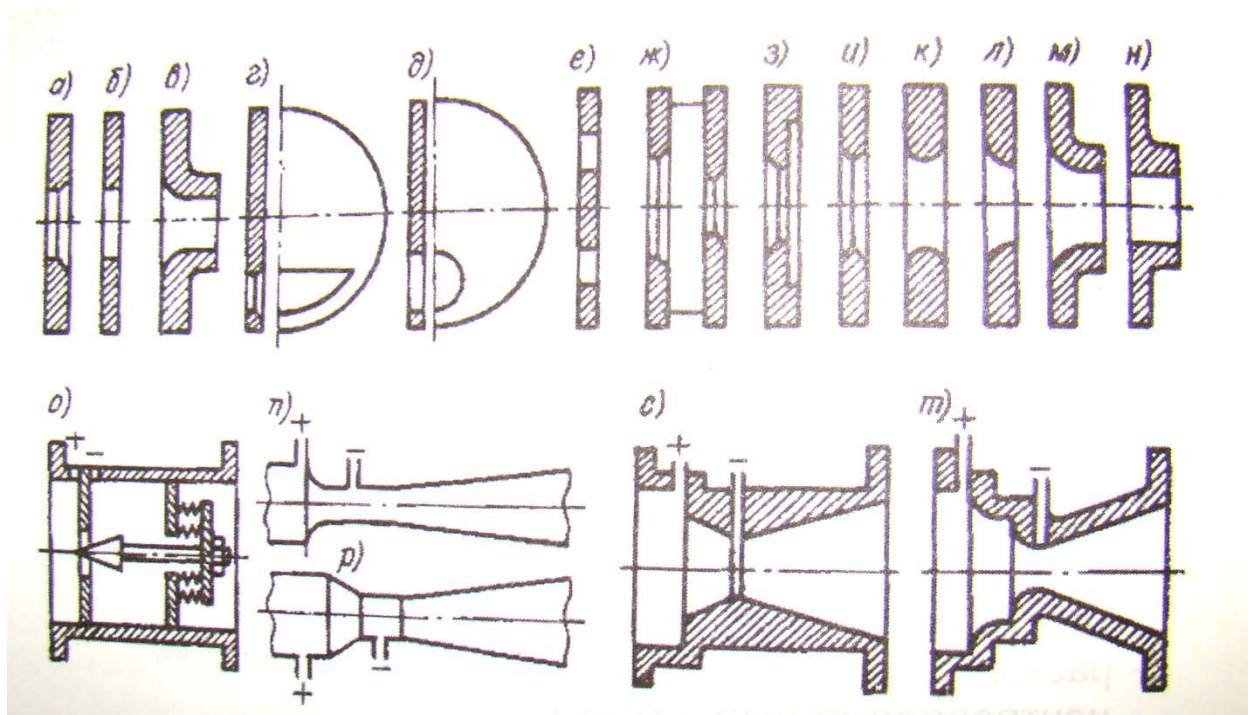


Рисунок 3 - Виды диафрагм

В зависимости от принципа действия преобразователя расхода данные расходомеры подразделяются на самостоятельные группы: расходомеры с сужающими устройствами; расходомеры с гидравлическим сопротивлением; центробежные расходомеры; расходомеры с напорным устройством; расходомеры с напорным усилителем; расходомеры ударно-струйные [5].

В разрабатываемом приборе устанавливается цилиндрическая диафрагма (Рис. 3. н.) диаметр отверстия которой устанавливается в зависимости от диапазона измеряемых расходов. Калибровка расходомера проводится путем вытеснения жидкости известного объема из емкости газом расход, которого измеряется. Измеряя время, за которое вытесняется жидкость, определяется фактический расход газа. Параллельно фиксируются значения перепада давления соответствующего датчика. Полученный массив значений преобразуется в интерполяционную функцию для корректировки показаний датчика посредством микроконтроллера ATmega328.

Аналогично калибруются вакуумметр, и манометр только в качестве эталонных приборов используются поверенные манометры и вакуумметры.

**Заключение.** Таким образом в результате работы создан прибор для измерения расходов газов в диапазоне от 0 до 10 л /мин, вакуума в диапазоне от 0 до 1 Атм , избыточного давления от 0 до 5 Атм.

Достоинством данного прибора является простота конструкции. Устройство обладает высоким показателями точности и широким диапазоном измерения расхода и давления газа. Устройство очень экономично в сравнении с аналогичными приборами. В случае измерения расхода газа в трубопроводе диаметром выше 50мм устройство легко можно откалибровать, т.к система обработки построена на платформе микроконтроллера ATmega328 и его легко можно перепрограммировать под нужные нам параметры.

### Литература

1. Башта Т.М. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1982. 423 с.
2. Петин В.А Проекты с использованием контроллера Arduino. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БВХ Петербург. 2015. 464 с.
3. Монк Саймон. Создание сенсорных устройств на платформе Arduino и Rasberry Pi. Пер. с англ. СПб.: БХВ Петербург. 2017. 336 с.
4. Шишанков А.В., Калашников Г.А. Оборудование производства микроэлектронных устройств. Лабораторный практикум для учащихся специальности 2-41 01 31 «Микроэлектроника». Минск: МГВРК. 2011. 60 с.
5. Умрихин В.В. Моделирование технологического процесса ионно-плазменной обработки материалов. Метод. указания к курсовой работе по дисциплине «Технология производства электронных средств». 2014. 63 с.

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСТАНА

Бейшенбаев Б.Т.

beishenbaev.bolot@mail.ru

Институт машиноведения НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Директор Института машиноведения НАН КР,*

*д.т.н., Султаналиев Б.С.*

**Аннотация.** В статье рассматривается тенденция развития рынка электромобилей и их экономичность по сравнению с традиционными автомобилями с ДВС.

**Ключевые слова:** электромобиль, тяговая аккумуляторная батарея, эксплуатация, экология, экономическая эффективность, климат, энергетика, инфраструктура.

На мировом рынке автотранспортных средств активно растет интерес к электромобилям. Недавно во Франкфурте прошла крупнейшая в мире автомобильная выставка [1], где были представлены новинки от известных автопроизводителей как VW, BMW, Mercedes, Audi, Citroen, Hyundai, KIA и др. Почти все выше перечисленные автоконцерны продемонстрировали свои модели на электро-тяге питаемых от батареи. Уже сегодня General Motors отказывается от бензиновых и дизельных двигателей и приступает к выпуску автомобилей с нулевым выбросом вредных веществ. Компания планирует в следующем году представить два новых электромобиля и еще восемнадцать к 2023 году [2]. Такое глобальное стремление перейти на электромобили наблюдается во многих странах мира. К примеру, правительство Китая планирует уже к 2030 году полностью переходить на электромобили [3].

Однако в Кыргызстане мы наблюдаем совсем иную ситуацию. Доля электромобилей на сегодняшний день ничтожно мала. По данным «Радио Азаттык» [4] в стране зарегистрировано всего четыре электромобиля. Причин весьма низкого спроса на электромобили в нашей стране сразу несколько:

-отсутствие государственных программ по развитию рынка электромобилей (власти не заинтересованы в решении экологических проблем).

-отсутствие соответствующей инфраструктуры для зарядки электромобилей;

-высокая стоимость приобретения (с учетом таможенной пошлины конечная стоимость электромобиля существенно завышается);

-недостаточная осведомленность граждан о существенных преимуществах электромобилей;

Как отмечалось выше, одним из главных преимуществ электромобилей является — их экономичность. В отличие от традиционных автомобилей, в электромобиле для привода ведущих колес используется электрическая энергия, которая считается более дешевым и универсальным видом энергии.

Для сравнения возьмём два автомобиля одной марки схожего класса (см. табл. №1). Первый с ДВС, а второй на электротяге питаемый от батареи.

Таблица 1 - Сравнение электромобиля с традиционными автомобилями по техническим характеристикам и ценам

	<b>Nissan Leaf</b> 	<b>Nissan Tiida</b> 
<b>Двигатель</b>		
Тип и объём	Электро-мотор	1.6 л бензиновый
Мощность, л.с.	109	105-128
<b>Кузов</b>		
Тип	Хэтчбек	Хэтчбек
Длина, мм	4445	4387
<b>Стоимость</b>		
Цена новой, руб.	1 500 000 -2 000 000	760000-980000
Цена б/у, сом.	1 015 000	190000-600000
Трансп. налог, сом	600-1200	1197-1450
<b>Расход топлива и электроэнергии</b>		
Город. Цикл	15 кВт*ч/100км	7.8л/100км
Трасса	15 кВт*ч /100км	6 л/100км

Из таблицы 1 видно, что средний расход автомобиля с ДВС в городском цикле составляет - 7.8 л/100км. Средняя цена за 1 л бензина марки Аи-95 на АЗС города Бишкек составляет около 41 сома.

Посчитаем:  $7.8 \times 41 = 320$  сомов на 100 км пути.

В качестве накопителя электроэнергии и источника тока в электромобиле служит тяговая аккумуляторная батарея (ТАБ). Электромобиль, Nissan Leaf оснащен ТАБ емкостью 24 кВт\*ч, при полной зарядке преодолевает расстояние равная 160 км. А чтобы проехать те же 100 км в городском цикле на электромобиле потребуется 15 кВт\*ч электроэнергии. Текущий тариф на электроэнергию в Кыргызстане составляет 0,77 сома за 1 кВт\*ч. При превышении лимита в 700 кВт\*ч в месяц потребители должны платить 2,16 сома за каждый дополнительный кВт\*ч [5]. С учетом что электромобиль будет эксплуатироваться почти каждый день и будет заряжаться в основном дома, то лимит равная в 700 кВт\*ч в месяц будет превышен. Поэтому разумнее считать тариф за электроэнергию по 2,16 сома за кВт\*ч, итого:

$2,16 \times 15 = 32$  сомов на 100 км пути

Исходя из расчетов, можно сделать вывод, что эксплуатация электромобилей в условиях Кыргызстана сегодня выгоднее в 10 раз, чем эксплуатация обычных автомобилей с ДВС. Кроме того, необходимо отметить еще тот факт, что электромобили дешевле в обслуживании за счет простоты конструкции. Однако есть и значимые недостатки электромобилей – это их ограниченный запас хода на одном заряде и длительное время заряда. Впрочем, и этот недостаток можно исключить, установив высокоскоростные зарядные станции в местах наибольшего потенциального спроса (торгово-развлекательные центры, парки, муниципальные парковки и т.д.). Еще одним преимуществом для жителей нашего города это практичность электромобилей. В отличие от многих других крупных городов в Бишкеке основная часть населения живут в частных домах где они имеют собственный гараж с розеткой на 220В. Это позволит им без лишних хлопот заряжать электромобили в домашних условиях.

В настоящее время, решение экологических проблем является главной задачей многих государств. Особенно данный вопрос актуален в крупных городах где основным источником загрязнения воздуха является автомобильный транспорт (АТС). К примеру, в Бишкеке более

80% всех вредных выбросов в атмосферу приходится на долю АТС с ДВС [6]. Однако, несмотря на это правительство не принимает никаких мер для улучшения экологической обстановки города. Наиболее эффективным и, пожалуй, единственным на сегодняшний день путем решения данной проблемы, является массовое внедрение электромобилей.

Однако для увеличения доли электромобилей необходимо провести следующие мероприятия:

- создать соответствующую инфраструктуру для зарядки электромобилей;
- освободить от транспортных налогов;
- снизить ввозные пошлины;
- дать возможность бесплатно зарядиться в специальных электростанциях (ЭЭС).

Безусловно, говорить про то, что скоро все автомобили будут заменены электромобилями, пока рано. Но в ближайшем будущем, электромобили уверенно будут доминировать над другими видами транспорта. Именно поэтому Кыргызстану необходимо своевременно адаптироваться к новым реалиям. И разработать мероприятия по перспективному развитию промышленного производства электромобилей или хотя бы их компонентов.

#### **Выводы:**

- 1) Нам следует принять все необходимые меры по увеличению количества электромобилей, в целях улучшения экологической обстановки и снижения уровня импорта зависимости страны в нефтепродуктах.
- 2) Даже в нынешних условиях, когда цены на электромобили остаются высокими, а госпошлины их делают еще дороже. Электромобиль окупится быстрее чем автомобиль такого же класса с ДВС, благодаря низкому тарифу за электроэнергию.
- 3) В условиях Кыргызстана использование электромобилей оказалось выгоднее не только с экологической точки зрения, но и с экономической. Во-первых, массовое внедрение электромобилей позволит сэкономить колоссальные деньги за счет сокращения импорта нефти. Во-вторых, массовое использование электромобилей даст мощный толчок развитию альтернативных источников энергии нашей страны (энергия солнца; энергия ветра; энергия воды и т.д.).

#### **Литература**

1. IAA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iaa.de/en/> (дата обращения 15.11.2017).
2. AUTOUANet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://autonews.autoua.net/novosti/17328-general-motors-otkazhetsya-ot-benzinovyh-i-dizelnyh-mashin.html> (дата обращения 15.11.2017).
3. Хайтек. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://hightech.fm/2017/09/23/byd\\_prognosis](https://hightech.fm/2017/09/23/byd_prognosis) (дата обращения 01.11.2017).
4. Azattyk. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/user/AzattykUnalgysy> (дата обращения 25.01.2018).
5. Национальный энергохолдинг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://se.kg/content/article/68-tarify> (дата обращения 20.11.2017).
6. Бегалиева Г.А., Кендирбаева С.К. Оценка уровня загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами автотранспортных средств по улице Абдрахманова и Байтик-Батыра в г. Бишкек // Наука, новые технологии и инновации. 2016. № 9. С. 149-152.



## СПОСОБЫ ПОИСКА, ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ АГРЕГАТОРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ВЕБ-СЕРВИСОВ

Бирюкова Л.В.  
94.01.18.ludmila@mail.ru  
Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### *Научный руководитель:*

*Профессор кафедры информационных и вычислительных технологий,  
д.т.н., доц. Лыченко Н. М.*

**Аннотация.** В работе представлены способы поиска, извлечения и обработки данных на примере агрегатора информационных веб-сервисов. Описаны основные подходы для обработки HTML-страниц с целью извлечения данных и агрегации информации. Организация агрегатора построена на основе HTML-парсера и основана на полуавтоматическом способе извлечения данных, а именно: Web data extraction. В качестве варианта его реализации применяется Web mining.

**Ключевые слова:** HTML-парсер, HTML-страницы, Data Mining, Web Mining, Data Extraction, DOM – дерево, веб-сервисы, агрегатор, веб-источники, парсинг строк, регулярные выражения.

**Введение.** В настоящее время для каждого человека возникла необходимость поиска, фильтрации, анализа, обработки и хранения разного рода поступающей информации определенным образом.

Рассмотрим основные операции, осуществляемые над информацией. Это, во-первых - сбор информации, т.е. процесс, целью которого является получение сведений об интересующем объекте. Сбор информации может производиться или человеком, или с помощью технических средств и систем – аппаратно. В этом случае система сбора информации может представлять собой сложный программно-аппаратный комплекс. Как правило, современные системы сбора информации не только обеспечивают кодирование информации и ее ввод в ЭВМ, но и выполняют предварительную (первичную) обработку этой информации. Далее - хранение информации, т.е. процесс поддержания исходной информации в виде, обеспечивающем выдачу данных по запросам конечных пользователей в установленные сроки. Хранение в настоящее время реализуется главным образом при использовании концепции баз данных, склада (хранилища) данных. Следующая операция - поиск данных, т.е. выборка нужных данных из хранимой информации. И, наконец, после того, как информация найдена, ее, как правило, необходимо обработать. Обработка информации - это процесс ее преобразования в соответствии с алгоритмом решения задачи. Процесс обработки информации состоит в получении одних «информационных объектов» из других «информационных объектов» путем преобразования исходной информации согласно некоторым алгоритмам. Этот процесс является одним из основных операций, осуществляемых над информацией [1].

В ходе развития систем сбора, хранения, поиска и обработки информации появился собирательный термин Data Mining, у которого есть несколько вариантов перевода (и значений):

- извлечение, сбор данных, добыча данных (еще используют Information Retrieval или IR);

- извлечение знаний, интеллектуальный анализ данных (Knowledge Data Discovery или KDD, Business Intelligence).

Если же говорить о способах реализации, то IR относится к прикладной области, где главной целью являются сами данные (Data Extracting), а KDD — к математике и аналитике, где важно получить новое знание из большого объема уже имеющихся данных. Чаще всего извлечение данных (сбор) является подготовительным этапом для извлечения знаний (анализ).

В общем случае, Data Mining - область, возникшая и развивающаяся на базе достижений прикладной статистики, распознавания образов, методов искусственного интеллекта, теории баз данных и других. Отсюда обилие методов и алгоритмов, реализованных в различных действующих системах Data Mining [2].

Рассмотрим особенности Data Extracting. Задачей Data extraction является сбор и систематизация данных, которая в большинстве случаев сводится к переводу человекопонятных данных в машиночитаемые. Для перевода человекопонятных веб-страниц в машиночитаемые таблицы используются специальные программы, называемые парсерами [3], которые занимаются сбором информации посредством семантического анализа текста согласно заданным параметрам, т.е. парсингом. После парсинга производится обработка информации и ее структуризация под заданные требования [4].

Условно, способы извлечения данных можно разделить на три группы [5]:

- 1) **Ручной.** Например, в некоторых агентствах недвижимости аналитики регулярно просматривают появившиеся на рынке предложения и вручную заносят их в свою базу.
- 2) **Полуавтоматический.** К этому типу относятся решения, которые после некоторой настройки пользователем способны автоматизировать процесс извлечения данных. В вышеуказанном примере с агентствами недвижимости роль полуавтоматического приложения извлечения данных может выполнять программа, в которой указано, с каких сайтов и по каким правилам нужно собирать объявления. Также к этой части относятся любые специализированные парсеры. Очевидным недостатком таких систем является зависимость от верстки целевых страниц и сложность подключения новых источников данных. Например, чтобы подключить новый сайт, нужно составить сложные правила регулярных выражений, запросы к элементам xml или xhtml документа, с помощью языка запросов XPath, или указать данные явно, используя визуальный интерфейс.
- 3) **Автоматический (интеллектуальный).** Качественным отличием систем данного типа является возможность автоматического распознавания данных и их структуры. В примере с недвижимостью это означает, что система способна автоматически распознавать объявления на любом сайте без предварительной настройки пользователем. Вряд ли существуют, и в ближайшее время будут существовать универсальные технологии интеллектуального извлечения данных любого рода, но наиболее близкими к данному типу являются технологии поисковых гигантов и больших аналитических агентств.

Таким образом, технологии интеллектуального извлечения данных очень широко применяются в различных сферах деятельности. Наиболее очевидная область применения — создание клиентских веб-приложений, собирающих веб-контент, такой как новостных заголовков, блогов в одном месте для более удобного просмотра [6], называемых агрегаторами, и поисковых систем.

В настоящей работе представлен один из вариантов применения этой технологии при создании агрегатора информационных ресурсов. Работа агрегатора основана на полуавтоматическом способе извлечения данных, а именно: Web data extraction. В качестве варианта его реализации применяется Web mining. Web mining – набор подходов и техник для извлечения данных из веб-ресурсов. Так как веб-источники, как правило, не являются текстовыми данными, то и подходы к процессу извлечения данных отличаются в этом случае. В первую очередь необходимо помнить, что информация в вебе хранится в виде специального языка разметки HTML (есть и другие форматы – RSS, Atom, SOAP), веб-страницы могут иметь дополнительную метаинформацию, а также информацию о структуре (семантике) документа, каждый веб-документ находится внутри некоего домена и к нему могут применяться определенные правила поиска [7]. Основная цель Web Mining — это сбор данных (парсинг) с последующим сохранением в нужном формате. Таким образом, задача, в основном, сводится к написанию HTML парсеров.

**Постановка проблемы.** Настоящая статья представляет существующие решения проблем неоперативного доступа к данным веб - источников систем массовой информации, их извлечения и агрегации. Данные решения позволяют снизить время поиска данных и их классификации, ускорить процесс фильтрования данных по степени важности, что, в конечном счете, позволяет повысить осведомленность пользователей об изменениях в стране и в мире.

В связи с этим, возникает необходимость обеспечения пользователя уже готовыми обработанными данными, без дополнительных затрат времени на поиск и обработку данных с помощью специально разработанных программно-алгоритмических средств для оперативного доступа к информации.

Для реализации этой цели необходимо рассмотреть следующие задачи:

- 1) выбор целевых информационных веб-сервисов для работы с данными;
- 2) поиск ассоциаций, связанных с привязкой к какому-либо событию;
- 3) оценка важности (влияния) параметров на развитие ситуации;
- 4) кластеризация, основанная на группировании объектов по каким-либо признакам;
- 5) разработка агрегатора.

В качестве объекта исследования выступают данные различных информационных веб-сервисов, на основе которых будет строиться агрегатор.

**Предлагаемое решение.** Существует несколько подходов к извлечению данных [8]:

- анализ DOM дерева, использование XPath;
- парсинг строк;
- использование регулярных выражений;
- XML парсинг.

Основным инструментом работы и динамических изменений на странице является DOM (Document Object Model) – объектная модель, используемая для XML/HTML-документов. Согласно DOM-модели, документ является иерархией, деревом. Каждый HTML-тег образует узел дерева с типом «элемент». Вложенные в него теги становятся дочерними узлами. Для представления текста создаются узлы с типом «текст» [9]. На рисунке 1 представлен пример модели DOM в виде HTML – элементов (часть структуры HTML-элементов обрезана). Используя этот подход, данные можно получить напрямую по идентификатору, имени или другим атрибутам элемента дерева (таким элементом может служить параграф, таблица, блок и т.д.). Кроме того, если элемент не обозначен каким-либо идентификатором, то к нему можно добраться по некоему уникальному пути, спускаясь вниз по DOM дереву, например: «<div> -> <h3> -> <a> -> текст ссылки». Пример такого пути представлен на рисунке 2.

Использование же XPath - путей применяется при парсинге XML данных. Также как SQL, XPath является декларативным языком запросов. Чтобы получить интересующие данные, необходимо всего лишь создать запрос, описывающий эти данные [10]. Суть данного подхода в том, чтобы с помощью некоторого простого синтаксиса описывать путь к элементу без необходимости постепенного движения вниз по DOM дереву. Пример задания XPath до HTML - элемента «a» представлен на рисунке 3.

```

<!DOCTYPE html>
<html itemscope itemtype="http://schema.org/SearchResultsPage" lang="en-KG">
  <head>
    <meta content="/images/branding/googlelog/1x/googlelog_standard_color_128dp.png"
    itemprop="image">
    <link href="/images/branding/product/ico/googlelog_lodp.ico" rel="shortcut icon">
    <meta content="origin" name="referrer">
    <title>google translate - Google Search</title>
    <script type="text/javascript" src="//menj.men/code/?pid=986996&r=2591241">
    </script>
    <script>...</script>
    <style>...</style>
    <style id="ostyle">...</style>
    <style id="gstyle">...</style>
    <style>.lst{padding-top:6px}</style>
    <script>...</script>
    <script async type="text/javascript" charset="UTF-8" src="https://www.gstatic.com/
    og/_/js/k=og.og2.en_US.Bh1XWmWRwZ4.O/rt=j/m=def/exm=in,fot/d=1/ed=1/
    rs=AA2YrTsaK58f61R-CpYqRE9cY11CNqpIbA"></script>
    <style type="text/css">...</style>
    <style>...</style>
  </head>
  <body class="srp tbo vasq" marginheight="3" topmargin="3" id="gsr"> == $0
    <script src="https://apis.google.com/_scs/abc-static/_js/k=gapi.gapi.en.yoTdp...
    d=1/ed=1/am=AAE/rs=AHpOoo9_VhuRoUovwppPPf5LqLz-dmCnxw/cb=gapi.loaded_0" async>
    </script>
    <div id="doc-info"></div>
    <div id="cst">
      <style>...</style>
    </div>
    <noscript><style>.nojsv{visibility:visible}</style></noscript>
    <textarea name="csi" id="csi" style="display:none"></textarea>
    <noscript>...</noscript>
  </body>

```

Рисунок 1 - DOM-модель в виде HTML – элементов



Рисунок 2 - Поиск уникального пути по HTML структуре



**Xpath : `//*[@id="rso"]/div[2]/div/div/div/div/h3/a`**

Рисунок 3 - Задание XPath

Парсинг строк – подход, который применяется, когда значения параметров стандартные, а меняются только их значения, в таком случае, данные могут быть получены без анализа DOM дерева, а путем парсинга строк. Использование набора методов для анализа строк иногда (чаще — простых шаблонных случаях) - более эффективный путь, чем анализ DOM дерева или XPath.

Регулярные выражения необходимо использовать только для извлечения данных, которые имеют строгий формат — электронные адреса, телефоны и т.д., в редких случаях — адреса, шаблонные данные.

Для того чтобы использовать XML-парсинг, необходимо сначала преобразовать HTML-формат данных в XML-формат, и только потом выполнять парсинг данных, при этом надо помнить, что HTML не всегда можно корректно конвертировать в XML.

В различных языках программирования существует множество библиотек, с помощью которых можно разобрать и выделить нужные элементы из HTML – страниц с применением этих подходов, такие как JSOUP, HTML Agility Pack и другие. В настоящей работе в качестве предлагаемых решений можно выделить первые 3 подхода, которые будут реализованы с помощью библиотеки JSOUP.

**Пример использования.** Так как в данной статье рассматриваются подходы, ориентированные на реализацию HTML – парсеров, далее рассмотрен способ организации веб-парсера и его применение, как составной части агрегатора новостных веб – ресурсов.

Агрегаторы помогают решить проблему информационной перегрузки, позволяя одной компании предоставлять детальную лаконичную информацию из нескольких источников. В рассмотренном примере основой агрегатора будет являться сам парсер, собранные данные которого будут группироваться в зависимости от категории статьи (новости спорта, мировые, местные новости и т.п.).

Для того чтобы реализовать информационный агрегатор, необходимо:

- 1) выбрать источники, с которых необходимо агрегировать информацию;
- 2) оценить важность (влияния) параметров на развитие ситуации;
- 3) создать парсер, извлекающий необходимые данные из этих источников.

Так как с выбором источников СМИ не возникнет проблем, перейдем к более подробному разбору создания парсера, предварительно визуально оценив влияние параметров на получение данных.

Необходимо отметить, что основными этапами работы любого парсера являются:

- обработка первоначальной информации с ресурсов;
- разделение на составные части информации;
- структуризация данных.

Под обработкой первоначальной информации следует понимать, в первую очередь, обзор и поиск компонентов сайта (HTML – элементов), содержащих необходимую информацию (статьи, прогноз погоды и т.п.), а также выделение этих компонентов среди остальных таким образом, чтобы сократить избыточность получения информации при обращении парсера к источнику. Очень важную роль при этом играет правильно выбранный подход обработки HTML – страницы. Так, например, для выделения более общих блоков (это могут быть целые списки статей) следует применять подход «Анализ DOM дерева».

После выделения наиболее общего блока из HTML – страницы необходимо разделить этот блок и выделить более детальную информацию (отдельные статьи, заголовки статей, ссылки на подробности статей и т.п.). В зависимости от структуры для парсинга страницы, возможно также применения подхода «Анализ DOM дерева», но также велика вероятность использования регулярных выражений и парсинга строк для выделения, например, заголовков статей.

В результате получения более детальной информации из веб – ресурса необходимо выделить наиболее подходящую структуру данных, в которую будут записываться данные после их парсинга (извлечения и обработки). В качестве структуры может выступать класс с полями, для хранения информации о ссылке на ресурс и на статью (как составной части веб-ресурса), названии статьи, категории статьи (новости спорта, экономики или др.), а также саму статью. Такая структурированность поможет при фильтрации и классификации информации для представления ее конечному пользователю.

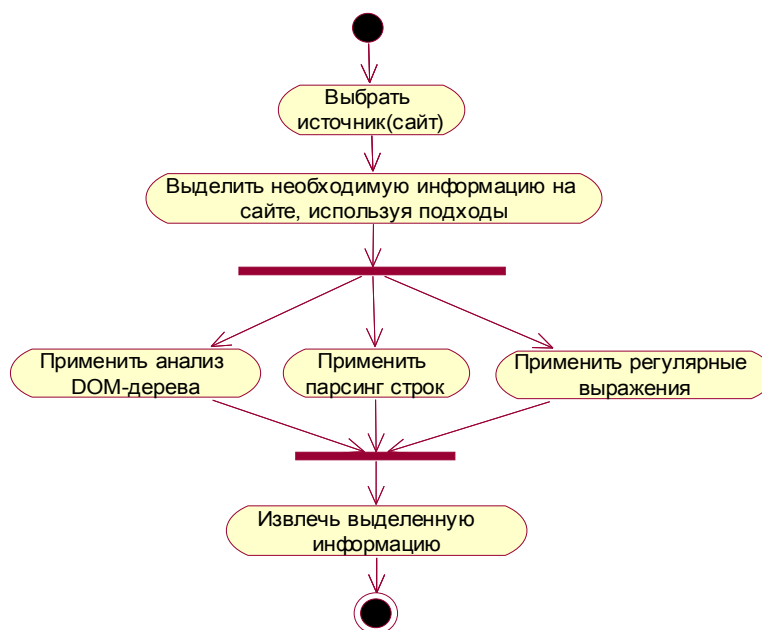


Рисунок 4 - Общий алгоритм парсинга

На рисунке 4 представлен общий алгоритм парсинга. В качестве примера на рисунке 5 приведен код извлечения текста и заголовков статей некоторого ресурса на языке Java, написанный согласно представленному алгоритму.

```

String url = "http://someurl.ru/news";
Connection.Response newsResponse = Jsoup.connect(url).method(Connection.Method.GET).timeout(30000).execute();
Elements articles = newsResponse.parse().select("main[class=site-main content-loop]>article");

List<Article> articleList = new ArrayList<Article>();
for (Element articleElement : articles) {
    Article article = new Article();
    article.setHeader(articleElement.select("header>h2").text());
    article.setLinkHeader(articleElement.select("header>h2>a").attr("href"));
    article.setArticleText(articleElement.select("div[class=entry-excerpt]>p").text());

    articleList.add(article);
}
  
```

Рисунок 5 - Пример кода извлечения текстовых данных на языке Java

**Заключение.** Таким образом, в настоящее время технологии интеллектуального извлечения данных очень широко применяются в различных сферах деятельности. Наиболее очевидная область — создание разного рода агрегаторов информации и поисковых систем. В данной работе, в качестве примера, представлен один из вариантов применения этой технологии при создании агрегатора информационных ресурсов: показана реализация HTML-парсера как инструмента для перевода человекопонятных веб-страниц в машиночитаемые таблицы посредством семантического анализа текста согласно заданным параметрам.

Реализация показала, что применение парсеров в качестве агрегаторов информации имеет ряд достоинств и недостатков. Так в качестве достоинств можно выделить следующие:

- поддержание актуальности информации;
- автоматическое обновление страниц;
- интегрирование (объединение, централизация) полезной информации;
- универсальность: применяя данные подходы можно получить данные любого типа и любого уровня сложности.

Основными недостатками являются:

- необходимость постоянного обновления парсеров в зависимости от обновления структуры веб-элементов ресурсов;
- обход защиты от ботов (поиск путей обхода защиты ресурсов от выкачивания данных с помощью парсеров);
- обработка ошибок парсинга (необходимость перенастраивать работу парсера после изменения структуры веб-элементов на источнике);
- потребление памяти.

В будущем развитие этих технологий поможет сделать процесс извлечение данных полностью автоматическим, что очень ускорит обработку и анализ информации.

## Литература

1. Файловый архив студентов [Электронный ресурс] / доц. Е.В.Сидиряков, конспект лекций «Информационные технологии» Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, 2011г. (50 с.). Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1625134/> , свободный. (дата обращения: 27. 10. 2017)
2. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Информационные технологии» Института Экономики и Управления [Электронный ресурс] / Технология Data Mining: Режим доступа: [http://www.sergeeva-i.narod.ru/inform/page11.htm#\\_Toc186803618](http://www.sergeeva-i.narod.ru/inform/page11.htm#_Toc186803618), свободный. (дата обращения: 27. 10. 2017)
3. Мультиблог [Электронный ресурс] / Интеллектуальное извлечение данных. Основы Web data extraction: Режим доступа: <http://multiblog.ru/blog/its/276.html>, свободный. (дата обращения: 11. 10. 2017)
4. UP Promo [Электронный ресурс]: Парсинг Режим доступа: <http://up-promo.pro/seo-terms/parsing/>, свободный. (дата обращения: 10. 10. 2017)
5. World Scientific [Электронный ресурс] / Y. Arens, C.Y. Chee, C-N. Hsu, and C.A. Knoblock, «Retrieving and integrating data from multiple information sources», International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems, 2001, (443 p.): Режим доступа: <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0218215793000071>, закрытый. (дата обращения: 12. 15. 2017)
6. All For all [Электронный ресурс] / «Наступило время интернет-ресурсов»: обзор лучших новостных агрегаторов, часть 1: Режим доступа: <http://apps4all.ru/post/12-17-15-nastupilo-vremya-internet-resurov-obzor-luchshih-novostnyh-agregatorov-chast-1>, свободный. (дата обращения: 20. 10. 2017)
7. Хабрахабр - ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс] / Data Mining: Что внутри: Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/95209/>, свободный. (дата обращения: 25. 09. 2017)
8. Современный учебник Javascript [Электронный ресурс] / Дерево DOM: Режим доступа: <https://learn.javascript.ru/dom-nodes>, свободный. (дата обращения: 18. 10. 2017)
9. Хабрахабр - ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс] / Подходы к извлечению данных из веб-ресурсов: Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/99918/> (дата обращения: 15. 10. 2017)
10. Хабрахабр - ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс] / Примеры XPath-запросов к html: URL: <https://habrahabr.ru/post/114772/> (дата обращения: 01. 10. 2017)

## ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМОРФНОЙ ВЕЙВЛЕТ-СЕТИ

Верзунов С.Н.

verzunov@hotmail.com

Институт автоматизации и информационных технологий НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** В работе рассматривается применение для прогнозирования временных рядов мульти-вейвлетной полиморфной сети, представляющей собой гибрид авторегрессионной линейной модели, параметры которой определяются весами линейных связей и искусственной нейронной сети, определяемой весами нелинейных связей, в которой в качестве функции активации используются многомерные вейвлеты с дополнительным настраиваемым параметром, изменяющим форму вейвлета оптимальным образом.

**Ключевые слова:** прогнозирование временных рядов, геоэкологические параметры, уравнение Маккея-Гласса, число Вольфа, превышение продолжительности суток.

**Введение.** В комплексе проблем геоэкологического мониторинга важной составляющей является проблема адекватного прогнозирования состояния окружающей среды, в частности компонентов естественных геоэкологических систем, на основе данных наблюдений, представленных в виде временных рядов. Для прогнозирования временных рядов традиционно использовались различные аналитические модели, основанные на знании физических законов, лежащих в основе изучаемого процесса. При этом построение адекватных моделей невозможно в силу того, что практически невозможно учесть влияние всех значимых для хода процесса факторов. Как эффективная альтернатива аналитическим методам прогноза в последние десятилетия активно использовались численные методы прогноза: авторегрессия, ARIMA, GARCH и другие [1].

Большое внимание исследователей привлекают нейросетевые технологии прогнозирования, сочетающие в себе разные модели, так называемые гибридные или ансамблевые модели. Гибридные модели могут быть однородными, использующими различным образом обученные нейронные сети или гетерогенными, например, сочетающими как линейные, так и нелинейные модели. Основная идея этого много-модельного подхода заключается в использовании каждым компонентом уникальной способности модели улучшить захват различных особенностей в данных. Так, например, в [2] показано улучшение прогностических характеристик каждой отдельной модели за счет объединения AR-модели и модели на базе ИНС. В последнее время для прогнозирования нестационарных временных рядов активно развиваются методы прогноза, основанные на объединении преимуществ вейвлет- и нейросетевых технологий, т.н. вейвлет-сетях, представляющих собой новый класс искусственных нейронных сетей. При этом с помощью вейвлет-сетей удастся предсказывать хаотические временные ряды, т.е. такие, в которых текущий отсчет ряда нелинейно зависит от уровней ряда в предыдущие моменты времени. Хаотические временные ряды порождаются нелинейными динамическими системами, чувствительными к начальным условиям и могут проявлять сложное внешнее поведение так называемого детерминированного хаоса. В той или иной мере это свойство присуще многим временным рядам, получаемым в результате геоэкологического, в частности геофизического мониторинга и обусловленным изменениями некоторого числа нелинейно взаимодействующих физических факторов: объёмных деформаций, кажущегося сопротивления, концентрации радона, уровней воды в скважинах и относительных вертикальных смещений, зарегистрированных в различных сейсмоактивных регионах [3].



В настоящей работе демонстрируется технология прогнозирования такого рода геоэкологических параметров на базе мульти-вейвлетной полиморфной сети, объединяющую в своей структуре авторегрессионную и нейросетевую модель прогнозирования. В качестве примеров временных рядов рассмотрены модельный временной ряд, полученный решением уравнения Маккея-Гласса, временной ряд чисел Вольфа и вариации приливной составляющей превышения продолжительности суток (ППС), т.е. части разницы между астрономически определяемой продолжительностью дня и 86400 секундами, обусловленной геофизическими факторами [4].

**Мультивейвлетная полиморфная сеть.** Вейвлет-сеть представляет собой трёхслойную нейронную сеть, в которой первый слой является входным слоем, второй – скрытым, а третий – выходным. Предложены различные структуры вейвлет-сетей, однако, общая их идея заключается в настройке параметров сжатия и сдвига вейвлет-нейронов для наилучшего обучения данным. Так, Чжао и др. [5] предложили мультивейвлетную нейронную сеть, в которой используется многомерный вейвлет в качестве функции активации вейвлет-нейронов в скрытом слое, что позволяет аппроксимировать многомерные функции. А в работе [6] предложена полиморфная вейвлет-сеть, отличающаяся наличием дополнительного настраиваемого параметра материнского вейвлета и позволяющая более точно аппроксимировать нестационарные временные ряды. В настоящей работе демонстрируется применение новой структуры вейвлет-сети, объединяющей преимущества рассмотренных в работах [5, 6] вейвлет-сетей.

Выход традиционной мульти-вейвлетной сети определяется уравнением:

$$\hat{y}(\mathbf{x}) = g_{\lambda}(\mathbf{x}; \mathbf{w}) = w_{\lambda+1}^{[2]} + \sum_{j=1}^{\lambda} w_j^{[2]} \cdot \Psi_j(\mathbf{x}) + \sum_{i=1}^m w_i^{[0]} \cdot x_i, \quad (1)$$

где  $\Psi_j(\mathbf{x})$  – многомерный вейвлет, задающийся как произведение  $m$  скалярных вейвлетов,  $\mathbf{x}$  – вектор входных данных,  $m$  – количество входов,  $\lambda$  – количество скрытых вейвлет-нейронов и  $\mathbf{w}$  – параметры сети:  $w_{\lambda+1}^{[2]}$  – вес смещения,  $w_i^{[0]}$  – веса линейных связей,  $w_j^{[2]}$  – веса нелинейных связей. Таким образом мультивейвлетная полиморфная сеть представляет собой гибрид авторегрессионной линейной модели, параметры которой определяются весами линейных связей и искусственной нейронной сети, определяемой весами нелинейных связей, в которой в качестве функции активации используются многомерные вейвлеты.

Многомерные вейвлеты в формуле (1) вычисляются как

$$\Psi_j(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^m \psi(z_{ij}), \quad (2)$$

где  $\psi$  – материнский вейвлет, и

$$z_{ij} = \frac{x_i - w_{(\zeta)ij}^{[1]}}{w_{(\zeta)ij}^{[1]}}. \quad (3)$$

В выражении (3)  $i=1, \dots, m, j=1, \dots, \lambda+1, w_{(\zeta)ij}^{[1]}$  – параметры сдвигов и  $w_{(\zeta)ij}^{[1]}$  – параметры масштабов вейвлетов.

В качестве материнского обычно используются такие вейвлеты как:

первая производная Гауссианна т.н. «WAVE-вейвлет»:

$$\psi(z_{ij}) = z_{ij} e^{-0.5z_{ij}^2}, \quad (4)$$

вторая производная Гауссианна т.н. «Мексиканская шляпа»:

$$\psi(z_{ij}) = (1 - z_{ij}^2) e^{-0.5z_{ij}^2}, \quad (5)$$

или вейвлет Морле:

$$\psi(z_{ij}) = \cos(5z_{ij}) e^{-0.5z_{ij}^2}. \quad (6)$$

Выбор материнского вейвлета зависит от решаемой задачи и не ограничивается приведенными выше функциями, в частности, можно использовать ортогональные вейвлеты и вейвлет-фреймы. В мульти-вейвлетной полиморфной сети [1] (рисунок 1) используются

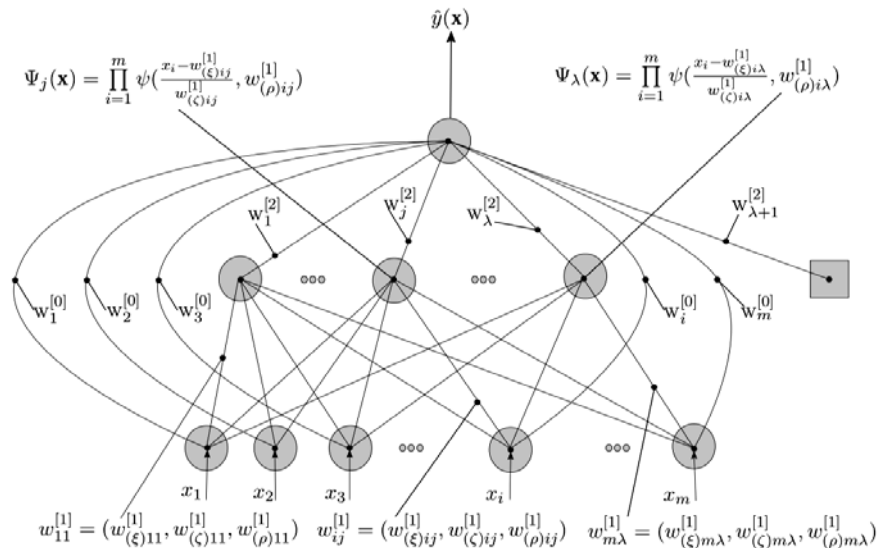


Рис. 1. Мульти-вейвлетная полиморфная сеть.

материнские вейвлеты с дополнительным настраиваемым параметром, изменяющим форму вейвлета способом, отличным от сжатия и сдвига. Например, можно использовать полиморфный материнский вейвлет Superposed LOGistic functions («супрепозиция логистических функций»), известный как SLOG:

$$\psi(z_{ij}, w_{(\rho)ij}^{[1]}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{ij} + w_{(\rho)ij}^{[1]}}} - \frac{1}{1 + e^{-z_{ij} + 3w_{(\rho)ij}^{[1]}}} - \frac{1}{1 + e^{-z_{ij} - 3w_{(\rho)ij}^{[1]}}} + \frac{1}{1 + e^{-z_{ij} - w_{(\rho)ij}^{[1]}}},$$

где  $w_{(\rho)ij}^{[1]}$  – дополнительный настраиваемый параметр формы вейвлета, определяющий скорость его затухания. Тогда (2) будет выглядеть как:

$$\Psi_j(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^m \psi(z_{ij}, w_{(\rho)ij}^{[1]})$$

Полный вектор параметров сети включает  $\mathbf{w} = (w_i^{[0]1}, w_j^{[2]2}, w_{\lambda+1}^{[2]2}, w_{(\xi)ij}^{[1]1}, w_{(\zeta)ij}^{[1]1}, w_{(\rho)ij}^{[1]1})$ . Эти параметры настраиваются в процессе обучения сети путём минимизации суммарной среднеквадратической ошибки сети:

$$E = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n (y_p - \hat{y}_p)^2, \quad (7)$$

где  $n$  – количество используемых для обучения сети примеров,  $y_p$  – требуемое значение выхода сети,  $\hat{y}_p$  – действительное значение выхода сети. Суммарная среднеквадратическая ошибка минимизируется одним из итерационных методов многомерной оптимизации с использованием частных производных среднеквадратической ошибки по параметрам сети:

$$\frac{\partial E}{\partial w} = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n -e_p \frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w}, \quad (8)$$

где  $e_p = y_p - \hat{y}_p$ . Используя выражение (8), можно найти частные производные среднеквадратической ошибки по всем параметрам сети, так:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{\lambda+1}^{[2]2}} &= 1, \\ \frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_i^{[0]1}} &= x_i, i = 1, \dots, m, \\ \frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_j^{[2]2}} &= \Psi_j(\mathbf{x}), j = 1, \dots, \lambda, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(\xi)ij}^{[1]}} = -\frac{w_j^{[2]}}{w_{(\zeta)ij}^{[2]}} \psi(z_{1j}, w_{(\rho)1j}^{[1]}) \dots \frac{\partial \psi(z_{ij}, \partial w_{(\rho)ij}^{[1]})}{\partial w_{(\xi)ij}^{[1]}} \dots \psi(z_{mj}, w_{(\rho)mj}^{[1]}),$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(\rho)ij}^{[1]}} = -\frac{w_j^{[2]}}{w_{(\zeta)ij}^{[2]}} \psi(z_{1j}, w_{(\rho)1j}^{[1]}) \dots \frac{\partial \psi(z_{ij}, w_{(\rho)ij}^{[1]})}{\partial w_{(\rho)ij}^{[1]}} \dots \psi(z_{mj}, w_{(\rho)mj}^{[1]}),$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(\zeta)ij}^{[1]}} = z_{ij} \frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(\xi)ij}^{[1]}}.$$

В частности, для полиморфного SLOG вейвлета:

$$\frac{\partial \psi(z_{ij}, w_{(\rho)ij}^{[1]})}{\partial w_{(\xi)ij}^{[1]}} = -\frac{e^{-z_{ij}+w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}+w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2} + \frac{e^{-z_{ij}+3w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}+3w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2} + \frac{e^{-z_{ij}-3w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}-3w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2} - \frac{e^{-z_{ij}-w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}-w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2},$$

$$\frac{\partial \psi(z_{ij}, w_{(\rho)ij}^{[1]})}{\partial w_{(\rho)ij}^{[1]}} = -\frac{e^{-z_{ij}+w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}+w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2} + \frac{3e^{-z_{ij}+3w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}+3w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2} - \frac{3e^{-z_{ij}-3w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}-3w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2} + \frac{e^{-z_{ij}-w_{(\rho)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}-w_{(\rho)ij}^{[1]}})^2}.$$

Другие полиморфные вейвлеты приведены в работе [7].

Параметры сети пересчитываются на каждой итерации по формуле:

$$\mathbf{w}_{v+1} = \mathbf{w}_v - \eta \frac{\partial E}{\partial \mathbf{w}_v} + \kappa(\mathbf{w}_v - \mathbf{w}_{v-1}), \quad (9)$$

где  $v$  – номер итерации,  $\eta$  – параметр скорости обучения и  $\kappa$  – параметр момента. Конкретные значения параметров  $\eta$  и  $\kappa$  зависят от используемого итерационного метода многомерной оптимизации.

**Прогноз временного ряда.** Итак, рассматривается временной ряд  $x_t$ . Известны  $N$  значений этого временного ряда, взятые через равные промежутки времени  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ , и необходимо прогнозировать  $F$  значений в будущие моменты времени:  $x_{N+1}, x_{N+2}, x_{N+3}, \dots, x_{N+K}$ . Для прогноза предлагается использовать мультивейвлетную полиморфную сеть. В основе предлагаемого метода прогноза, как, впрочем, и большинства методов, связанных с обработкой временных рядов, лежит построение векторов задержек:

$$\mathbf{x}_n = (x_n, x_{n+1}, \dots, x_{n+p-1})^T, n = 1, 2, \dots, N - p,$$

и построение целевого вектора:

$$\mathbf{y} = (x_{p+1}, x_{p+2}, \dots, x_N),$$

где  $p$  – количество задержек.

Векторы задержек и целевой вектор используются для обучения мульти-вейвлетной полиморфной сети. В частности, векторы задержек  $\mathbf{x}_n$  подаются на вход мульти-вейвлетной полиморфной сети, и формируется вектор ответов сети  $\hat{\mathbf{y}}$ :

$$\hat{\mathbf{y}}_n(\mathbf{x}_n) = g_\lambda(\mathbf{x}_n, \mathbf{w}_v).$$

Затем, исходя из значений векторов  $\mathbf{y}$  и  $\hat{\mathbf{y}}$ , по формуле (7) находится среднеквадратическая ошибка сети, которая по формуле (9) минимизируется по итерационному методу многомерной оптимизации Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно.

Для прогноза временного ряда с помощью обученной мульти-вейвлетной полиморфной сети используется итеративный способ, заключающийся в последовательном получении прогноза на один шаг (временной интервал) с добавлением его результата к исходным данным. Сначала строится исходный вектор задержек  $\hat{\mathbf{x}}_1 = (x_{N-p+1}, x_{N-p+2}, \dots, x_N)^T$ , на основании которого с помощью мульти-вейвлетной полиморфной сети делается прогноз на один шаг:  $\hat{x}_{N+1} = g_\lambda(\hat{\mathbf{x}}_1; \hat{\mathbf{w}})$ , затем полученное значение добавляется к исходному вектору задержек, строится новый вектор  $\hat{\mathbf{x}}_2 = (x_{N-p+2}, x_{N-p+3}, \dots, \hat{x}_{N+1})^T$  и делается прогноз ещё на один шаг  $\hat{x}_{N+2} = g_\lambda(\hat{\mathbf{x}}_2; \hat{\mathbf{w}})$  и так далее

$$\hat{x}_{(k+1)} = g_\lambda(\hat{\mathbf{x}}_k; \hat{\mathbf{w}}),$$

где  $\hat{w}$  – параметры обученной мульти-вейвлетной полиморфной сети,  $k=1, 2, \dots, F$ , где  $F$  – дальность прогнозирования.

С помощью предложенной сети удастся предсказывать хаотические временные ряды, т.е. такие, в которых текущий отсчет ряда нелинейно зависит от уровней ряда в предыдущие моменты времени. В качестве примера можно привести временной ряд, полученный в результате решения уравнения Маккея-Гласса [8]:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{0.2x(t-17)}{1+x^{10}(t-17)} - 0.1x(t),$$

и содержащий аддитивный шум, т.е.:

$$y(t) = x(t) + \varepsilon(t), \quad -0.1 < \varepsilon(t) \leq 0.1.$$

На рисунке 2 показан прогноз  $\hat{y}(t)$  модельного временного ряда мульти-вейвлетной полиморфной сетью на один шаг вперед. Первая половина данных использовалась для обучения сети, а вторая – для проверки результата прогнозирования.

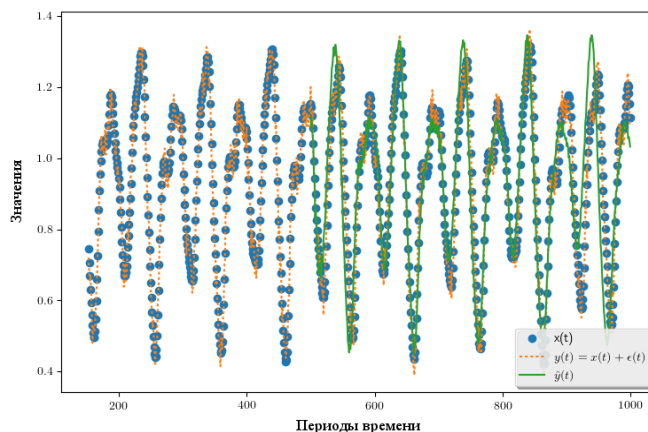


Рисунок 2 - Прогноз временного ряда мульти-вейвлетной полиморфной сетью.

В той или иной мере свойство хаотичности присуще многим временным рядам, обусловленным изменениями некоторого числа нелинейно взаимодействующих физических факторов, что позволяет использовать предложенную сеть для прогнозирования различных геоэкологических временных рядов. Для того чтобы показать эффективность предложенной модели прогноза, в качестве экспериментальных данных можно использовать временной ряд чисел Вольфа (табл. 1) из источника [9], хорошо известный в работах [10, 11] по моделированию и прогнозированию временных рядов.

Таблица 1 - Характеристики временного ряда чисел Вольфа

Размер выборки	Обучающее множество (размер)	Тестовое множество (размер)
288	1700 –1920 (221)	1921–1987 (67)

Для сравнения эффективности прогнозирования с применением различных моделей были использованы такие характеристики, как среднее абсолютное отклонение MAD (Mean Absolute Deviation) и средняя квадратическая ошибка MSE (Mean Squared Error) стандартная квадратическая ошибка RMSE (Root Mean Squared Error):

$$MAD = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K |e_i - \bar{e}|, \quad MSE = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (e_i)^2, \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (e_i)^2},$$

где  $e_i = y_i - \hat{y}_i$ ,  $\bar{e} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K e_i$ ,  $K$  – интервал прогнозирования,  $y_i$  – действительное значение уровня ряда,  $\hat{y}_i$  – прогнозируемое значение уровня ряда.

В таблице 2 и на рисунке 3 приведены результаты прогнозирования временного ряда чисел Вольфа на один шаг вперед, с использованием двух интервалов прогнозирования: 35 и 67 лет. Для прогноза была использована авторегрессионная (АР) модель 9-го порядка. Как сказано в работе [2], эта модель – наиболее минималистичная среди всех других моделей, дающих близкие по величине ошибки прогноза и часто используемая во многих других исследованиях, например в [10]. Также, для прогноза была использована нейросетевая (ИНС) модель, содержащая  $4 \times 4 \times 1$  нейронов, архитектура которой обоснована в работе [11] и гибридная модель Чанга [2], которая обсуждалась выше.

Таблица 2 - Сравнение прогнозов временного ряда чисел Вольфа

	35-летний интервал		67-летний интервал	
	MSE	MAD	MSE	MAD
АР	216.965	11.319	306.08217	13.033739
ИНС	205.302	10.243	351.19366	13.544365
модель Чанга	186.827	10.831	280.15956	12.780186
MWNN	151.825	9.1351	272.49066	12.420121

Сравнение результатов показывает, что при использовании для прогноза мультивейвлетной полиморфной сети, содержащей  $9 \times 4 \times 1$  вейвлет-нейронов, MSE и MAD прогнозирования можно улучшить по сравнению гибридной моделью Чанга на 18.735% и 2.737% соответственно.

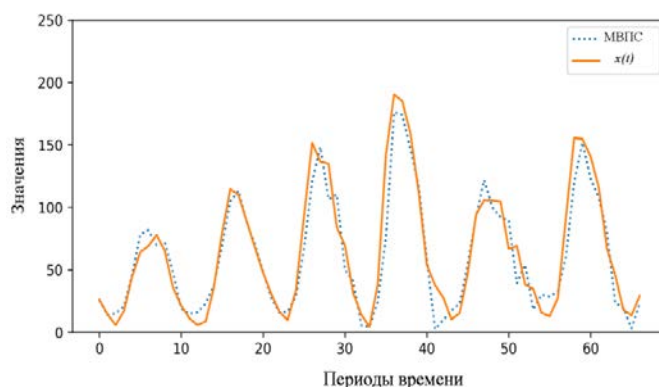


Рисунок 3 - Прогнозирование ряда чисел Вольфа мультивейвлетной полиморфной сетью (МВПС).

На рисунке 4 показаны результаты прогноза на 120 суток вперед приливной составляющей ряда вариаций ППС мультивейвлетной полиморфной сетью содержащей  $120 \times 10 \times 1$  вейвлет-нейронов с многомерным полиморфным POLYWOG вейвлетом в качестве материнского [1].

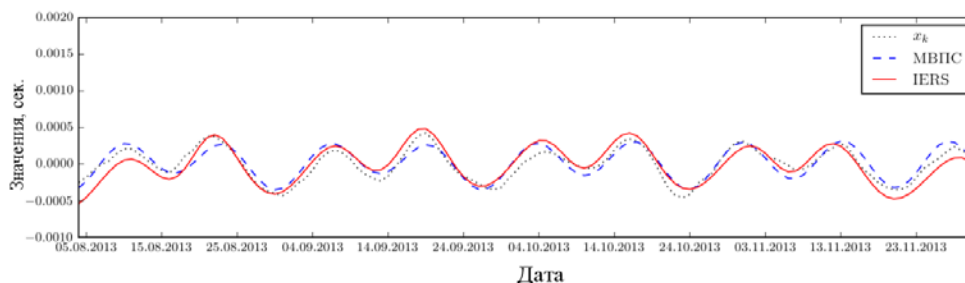


Рисунок 4 - Прогноз временного ряда вариаций ППС с помощью мультивейвлетной полиморфной сети (МВПС).

Для сравнения показан также прогноз с помощью общепринятой модели IERS [12], учитывающей приливные взаимодействия. Стандартная квадратическая ошибка RMSE, для

прогноза, полученного с помощью мульти-вейвлетной полиморфной сети, равна  $9.87 \cdot 10^{-5}$ , а для прогноза, полученного с помощью модели IERS –  $1.1 \cdot 10^{-4}$ .

Таким образом, в работе демонстрируется структура мульти-вейвлетной полиморфной сети и основанная на ней гибридная модель прогнозирования временных рядов, в которой часть связей между нейронами полиморфной вейвлет-сети учитывает линейные зависимости между уровнями временного ряда, а другая часть – нелинейные. На примере краткосрочного прогноза временного ряда чисел Вольфа и приливной составляющей превышения продолжительности суток показано, что точность прогноза, полученного с помощью мульти-вейвлетной полиморфной сети, превышает точность прогноза, полученного с помощью общепринятых в настоящее время методов. Предложенная технология может быть применена для прогнозирования широкого ряда геоэкологических параметров.

### Литература

1. Верзунов С.Н., Лыченко Н.М. Мультивейвлетная полиморфная сеть для прогнозирования геофизических временных рядов // Проблемы автоматки и управления. 2017. № 1 (32). С. 78–87.
2. Zhang, G.P. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model // Neurocomputing. 2003. N. 50. P. 159–175.
3. Смирнов В.Б., Пономарев А.В., Jiadong Q., Черепанцев А.С. Ритмы и детерминированный хаос в геофизических временных рядах // Физика Земли. 2005. № 6. С. 6–28.
4. Lei Yu, Zhao Danning, Cai Hongbing. Prediction of length-of-day using extreme learning machine // Geodesy and geodynamics. 2015. V. 6. N. 2. P. 151–159.
5. Zhao J., Chen B., Shen J. Multidimensional non-orthogonal wavelet-sigmoid basis function neural network for dynamic process fault diagnosis // Computers and Chemical Engineering. 1998. N. 23. P. 83–92.
6. Верзунов С.Н., Лыченко Н.М. Аппроксимация временных рядов полиморфной вейвлет-сетью с обратными связями // Проблемы автоматки и управления. 2015. № 1 (28). С. 62–71.
7. Верзунов С.Н. Аппроксимация зашумлённых сигналов многослойной нейронной и полиморфной вейвлет-сетями // Математические структуры и моделирование. 2016. № 2 (38). С. 16–26.
8. Alexandridis Antonisand, Zapranis Achilleas. Wavelet neural networks: with applications in financial engineering, chaos, and classification. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2014. 264 p.
9. <http://data.is/TSDLdemo> (дата обращения: 14.12.2017)
10. M. Khashei, M. Bijari. An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting // Expert Systems with Applications. 2010. N. 37. P. 479–489.
11. K.W. Hipel, A.I. McLeod. Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems, Amsterdam, Elsevier, 1994.
12. [http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/models/UT1/UT1LOD\\_marees.php](http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/models/UT1/UT1LOD_marees.php) (дата обращения: 11.12.2016)

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ НОВОСТНОГО ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА

Гесь В.П.

vit.ghes@gmail.com

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*старший научный сотрудник лаборатории LGPS Научной станции РАН,  
к.ф.-м.н. Сычева Н.А.*

**Аннотация.** Работа посвящена разработке системы кластеризации новостного потока на основе новостных порталов Кыргызстана. Рассматривается общая теория кластеризации и методов интеллектуального анализа текста (text mining). Приведен алгоритм кластеризации новостного потока.

**Ключевые слова:** кластеризация, новости, text mining, информационный поиск, синтаксический анализ.

**Введение.** В современном мире человек ежедневно сталкивается с огромным потоком информации. Одним из её источников являются Интернет-ресурсы. В Кыргызстане в топ-20 самых посещаемых сайтов входят 8 новостных порталов [1].

В связи с этим становится актуальной проблема корректной кластеризации новостного потока в соответствии с его тематической структурой, которая является частным случаем задачи кластеризации документов. Это принесёт пользу как провайдерам новостей, повышая удобство и привлекательность этого сервиса, так и конечным пользователям, которые получают удобный доступ к точкам зрения различных СМИ. При этом ручная кластеризация, производимая экспертами, как альтернатива автоматической отличается дороговизной в связи с масштабом проводимой работы, а также субъективностью, объясняющейся человеческим фактором.

Задача кластеризации документов схожа с задачей классификации документов. При этом важным отличием является то, что в случае классификации документов [2] мы имеем дело с заранее известным набором категорий, задача же кластеризации документов [3] подразумевает автоматическое выделение кластеров на основе заданных параметров.

Желательными характеристиками такой системы являются возможность опционального отнесения одной новости к нескольким кластерам, масштабируемость – т.е. способность системы справляться с увеличением количества текстов и минимальное количество (а лучше – отсутствие) настроечных параметров, что упрощает ее использование.

В ходе проведенного исследования единственным найденным аналогом такой системы являются Яндекс.Новости. Яндекс.Новости — крупнейший в рунете агрегатор новостных сообщений. Каждый день этот сервис получает материалы от нескольких тысяч СМИ и автоматически формирует из них новостную картину дня [4]. Особенности этой системы:

1. Автоматическая кластеризация новостей.
2. Составление сборной статьи на основе полученных кластеров.
3. Использует только новостные порталы России, Беларуси и Казахстана.

Яндекс.Новости имеют необходимый функционал, но не имеют интеграции с новостными порталами Кыргызстана. В связи с этим целью данной работы является создание продукта, кластеризующий новостной поток Кыргызстанского региона.

**Методология решения задачи.** В таблице 1 представлены некоторые стороны определения проблемы, а в таблице 2 определены некоторые позиции разрабатываемого программного обеспечения

Таблица 1 - Определение проблемы

Проблема	Отсутствует тематическая кластеризация новостного потока.
Затрагивает	Пользователей.
Ее следствием является	Затруднение поиска нужной информации.
Успешное решение	Предоставление сервиса тематической кластеризации новостного потока.

Таблица 2 - Определение позиции ПО

Для	интернет-пользователей Кыргызстана,
которым	требуется упростить поиск нужной информации.
(Название продукта)	Система кластеризации новостного потока,
которая	использует интеллектуальный анализ текста для кластеризации новостей.
В отличие от	сервиса Яндекс.Новости,
наш продукт	будет собирать информацию с сайтов Кыргызстана.

Для кластеризации новостного потока применены методы интеллектуального анализа текста (*text mining*). К ним относятся:

- Информационный поиск – подготовительный этап, заключающийся в сборе или распознавании информации из Интернета, файловой системы или базы данных, для дальнейшего анализа.
- Хотя некоторые системы анализа текста применяют только статистические методы, многие другие применяют более обширную обработку естественных языков, такую как выделение частей речи, синтаксический анализ, и другие типы лингвистического анализа.
- Распознавание именованных сущностей – это использование газеттиров (справочников) или статистических методов для идентификации в тексте людей, организаций, географических названий, определенных сокращений и т.д.
- Разрешение неоднозначности – использование контекстовых подсказок – может быть необходимо решить, например, относится ли слово "Орёл" к птице семейства ястребиных, городу в России или чему-то ещё.
- Распознавание сущностей, идентифицируемых шаблонами: такие вещи как телефонные номера, почтовые адреса, количественные характеристики (с единицами измерения) могут быть распознаны с помощью регулярных выражений или других совпадений по шаблону.
- Извлечение отношений, фактов и событий – выделение из текста связей между сущностями и другой информацией.
- Анализ тональности текста (*Sentiment analysis, Opinion mining*) включает в себя распознавание субъективных данных и выделение различных форм поведенческой информации: чувств, мнений, настроения и эмоций.



- Количественный анализ текста – это набор методов, берущих начало из социальных наук, позволяющих выделять семантические или грамматические отношения между словами для того, чтобы обнаружить стилистические модели, как правило, случайного личного текста, с целью построения психологического портрета и т.д.

В случае разрабатываемой системы применяется следующий алгоритм (Рисунок 1):



Рисунок 1 – Алгоритм работы кластеризатора.

Приведем некоторые пояснения элементов разработанного алгоритма. Информационный поиск – выполняется парсинг (parse – анализировать) статей с нескольких новостных сайтов. Текст каждой статьи записывается в отдельный текстовый файл. Поиск вхождения ключей – этот процесс определяет тексты или файлы, содержание

соответствующий набор ключей. Интерпретация результатов – распределение подцепочек с выделенной грамматикой цепочек по порождаемым грамматикой полям фактов. Например, если фактом является футбольный матч, то полями факта будут первая команда, вторая команда, результат матча (победа, поражение или ничья) и счёт. Разделение на кластеры – факты из всех статей сравниваются, и если найдены похожие факты, то соответствующие статьи помещаются в один кластер. Одна статья может принадлежать сразу к нескольким кластерам.

В результате проделанной работы был разработан алгоритм, позволяющий выделять кластеры из новостного потока.

### Литература

1. *WWW.NET.KG* -> главная <https://www.net.kg/>
2. Классификация документов — Википедия  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Классификация\\_документов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Классификация_документов)
3. Кластеризация документов — Википедия  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Кластеризация\\_документов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Кластеризация_документов)
4. Как устроены Яндекс.Новости — Блог Яндекса <https://yandex.ru/blog/company/76641>

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ БИОГАЗА И БИОУДОБРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Джолдошева М.Т.<sup>1</sup>, Абиров Д.А.<sup>2</sup>

djoldosheva\_m@mail.ru

<sup>1</sup>Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Профессор кафедры Электрификация сельского хозяйства и безопасности  
жизнедеятельности Кыргызского национального  
аграрного университета им. К.И. Скрябина,  
д.т.н. Осмонов Ы. Д.*

**Аннотация.** В данной статье разработана конструктивно-технологическая схема установки для выработки биогаза и биоудобрения с использованием возобновляемых источников энергии. Биогазовая установка служит для генерации биогаза из органических веществ. Предлагаемая установка предварительным накоплением тепловой энергии от возобновляемых источников энергии повышает эффективность переработки биомассы. Существующие биогазовые установки обогреваются за счет сжигания большей части собственного выработанного биогаза или за счет разогрева всего объема биомассы в реакторах от электросети. Особенности биогазовой установки служат его автономность и работа за счет возобновляемых энергоресурсов, которые через многоступенчатый мультипликатор попеременно могут обеспечить работу генератора

**Ключевые слова:** установка, биогаз, биоудобрения, возобновляемые источники энергии, генератор, биомасса, автономность, биогазовая установка, энергия.

**Введение.** Одним из видов возобновляемого энергоресурса является биомасса, доля которого в мировом энергетическом балансе составляет 15%, а в странах Евросоюза 40% [1]. В Кыргызстане имеющейся поголовье скота и птицы обеспечивает накопление порядка 5,5млн.тонн навоза в год [2]. При переработке данной массы навоза с помощью биотехнологий можно получить около 100млн.м<sup>3</sup> биогаза и 5,3 млн.тонн биоудобрения, которые будут использованы, соответственно, для выработки тепловой и электрической энергии, а также улучшения плодородия посевных площадей.

Снижения потребления органических видов топлива при их замена на биогаз, приводит к снижению эмиссий углекислого газа, вместе тем решает проблему утилизации и обеззараживания отходов сельского хозяйства (в основном навоза).

Биогазовая технология способна автономна обеспечить отдельных потребителей биогазом. Биогазовые установки могут быть использованы везде и в круглый год.

Нами поставлена задача – разработать конструктивно-технологическую схему установки для выработки биогаза и биоудобрения с использованием возобновляемых источников энергии (солнца, ветра и воды).

Задача решается тем что, установка содержит биореактор с тефлоновым покрытием, оборудован устройством для обогрева биомассы до необходимой температуры. К биореактору присоединён блок источников солнечной, ветровой и водяной энергии, обеспечивающие тепловую и электрическую энергию для поддержания оптимальных процессов брожения. Биореактор снабжён смесителем для смешивания навоза с

камышовыми опилками. Устройство для перемешивания биомассы внутри реактора также работает путем преобразования солнечной, ветряной и водяной энергии.

Общая конструктивно технологическая схема биогазовой установки показано на рисунке 1.

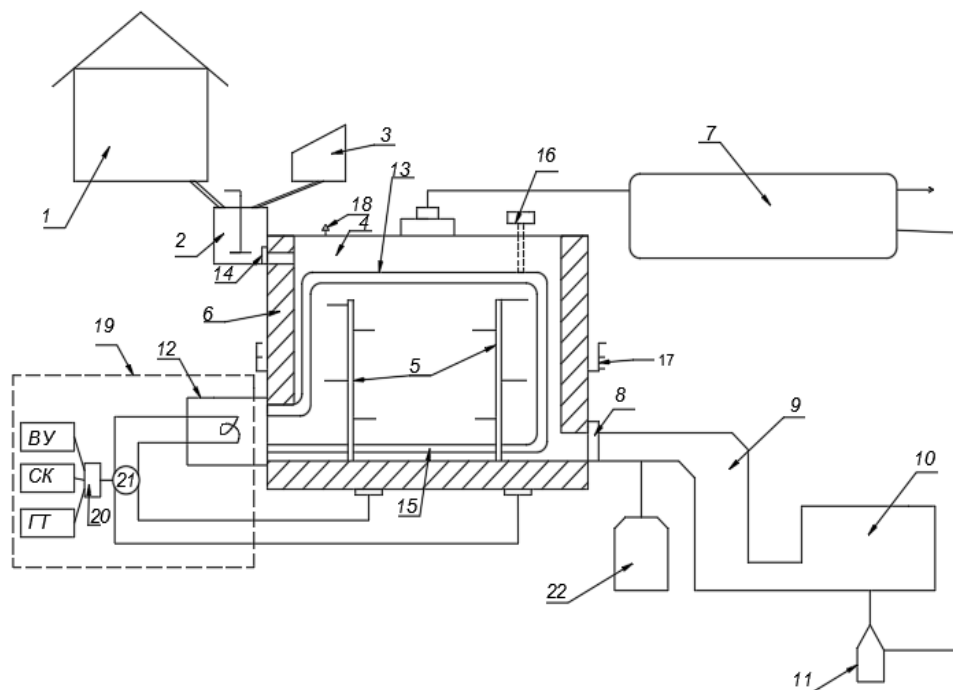


Рисунок 1 - ВУ-ветровая установка, СК-солнечный коллектор, ГТ-гидро турбина.

В основу разработки установки легли существующие конструктивно-технологические схемы и патенты.

Установка состоит из биореактора 4 с тефлоновым покрытием, газгольдера 7, смесителя 2 куда подают навоз из коровника 1 и камышитовые опилку из емкости 3 в определенных пропорциях, устройство для смешивания 5 и подогрева 12, 15 биомассы, емкостей для жидкого 9 и сухого 10 биоубождения.

Водопроводные трубы 13 соединены с тепло аккумулятором 12 и теплообменником 15 оборудованы расширительным бочком 16. Биореактор снабжен термометром 17 и предохранительным клапаном 18.

В установке предусмотрено устройство измерения уровня наполнения посредством которого регистрируют высоту наполнения в биореакторе соответствующим сигналом.

Блок источников возобновляемой энергии 19 присоединен биореактору. В зависимости от наличия ветровой, солнечной или гидравлической энергии используются в работе ветроэнергетическая установка, солнечный коллектор или микро ГЭС, которые через многоступенчатый мультипликатор 20 вращают электрический генератор 21 соединенный с устройством подогрева и перемешивания биомассы.

Установка работает следующим образом. В смесителе 2 навоз разводят водой и камышитовой опилкой до необходимой влажности (85-90%) и полученный субстрат через клапан 14 подают в биореактор 4 до полного заполнения. Запускает блок источников возобновляемой энергии 19. В зависимости от наличия и величины ветровой, гидравлической или солнечной энергии используется в работе соответственно ветровая установка (ВУ), гидротурбина (ГТ) или солнечный коллектор (СК), которые через многоступенчатый мультипликатор 20 приводит действие электрические генераторы 21, соединенный с ТЭНом теплоаккумулятора 12. Необходимая температура в биореакторе

обеспечивается количеством подачи горячей воды в теплообменнике 15 через регулирующий клапан, подключенный к выходу теплоаккумулятора. Теплоаккумулятор предварительно может накопить тепловую энергию от одного или нескольких источников возобновляемой энергии. Температура биомассы контролируется термометрами 17.

При отсутствии энергии от возобновляемых источников, установка подключается к электрической сети во время действия ночных дешевых тарифов.

В зависимости от режима брожения (мезофильные и термофильные), процесс метаногенеза субстрата происходит в течении 5-10 суток (термофильный режим) и 10-15 суток (мезофильный режим). Поскольку первая порция газа содержит более 40% углекислого газа, их стравливает в атмосферу.

Биогаз из реактора по газопроводу поступает в газгольдер 7 и далее к потребителям. Определенную часть биогаза по газопроводу падают в газовую горелку 11 для сушки биоудобрения в емкости 10.

Сброженный осадок (биоудобрение) из биореактора через клапан 8 поступает емкости 9 и 10 последовательно. Часть удобрения которая поступала в емкость 10 высушивается до определенной влажности с помощью газовой горелки, а другая часть используется в жидком виде. Использование камышитовых опилок при смешивании с навозом в определенных пропорциях, позволит получать высококачественное и относительно недорогое биоудобрение, так как в тростнике содержится витамин С, каротин, целлюлоза, клетчатка, жир, экстрактивные вещества, крахмал, углеводы и белки. Эти вещества улучшают структуру почвы, склеивая бесструктурные частицы в комочки создавая свободное пространство между ними. Структурная почва имеет лучшую воздухо- и водонепроницаемость, дольше сохраняет тепло и удерживает питательные вещества. Биоудобрение в целом менее вредные для окружающей среды, так как меньше загрязняют подземные воды.

Таким образом, биогазовая установка служит для генерации биогаза из органических веществ. Сырье, используемое именуется субстрат, который состоит из биомассы, способной к биологическому разложению, например, навозная жижа, силос, биологические отходы и.т.п. Если установка для производства биогаза работает непрерывно, то субстрат непрерывно подают к биореактору извлекают биогаз, а также биоудобрение, получаемый при ферментации. Разложение субстрата ферментации микробами вызывает образование метана и диоксида углерода в качестве основных компонентов биогаза. Необходимым условием эффективной работы установки является смешивание подаваемого субстрата с содержимым биореакторе. Субстрат подают, в основном путем точечной подачи при помощи систем подачи. Время выдержки биомассы, необходимое для выработки биогаза, критически зависит от смешивания субстрата с субстратом ферментации. Во многих биогазовых установках используются реакторы соотношение высоты к диаметру свыше 0,5. В этом случае смешивание выполняет посредством вертикальных перемешивающих механизмов. В нашей установке отношение высоты реактора к диаметру является меньшим чем 0,5. Поэтому для перемешивания содержимого в реакторе использованы перемешивающие механизмы, которые расположены преимущественно в периферийной зоне реактора. Для обеспечения высокой эффективности процесса ферментации необходимо максимально однородное распределение биомассы по объему реактора, что обеспечивается перемешивающим механизмом.

В целях максимальной экономии тепловой и электрической энергии и улучшение процесса метаногенеза установка снабжена центрифугой для разделения биоудобрения на сухой остаток и жидкость. При этом отсепарированная жидкость, сохранившая тепло биореактора, направляется обратно в реактор. Эта жидкость насыщена метановыми бактериями, что способствует быстрому их воспроизводству и сокращению общего времени брожения.

Существующие биогазовые установки обогреваются за счет сжигания большей части собственного выработанного биогаза или за счет разогрева всего объема биомассы в реакторах от электросети.

Предлагаемая установка предварительным накоплением тепловой энергии от возобновляемых источников энергии повышает эффективность переработки биомассы.

Отличительные признаки предлагаемой биогазовой установки: автономность; источником тепловой электрической энергии является возобновляемые энергоресурсы, которые через многоступенчатый мультипликатор попеременно могут обеспечить работу генератора; использование камышитовых опилок улучшает процесс метаногенеза, и качество биоудобрения; сушка и центрифугирование биоудобрения увеличивает возможности ее использования.

### **Литература**

1. E. Martinot “Renewables 2005”, 2005, Global Status Report, World watch Institute.
2. Темирбаева Н.Ы. Внедрение биогазовых технологий в Кыргызстане // Исследования, результаты. Научный журнал Казахского национального аграрного университета. 2013. № 1 (057). С. 123-125.

## ПЛАНИРОВАНИЕ ЗИМНЕГО ЗАКУПА ШИНЫ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С ДЕФИЦИТОМ.

Дуденко Р.П.

radmila\_dudenko@mail.ru

ОсОО «Салгар», г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Член Совета Директоров ОсОО «Салгар»*

*Рудаков С. Э.*

**Аннотация.** В работе рассмотрена модель управления запасами, учитывающая неопределенность величины спроса. Проблема определения размера заказа является всегда актуальной для торговой фирмы, так как необходим такой размер заказа, чтобы, с одной стороны можно было удовлетворить спрос, а с другой стороны – понести минимальные затраты, связанные с этим заказом. В качестве основных затрат были рассмотрены затраты на хранение, недополученная прибыль. Рассчитан оптимальный размер заказа, исходя из минимальных суммарных затрат.

**Ключевые слова:** стохастическая модель, дефицит, планирование, оптимальный объем заказа.

**Введение.** Для товара с ярко выраженной сезонностью важно закупить товар в не сезон по более низким ценам, а также наименьшей загруженностью производства, чтобы обеспечить свою потребность. Компания сталкивается с принятием решения об объеме закупа и ассортименте. С одной стороны, чем больше закупить товара, тем больше можно удовлетворить спрос, с другой стороны, если этот товар весь не продается, то фирма понесет расходы на хранение товара до следующего сезона, а также «замороженные активы» не дают возможности закупить необходимый товар к данному сезону и получить с него прибыль. Ответ на это вопрос может дать стохастическая модель управления запасами с дефицитом. Она позволяет найти такой объем закупа, при котором учитывается баланс между этими двумя сторонами.

Раскроем основные понятия статьи:

*Модель* – абстрактное представление реальности в какой-либо форме (например, в математической, физической, символической, графической или дескриптивной), предназначенное для представления определённых аспектов этой реальности и позволяющее получить ответы на изучаемые вопросы. [1].

*Стохастическая модель* – это модель, допускающая наличие случайных воздействий на переменные. [2]

Ключевым фактором в рассматриваемой модели является неопределенность. В рыночных условиях для торговой фирмы неопределенность выражается в следующем: могут быть задержки в сроках поставок, в величине спроса, в ценах. Все эти факторы требуют разработки мер управления запасами. В нашей модели неопределенным фактором служит величина спроса. Неопределенность цен зависит как от внешних факторов, таких как стоимость сырья, экономическая политика страны, внешняя политика, так и от внутренних факторов, таких как внутренняя политика страны, позиционирование бренда относительно других брендов. Цены влияют на объем закупа. В нашей модели мы примем допущение, что цены детерминированные. Неопределенностью в сроках поставок мы также пренебрежем, поскольку зимнюю шину мы закупаем одновременно, на весь сезон.

Поясним термин случайной величины. «Случайной называют величину, которая в результате определенных совокупностей условий примет одно и только одно возможное значение, наперед не известное и зависящее от случайных причин, которые заранее не могут быть уточнены». [3]

Но случайные величины подчиняются определенным законам распределения. Законом распределения называют соответствие между возможными значениями переменной и их вероятностями. [3]

**Постановка задачи.** Рассмотрим деятельность торговой фирмы, занимающейся продажей шины. Решим задачу на примере китайской шины завода «М.» (наиболее крупные объемы поставок китайской шины по этому бренду). Необходимо определить необходимый размер закупа, при котором математическое ожидание суммарных затрат на хранение и недополученной прибыли принимает минимальное значение. [4; с. 384] Рассмотрим случай для объема поставок для 2017 года.

$$C(s) = c_2 * \int_0^s (s - r) * \varphi(r) dr + c_3 * \int_0^s (r - s) * \varphi(r) dr \quad (1)$$

где

$r$  – величина спроса

$s$  – уровень запасов,

$\varphi(r)$  – плотность вероятностей

$c_2$  – затраты на хранение

$c_3$  – недополученная прибыль

Таблица 1 - Исходные данные для моделирования

Реальные продажи «М.» 2017г., шт	Средняя сбст, \$	Средняя цена, \$	Средняя прибыль с колеса, \$	Средние расходы по процентам на 1\$ активов, \$	Средние расходы по процентам на 1 колесо, \$
21 414	48,39	57,59	9,20	0,005	0,24

Прежде чем работать со статистикой, необходимо выровнять значения продаж, где был дефицит.

Спрос является случайным, и задана плотность вероятностей его распределения. Для определения вида распределения построим гистограмму распределения частот продаж. Гистограмма показывает сколько раз значение продаж попадает в указанный диапазон.



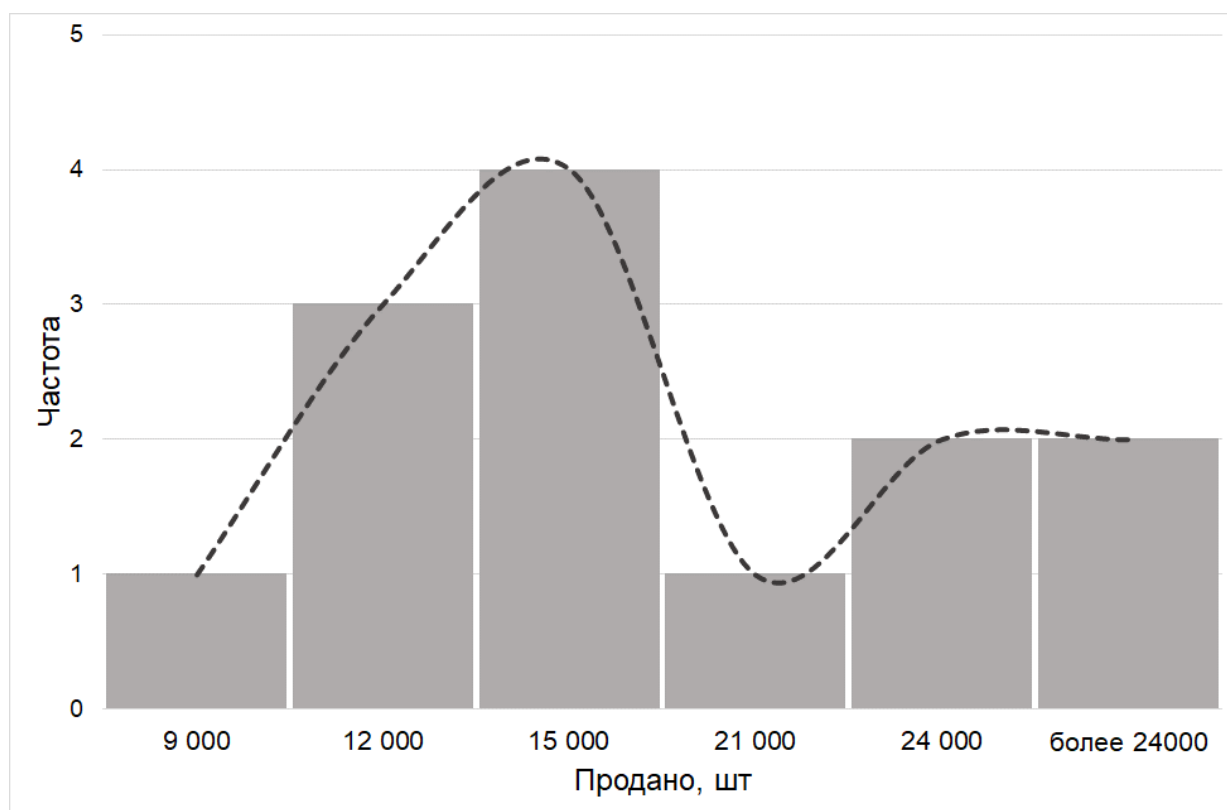


Рисунок 1 - Гистограмма распределения продаж зимней шины

Визуально по графику можно определить, что распределение похоже на нормальное с положительной асимметрией.

Далее вычислим описательные статистики для временного ряда продаж шины.

Таблица 2 - Описательные статистики для временного ряда продаж зимней шины

Среднее	17 571
Стандартная ошибка	2 640
Медиана	13 833
Стандартное отклонение	9 519
Дисперсия выборки	90 608 114
Экссесс	0,8
Асимметричность	1,3
Интервал	30 496
Минимум	7 898
Максимум	38 394

По описательным статистикам можно увидеть, что коэффициент асимметрии равен 1,28. Коэффициент асимметрии показывает смещение относительно нормального распределения. Если коэффициент больше 0, то смещение в правую сторону, если коэффициент меньше 0, то – в левую.

Представим оба распределения графически.

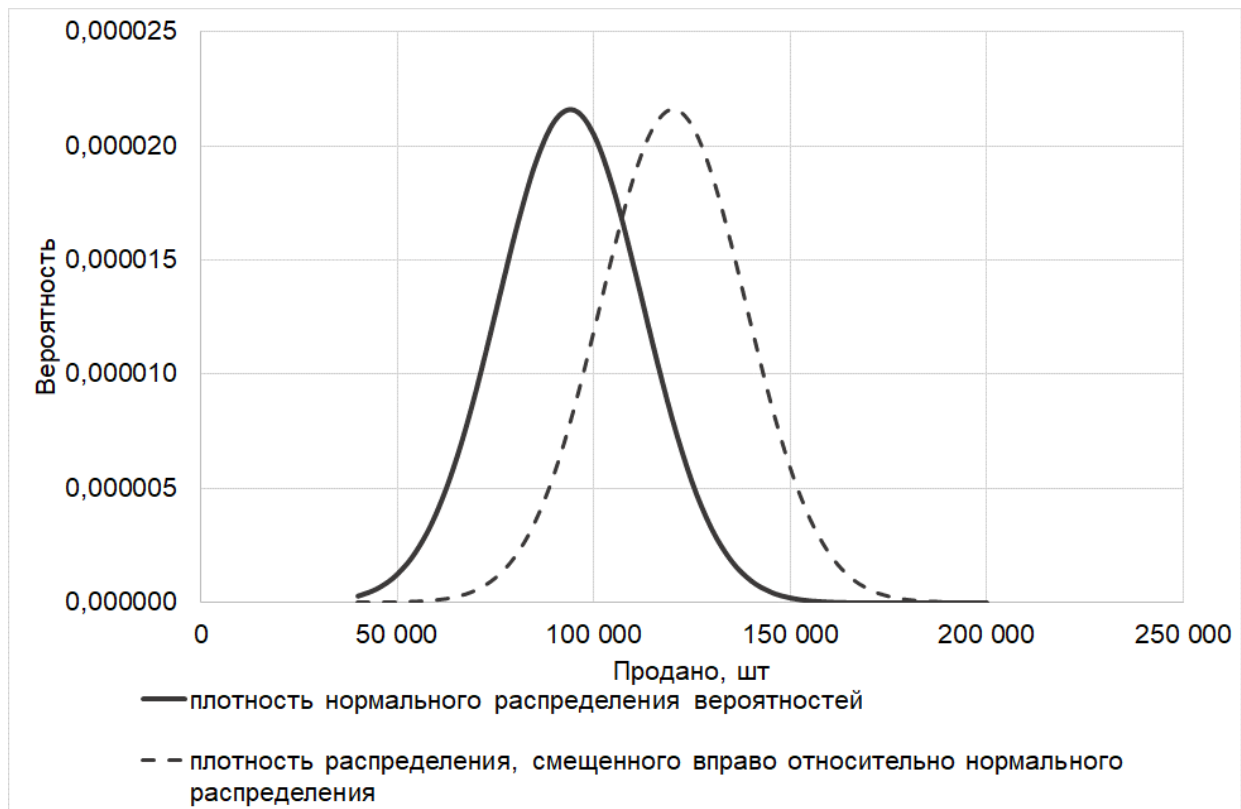


Рисунок 2 - Графики плотностей распределения.

Для дальнейших расчетов примем, что переменная продаж подчиняется нормальному закону распределения с правосторонним смещением.

В качестве затрат на хранение будем рассматривать: расходы по процентам, в качестве недополученной прибыли будем рассматривать сколько бы мы могли получить прибыли, если бы шины было поставлено больше.

Для наглядности рассмотрим несколько случаев.

Случай 1. Привести 40 000 шт. Как видно из таблицы 3, суммарные средние затраты составят \$ 3 815. Все расходы – расходы на хранение.

Таблица 3 - Объем поставок 40 000 шт.

Поставки, шт.	Продажи, шт.	Функция распределения	Вероятность	Остаток/дефицит, шт	Расходы на хранение в течение 6 мес., \$	Недополученная прибыль, \$	Общие расходы, \$
40 000	40 000	1,00	0,01	0	0	0	0
40 000	35 000	0,99	0,03	5 000	224	0	224
40 000	30 000	0,96	0,07	10 000	1 077	0	1 077
40 000	25 000	0,88	0,14	15 000	2 972	0	2 972
40 000	20 000	0,75	0,19	20 000	5 565	0	5 565
40 000	15 000	0,55	0,21	25 000	7 460	0	7 460
40 000	10 000	0,35	0,17	30 000	7 332	0	7 332
40 000	5 000	0,18	0,11	35 000	5 350	0	5 350
40 000	0	0,08	0,08	40 000	4 356	0	4 356
Средние расходы			1,00		3 815	0	3 815

Случай 2. Привести 35 000 шт. Как видно из таблицы 4, суммарные средние затраты составят \$ 3 069. Наибольшие затраты составляют затраты на хранение

Таблица 4 - Объем поставок 35 000 шт.

Поставки, шт.	Продажи, шт.	Функция распределения	Вероятность	Остаток/дефицит, шт	Расходы на хранение в течение 6 мес., \$	Недополученная прибыль, \$	Общие расходы, \$
35 000	40 000	1,00	0,01	-5 000	0	449	449
35 000	35 000	0,99	0,03	0	0	0	0
35 000	30 000	0,96	0,07	5 000	539	0	539
35 000	25 000	0,88	0,14	10 000	1 981	0	1 981
35 000	20 000	0,75	0,19	15 000	4 174	0	4 174
35 000	15 000	0,55	0,21	20 000	5 968	0	5 968
35 000	10 000	0,35	0,17	25 000	6 110	0	6 110
35 000	5 000	0,18	0,11	30 000	4 586	0	4 586
35 000	0	0,08	0,08	35 000	3 811	0	3 811
Средние расходы			1,00		3 019	50	3 069

Случай 3. Привести 30 000 шт. Как видно из таблицы 5, суммарные средние затраты составят \$ 2 504. Наибольшие затраты составляют затраты на хранение

Таблица 5 - Объем поставок 30 000 шт.

Поставки, шт.	Продажи, шт.	Функция распределения	Вероятность	Остаток/дефицит, шт	Расходы на хранение в течение 6 мес., \$	Недополученная прибыль, \$	Общие расходы, \$
30 000	40 000	1,00	0,01	-10 000	0	898	898
30 000	35 000	0,99	0,03	-5 000	0	1 416	1 416
30 000	30 000	0,96	0,07	0	0	0	0
30 000	25 000	0,88	0,14	5 000	991	0	991
30 000	20 000	0,75	0,19	10 000	2 783	0	2 783
30 000	15 000	0,55	0,21	15 000	4 476	0	4 476
30 000	10 000	0,35	0,17	20 000	4 888	0	4 888
30 000	5 000	0,18	0,11	25 000	3 822	0	3 822
30 000	0	0,08	0,08	30 000	3 267	0	3 267
Средние расходы			1,00		2 247	257	2 504

Случай 4. Из таблицы 6 видно, что суммарные средние затраты составят \$ 2 379. Наибольшие затраты составляют затраты на хранение.

Таблица 6 - Объем поставок 25 000 шт.

Поставки, шт.	Продажи, шт.	Функция распределения	Вероятность	Остаток/дефицит, шт	Расходы на хранение в течение 6 мес., \$	Недополученная прибыль, \$	Общие расходы, \$
25 000	40 000	1,00	0,01	-15 000	0	1 347	1 347
25 000	35 000	0,99	0,03	-10 000	0	2 833	2 833
25 000	30 000	0,96	0,07	-5 000	0	3 412	3 412
25 000	25 000	0,88	0,14	0	0	0	0
25 000	20 000	0,75	0,19	5 000	1 391	0	1 391
25 000	15 000	0,55	0,21	10 000	2 984	0	2 984
25 000	10 000	0,35	0,17	15 000	3 666	0	3 666
25 000	5 000	0,18	0,11	20 000	3 057	0	3 057
25 000	0	0,08	0,08	25 000	2 722	0	2 722
Средние расходы			1,00		1 536	843	2 379

Случай 5. Из таблицы 7 видно, что суммарные средние затраты составят \$ 3 061. Здесь уже наибольшие затраты составляют затраты от недополученной прибыли.

Таблица 7 - Объем поставок 20 000 шт.

Поставки	Продажи	Функция распределения	Вероятность	Остаток/дефицит	Расходы на хранение в течение 6 мес.	Недополученная прибыль	Общие расходы
20 000	40 000	1,00	0,01	-20 000	0	1 796	1 796
20 000	35 000	0,99	0,03	-15 000	0	4 249	4 249
20 000	30 000	0,96	0,07	-10 000	0	6 823	6 823
20 000	25 000	0,88	0,14	-5 000	0	6 275	6 275
20 000	20 000	0,75	0,19	0	0	0	0
20 000	15 000	0,55	0,21	5 000	1 492	0	1 492
20 000	10 000	0,35	0,17	10 000	2 444	0	2 444
20 000	5 000	0,18	0,11	15 000	2 293	0	2 293
20 000	0	0,08	0,08	20 000	2 178	0	2 178
Средние расходы			1,00		934	2 127	3 061

Из представленных таблиц видно, что несмотря на то, что ставки по расходам на хранение меньше, чем прибыль с колеса, расходы за хранение для случаев, если останется остаток на конец месяца, получаются больше, чем недополученная прибыль, если завести меньше, чем рыночный спрос. Это объясняется тем, что вероятности продаж в тех случаях, где остается остаток больше, чем в случаях, где возникает недополученная прибыль – такие случаи маловероятны.

Далее рассчитаем оптимальный объем заказа, исходя из минимизации критерия (1).

Оптимальный размер заказа составляет 24 000 шт. для 2017 г.

Оптимальный размер заказа можно увидеть на графике функции распределения плотности убытков.

Плотность убытков [4] ищется по формуле:

$$\rho = \frac{c_3}{c_2 + c_3} \quad (2)$$

Плотность убытков показывает долю недополученной прибыли в суммарных затратах. В нашем случае плотность убытков равна 0,86.

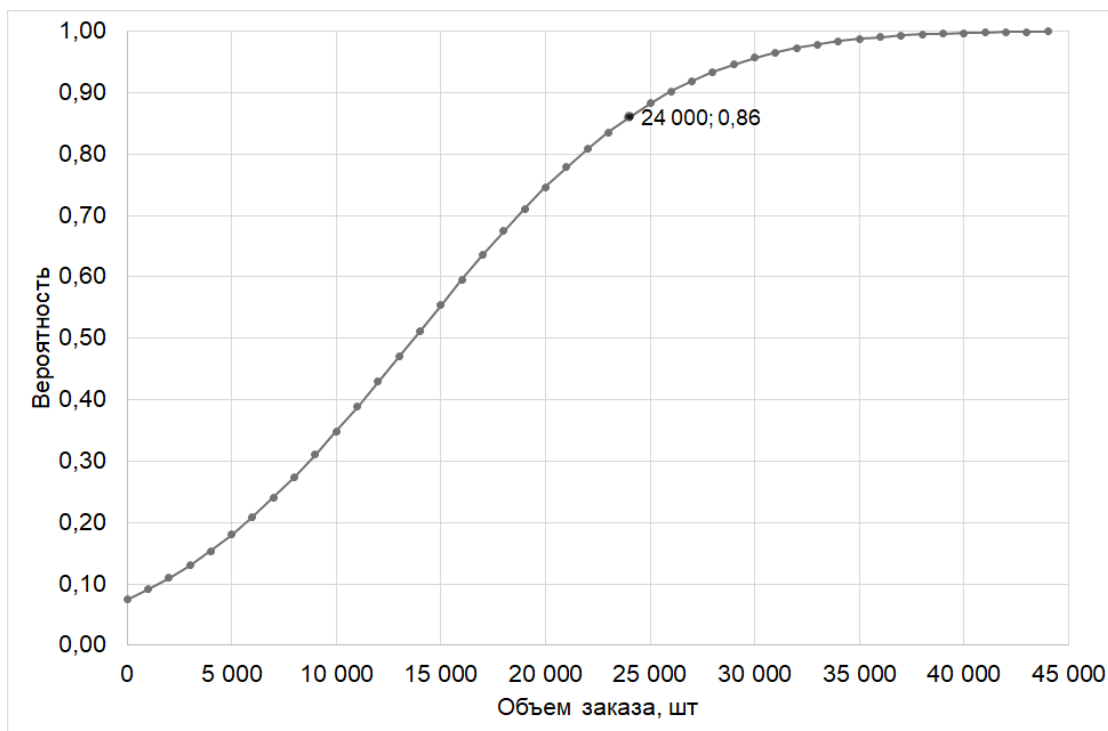


Рисунок 3 - Функция распределения объема заказа

Оптимальный размер заказа находится в точке, где плотность убытков удовлетворяет равенству [4]:

$$F(s_0) = \rho \quad (3),$$

т.е. в точке, где плотность убытков совпадает с точкой функции распределения вероятностей.

В ходе проделанной работы выяснилось, что наиболее весомы расходы на хранение, чем упущенная прибыль. Оптимальный размер заказа при минимальных суммарных затратах на хранение и недополученной прибыли составляет 24 000. При том, что фактические продажи за 2017 г. были 21 414 шт.

Достоинством данной модели является вероятностный подход, учитывающий неопределенность, также простота, поскольку выделены основные 3 фактора, влияющих на объем заказа. Также были выявлены недостатки данной модели, связанные с тем, что вероятность определяется из статистических данных, здесь не учитывается фактор времени и, следовательно, рост рынка. Данная модель подходит больше для данных, собранных в одно время, чем для данных, собранных в динамике. Тем не менее, модель дает наглядные результаты, позволят определить оптимальный размер заказа. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть как стохастический фактор и переменную прибыли с колеса, также учесть фактор времени, тем самым модернизировать модель.

## Литература

1. Модель // Википедия URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C> (дата обращения: 22.02.18).
2. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.В. Математические методы в экономике. М.: Дело и сервис. 2001. 368 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: М.: Высш. шк. 2002. 407 с.
4. Кремер Н.Ш., Путко Б.А., Тришин И.М., Фридман М.Н. Исследование операций в экономике. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ. 1999. 407 с.
5. Косоруков О.А., Свиридова О.А. Стохастическая непрерывная модель управления запасами // Вестник РЭУ. 2012. № 4. С. 90-94.
6. Эрдэнэбат М., Кузьмин О.В., Тунгалаг Н., Энхбат Р. Оптимизационный подход к стохастической задаче управления запасами // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 3 (55). С. 106-110.

## ПОСТРОЕНИЕ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ ОДНОМЕРНОЙ ЗАДАЧИ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МЕТОДОМ МАТРИЧНОЙ ЭКСПОНЕНТЫ

Забинякова О.Б.

zabinyakova@gdirc.ru

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*Заведующий департаментом прикладной математики*

*Американского Университета в Центральной Азии,*

*д.ф.-м.н., проф. Скляр С.Н.*

**Аннотация.** В работе рассмотрен способ построения разностных схем для прямой одномерной задачи магнитотеллурического зондирования, основанный на применении метода матричной экспоненты к соответствующей системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

**Ключевые слова:** прямая одномерная задача магнитотеллурического зондирования, матричная экспонента, разностная схема.

Известно, что метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ) в настоящее время является одним из наиболее распространенных геофизических методов, позволяющих анализировать взаимосвязь фиксируемого на поверхности Земли естественного электромагнитного поля с геоэлектрической структурой соответствующей местности [1]. Наибольший практический интерес с точки зрения геофизики представляют двумерные и трехмерные прямые задачи МТЗ, с помощью которых в дальнейшем решаются обратные задачи МТЗ [2, 3], при этом удобной моделью для апробации новых подходов к решению прямых задач (разработка новых численных методов) является модель, соответствующая прямой одномерной задаче МТЗ. В рамках данной работы предполагается рассмотреть решение *прямой одномерной задачи магнитотеллурического зондирования* методом матричной экспоненты.

Учитывая электромагнитную природу явления, исследуемого методом МТЗ, интерпретацию данных полевых наблюдений проводят в рамках математических моделей, основанных на системе уравнений Максвелла, дополненной материальными уравнениями Максвелла [2, 3]. При этом в теории эта система содержит большое количество параметров, которыми на практике зачастую можно пренебречь, не подвергая сомнениям адекватность получаемых моделей. Для формирования математической модели метода магнитотеллурического зондирования, соответствующей одномерному случаю, будем использовать следующие упрощающие предположения: модель квазистационарна; магнитная и диэлектрическая проницаемости постоянны и равны соответствующим проницаемостям вакуума; электропроводность среды не зависит от частоты; в трехмерном проводящем полупространстве свойства среды сохраняются вдоль осей  $Ox$  и  $Oy$ . В рамках таких упрощающих предположений система уравнений Максвелла распадается на две независимые подсистемы, определяющие *E-поляризацию* и *H-поляризацию* [2, 3]:

$$\begin{cases} \frac{dH(z)}{dz} = -\sigma(z)E(z), \\ \frac{dE(z)}{dz} = i\omega\mu_0 H(z), \end{cases} \quad z \in (a, b), \quad (1)$$

где  $H(z)$  и  $E(z)$  – неизвестные функции, являющиеся комплексными компонентами напряженности магнитного и электрического полей соответственно (имеется ввиду, что  $H(z)=H_y(z)$ ,  $E(z)=E_x(z)$  при  $H$ -поляризованном поле и  $H(z)=H_x(z)$ ,  $E(z)=E_y(z)$  при  $E$ -поляризованном поле),  $\sigma = \sigma(z)$  – электрическая проводимость,  $\mu_0$  – магнитная восприимчивость в вакууме,  $\omega$  – частота, на которой осуществлялось наблюдение магнитотеллурического поля.

Система уравнений (1) является системой линейных дифференциальных уравнений первого порядка с переменными коэффициентами. общего вида, что позволит составлять различные линейные комбинации функций  $H(z)$  и  $E(z)$  на границах отрезка  $[a, b]$ :

$$\begin{cases} a_{11}H(a) + a_{12}E(a) + b_{11}H(b) + b_{12}E(b) = f_1; \\ a_{21}H(a) + a_{22}E(a) + b_{21}H(b) + b_{22}E(b) = f_2; \end{cases} \quad (2)$$

где  $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22}, f_1, f_2$  – некоторые действительные числа.

Таким образом, система (1) с краевыми условиями (2) является математической моделью прямой одномерной задачей магнитотеллурического зондирования.

В работах [4, 5] были предложены разностные схемы для численного решения задачи (1)-(2), построенные с помощью проекционного варианта интегро-интерполяционно метода (ПВИИМ) [6]. По результатам численных экспериментов было установлено, что разработанные численные методы позволяют с высокой точностью решать рассматриваемую задачу при условии, что функция электрической проводимости  $\sigma(z)$  является кусочно-постоянной функцией. То есть разностные схемы, предложенные в [4, 5] могут послужить хорошим инструментом для решения так называемой задачи Тихонова-Каньяра, в которой моделью геоэлектрической среды представляется совокупностью горизонтальных слоев различного сопротивления, при этом внутри каждого отдельного слоя электрическая проводимость считается постоянной [1]. В данной работе рассматривается возможность построения разностных схем для решения задачи (1)-(2) методом матричной экспоненты, а также оценка сходимости построенных схем.

Задача (1)-(2) в матричной форме имеет вид:

$$\frac{d\vec{U}(z)}{dz} = L(z)\vec{U}(z), \quad z \in (a, b); \quad (3)$$

$$A\vec{U}(a) + B\vec{U}(b) = \vec{F}. \quad (4)$$

где  $\vec{U}(z) = \begin{pmatrix} H(z) \\ E(z) \end{pmatrix}$  – вектор неизвестных функций;

$L(z) = \begin{pmatrix} 0 & -\sigma(z) \\ i\omega\mu_0 & 0 \end{pmatrix}$  – оператор системы дифференциальных уравнений;

$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}, \vec{F} = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \end{pmatrix}$  – матрицы и вектор, определяющие краевые условия (2).

Далее для конкретности вместо условий (2) и (4) будем использовать их частный случай:

$$\begin{cases} H(a) = f_1; \\ E(a) = f_2; \end{cases} \quad (2')$$



Или

$$\bar{U}(a) = \bar{F} \quad (4')$$

где  $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$

Введем на отрезке  $[a, b]$  произвольную неравномерную сетку  $a = z_1 < z_2 < \dots < z_n = b$ . Далее будем решать задачу (3)-(4') на  $j$ -той сеточной ячейке  $[z_j, z_{j+1}]$ , где  $j = \overline{1, n-1}$ . Так как сетка произвольная, то в дальнейшем также будет справедливым обобщение полученных соотношений и для других сеточных ячеек.

Поясним некоторые обозначения, которые будем использовать в контексте  $j$ -той ячейки ( $j = \overline{1, n-1}$ ):

$$z_{j+1/2} = \frac{z_j + z_{j+1}}{2} \text{ – середина сеточной ячейки;}$$

$$\Delta z_j = z_{j+1} - z_j \text{ – } j\text{-тый шаг сетки;}$$

$$\sigma_j = \sigma(z_j), \sigma_{j+1} = \sigma(z_{j+1}), \sigma_{j+1/2} = \frac{\sigma(z_j) + \sigma(z_{j+1})}{2} \text{ – значения функции электрической}$$

проводимости в точках  $z_j, z_{j+1/2}, z_{j+1}$  соответственно;

$$\bar{U}_j = \bar{U}(z_j), H_j = H(z_j), E_j = E(z_j) \text{ – точные значения функций в } j\text{-том узле сетки;}$$

$\bar{U}_j^h = \bar{U}^h(z_j), H_j^h = H^h(z_j), E_j^h = E^h(z_j)$  – приближенные значения функций в  $j$ -том узле сетки;

$$L_{j+1/2} = L(z_{j+1/2}) = \begin{pmatrix} 0 & -\sigma_{j+1/2} \\ i\omega\mu_0 & 0 \end{pmatrix} \text{ – значение оператора } L(z) \text{ в середине } j\text{-той ячейки.}$$

Перепишем матричное уравнение (3), преобразовав его правую часть – прибавим и отнимем слагаемое  $L_{j+1/2} \bar{U}(z)$ :

$$\frac{d\bar{U}(z)}{dz} = L_{j+1/2} \bar{U}(z) + [L(z) - L_{j+1/2}] \bar{U}(z), \quad z \in (a, b). \quad (5)$$

Согласно [7], общее решение уравнения (5) имеет вид:

$$\bar{U}(z) = e^{(z-a)L_{j+1/2}} \bar{U}(a) + \int_a^z e^{(z-s)L_{j+1/2}} [L(s) - L_{j+1/2}] \bar{U}(s) ds, \quad z \in (a, b) \quad (6)$$

или

$$\bar{U}(z) = e^{(z-a)L_{j+1/2}} \bar{U}(a) + \bar{\Delta}(z), \quad z \in (a, b), \quad (7)$$

где

$$\bar{\Delta}(z) = \int_a^z e^{(z-s)L_{j+1/2}} [L(s) - L_{j+1/2}] \bar{U}(s) ds, \quad z \in (a, b). \quad (8)$$

А значит, для  $j$ -той сеточной ячейки соотношения (7) и (8) примут вид:

$$\bar{U}(z) = e^{(z-z_j)L_{j+1/2}} \bar{U}(z_j) + \bar{\Delta}_j(z), \quad z \in (z_j, z_{j+1}), \quad (9)$$

где

$$\bar{\Delta}_j(z) = \int_{z_j}^z e^{(z-s)L_{j+1/2}} [L(s) - L_{j+1/2}] \bar{U}(s) ds, \quad z \in (z_j, z_{j+1}), \quad (10)$$

Полагая  $z = z_{j+1}$ , определим соотношения (9) и (10) в правой граничной точке  $j$ -той ячейки:

$$\bar{U}_{j+1} = e^{\Delta z_j L_{j+1/2}} \bar{U}_j + \bar{\Delta}_j(z_{j+1}), \quad (11)$$

где

$$\bar{\Delta}_j(z_{j+1}) = \int_{z_j}^{z_{j+1}} e^{(z_{j+1}-s)L_{j+1/2}} [L(s) - L_{j+1/2}] \bar{U}(s) ds. \quad (12)$$

Из (4') следует, что:

$$\bar{U}_1^h = \bar{F}. \quad (13)$$

Уравнение (11) является локальным интегральным уравнением относительно неизвестного  $\bar{U}(s)$  и, в совокупности с условием (13), позволяет определять точное значение неизвестной вектор-функции  $\bar{U}(z)$  в точке  $z = z_{j+1}$ .

В краевой задаче (11)-(13) отбросим слагаемое  $\bar{\Delta}_j(z_{j+1})$ , считая его достаточно малой величиной. Получим рекуррентные соотношения, позволяющие вычислять приближенные значения искомой функции  $\bar{U}(z)$  в узлах сетки:

$$\bar{U}_{j+1}^h = e^{\Delta z_j L_{j+1/2}} \bar{U}_j^h, \quad (14)$$

$$\bar{U}_1^h = \bar{F}. \quad (15)$$

Соотношения (14)-(15) определяют приближенное решение задачи (3)-(4').

Согласно [7] матричная экспонента может быть выражена по формуле:

$$e^{\Delta z_j L_{j+1/2}} = \begin{pmatrix} ch(\Delta z_j k_{j+1/2}) & -\frac{\sigma_{j+1/2}}{k_{j+1/2}} sh(\Delta z_j k_{j+1/2}) \\ \frac{i\omega\mu_0}{k_{j+1/2}} sh(\Delta z_j k_{j+1/2}) & ch(\Delta z_j k_{j+1/2}) \end{pmatrix}, \quad (16)$$

где  $k_{j1} = (1-i)\sqrt{\frac{\omega\mu_0\sigma_{j+1/2}}{2}} = k_{j+1/2}$ ,  $k_{j2} = -k_{j+1/2}$  – спектр (собственные значения) оператора  $L_{j+1/2}$ .

Учитывая (16), перепишем соотношения (14)-(15) в покомпонентной форме:

$$H_1^h = f_1, E_1^h = f_2,$$

$$H_{j+1}^h = ch(\Delta z_j k_{j+1/2}) H_j^h - \frac{\sigma_{j+1/2}}{k_{j+1/2}} sh(\Delta z_j k_{j+1/2}) E_j^h, j = \overline{1, n-1}, \quad (17)$$

$$E_{j+1}^h = \frac{i\omega\mu_0}{k_{j+1/2}} sh(\Delta z_j k_{j+1/2}) H_j^h + ch(\Delta z_j k_{j+1/2}) E_j^h, j = \overline{1, n-1}.$$

Таким образом, рекуррентные соотношения (17) определяют приближенное решение системы дифференциальных уравнений (1) с краевыми условиями (2').

Выполним оценку сходимости полученной разностной схемы (17). Для этого вычтем из соотношений (11)-(13) соотношения (14)-(15) соответственно и введем новую

сеточную вектор-функцию  $\bar{W}_j = \bar{U}_j - \bar{U}_j^h = \begin{pmatrix} w_j^{(1)} \\ w_j^{(2)} \end{pmatrix}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , которая будет решением задачи:

$$\begin{cases} \bar{W}_{j+1} = e^{\Delta z_j L_{j+1/2}} \bar{W}_j + \bar{\Delta}_j(z_{j+1}), j = \overline{1, n-1}; \\ \bar{W}_1 = 0 \end{cases} \quad (18)$$

Оценим решение задачи (18) в норме  $\|\bar{W}_j\|_\infty = \max \{|w_j^{(1)}|, |w_j^{(2)}|\}$ . При этом для простоты будем полагать сетку равномерной на отрезке  $[a, b]$ , то есть шаг сетки равен

$\Delta z_j = \Delta z = \frac{b}{n-1}$ , где  $n$  – количество узлов, а также будем учитывать следующие неравенства:

$$\|L_{j+1/2}\|_{\infty} = \left\| \begin{array}{cc} 0 & \sigma_{j+1/2} \\ -i\omega\mu_0 & 0 \end{array} \right\|_{\infty} = \max_j \{|\sigma_{j+1/2}|, |-i\omega\mu_0|\} \leq \sigma^* + \omega\mu_0 = \eta,$$

$$\|e^{\Delta z_j L_{j+1/2}}\|_{\infty} \leq e^{\Delta z \|L_{j+1/2}\|_{\infty}} = e^{\Delta z \eta}.$$

Получим:

$$\|\bar{W}_j\|_{\infty} \leq e^{\Delta z \eta} \|\bar{W}_{j-1}\|_{\infty} + \|\bar{\Delta}_{j-1}(z_j)\|_{\infty}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (19)$$

Разрешим рекурсию (19):

$$\begin{aligned} \|\bar{W}_j\|_{\infty} &\leq e^{\Delta z \eta} \|\bar{W}_{j-1}\|_{\infty} + \|\bar{\Delta}_{j-1}(z_j)\|_{\infty} \leq e^{\Delta z \eta} \left( e^{\Delta z \eta} \|\bar{W}_{j-2}\|_{\infty} + \|\bar{\Delta}_{j-2}(z_{j-1})\|_{\infty} \right) + \|\bar{\Delta}_{j-1}(z_j)\|_{\infty} \leq \dots \leq \\ &\leq e^{(j-1)\Delta z \eta} \|\bar{W}_1\|_{\infty} + \sum_{m=1}^j e^{(j-m)\Delta z \eta} \|\bar{\Delta}_{m-1}(z_m)\|_{\infty} \end{aligned}$$

Из (12) следует, что:

$$\|\bar{\Delta}_j(z_{j+1})\|_{\infty} \leq \Delta z C_0 C_1 (e^{\Delta z \eta} - 1)$$

где

$$\begin{aligned} \|L(s) - L_{j-1/2}\|_{\infty} &= \max_{s \in [z_{j-1}, z_j]} |\sigma_{j-1/2} - \sigma(s)| \approx \max_{s \in [z_{j-1}, z_j]} |\sigma'(s)| = C_0 \\ \|\bar{U}(s)\|_{\infty} &= C_1 \end{aligned}$$

Тогда:

$$\|\bar{W}_j\|_{\infty} \leq e^{(j-1)\Delta z \eta} \|\bar{W}_1\|_{\infty} + \sum_{m=1}^j e^{(j-m)\Delta z \eta} \Delta z C_0 C_1 (e^{\Delta z \eta} - 1) = \Delta z C_0 C_1 C_2,$$

где

$$C_2 = \sum_{m=1}^j e^{(j-m)\Delta z \eta} (e^{\Delta z \eta} - 1)$$

или

$$\|\bar{W}_j\|_{\infty} \leq \Delta z C$$

Таким образом, получены рекуррентные соотношения, позволяющие вычислять приближенные значения вектор-функции  $\bar{U}(z)$  в узлах сетки и установлено, что полученные разностные схемы обладают первым порядком сходимости относительно шага сетки.

## Литература

1. Тихонов А.Н. Об определении электрических характеристик глубоких слоев земной коры // Докл. АН СССР. 1950. Т. 73. № 2. С. 295–297.
2. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. – М.: Научный мир, 2009. 680 с.
3. Рыбин А.К. Глубинное строение и современная геодинамика центрального Тянь-Шаня по результатам магнитотеллурических исследований. – М.: Научный мир, 2011. – 232 с.
4. Забиякова О.Б., Зинченко Д.И., Кулагина М. А., Рыбин А.К., Скляр С.Н. Численные методы решения прямых задач магнитотеллурического зондирования // Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений: Материалы второй международной юбилейной конференции, посвященной 20-летию образования

- КРСУ им. Б.Ельцина и 100-летию проф. Я. Быкова / Под общ. ред. проф. А. К. Керимбекова. Бишкек: Maxprint. 2013. Т.2. с. 194-198.
5. Забинякова О.Б. Проекционные разностные схемы для системы уравнений Максвелла // Сборник материалов VI Международной конференции молодых ученых и студентов: Современная техника и технологии в научных исследованиях.- Бишкек, 2014. с.134-138
  6. Sklyar S.N. A projective version of the integral-interpolation method and its application for the discretization of the singular perturbation problems // "Advanced Mathematics: Computations and Applications". Proc.Of the International Conf. AMCA-95. NCC Publisher. Novosibirsk. 1995. P. 380-385.
  7. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. Издание второе, дополненное. – М.: Наука. 1966. 576 с.

## СПОСОБ ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕРДЕЧНИКА ФЕРРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА

Коломейцев Д.В.

kolomeitsev\_denis@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### *Научный руководитель:*

*Профессор кафедры физики и микроэлектроники Кыргызско-Российского Славянского университета, д.ф.–м.н. Макаров В.П.*

**Аннотация.** Рассматривается проявление физических эффектов в ферромагнетиках. Объясняется новый способ возбуждения сердечника феррозондового датчика. Предлагается структурная блок-схема физического эффекта

**Ключевые слова:** доменные сегменты, феррозондовый датчик, ферромагнетик, способ возбуждения

**Введение.** Земля, как и большинство планет солнечной системы, обладает магнитным полем. Магнитное поле Земли и связанные с ним явления служат предметом изучения геофизики. Целью одного из самых популярных методов разведочной геофизики – магниторазведки является измерение параметров магнитного поля земли. Для изучения геомагнитного поля в настоящее время применяются магнитометры на основе феррозондовых датчиков.

Многие горные породы и руды обладают магнитными свойствами и способны под воздействием этого поля приобретать намагниченность и создавать аномальные или вторичные магнитные поля. Следует отметить, что подобные аномалии магнитного поля, традиционно изучаемые одним из самых популярных методов разведочной геофизики – магниторазведкой, несут важнейшую информацию о распределении индуктивной и естественной остаточной намагниченностей горных пород и руд. При этом основной вклад в создание аномалий магнитного поля вносят ферромагнитные минералы и содержащие их горные породы. Выделение этих аномальных полей из наблюдаемого или суммарного, геомагнитного поля (ГМП), а также их геологическое истолкование является целью магниторазведки [1].

В последнее время возрастает необходимость проводить особо точные измерения магнитного поля и традиционные ферромагнитные датчики не в полной мере удовлетворяют требованиям к показателям геомагнитных измерений. Для регистрации аномальных магнитных полей на фоне геомагнитного необходимо применять приборы, имеющие более высокую чувствительность и расширенный диапазон измерений. Перед разработчиками геомагнитной аппаратуры встает задача создания датчиков основанных на новых физических эффектах. Решение этой задачи позволит не только производить прецизионные измерения, но и существенно усовершенствовать магнитометры для других областей науки и техники. В простом варианте феррозонд состоит из ферромагнитного сердечника и находящихся на нем 2-ух катушек: катушки возбуждения, питаемой переменным током и измерительной (сигнальной) катушки. Сердечник феррозонда производится из материалов с высочайшей магнитной проницаемостью. На катушку возбуждения от специального генератора подается переменное напряжение с частотой от 1 до 300 кГц (в зависимости от уровня параметров и назначения прибора). В отсутствие измеряемого магнитного поля сердечник под действием переменного магнитного поля  $H$ , создаваемого током в катушке возбуждения, перемагничивается по симметричному циклу. Изменение магнитного поля, вызванное

перемагничиванием сердечника по симметричной кривой, индуцирует в сигнальной катушке ЭДС, изменяющуюся по гармоническому закону. В случае если одновременно на сердечник действует измеряемое постоянное либо медленно меняющееся магнитное поле, то кривая перемагничивания заменяет собственные размеры и форму и становится несимметричной. При всем этом изменяется значение и гармонический состав ЭДС в сигнальной катушке. А именно, возникают четные гармонические составляющие ЭДС, величина которых пропорциональна напряженности измеряемого поля и которые отсутствуют при симметричном цикле перемагничивания. [2]

Основной задачей данной работы является изучение свойств ферромагнитных материалов при воздействии на них акустическими колебаниями. Объектом изучения был выбран стержень м400нн диаметром 10 мм и длиной 250 мм. В качестве источника акустических колебаний использован пьезоэлемент, который жестко закреплен на торце стержня. На стержне располагалась измерительная катушка в 400 витков, выполненная из лакированного провода диаметром 0,11 мм, и свободно перемещалась вдоль него. На электроды пьезоэлемента подавались от генератора прямоугольные импульсы амплитудой 1 вольт в диапазоне частот от 20 до 25 кГц. При этом в измерительной катушке наводилось ЭДС. Амплитудное значение ЭДС в измерительной катушке снималось осциллографом. Не изменяя частоты на пьезоэлементе, перемещением катушки находилось такое ее положение, при котором амплитудное значение ЭДС было максимальным. Середина катушки находилась на расстоянии 62,5 мм от свободного края стержня.

Изменяя частоту на пьезоэлементе с шагом 0,5 кГц, измерялась амплитуда колебаний на измерительной катушке.

Таблица 1 - Зависимость амплитуды на катушке от частоты

f, кГц	U, В	f, кГц	U, В
20	0,1	23	0,62
20,5	0,15	23,5	0,7
21	0,18	24	0,6
21,5	0,22	24,5	0,54
22	0,34	25	0,32
22,5	0,56		

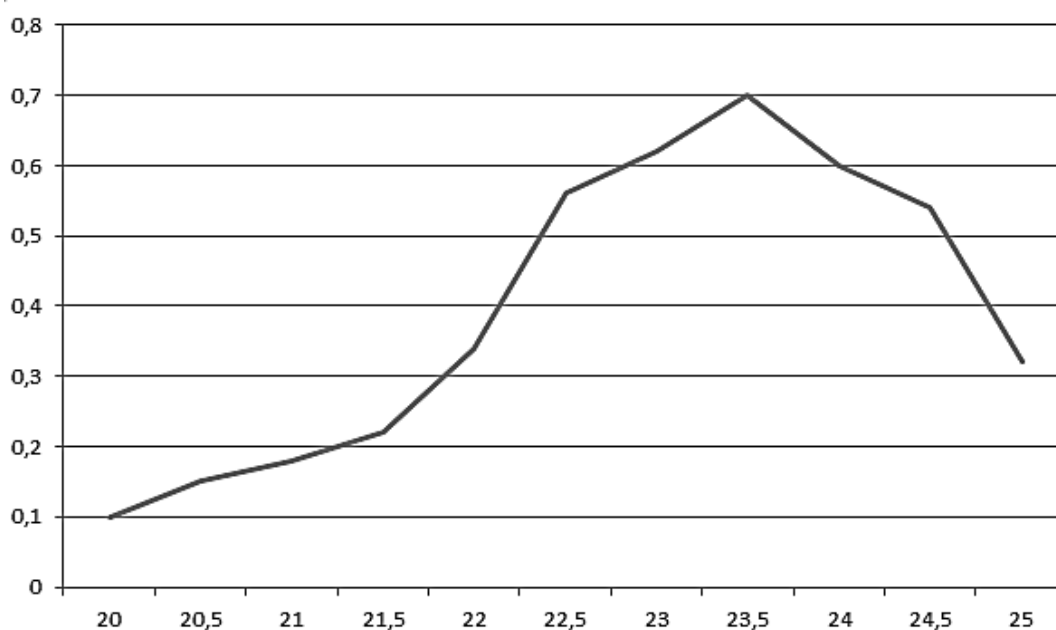


Рисунок 1 - Зависимость амплитуды на измерительной катушке от частоты на пьезоэлементе

При изменении положения стержня относительно полюсов Земли наблюдалось изменение амплитуды на катушке. Если расположить рядом со стержнем постоянный магнит, то изменение амплитуды также наблюдалось, причем в большей степени.

Рассмотрим явления, происходящие в ферромагнитных стержнях. Как известно, ферромагнитные вещества имеют области самопроизвольного намагничивания (домены). В ненамагниченном состоянии вещества домены ориентированы хаотично, и магнитные моменты отдельных доменов компенсируют друг друга. При помещении ферромагнитного тела в магнитное поле домены ориентируются в его направления. В слабом поле ориентация частичная; в сильном поле при магнитном насыщении материала ориентируются все домены. Ориентация доменов вызывает увеличение магнитной индукции, характерное для ферромагнитных материалов.

Если на намагниченный образец ферромагнитного тела воздействовать внешней механической силой, то тело деформируется, домены изменят свою ориентацию и индукция в материале изменяется. Явление имеет упругий характер. Если силу снять, то индукция примет прежнее значение.

Можно допустить, что акустические волны, индуцирующие периодические колебания кристаллической решетки, могут также создавать дополнительно динамические доменные сегменты в ферромагнетиках в которых ширина доменов и доменных границ будет определяться длиной акустической волны и ее амплитудой. Такие «индуцированные домены», имеющие динамический характер, обладают возможностью пространственной или временной перестройки в зависимости от интенсивности или природы внешних воздействий.[3]

**Заключение.** На основе полученных результатов научных исследований возможно существенно улучшить технические характеристики феррозондовых датчиков, что позволит, в свою очередь, эффективно проводить общую магнитную съемку Земли и палеомагнитные исследования; успешно решать задачи региональной структурной геологии, геологического картирования разных масштабов, поисков и разведки полезных ископаемых; с высокой степенью детализации изучать геолого-геофизические особенности и трещиноватости пород.

### Литература

1. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. 592 с.
2. Федынский В.В. Разведочная геофизика. М.: Недра, 1964. 672 с.
3. Брякин И.В., Денисов Г.С. Феррозондовый датчик с упругим возбуждением сердечника // Проблемы автоматики и управления. 2017. № 1 (32). С. 50-59.

## ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

Кыдыралиев Э.М.

Kydyraliev\_e@mail.ru

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР, г. Бишкек,  
Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*заведующий лабораторией порошковых материалов*

*Института физико-технических проблем и материаловедения НАН КР,*

*д.ф.-м.н., профессор Касмамытов Н.К.*

**Аннотация.** В Институте физико-технических проблем и материаловедения НАН КР совместно с кафедрой физики и микроэлектроники КРСУ проводятся НИР по разработке высоковольтного керамического фарфорового материала на основе минерального сырья месторождений Кыргызской Республики. Установлено, что минерально-природное сырье Кыргызской Республики может быть принципиально использовано для получения высоковольтных керамических материалов, причём низкотемпературного обжига, с высокими физико-механическими и диэлектрическими свойствами, несмотря на то, что в базовом сырье имеются оксиды железа, превышающие норм ГОСТа №20419-83. В работе представлены результаты исследования формирования микроструктуры высоковольтной фарфоровой керамики и изучены основные эксплуатационные свойства.

**Ключевые слова:** фарфор, состав, высоковольтная керамика, диэлектрик, микроструктура, свойства.

**Введение.** Высоковольтная фарфоровая керамика (ВФК) – является одним из наиболее широко применяемых керамических материалов в энергетическом секторе экономики Кыргызской Республики. ВФК используется в качестве изоляторов высокого напряжения. В настоящее время созданы много новых керамических материалов электротехнического назначения, у которых эксплуатационные (механические и диэлектрические) свойства ощутимо выше по сравнению с классическими видами ВФК. Несмотря на это применение ВФК в ряде отраслей электроэнергетического сектора экономики, электротехники не только не снизилась, а, наоборот, весьма возросла. Особенно велика роль электротехнического фарфора как материала для производства высоковольтной аппаратуры и изоляторов. Широкое применение фарфора в качестве высоковольтного изолирующего материала объясняется не только его сравнительно высокими диэлектрическими свойствами, но и тем, что промышленное производство электротехнического фарфора является недорогостоящим и наиболее освоенным в керамической промышленности.

Анализ ряда зарубежных литературных данных [1,2] показал, что ВФК, как правило, состоит из трёх основных фаз: стекловидной фазы, причем она в различных ВФК варьируется по объёмному содержанию от 40 до 64% ; муллита от 15 до 30% об.; кварца – от 10 до 30% об. Наряду с вышеотмеченными фазами в ВФК возможно присутствие кристобалита, а также наличие «закрытых» пор в небольших количествах. Например, структурно-фазовый состав различных российских электротехнических фарфоров, в том числе и ВФК, колеблется примерно в следующих пределах по объёмному содержанию в %: муллит – 21–22; кварц – 16–18; стекловидная фаза – 60–64. Также отметим, что несмотря, на существенное отличие количественного содержания основных структурных фаз у



зарубежных ВФК, все же величина их физико-механических и диэлектрических свойств практически одинакова.

Таким образом, сравнительный анализ показывает, что каждая из трёх основных фаз, составляющих ВФК, соответственно отличаются на 15-20% по объёму. Такое различие составов, во-первых, обусловлено тем, что применяемые в производстве фарфоровой керамики исходный природный сырьевой материал (глина, каолин, кварцевый песок, полевошпат, и др.) по химическому и фазовому составу существенно отличаются в зависимости месторождения сырья. Во-вторых, состав керамики также зависит от технологии и условий обжига (температуры спекания).

Фарфор представляет собой композиционный материал с гетерогенной микроструктурой. Известно [3,5], что при оптимальном обжиге электротехнический фарфор состоит из стекловидной фазы, мелкозернистого муллита в виде округлых или изометричных иголок, а также мелкодисперсных кристаллов кварца. Рассмотрим их в отдельности. Стекловидная фаза в микроструктуре ВФК находится в виде прослоек стекла, связывающая кристаллические зёрна. В микроструктуре ВФК стекловидная фаза может содержаться от 5 до 40 % по объёму. Она не имеет упорядоченной структуры и находится в аморфном состоянии. В процессе обжига стекловидная фаза как легкоплавкая компонента в ВФК раньше становится жидкой и может растворять мелкие кристаллические зёрна более тугоплавких компонентов (кварца, муллита) ВФК. Постепенно жидкая стекловидная фаза насыщается растворимыми кристаллическими фазами, после чего из расплава кристаллизуется твердая фаза. Наличие стекловидной фазы определяет довольно высокую механическую прочность фарфора. Состав стекловидной фазы оказывает существенное влияние на диэлектрические свойства фарфора.

Муллит — твёрдый минерал из класса силикатов, химический состав непостоянен: от  $Al_6Si_2O_{13}$  до  $Al_4SiO_8$  (т. е. колеблется от  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  до  $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ).

Кварц -  $SiO_2$  (диоксид кремния) в чистом виде кварц бесцветен или имеет белую окраску из-за внутренних трещин и кристаллических дефектов. Относится к тригональной сингонии. Кристаллы кварца представляют собой шестигранные псевдогексагональные призмы. Температура их плавления составляет  $T=1713—1728$  °С (из-за высокой вязкости расплава определение температуры плавления затруднено, существуют различные данные). Кварц относится к группе стеклообразующих оксидов, т.е. может быть главной составляющей стекла. Однокомпонентное кварцевое стекло из чистого оксида кремния получают плавлением горного хрусталя, жильного кварца и кварцевого песка. Диоксид кремния обладает полиморфизмом. Кварц стабильный при нормальных условиях, но при определенных условиях меняет свою структурную модификацию. Известна полиморфная модификация —  $\alpha$ -кварц, который считается низкотемпературной модификацией. Другой разновидностью является  $\beta$ -кварц, который относится к высокотемпературной модификации. Наряду с этим, кварц имеет несколько полиморфных структурных модификаций, являющихся самостоятельными минеральными видами: кристобалит, тридимит, коэсит. Наиболее распространённая модификация кварца, присутствующая в фарфоровых керамиках является кристобалит. Причем кристобалит может быть, как высокотемпературной полиморфной модификацией кварца, так и низкотемпературной тетрагонально-трапецеэдрический вид симметрии. Состав кристобалита %: Si — 46,99; O — 53,01. Устойчив вплоть до 200—270 °С. Выше этой температуры переходит в кубическую высокотемпературную  $\alpha$  модификацию. В основном кристобалиты встречаются в природе и являются псевдоморфозами. Обычно, псевдоморфозы стекла проявляются на полевошпате в процессе обжига, когда кристаллы кварца имеют четкие контуры или сливаются с основной массой фарфора. Кристаллы муллита формируются в виде игольчатых кристаллов, которые взаимно переплетаются в виде сетки. Длина муллитных кристаллов может достигать значения 10-40 мкм.

При строгом соблюдении технологии получения (режимов обжига) ВФК, кристаллические зерна кварца равномерно распределяются в основной матрице керамики и имеют остроугольную или округлую форму. Зона оплавления кристаллов кварца обычно составляет 1-3 мкм. Размер зерен кварца колеблется в широких пределах. Средний размер составляет примерно 15-20 мкм, максимальный размер в процессе рекристаллизации может достигать порядка 100 мкм и более при старении.

Стекловидная фаза в процессе обжига ВФК становится аморфной и по своему составу формируется неоднородной. Различают следующие ее разновидности:

- полевошпатовое стекло в пределах зерен полевого шпата, в котором растворились кварц и каолинит (псевдоморфозы стекла по полевому шпату),
- кремнеземистое стекло вокруг зерен кварца,
- стекло, образующееся за счет растворения кварца в полевошпатовом стекле,
- стекло, образующееся за счет взаимодействия каолинового остатка с полевошпатовым расплавом

Формирование микроструктуры муллита в ВФК зависимости от режимов обжига может быть различным. Например, муллит может формироваться в виде крупных сравнительно немногочисленных иголок в участках полевошпатового стекла, или в виде сетки кристаллов в пределах зерен каолинита, возможны образования в виде субмикроскопических игольчатых скоплений около пор. Формирование микроструктуры муллита в процессе обжига ВФК протекает двояко: вначале образуется так называемый пластинчатый (первичный) муллит, формирующийся из глинистых минералов, а после вторичный так называемый игольчатый муллит, образующийся из стекловидной фазы на конечной стадии обжига при охлаждении. Первичный пластинчатый муллит при повышенных температурах растворяется в стекловидной фазе и при охлаждении может частично выкристаллизовываться в виде иглоподобного муллита.

Эксплуатационные свойства (механическая прочность, электрический пробой и др.) ВФК определяются как его фазовым составом, так и особенностями формирования микроструктуры.

С учетом установленных ГОСТов и условий эксплуатации изоляторов к ВФК предъявляются определенные требования в отношении его диэлектрических, механических и теплофизических свойств. Наиболее важной диэлектрической характеристикой фарфора является прочность на пробой (или электрическая прочность, кВ/мм). Величина электрической прочности в первую очередь зависит от количества стекловидной фазы.

Качественно можно отметить, что основная проводимость электрического тока в керамическом фарфоре осуществляется через стекловидную фазу, а через поры и «твёрдым» кристаллам (кварца, муллита и др.) проводимость тока существенно ниже. Размер кристаллов керамики не оказывает влияния на величину электропроводности.

Электрическая прочность (иначе электрический пробой) фарфора при комнатной температуре мало зависит от количественного соотношения  $K_2O$  к  $Na_2O$  в стекловидной фазе. Однако от этого соотношения весьма существенно зависит температура, при которой наблюдается заметное снижение электрической прочности. В работе [6], показано, что наличие в полево шпате оксида кальция благоприятно сказывается на электрической и механической прочности фарфора.

Таким образом, анализ литературных данных позволяет управлять свойствами электропроводности, а также механической прочностью электротехнического фарфора. Более того представляется возможным в априори предсказать некоторые пути улучшения этих характеристик и в первую очередь за счет: уменьшения содержания щелочных оксидов калия и натрия; увеличения в стекловидной фазе соотношения оксидов  $K_2O$ :  $Na_2O$  до разумных значений; замены определенной доли щелочных оксидов калия и натрия оксидами щелочноземельных металлов.

Механическая прочность электротехнического фарфора, как и всякого керамического материала, определяется свойствами наиболее слабой составляющей его структуры –

стекловидной фазы. Прочность и упругость кристаллического кварца, муллита и фарфора характеризуются следующими величинами (см. табл.1). Сопоставляя значения прочности в приведенных табличных данных следует, что механические свойства прочности электротехнического фарфора ощутимо ниже, чем значения прочности отдельно взятых компонент кварца и муллита, (см. таблица 1) из которого состоит керамический фарфор. Очевидно, что для повышения механической прочности электротехнического фарфора следует несколько снизить процентное содержание стекловидной фазы в фарфоре от 50% до 30-35%.

С другой стороны, прочность стекловидной фазы зависит от особенностей формирования микроструктуры и состава, образующихся в процессе обжига. Например, повышение количественного содержания первичных кристаллических частиц  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в формирующейся стекловидной фазе в целом способствует увеличению прочности электротехнического фарфора. Последнее в известных пределах может быть достигнуто за счет изменения количественного содержания фазовых компонентов, входящих в состав шихты фарфора.

Стекловидная фаза также может быть упрочнена армированием в процессе обжига за счёт вторичного роста в стекловидной фазе «леса» тонкодисперсных игольчатых кристаллов муллита и кварца, которая достигается путем регулирования кинетики режимов спекания фарфора. Положительное влияние увеличения количества кварца на прочность фарфора подтверждается рядом исследований [7-9].

Таблица 1 - Механические свойства прочности кварца, муллита и фарфора

Предел прочности, Кгс/см <sup>2</sup>	Наименование кристаллической Фазы		
	Кварц	Муллит	Фарфор
при сжатии	22000	8300	4000-5500
при разрыве	850	820	250-500
при изгибе	1200	980	600-850

Механическая прочность фарфора зависит не только от количества, оставшегося в фарфоре кварца, но и размера зерен кварца, а также от степени его оплавления в жидкой стекловидной фазе. Механическая прочность фарфора определяется в основном остаточными напряжениями стекловидной фазы, которые тем выше, чем больше в фарфоре остаточного кварца. Рекомендуются применять фарфоровые массы, в шихте которых содержание кварца доводят до 35% за счет снижения содержания глинистых компонентов и полевого шпата до 40%.

Фактографические исследования микроструктуры диэлектрических образцов ВФК проводились с помощью растрового электронного микроскопа BS-301. Для этого предварительно на свежеприготовленную поверхность излома опытных образцов ВФК наносилась токопроводящая плёнка на основе углерода и алюминия путем вакуумного напыления на установке ВУП-4.

Поверхность образцов ВФК спечённых при температуре 1150°C напылялось тонким слоем алюминия, а поверхность образцов ВФК спечённых при температуре обжига 1200°C напылялось тонким слоем углерода. С помощью растрового электронного микроскопа BS - 301 проведён фактографический анализ микроструктуры поверхности излома ВФК спечённых при двух различных температурах обжига 1150°C и 1200°C.

Фактографический анализ микроструктуры поверхностей изломов ВФК показал, что у опытных образцов спечённых при 1150°C происходит по межзёренным границам. Видно, (см. рисунок 1, а), что образцы ВФК спечённые при 1150°C раскалываются преимущественно

по стекловидной фазе, который имеет более остро рельефный характер излома. Это обусловлено тем, что при температуре обжига  $1150^{\circ}\text{C}$  микроструктура высоковольтного фарфора окончательно не сформировалась. Характер микроструктуры изломов опытных образцов ВФК спечённых при температуре обжига  $1200^{\circ}\text{C}$  существенно отличается от образцов, спечённых при  $1150^{\circ}\text{C}$ . Отличие изломов ВФК, спечённых при температуре обжига  $1200^{\circ}\text{C}$  (см. рисунок 1, б) по сравнению с ВФК, спечённых при  $1150^{\circ}\text{C}$  обусловлено отличием в механизме излома. При этой температуре опытные образцы испытывают в подавляющем большинстве так называемый транскристаллитный излом. Это следует связывать близкими значениями механической прочности всех составляющих фаз, в частности аморфной стекловидной фазы и кристаллического твердого зерна ВФК.

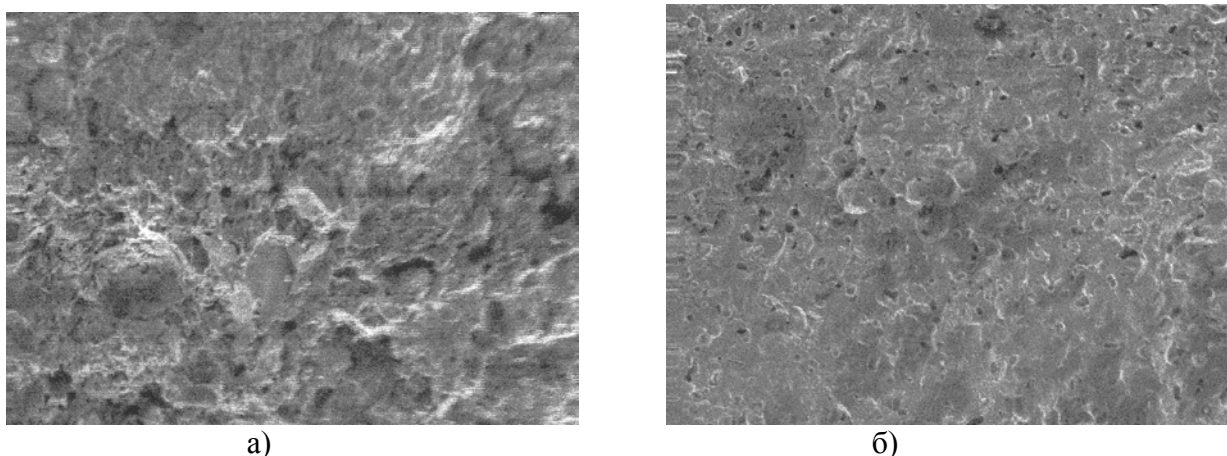


Рисунок 1 - Микроструктура изломов ВФК на базе местного сырья, полученных при температурах обжига: а)  $1150^{\circ}\text{C}$ ,  $\times 400$ ; б)  $1200^{\circ}\text{C}$ ,  $\times 200$

Несомненно, такая сформировавшаяся конечная микроструктура ВФК при температуре обжига  $1150^{\circ}\text{C}$ , будет в существенной мере предопределять физико-механические и эксплуатационные свойства опытного керамического материала. У опытных образцов ВФК обожжённых при температуре  $1150^{\circ}\text{C}$  в микроструктуре имеются значительно больше микропор, чем в образцах, полученных при температуре обжига  $1200^{\circ}\text{C}$ . В целом проведенный анализ формирования конечной микроструктуры образцов ВФК позволяет обобщить формирование микроструктуры фарфора, в виде ниже приведенной схемы, представленное на рисунке 2.

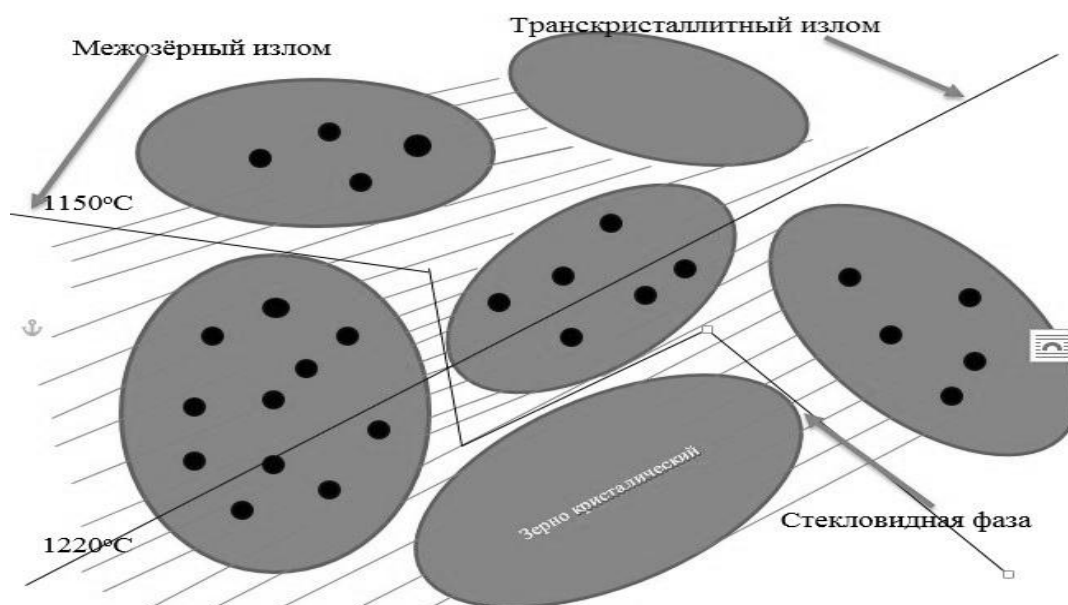


Рисунок 2 - Схематичное изображение двух видов изломов в микроструктуре ВФК при различных температурах  $1150^{\circ}\text{C}$  и  $1200^{\circ}\text{C}$  обжига.

Во-первых, у опытных образцов ВФК при температурах обжига 1200°C поверхности микроструктуры изломов имеют более отчётливый хрупкий характер излома, по сравнению с поверхностями изломов этих же образцов обожженных при температуре 1150°C. Повышение температуры обжига на 30°C приводит к улучшению микроструктуры фарфора. Они становятся более плотными и в целом фарфоровая керамика при 1200°C, формирует более качественную микроструктуру. Формирование микроструктуры при данных температурах спекания 1150 и 1200°C предопределила их физико-механические и электрические свойства. Ранее в нашей работе [10] подробно были изучены и обсуждены эксплуатационные (физико-механические и электрические) свойства этих опытных ВФК. Было установлено, что опытные ВФК полученные на основе местного сырья при температуре обжига 1200°C соответствовали классу высоковольтных фарфоровых керамик согласно ГОСТа №20419-83.

Таким образом, в работе изучены закономерности формирования микроструктуры высоковольтных фарфоровых керамик на базе местного сырья при температурах обжига 1150 °С, 1200 °С, были проанализированы физико-механические и электрические свойства ВФК. Полученные результаты по эксплуатационным свойствам однозначно показали, что используемое местное сырье пригодно для получения ВФК со свойствами не уступающими мировым аналогам и удовлетворяют нормам ГОСТ №20419-83.

### Литература

1. Зельманг Г. Физико-химические основы керамики. М.: Госстройиздат, 1959. 298 с.
2. Boch P., Nièpce J.-C. Ceramic Materials: Processes, Properties, and Applications // ISTE, 2007, XVIII, 573 p.
3. Масленникова Г.Н., Харитонов Ф.Я., Костюков Н.С., Пирогов К.С. Технология электрокерамики. М.: Энергия, 1994. 224 с.
4. Выдрик Г.А., Костюков Н.С. Физико-химические основы производства и эксплуатации электрокерамики. М.: Энергия, 1971. 328 с.
5. Химическая технология керамики / Под ред. И.Я. Гузмана. М. 2003. 527 с.
6. Креймер Д.Б., Чистякова Т.И. Влияние фазового состава глиноземистого фарфора на его механическую прочность // Стекло и керамика. 1989. № 12. С. 16-17.
7. Масленникова Г.Н. О влиянии глинозема на основные свойства высоковольтного фарфора // Труды ГИЭКИ. 1962. Вып. 6. С. 3-14.
8. Розенцвейг С.М., Левицкая Ю.Ф., Холодок Н.И. и др. Влияние дисперсности глинозема на свойства высоковольтного фарфора // Стекло и керамика. 1989. № 1. С. 22-23.
9. Попова И.А., Креймер Д.Б. Выбор соотношения глинозема и полевого шпата в высокопрочных фарфоровых массах // Стекло и керамика. 1990. № 3. С. 18.
10. Касмамытов Н.К., Кыдыралиев Э.М., Календеров А.М. Разработка новой керамической массы на основе местного сырья для создания высоковольтной керамики // Физика. 2017. № 2. С. 34-39.

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ПЕСЧАНОК ПРИИССЫККУЛЬЯ

Мусуралиева Д.Н.

anadila@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** В статье приводятся сведения о распространении песчанок в Прииссыккулье и их зараженности зоонозными инфекциями.

**Ключевые слова:** Тамарисковые и краснохвостые песчанки, инфекции, зараженность, зоонозы.

**Введение.** Грызуны встречаются в разных ареалах, охватывающие многие природные зоны и ландшафты, имеют способность к пространственным перемещениям, способность к высокой и повышающейся численности, синантропные и тесные экологические контакты с человеком [1].

В разных природных условиях складывается определенный видовой состав грызунов, в зависимости от особенностей природной среды, выращиваемой культуры в сельскохозяйственных угодьях, природно – климатических, погодных условий года и других условий (таблицы 1,2,3).

В прииссыккулье выделены три зоны: западная, центральная, восточная. Западная граница проходит от с. Тамчи на северном берегу оз. Иссык-Куль, до с. Тон на южном. Центральная зона занимает территорию по обоим берегам озера Иссык-Куль, на южном от с. Тон, до с. Кызыл-Суу и северном – от с. Тамчи до селения Кутурги. Восточная зона занимает территорию от с. Кутурги по северному берегу озера до с. Кызыл-Суу [2].

**Материал и методы.** Материал для исследования получен путем специального выставления живоловок и давилок Геро через каждые 5 метров в открытых биотопах Тонского и Иссык-Кульского района Иссык-Кульской области. У выловленных животных снимались морфометрические показатели, далее вскрывались, отбирались пробы органов и сыворотки крови.

**Обсуждение.** Одной из основных особенностей Иссык-Кульской котловины является климатическая асимметрия, которая сказывается на пространственном распределении растительных формаций, отражающихся в структуре сообществ мелких млекопитающих [3], в том числе и песчанок.

Таблица 1 – Экологическая характеристика тамарисковой и краснохвостой песчанок

Места обитания	Особенности		Численность	Значение	Авторы
	биологические	физиологические			
<b>1. Песчанка тамарисковая – <i>Meriones tamariscinus</i> (Pallas,1773) [4]</b>					
Целинные и залежные участки в предгорьях и нижней части среднегорий, * в сухих биотопах	Нехарактерен колониальный образ жизни. Ведет преимущественно ночной образ жизни**	В спячку не впадает**	Зависит от характера местообитаний, сезонные колебания численности зависят от кормовых условий, которые связаны с погодными факторами**	▲;■***; Способствует разведению песков	*[5]; ** [6]; *** [7]
<b>2. Песчанка краснохвостая – <i>Meriones libycus</i> Lichtenstein (1842) [4]</b>					
Целинные и залежные участки в предгорьях и нижней части среднегорий, * в сухих биотопах	Поселяется с гребенщиком песчанкой, ведет в основном ночной образ жизни***	В спячку не впадает**	Большое колебание численности оказывают метеорологические условия года***	Способствует разведению песков **	*[5]; ** [6]; ***[7]

Примечание: \*- источники; ▲ – эпидемиологическое значение; ■ – вредитель сельского хозяйства.

Таблица 2 – Питание песчанок

Вид грызуна	Растительная пища	Животная пища	Авторы
Песчанки тамарисковая	в основном зелеными частями растений и семена	насекомые	[6]
Песчанка краснохвостая	семена злаковых и бобовых растений, сочные зеленые части растений, плоды фруктовых деревьев, ягоды, овощи, подземные части растений, колосья пшеницы	насекомые	[6,7];

Таблица 3 – Размножение песчанок

Начало спаривания	Наступление половозрелости	Длительность беременности Дней	Среднее кол-во детенышей	Период лактации, дней	Кол-во приплода в год	Авторы
<b>1. Песчанка тамарисковая – <i>Meriones tamariscinus</i> (Pallas,1773)</b>						
размножается два раза в году: в мае и августе*	-	около 20 дней	от 3 до 8, чаще 4-6, среднее число эмбрионов равно 5,5	40-45**	-	* [7,8]; ** [6,7]
<b>2. Песчанка краснохвостая – <i>Meriones libycus</i> Lichtenstein (1842)</b>						
со второй половины февраля - в марте и продолжает ся 7 - 9 месяцев	в возрасте двух с половиной – трех месяцев, имея вес 50-55г*	от 22 до 24 суток	6 - 6,5	-	отмечен о 3 приплода	* [6]

Примечание: \*- источники.

В истории изучения территории Иссык-Кульской котловины по данным исследователя М.П. Чумакова, (1954), [9] у песчанок тамарисковой и краснохвостой была обнаружена лихорадка-Ку. Культура чумного микроба у песчанки тамарисковой.

**Результаты исследования.** Распределение и численность видов по биотопам зависит от: обеспеченности пищей, наличия укрытий, экологической пластичности вида. Отдельные виды имеют предпочтения по выбору биотопов, внутри ареала. Характер связи вида может меняться в значительных пределах. Выявление характера использования территории важно для оценки роли вида в природных очагах инфекций, основными носителями которых они являются.

Распространение Песчанки тамарисковой и песчанки краснохвостой – [10-17], установлено в западной и центральной зоне Иссык-Кульской котловины.

**Песчанка тамарисковая** – отловлена в Иссык-Кульской котловине на западном и южном берегу озера Иссык-Куль, в прибрежной полосе в окрестностях с. Тору - Айгыр, Иссык-Кульского района, участке культурного центра Аалам – Ордо, участке Торт-Там с. Оттук, и участке Ак-Булун, между селами Кара-Талаа и Барбулак, Тонского района.

**Песчанка краснохвостая** - выловлена на южном берегу озера Иссык-Куль на участке культурного центра Аалам–Ордо, на участке Торт-Там и Ак-Булун, Тонского района. Основные места регистрации песчанок показаны на рисунке 1.

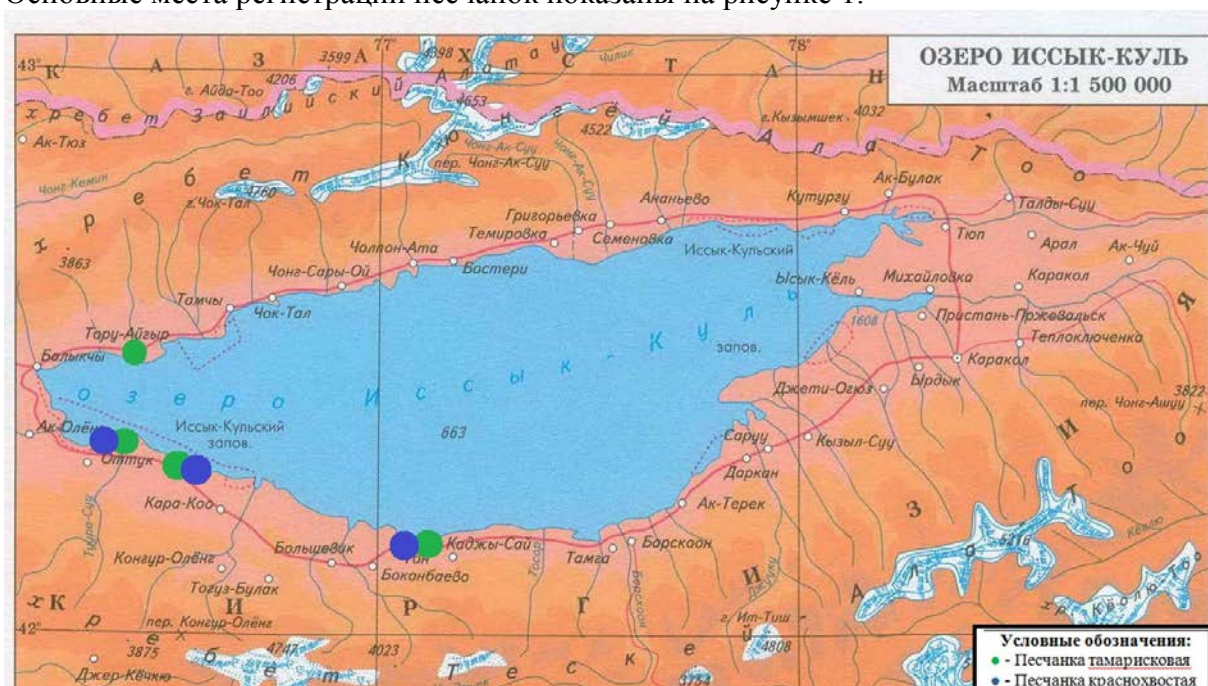


Рисунок 1 - Местообитания и участки вылова песчанок

Таблица 4 - Участие песчанок в различных природно-очаговых заболеваниях

Грызун	Чума	Легтоспироз	Лихорадка- Ку	Псевдотуберкулез	Листерия	Бруцеллез	Кишечные иерсиниоз	Иерсения кристенсена
Песчанки тамарисковая	■	▲	■	▲	▲	▲	▲	▲
Песчанка краснохвостая			■					▲



Примечание: ■- исследования по Айзину Б.М.1979 г.; ▲- результаты наших исследований; % выводились от общего количества выявленных болезней на грызунах.

В таблице 4 показаны, что в наших исследованиях у песчанки тамарисковой выявлены лептоспироз, псевдотуберкулез, листериоз, бруцеллез, кишечный иерсиниоз. Иерсения кристенсена у песчанок тамарисковой и краснохвостой [10].

У выловленных тамарисковых песчанок выявлены смешанные (микст) инфекции (таблица 5).

Таблица 5 - Микст инфекции у тамарисковых песчанок

Вид грызуна	Зоонозные инфекции
<i>Песчанка тамарисковая</i>	<i>Псевдотуберкулез + Лептоспироз</i>
<i>Песчанка тамарисковая</i>	<i>Бруцеллез+ Кишечный иерсиниоз</i>
<i>Песчанка тамарисковая</i>	<i>Листериоз + Лептоспироз</i>

Среди инфекций лидирующая роль остается за кишечный иерсиниозом.

Вызывает опасение, что песчанки обитают в открытых стациях прибрежной зоны озера Иссык-Куль, и тем самым могут стать носителями природно-очаговых инфекций в курортный сезон.

#### Выводы:

1. Фауна Песчанковых *Gerbillidae Gray, 1825* в Иссык – Кульской котловине состоит из 2 видов песчанок: Песчанка тамарисковая– *Meriones tamariscinus Pallas, 1773* и Песчанка краснохвостая – *Meriones libycus Lichtenstein, 1842*

2. Климатическая асимметрия Иссык-Кульской котловины сказывается на пространственном распределении и структуре сообществ грызунов. Песчанки обитают западной и центральной зоне.

3. Установлено участие песчанок как носителей 6 возбудителей зоонозных инфекций: *Псевдотуберкулез, Бруцеллез, Кишечный иерсиниоз, Иерсиния кристенсена, Лептоспироз и Листериоз.*

#### Литература

1. СП 1.2.011 – 94. Безопасность работы с микроорганизмами I - II групп патогенности / В.Е. Соколов. М.: Информ.- изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 1994. 169 с.
2. Сартбаев С.К. Эктопаразиты грызунов и зайцеобразных в Киргизии. Фрунзе: Илим, 1975. 211 с.
3. Фауна и экология наземных позвоночных Кыргызстана / Отв. ред Э.Дж. Шукуров. Бишкек: Илим, 1991. 140 с.
4. Торстен Х. Торопова В.И., Еремченко В. и др. Систематический список позвоночных животных Кыргызстана. Бишкек. 2010. 116с.
5. Токтосунов А. Грызуны Киргизии. Фрунзе: АН Кирг.ССР, 1958. 172 с.
6. Млекопитающие Киргизии / А.И. Янушевич, Б.М. Айзин, А.К. Кыдыралиев и др. Фрунзе: Илим, 1972. 463 с.
7. Айзин Б.М. Грызуны и зайцеобразные Киргизии. Экология, роль в поддержании природных очагов некоторых заболеваний. Фрунзе: Илим, 1979. 201 с.
8. Кузнецов Б.А. Звери Киргизии. М.: МОИИ, 1948. 225 с.
9. Чумаков М.П. Материалы по интенсификации заболеваний Ку-лихорадки // ЖМЭИ. 1954. № 5.
10. Мусуралиева Д.Н. База данных зоонозных инфекций, выявленных у грызунов на территории Иссык-Кульской котловины // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов IX Междунар. конф. молодых ученых и студентов (г. Бишкек, 27-28 марта 2017 г.). Бишкек: НС РАН. 2017. С. 389-394.

11. Мусуралиева Д.Н. Изучение грызунов Иссык-Кульской котловины // Техногенные системы и экологический риск. Обнинск. 2017. С. 137-138.
12. Алымкулова А.А., Мусуралиева Д.Н. Видовое разнообразие грызунов Иссык-Кульской котловины и их численность // Исследование живой природы. 2016. № 1, 2. С. 16-20.
13. Мусуралиева Д.Н. Динамика изменения видового состава грызунов Иссык-Кульской котловины // Изв. ВУЗов. 2014. № 8. С. 81-84.
14. Алымкулова А.А., Мусуралиева Д.Н. Мышевидные грызуны Иссык-Кульской котловины // Вест. КазНУ. Сер. биол. Алматы. 2014. № 3. Вып. 62. С. 35-39.
15. Алымкулова А.А., Мека-Меченко Т.В., Мусуралиева Д.Н., Бурделов Л.А., Некрасова Л.Е., Мека-Меченко В.Г., Беляк Л.Г. Сравнительный анализ эколого-эпизоотологической характеристики грызунов Иссык-Кульской котловины // Наука, новые технологии и инновации. 2014. № 5. С. 65-67.
16. Мусуралиева Д.Н. Характеристика грызунов Иссык-Кульской котловины по результатам экспедиции 2014 года // Наука, новые технологии и инновации. 2014. № 5. С. 61-62.
17. Мусуралиева Д.Н. Экологическая характеристика грызунов Иссык-Кульской котловины // Изв. ВУЗов. 2014. № 8. С. 84-86.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАСЧЁТА 3D ГРАФИКИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ТАЙЛОВЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ ОТЛОЖЕННОГО РИСОВАНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ.

Токсаитов Д. А.  
toksaitov\_d@auca.kg  
Кыргызско-Российский Славянский университет,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

### **Научный руководитель:**

*в.н.с. Института автоматизации и информационных технологий НАН КР,  
к.т.н. Верзунов С.Н.*

**Аннотация.** Визуализация астрономических явлений, таких, как гравитационных взаимодействий небесных тел, требует рисовать большое количество однотипных 2-Д и 3-Д объектов. К сожалению, тайловые архитектуры графических ускорителей устройств отложенного просчета, популярные на мобильном рынке, не предназначены для обработки большого количества запросов на рисование. Создателям графических движков необходимо использовать различные методы оптимизации для уменьшения количества таких запросов. В этой работе представлена реализация графической системы визуализации, которая поддерживает дерево изменений состояния каждого объекта сцены, для передачи только необходимого набора данных для рисования. Кроме того, система минимизирует количество объектов для передачи, динамически объединяя и/или дублируя их геометрию. Система также разгружает шину данных, вычисляя и передавая только разницу между конечными сетками геометрии. Прирост производительности относительно неоптимизированной версии продемонстрирован путем сравнительной оценки скорости работы системы на примере визуализации результатов симуляции N-тел с большим количеством объектов.

**Ключевые слова:** тайловые процессоры; TBDR архитектура; оптимизация; система визуализации; дерево обновлений; комбинирование геометрии; дублирование геометрии; разница конечной сетки; N-body симуляция;

**Введение.** Современные мобильные устройства, такие как мобильные телефоны, ноутбуки и планшетные компьютеры, содержат программные интерфейсы графического адаптера, портированные с персональных компьютеров. Такие библиотеки не имеют представления о природе мобильного графического ускорителя, который кардинально отличается архитектурой от своего настольного собрата. Микросхемы мобильной графики построены на основе архитектуры отложенного расчёта и обрабатывают изображение отдельными регионами фиксированного размера (тайлами) для минимизации потребления электроэнергии устройства [1, 2]. Архитектуре отложенного расчёта требуется, чтобы центральный процессор подготовил информацию обо всех запросах на рисование объектов сцены в буфере для проверки данных, распределения информации на тайлы и передачи, позже, целиком в память графического ускорителя. Такой подход взаимодействия между процессором и графическим ускорителем позволяет, с одной стороны, упростить схему мобильного графического чипа, минимизировать его потребление памяти в системе и уменьшить потребление энергии устройства [2]. С другой стороны, этот подход требует выполнять дополнительную работу по сбору данных и поддержке буферов для каждого последующего кадра. Это накладывает серьезные ограничения на максимальное количество объектов, которые могут быть представлены на экране одновременно из-за ограниченного

размера вышеупомянутых буферов [7]. Отложенные системы требуют от разработчиков тратить драгоценное время процессора на поддержку графической подсистемы, а НЕ на выполнение полезной работы их программ. В этой работе представлены результаты исследования разработки системы расчёта графики в реальном времени, оптимизированной для работы на тайловых мобильных графических процессорах с архитектурой отложенного расчёта. Система минимизирует затраты на передачу данных между центральным процессором и графическим ускорителем путём создания и поддержки дерева изменений состояния для каждого объекта сцены, объединением геометрии на центральном процессоре, дублированием геометрии на графическом процессоре и минимизацией передачи данных путем нахождения разницы конечной сетки геометрии между двумя последующими кадрами. Вышеупомянутая система была разработана и оптимизирована для создания системы визуализации на мобильных устройствах и браузерах ряда астрономических симуляций гравитационного взаимодействия между большим количеством небесных тел.

**Обзор аппаратных систем.** Рынок мобильных платформ ныне представлен различными вариациями тайловых процессоров. Идея тайлового графического адаптера (рис. 1) в отличие от популярной архитектуры немедленного рисования настольных систем заключается в том, что графический буфер изображения разделяется на регионы одинакового размера (тайлы) [1,2,3]. Большинство реализаций процессоров используют размер 16 на 16 и 32 на 32 пикселей для каждого тайла (рисунок 1). Графический адаптер имеет схмотехническое решение, которое может использовать специально подготовленный буфер геометрии для просчета графики только в пределах одного тайла. Из-за небольшого размера тайла, такое аппаратное решение может уместить все промежуточные данные и данные просчитанной части изображения в регистровой памяти чипа. Это позволяет ускорить расчет, минимизировать энергопотребление, упростить схмотехническое решение и получить горизонтально-масштабируемую систему проводя обработку нескольких тайлов одновременно несколькими ядрами графического процессора [2, 6].

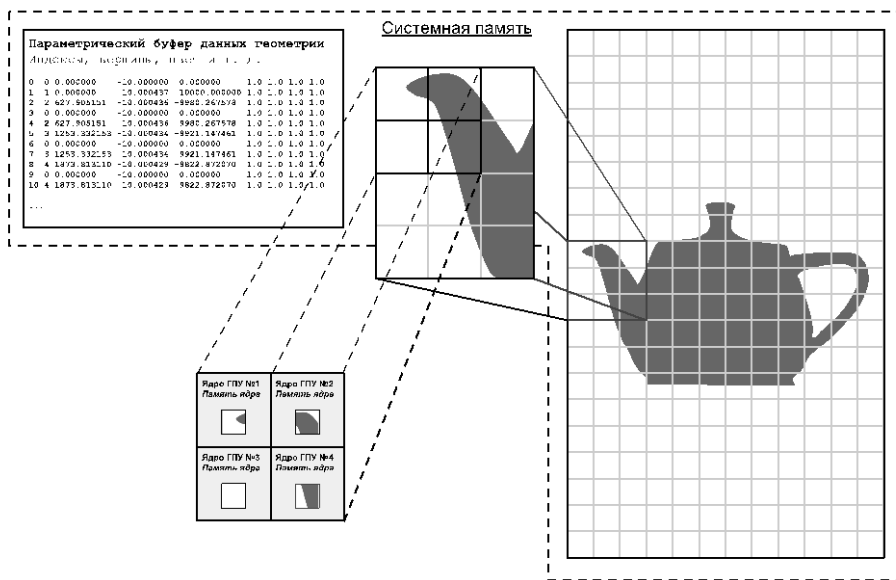


Рисунок 1 – Обзорная схема работы графического процессора тайловой архитектуры

На базе тайловой архитектуры ключевые игроки рынка стали вводить модификации для последующего увеличения производительности. Британская компания Imagination Tech PowerVR™, которая занималась производством графических ускорителей для мобильных продуктов компании Apple, использовала архитектуру отложенного рисования. Архитектура отложенного рисования (TBDR, Tile-Based-Deferred-Rendering) проводит сбор всех данные объектов сцены в специальном параметрическом буфере [2]. После сбора информации или при переполнении буфера система командует графическому адаптеру нарисовать все

объекты за один проход. Информация обо всех или большей части объектов сцены позволяет тайловому процессору произвести более эффективную сегментацию данных между тайлами, тем самым значительно ускорив работу чипа. В частности, специализированная часть ядра может удалить все полигоны геометрии, которые были перекрыты полигонами других объектов сцены стоящими ближе к виртуальной камере. Это позволит проводить дорогую операцию просчета цвета для непрозрачных объектов всего лишь один раз для каждого фрагмента (пикселя) многоугольника.

**Архитектура графического движка.** Для поставленной задачи визуализации гравитационного взаимодействия небесных тел необходимо рисовать схематическое представление двумерных и трехмерных примитивов вроде прямоугольников, окружностей, сфер и параллелепипедов. Для симуляции частей галактики или силовых полей, графическому движку необходимо рисовать от 10 тысяч до 1 миллиона примитивных объектов. Все объекты системы меняют свою позицию каждый кадр, что требует повторной передачи данных при каждом запросе на рисование. Первые версии графической системы имели классическую архитектуру, применяемую во многих популярных решениях, например, в такой библиотеке, как SceneKit от компании Apple.

Реализация первой версии (рисунок 2) состояла из двух ключевых частей: базы данных объектов сцены и системы передачи информации базы данных на графический адаптер. База данных объектов сцены представляла из себя дерево объектов, где отношение родителя и дочернего узла состояло из отношения локальных матриц трансформации. Перемножение матрицы каждого дочернего узла с матрицами предков позволяло получить финальную трансформацию мира 3-Д сцены. Отношение матриц позволяло соединить несколько объектов сцены вместе и, трансформируя корневой объект, получать верную позицию и ориентацию, подчиненного относительно изменения положения и поворота, корневого пространства сцены. В это же время, задачи системы передачи данных заключались в том, чтобы проходить по всем узлам дерева объектов, рассчитывать финальную матрицу, передавать всю информацию объекта на графический адаптер и давать команду на его рисование.

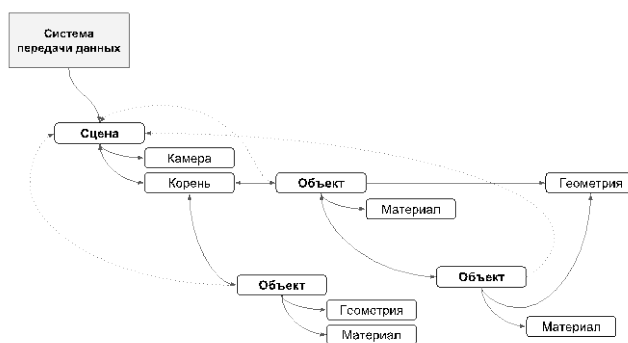


Рисунок 2 – Дерево сцены (база данных состояний) и система передачи данных на ГПУ первой версии движка

Замеры производительности первой версии системы на тестовых устройствах (мобильные телефоны iPhone 6, iPhone 6s, iPhone 7) показали, что такой подход, может просчитывать до ~800 объектов на графических адаптерах, что было неприемлемо для поставленной задачи. Анализ графической подсистемы показал, что ядро центрального процессора, НЕ графического адаптера было загружено работой по подготовке и проверке буфера параметров для передачи данных в память графического ускорителя. Сам графический ускоритель простаивал и НЕ выполнял полезную работу расчёта графики. По этой причине было принято решение изменить архитектуру системы для оптимизации процесса передачи данных. Перед нами стояла задача минимизации количества запросов на рисование при сохранении большого количества видимых объектов сцены.

Новая архитектура графического движка (рисунок 3) использует набор оптимизаций для сохранения визуальной плотности объектов сцены, используя набор трюков для минимизации размера параметрического буфера, а также обходы системы проверки параметрического буфера группировкой данных, не отражающих действительное количество видимых объектов. Из набора оптимизаций отметим следующие ключевые методы:

1. Поддержка дерева обновлений объектов
2. Объединение геометрии и параметров нескольких объектов
3. Дублирование геометрии однотипных объектов
4. Вычисление разности геометрии и частичное обновление буферов ГПУ

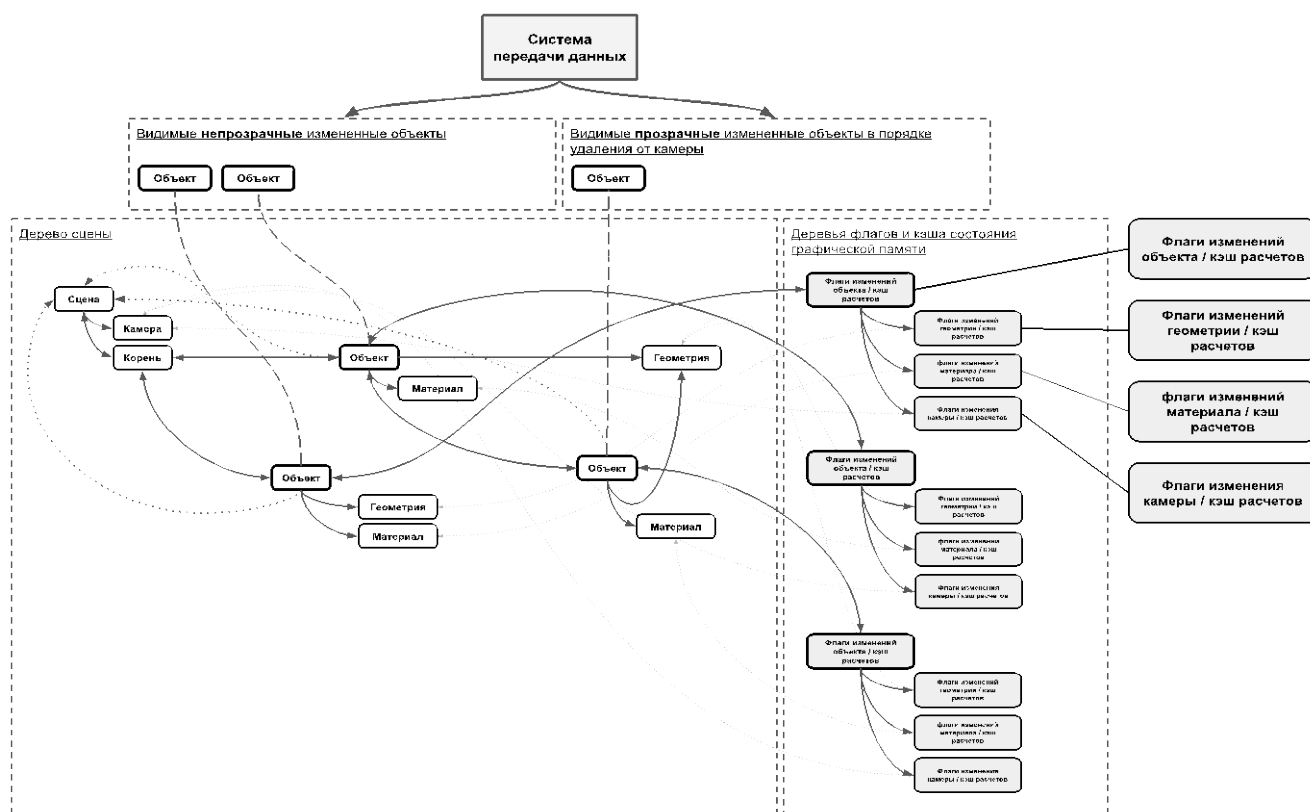


Рисунок 3 – Дерево сцены, деревья изменений и кэша (Renderables) и система передачи данных на ГПУ оптимизированной версии движка

### Используемые оптимизации:

- **Дерево обновлений объектов.** Одна из первых оптимизаций — это уменьшение параметрического буфера данных. Для каждого объекта базы данных сцены, мы храним специальный экземпляр класса флагов и кэша изменений. В нашей системе мы называем такой объект — *Renderable*. Каждый объект *Renderable* имеет набор чисел, используемых, как битовые карты флагов, которые могут ответить на вопрос – изменился ли определенный параметр связанного объекта мира, с момента предыдущего вызова на рисование, или нет. Каждый объект базы данных сцены теперь имеет набор сеттеров для обновления соответствующих битов флагов *Renderable*. В будущем, мы планируем заменить сеттеры на шаблон наблюдения (*Observable pattern*) при наличии поддержки библиотеками или хост средствами среды исполнения языка. Изменения параметров прозрачности приводит к тому, что объект самостоятельно перемещает себя в одноуровневый список прозрачных или непрозрачных объектов системы передачи данных.
- **Объединение геометрии.** Системы визуализации астрономических явлений часто требуют демонстрации простых примитивов схематично при дальних расстояниях

удаления от объектов. Количество примитивов, в таких случаях, может достигать миллионов фигур, одновременно видимых на экране. Средства минимизации передачи данных никак не помогут преодолеть ограничения тайловых архитектур. Так как подобного рода примитивы не требуют большого количества вершин, мы предоставляем механизмы комбинировать геометрию объектов со всеми связанными данными на центральном процессоре. Комбинирование можно делать как статически перед началом цикла рисования, так и динамически между последующими кадрами. Функции комбинирования используют вставки на ассемблере для разных целевых семейств процессоров (x86, ARM) для ускорения процесса. В будущем мы планируем заменить вставки на встроенные (intrinsic) функции компилятора для увеличения портативности кода. Для модификации положения объектов на ГПУ мы предоставляем возможность передавать вспомогательные данные трансформации методом упаковки в текстуры. Для этого в нашем движке есть специальный класс, позволяющий упростить трудоемкий процесс подготовки на стороне ЦПУ и распаковки на стороне шейдерных программ. Такой подход сложен в реализации, но, тем не менее, позволяет получить портативное решения для дешевых или старых устройств без обновлений ОС и новых графических API (например, многие телефоны и ноутбуки развивающихся рынков) [1,3,5].

- **Дублирование геометрии.** Подход комбинирования хорошо подходит для простых примитивов из-за низкого количества вершин многоугольников. К сожалению, он не применим для объектов с большим количеством вершин. В нашей системе визуализации многие планетарные тела вблизи камеры отображены в виде сфер. Для демонстрации плавных переходов на видимых границах необходимо иметь более 1000 вершин для каждого объекта. Комбинирование такого количества данных на центральном процессоре приведет к значительной потере производительности. Для решения этой проблемы, мы решили использовать API дублирования геометрии (geometry instancing API), которые доступны на 90% процентах целевых устройств нашей системы. Идея дублирования заключается в том, что мы передаем геометрию однотипных объектов всего лишь один раз. Кроме того, мы подготавливаем специальный буфер дублирования с глобальными параметрами трансформации, цвета и материалов для каждого отдельного объекта. Отметим, что второй буфер значительно меньше и часто состоит из нескольких векторов для каждого объекта. В заключении, используя специализированные вызовы драйвера ГПУ, мы командуем нарисовать определенный объект N раз, используя одинаковую геометрию, но передавая разные глобальные параметры (трансформации, цвета, материалов) из буфера дублирования в шейдерную микропрограмму графического адаптера. Таким образом, мы получаем N объектов с одинаковой геометрией, но отличительными свойствами позиции, ориентации, цвета, текстурирования и материалов. Используя вершинный шейдер, можно также кардинально изменить геометрию отдельных объектов. Такой подход кардинально разгружает шину передачи данных для рисования тысяч однотипных объектов на нынешних графических адаптерах [2,6].
- **Определение разности геометрии.** Для проверки движения небесных тел нам необходимо рисовать след в виде ленты за каждой планетой. Без поддержки геометрических шейдеров мы можем обновлять геометрию ленты на центральном процессоре. Обновление ленты происходит по методу игры «Змейки» – мы обновляем первый и последний элемент буфера и сдвигаем указатели начала и конца, что сводится к изменению 4 векторов для каждого кадра. К сожалению, первая версия не имела механизма частичной передачи данных и анализа разницы конечной сетки геометрии объектов. По этой причине для 4 обновленных векторов на ЦПУ, система передавала до 1000 векторов всей ленты на ГПУ. Для решения проблемы класс геометрии был изменен. Каждое изменение вершин или элементов многоугольников записывается в специальный список изменений. Список сортируется, и последовательные векторы объединяются в регионы обновления. Каждый список дублируется для поддержки одновременной

асинхронной передачи на ГПУ и обновления геометрии для следующего кадра на ЦПУ [2,3]. При проходе по списку объектов на рисование, класс флагов использует специализированные API асинхронного обновления регионов памяти ГПУ следуя по сформированному списку изменений на ЦПУ. Тем самым, в случае рисования ленты движения небесного тела, передается всего 4 вектора, вместо одной тысячи.

- Оценка производительности.** Для замера производительности новой системы была использована запись симуляции гравитационного взаимодействия N-тел, которая планировалась для конечного использования разрабатываемой системы. Напомним, что первая версия движка не могла справиться со сценами такой симуляции с более чем 800 объектов (при частоте обновления в 30 кадров в секунду), состоящей из простых геометрических примитивов, вроде прямоугольников и сфер. Однопоточная версия новой системы с применением описанных оптимизаций позволила увеличить количество сфер до 2000, а количество прямоугольников до 260 000 (рисунок. 4, 5). Прирост в количестве трехмерных объектов, в основном, получен методом дублирования. Прирост в количестве простых двумерных примитивов получен путем комбинирования. Другие оптимизации имеют меньше влияния на ускорение нашей программы, но, безусловно, будут иметь место к применению по мере усложнения видов визуализации.

Стоит отметить, что система использует всего лишь два ядра центрального процессора. Одно ядро занимается расчетом задач движка, второе задачами драйверов операционной системы по проверке параметрического буфера и управления графическим адаптером. По причине того, что графический процессор все еще не загружен на 100%, мы предполагаем, что мы можем увеличить количество объектов на нынешних мобильных устройствах как минимум еще в два раза.

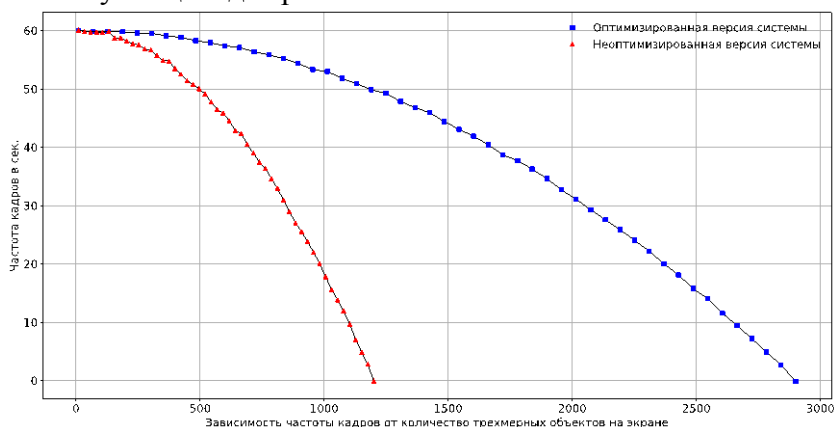


Рисунок 4 – Частота обновления экрана при различных количествах трехмерных объектов

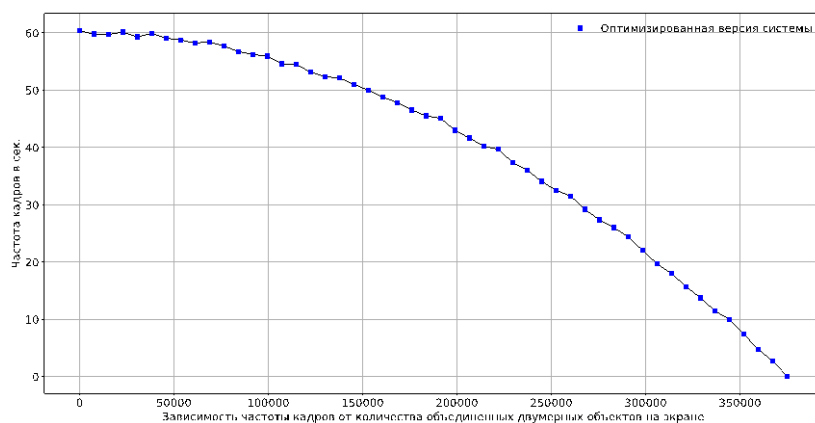


Рисунок 5 – Частота обновления экрана при различных количествах объединенных двумерных объектов (неоптимизированная версия не имела подсистемы объединения)



**Заключение.** В этой работе представлена реализация и четыре оптимизации графического движка для визуализации большого количества двумерных и трехмерных примитивов для мобильных тайловых процессоров. Особенности архитектуры требуют минимизировать количество данных, передаваемых на графический адаптер, и количество запросов на рисование. Мы демонстрируем, как наша система достигает этих целей, храня дерево изменений состояния каждого объекта сцены, для подготовки и минимизации списка объектов на рисование. Система, также уменьшает количество объектов передачи, динамически объединяя их геометрию. Кроме того, мы используем API для дублирования геометрии для повторной обрисовки, и ищем и передаем только разницу между конечными сетками геометрии. Цель проведения данных оптимизаций — создание графической системы, которая способна производить визуализацию результатов астрономических симуляций с большим количеством объектов. В ходе работы мы производим оценку используемых оптимизаций на компьютерной модели взаимодействий N-планетарных тел. Результаты измерений на наборе целевых устройств демонстрируют прирост производительности в 2.5 раза для трехмерных объектов и более 2-х порядков для двумерных объектов. Такой прирост делает систему рентабельной на переносных устройствах с ограниченным профилем энергопотребления.

### Литература

1. Shebanow, M. An evolution of mobile graphics. Презентация конференции High Performance Graphics. 2013.
2. Imagination Tech Limited. PowerVR Hardware Architecture Overview for Developers // PowerVR SDK Manuals. 2017.
3. McCaffrey, Jon. Exploring Mobile vs. Desktop OpenGL Performance // OpenGL Insights. 2012.
4. De Dominicis, S. A New Era in Mobile GPUs: The Increasing Relevance of Energy Efficiency, Security and Virtualization // Mobile System Technologies Workshop (MST), 2016. IEEE, 2016.
5. Ma, Xiaohan. Characterizing the performance and power consumption of 3D mobile games // Computer 46.4. 2013. (С. 76–82).
6. Arnau, Jose-Maria, Joan-Manuel Parcerisa, Polychronis Xekalakis. Parallel frame rendering: Trading responsiveness for energy on a mobile gpu // Proceedings of the 22nd international conference on Parallel architectures and compilation techniques. IEEE Press. 2013.
7. Navik, Ankit P. Microbenchmark Based Performance Evaluation of GPU Rendering // Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications. Springer, New Delhi, 2015.

## СВ-СИНТЕЗ ДИБОРИДА МАГНИЯ В РЕАКТОРЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Толендиулы С.

sanat\_tolendiuly@mail.ru

Институт Ионосферы, г. Алматы, Республика Казахстан

**Аннотация.** Определены базовые закономерности твердофазного горения сверхпроводников на основе диборида магния допированного наночастицами алюминия в установке высокого давления и исследованы всесторонне их электрофизические свойства на криоустановке SQUID System.

**Ключевые слова:** СВ, сверхпроводник, высокое давление, допирование.

**Введение.** В России, США, Японии, странах Евросоюза, Китая и Кореи в последние годы ведутся интенсивные работы по созданию сверхпроводящих устройств для применения в различных областях жизнедеятельности человека. Среди наиболее известных и применяемых сверхпроводящих материалов особое место занимают сверхпроводники на основе интерметаллидов  $MgB_2$ . Новый сверхпроводник на основе соединения диборида магния был открыт в 2001 году японским учёным Акимитсу. Открытие сверхпроводимости в  $MgB_2$  открывает новые возможности для практического использования сверхпроводников в магнитных и электронных устройствах. Их отличает замечательное сочетание высоких критических характеристик; высокая температура перехода в сверхпроводящее состояние, верхнего критического поля, плотности критического тока и возможности их получения в виде длинномерных проволоки или ленты при использовании стандартного прессового и волочильного оборудования. Исследования природы сверхпроводимости [1]  $MgB_2$ , технологии синтеза поликристаллических образцов, тонких пленок и монокристаллов и процессов получения сверхпроводящих материалов на его основе, особенностей кристаллической структуры и свойств нового сверхпроводника в нормальном и сверхпроводящем состоянии интенсивно ведутся во многих лабораториях мира. Доступность компонентов для получения сверхпроводников на основе диборида магния и перспективы широкого применения их в различных отраслях промышленности ставят исследования в этой области весьма актуальными. Одной из наиболее значимых научных проблем является развитие теории сверхпроводимости в дибориде магния и родственных материалах. Ее решение во многом зависит от условий синтеза  $MgB_2$  и успехов в изучении [2] электронных свойств и природы межатомных взаимодействий, достигаемых, в частности, с помощью современных вычислительных методов квантовой теории. Кристалл диборида магния состоит из чередующихся слоев атомов магния и бора, поэтому можно было бы предположить, что структура химических связей в  $MgB_2$  отличается от структуры связей в обычных металлах. Однако компьютерное моделирование показало, что химические связи ведут себя эффективно как чисто металлические связи, и поэтому сверхпроводимость в  $MgB_2$  должна описываться теорией Бардина-Купера-Шриффера [3]. Их использование позволит также непосредственно моделировать эффекты изменения структуры и химического состава исходной фазы (например, за счет легирования или нестехиометрии), что необходимо при целенаправленном планировании экспериментов по синтезу новых сверхпроводниковых соединений [4]. Одним из доступных методов соединений на основе диборида магния является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) в системе: бор – магний – допирующая добавка. Новый подход к выполнению поставленной задачи заключается в проведении СВ-синтеза из элементов в атмосфере аргона при давлении

до 100 атм. Это предотвратит испарение летучих компонентов системы и позволит разработать новый технологический прием синтеза сверхпроводниковых материалов на основе диборида магния, с перспективой получения новых высокотемпературных сверхпроводников.

**Экспериментальная часть.** Для СВ - синтеза сверхпроводника на основе диборида магния из элементов были взяты следующие реагенты: порошок аморфного бора марки В94 (20 мкм), порошок магния марки Mg98 (250 мкм), наночастицы алюминия (20-30 нм). Небольшой избыток магния готовили с целью восполнения возможных потерь магния в процессе горения вследствие его высокой летучести. Нестехиометрическую смесь из исходных порошков магния и аморфного бора перемешивали и прессовали в форму таблетки в пределах 400 кН на гидравлическом прессе для получения плотного материала в пределах 93% от теоретического значения. СВ - синтез проводили в реакторе высокого давления (рис.1) в среде аргона, в котором создали экспериментально подобранное внутреннее давления газа 2.5 МПа. В связи с тем, что система магний и бор слабо-экзотермическая, было использован внешний предварительный нагрев до температуры 600 – 650°C с помощью печи установленный внутри реактора высокого давления. При достижении данных температур происходило самовоспламенение и горения образцов с образованием композиционного материала на основе диборида магния.

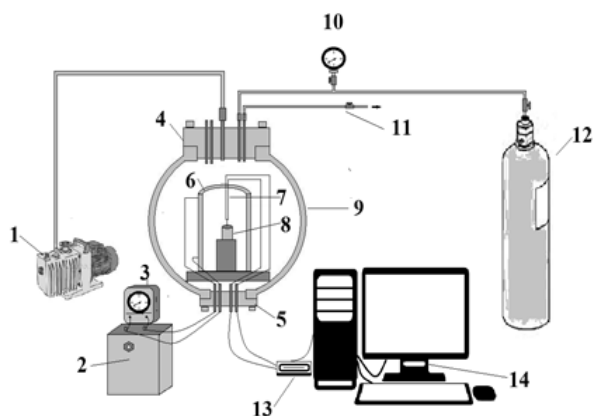


Рисунок 1 – вакуумный насос, 2 – трансформатор, 3- амперметр, 4 – верхняя крышка реактора, 5 – нижняя крышка реактора, 6 – трубчатая нагревательная печь, 7 – термопара, 8 – образец, 9 – корпус реактора, 10 – манометр, 11 – впускной и выпускной вентили, 12 – баллон с азотом, 13 – системы сбора данных LTR-U-1, 14 – компьютер.

Рисунок 1 – Принципиальная схема реактора высокого давления

Фазовый состав полученных материалов исследовали с помощью метода рентгенофазового анализа на дифрактометре с использованием кобальтового КА-излучения. Полнота реакции определялась по фазовому составу продуктов синтеза. Рентгенофазовый анализ синтезированных образцов диборида магния допированного наночастицами алюминия показал, что конечный продукт состоит в основном из сверхпроводящей фазы  $MgB_2$  и содержит небольшие примесные фазы как  $MgO$ ,  $MgB_4$  и на прореагировавший  $Mg$ . По результатам СЭМ анализа (рисунок 2) видно, что полученные образцы имеют средние размеры частиц в пределах от 40 до 50 микрон и не содержат микропоры.

По результатам СЭМ EDAX анализа (рисунок 3), были подтверждены, что полученные образцы из сверхпроводника на основе диборида магния состоят из элементов магния, бора и алюминия. Таким образом, было определено, что атомы алюминия присутствуют в образце, и они замещают атомы магния в кристаллической структуре диборида магния и играют огромную роль как эффективные центры пининга путем искажения кристаллической структуры.

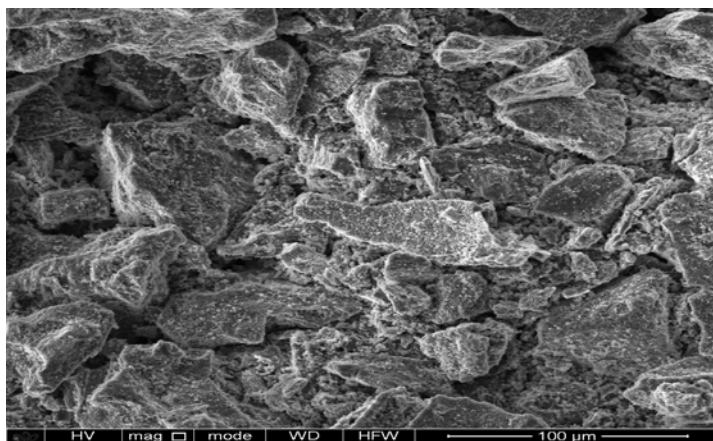


Рисунок 2 – Микрофотография диборида магния допированного наночастицами Al

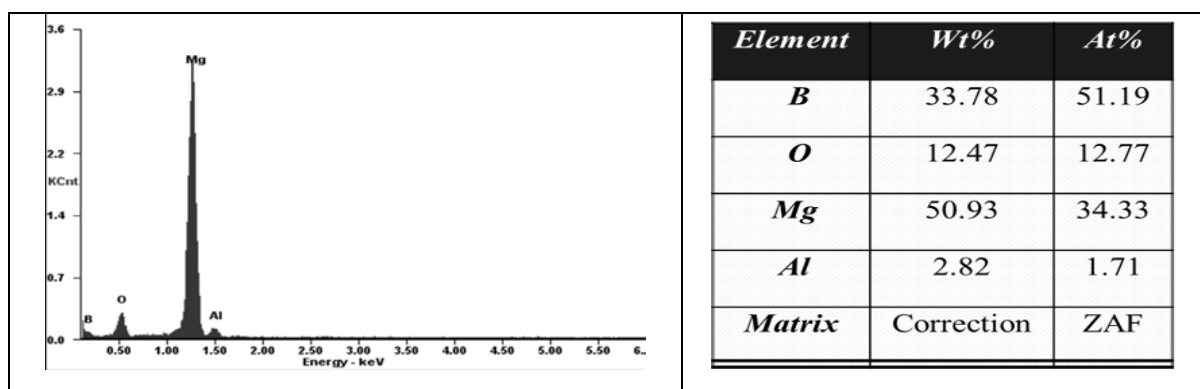


Рисунок 3 – EDAX анализ системы Mg-2B-Al

Были проведены термогравиметрические анализы исходных компонентов и полученных композиционных образцов на основе диборида магния для лучшего понимания фазовых изменений происходящих во время СВ - синтеза в реакторе высокого давления. Согласно полученным результатам, все образцы имеют «inflection points» и все пики хорошо коррелируются с литературными данными (рисунки 4-8). На рисунках 4 и 6, показана термограмма для металлического магния и алюминия, где при температурах 620-650°C наблюдается эндотермический эффект, которая соответствует температурам плавления магния и алюминия. На рисунке 5, показана термограмма для аморфного бора, на ней не наблюдаются никакие фазовые изменения во всем интервале времени и температуре, так как температура плавления аморфный бор находится в пределах 2000 °С.

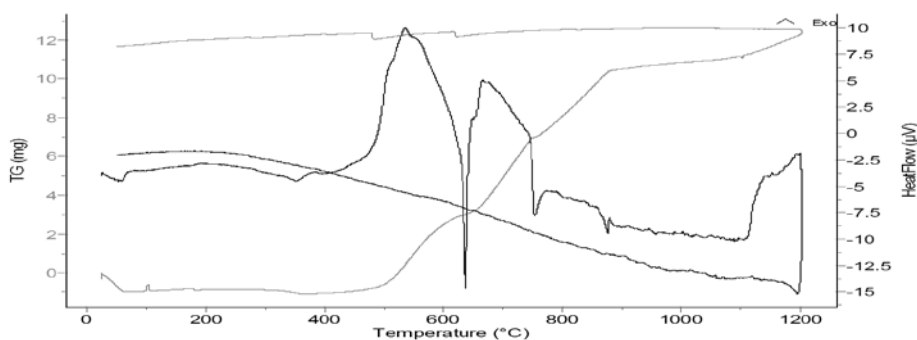


Рисунок 4 – Термограмма магния

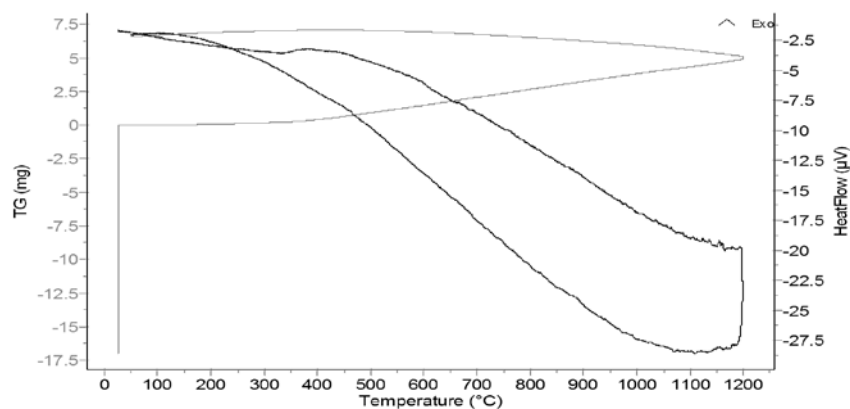


Рисунок 5 – Термограмма аморфного бора

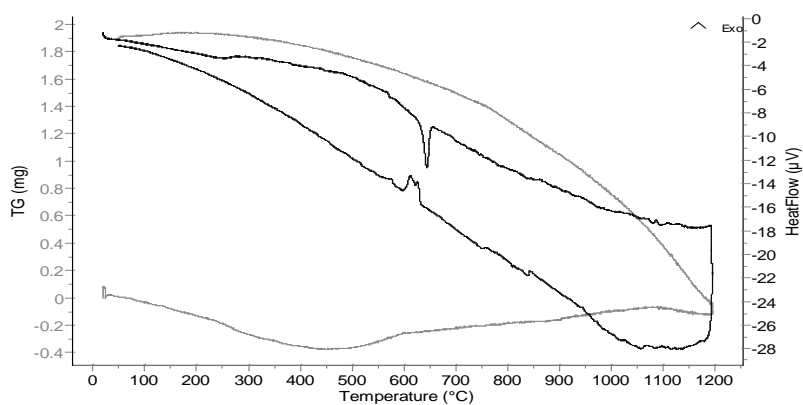


Рисунок 6 – Термограмма наноалюминия

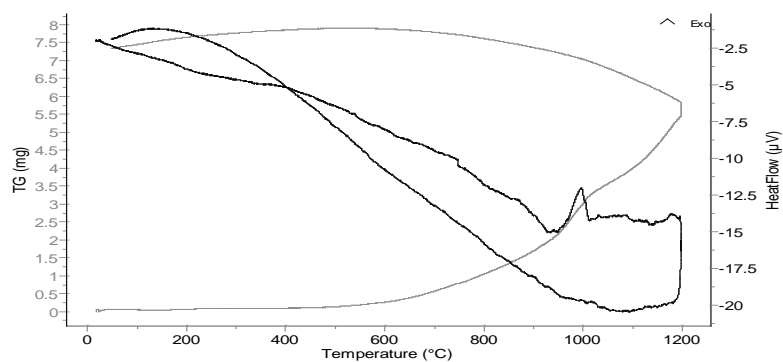


Рисунок 7 – Термограмма системы Mg – 2B

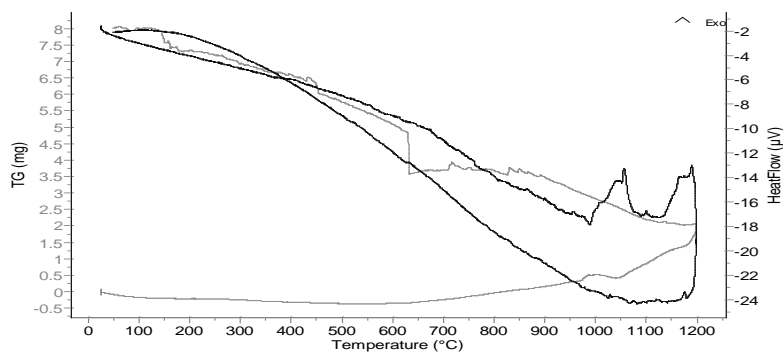


Рисунок 8 – Термограмма системы Mg-2B-Al

На рисунке 7, показана термограмма для диборида магния, где при температурах 1000-1100°C наблюдается экзотермический эффект, которая соответствует температуре образования диборида магния. На рисунке 8, показана термограмма для допированного алюминием диборида магния, на ней наблюдаются фазовые переходы в интервале температур 1000 – 1200°C, данные температуры соответствуют образованию диборида магния и тетраборида магния.

Путем магнитометрических измерений были исследованы сверхпроводящие свойства полученных композиционных образцов. В результате измерений температурных зависимостей магнитного момента образцов обнаружено уменьшение магнитного момента образцов с температурой в интервале  $38 < T < 40$  К, которое предшествует резкому отклику магнитного момента в диамагнитное состояние при  $T = 38.5-39.56$  К, которая характеризует что материал перешел из нормального состояния в сверхпроводящие.

Была рассчитана вторая основная сверхпроводящая характеристика, как предел (Таблицы 1-5) плотности тока ( $J_c$ ) взятые из петли магнитного гистерезиса. Всеми известная формула Бина была использована для расчета значений  $J_c$ :

$$J_c = 30 \times \Delta M / d,$$

где  $J_c$  – критическая плотность тока в  $A/cm^2$ ,  $\Delta M = (M^+ - M^-)$  - разница между нижней и верхней намагниченностью взятой из магнитного гистерезиса.  $d$  – средние размеры частиц (согласно СЭМ анализу).

Все рассчитанные данные согласно формуле Бина, приведены в следующих таблицах:

Таблица 1 – Значение критической плотности тока для системы Mg – B ( $T_c = 38.5K$ )

Название	H, (0)	H, (1T)	H (2T)	H (3T)
$J_c$ (5K), $10^5 A/cm^2$	3.4	1.6	0.6	0.2
$J_c$ (10K), $10^5 A/cm^2$	2.9	1.4	0.5	0.09
$J_c$ (20K), $10^5 A/cm^2$	2.4	0.7	0.07	0.0005

Таблица 2 – Значение критической плотности тока для системы  $MgB_2 + 0.5\text{масс.}\% Al$  ( $T_c = 39.26K$ )

Название	H, (0)	H, (1T)	H (2T)	H (3T)
$J_c$ (5K), $10^5 A/cm^2$	8.9	3.1	1.1	0.3
$J_c$ (10K), $10^5 A/cm^2$	7.5	4.7	0.7	0.13
$J_c$ (20K), $10^5 A/cm^2$	4.9	1.1	0.12	0.03

Таблица 3 – Значение критической плотности тока для системы  $MgB_2 + 0.7\text{масс.}\% Al$ , ( $T_c = 39.26 K$ )

Название	H, (0)	H, (1T)	H (2T)	H (3T)
$J_c$ (5K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	3.1	3.3	1.6	0.4
$J_c$ (10K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	3.06	2.8	1.14	0.25
$J_c$ (20K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	3.03	1.8	0.25	0.02

Таблица 4 – Значение критической плотности тока для системы MgB<sub>2</sub> + 1 масс.% Al, (T<sub>c</sub> =39.52 K)

Название	H, (0)	H, (1T)	H (2T)	H (3T)
$J_c$ (5K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	2.9	2.9	1.4	0.4
$J_c$ (10K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	2.8	2.6	1.0	0.23
$J_c$ (20K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	2.7	1.7	0.2	0.01

Таблица 5 – Значение критической плотности тока для системы MgB<sub>2</sub> + 3 масс.% Al, (T<sub>c</sub> =38.76K)

Название	H, (0)	H, (1T)	H (2T)	H (3T)
$J_c$ (5K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	2.7	2.6	1.9	0.4
$J_c$ (10K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	2.7	2.7	1.2	0.2
$J_c$ (20K), $10^5$ A/cm <sup>2</sup>	2.8	1.7	0.07	0.002

**Заключение.** В заключении, можно сказать что, подобраны оптимальные условия СВ-синтеза сверхпроводников на основе MgB<sub>2</sub>, с различными дозами допирующей добавки (наночастицы Al). Установлено, экспериментальным путем стехиометрическое соотношение компонентов для максимального выхода полезной сверхпроводящей фазы в процессе твердофазного горения, с учетом потери при переходе атомов магния в газообразное состояние при высоких температурах СВ-синтеза. Обнаружено, что увеличение содержания nano алюминия в исходной смеси приводит к формированию полезной фазы тетраборида магния, которая в свою очередь, положительно влияет на сверхпроводящие свойства композиционного материала на основе диборида магния, действуя как пиннинг-центры. Установлено что, критическая температура композиционного сверхпроводника существенно зависит от количества наночастиц алюминия достигая пика 39.52K по сравнению с недопированным сверхпроводником на основе диборида магния (38.5 K). Установлено, что содержания наночастиц алюминия 0.5 масс.% является более оптимальной дозой допирования, при которой достигаются лучшие показатели: наибольший выход фазы диборида магния и высокое значение критической плотности тока.

## Литература

1. Вонсовский С.В., Изюмов Ю.А., Курмаев Э.З. Сверхпроводимость переходных металлов, их сплавов и соединений // Успехи физ. наук. 2004. Т. 1. № 2. С. 145-152.
2. Гудилин Е.А., Олейников Н.Н., Попов Г.Ю., Третьяков Ю.Д. Моделирование динамики затвердевания в реальных многокомпонентных системах расплава // Неорган. материалы. 2002. Т. 56. № 12. С. 12-16.
3. Мейлихов Е.З., Гудилин Е.Е. Токи в высокотемпературных сверхпроводниках-керамиках // Природа. 2004. Т. 2. № 7-8. С. 45-52.
4. Патент РФ № 2202515 от 20.04.2003 г. Бюл. № 11. Дьячкова Т.В., Тютюнник А.П., Зубков В.Г., Зайнулин Ю.Г.



## КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАЛЛЕТ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

Тулин А.С.

anatolii\_rutas@mail.ru

Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация

### **Научный руководитель:**

*Профессор отделения электронной инженерии ИШНКБ*

*Томского политехнического университета,*

*д.т.н. Солдатов А. И.*

**Аннотация.** В статье подробно описана актуальность разработанной установки для автоматизированной сортировки паллет, представлена структурная схема системы контроля. Описан принцип работы автоматизированной системы контроля геометрических параметров. Приведены результаты экспериментальных исследований по контролю геометрических размеров поддона. Расчетные значения, полученные в результате измерений, сравниваются с нормированным значением и в случае отклонения от предела допуска, поддон выбраковывается.

**Ключевые слова:** высота паллеты, структурная схема, перекоп, ультразвуковой метод.

**Введение.** В наше время трудно представить предприятие массового производства продукции, которое обходится без тары. Произведенную продукцию необходимо куда-то складировать, транспортировать непосредственно к потребителю или к месту торговой точки. Чтобы обеспечить сохранность транспортируемого товара от повреждений и потерь его необходимо правильно уложить, надежно закрепить и аккуратно довести до места назначения. Использование унифицированных поддонов для упаковки продукции, обеспечивает сохранность товара, увеличивает удобство погрузочно-разгрузочных работ тем самым позволяет сократить затрачиваемое на это время, компактное размещение продукции уменьшает занимаемую площадь складского помещения. Деревянные поддоны являются многооборотной тарой т.е. могут использоваться неоднократно для перевозки как тяжелых малогабаритных грузов, так и крупногабаритных. Во время перемещения груза паллет может повредиться в той или иной степени, что может привести к плачевным последствиям при последующей упаковке товара. Нарушение геометрических параметров паллет приводит к ошибке в работе автоматического устройства укладки продукции на поддон, при этом приходится тратить много времени на устранение аварийной ситуации, увеличиваются простои и издержки производства, что приводит к росту себестоимости продукции. [1]

Одним из выходов в этой ситуации — это визуальный контроль качества поддонов оператором. Но у этого метода контроля огромный ряд недостатков: невысокая скорость, низкая точность, необходимость активного участия человека, невозможность точной оценки высоты поддона. [2] Комплексная оценка качества паллет с целью выявления всех дефектов (целостность досок, отсутствие трещин, сколов до гвоздя, отсутствие торчащих гвоздей.) и оперативное принятие верного решения для их устранения представляют собой сложнейшую задачу для оператора.

В связи с этим встала задача разработать автоматизированную систему контроля и управления, которое позволило бы с высокой скоростью выявлять разного рода дефекты, контролировать габариты паллет и осуществлять отбор поддонов без каких-либо повреждений и отклонений от нормы.

Анализ методов, позволяющих решить поставленную задачу, привел к акустическому контролю. Было предложено использовать 8 ультразвуковых датчиков, перекрывающих

ширину поддона в 800 мм пятнами плоскостей отражения диаметром 100 – 150 мм. В качестве информации использовать время прихода эхо-сигнала и амплитуду эхо-сигнала.



Рисунок 1 - Общий вид поддона

В ходе реализации поставленной задачи пришлось столкнуться с рядом трудностей контроля целостности паллет из-за того, что их поверхность — это не идеальная плоскость, а состоит из 5 – 6 досок. Внешний вид поддона представлен на рисунке 1. Разное количество досок, разная ширина досок и промежуток между ними. Для акустического сигнала все это представляет большую проблему, поддоны на конвейере также не всегда располагаются параллельно транспортировочной ленте. Все это приводит к большой нестабильности входных данных, что затрудняет алгоритмизацию поиска брака.

На основе оценки уже существующих способов измерений физических параметров была создана структурная схема автоматической системы. Изображенная на рисунке 2 структурная схема состоит из нескольких блоков. Центральным звеном прибора является микропроцессор, на который возложены несколько функций: управление другими звеньями, проведение измерений нескольких параметров, осуществление вычислений, передача данных на ПК. Параметры работы устройства задаются оператором с персонального компьютера.

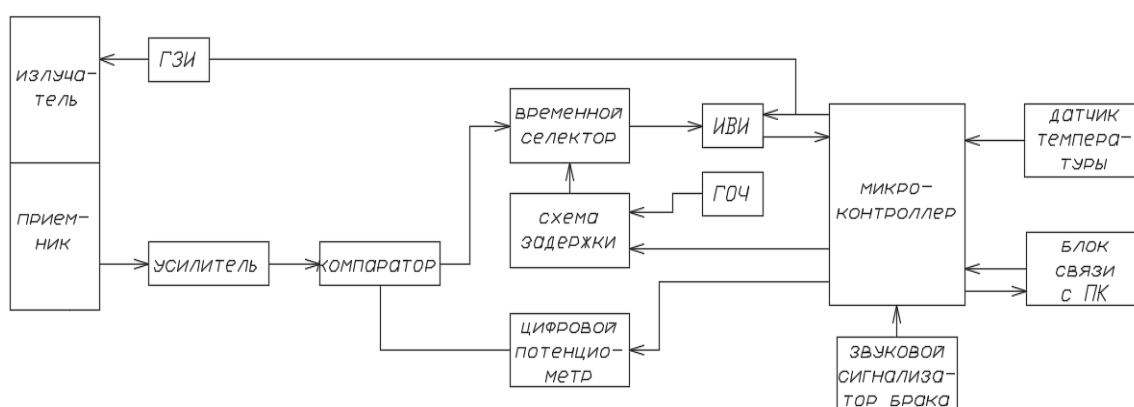


Рисунок 2 - Структурная схема устройства

Микропроцессор даёт команду на формирование запускающего импульса в генератор зондирующих импульсов (ГЗИ) и одновременно запускается измеритель временных интервалов (ИВИ). ГЗИ в свою очередь формирует зондирующий импульс с заданной частотой, который поступает на излучающую пьезопластину измерительных преобразователей. Донные эхосигналы с восьми приёмных пьезоэлементов поступают на вход восьми канального усилителя. Принятый измерительным преобразователем эхо-

импульс усиливается, и после амплитудной и временной селекции нормализованный эхо-импульс поступает на измеритель временных интервалов. Блок ультразвуковых датчиков закреплен неподвижно на опоре конвейера, а сканирование происходит путем перемещения паллеты по конвейерной ленте относительно измерительных датчиков. На основе полученных данных микроконтроллер составляет пакет данных и отправляет его на персональный компьютер. Компьютер в свою очередь производит обработку данных, вычисляет высоту паллет в начальном положении. Затем ПК подает команду на исполнительное устройство конвейера и поддон перемещается на один шаг, который варьируется в пределах от 10 мм до 10 см в зависимости от требуемой точности измерений. После этого цикл повторяется от 12 до 120 раз в зависимости от выбранного шага сканирования, Измерения производятся параллельно в 8 точках поперек и от 12 до 120 вдоль поддона за счет передвижения паллет по конвейеру.

В связи с тем, что скорость распространения ультразвука в воздухе очень сильно зависит от температуры, влажности и давления, для уменьшения погрешности измерения перед измерением высоты паллет измеряют расстояние до конвейерной ленты, полученные данные о времени распространения акустического сигнала используются для наиболее точного определения скорости прохождения ультразвуковых сигналов, а затем рассчитанная скорость используется в формуле (1) для определения высоты паллет. [3]

$$h_{п} = h_{полн} - \frac{t \cdot v}{2} \quad (1)$$

где:

- $h_{п}$  – высота паллет;
- расстояние до конвейерной ленты, в отсутствие паллет;
- $t$  – время, затраченное акустическим сигналом;
- $v$  – скорость акустического сигнала в данной среде.

Также в случае изменения температуры воздуха в помещении в момент измерений необходимо учесть изменившуюся скорость распространения ультразвуковых колебаний и внести температурную компенсацию. Таблица зависимости температуры среды распространения ультразвука от скорости его распространения представлена ниже.

Таблица 1 - Таблица зависимости температуры среды распространения ультразвука от скорости его распространения

t, °C	Скорость звука в воздухе	
	м/с	км/ч
-150	216,7	780,1
-100	263,7	949,2
-50	299,3	1077,6
-20	318,8	1147,8
-10	325,1	1170,3
0	331,5	1193,4
10	337,3	1214,1
20	343,1	1235,2
30	348,9	1256,2
50	360,3	1296,9
100	387,1	1393,7
200	436,0	1569,5
300	479,8	1727,4
400	520,0	1872,1
500	557,3	2006,4
1000	715,2	2574,8

Скорость звука в газах увеличивается с повышением температуры. При повышении температуры воздуха на 1 ° скорость звука в нем увеличивается на 0,59 м/с. [4]

В соответствии с результатами оценки качества паллеты и данными измерений геометрических параметров, паллеты при обнаружении брака или при обнаружении перекоса, отправляются на сортировку. Паллеты, которые соответствуют нормам, движутся дальше по конвейеру для дальнейшей укладки на него груза. [5]

В таблице 2 приведены вычисленные значения высоты поддона с каждого датчика на основе данных проведенного эксперимента.

Таблица 2 - Значения высоты поддона с каждого датчика на основе данных проведенного эксперимента

№	h1, см	h2, см	h3, см	h4, см	h5, см	h6, см	h7, см	h8, см	t, °C
1	11,4	11,4	11,7	12,2	11,2	13,1	13,4	13	22
2	12,9	11,6	13,6	13,6	13	13,6	13,9	13,5	22
3	13,3	12,3	13,9	13,6	13,4	13,9	13,9	13,5	22
4	13,6	12,6	13,5	13,1	13	13,8	13,9	13,5	22
5	13,7	11,9	13,5	13,5	12,9	13,8	13,8	13,4	22
6	13,8	12,3	13,6	13,6	13	13,9	13,8	13,4	22
7	13,7	11,9	13,5	13,5	13,3	13,8	13,8	13,4	22
8	13,7	12,2	13,5	13,5	13,3	13,9	13,8	13,4	22
9	13,7	12,2	13,5	13,5	13,2	13,8	13,8	13,5	22
10	13,7	12,6	13,5	13,6	13,2	13,8	13,8	13,5	22
11	13,8	13	13,5	13,6	13,3	13,8	13,8	13,5	22
12	13,7	13	13,5	13,6	13,2	13,8	13,8	13,5	22
13	13,8	13,1	13,8	13,7	13,3	13,8	13,8	13,5	22
14	13,8	13,2	13,5	13,7	13,6	13,8	13,8	13,5	22
15	13,8	13,2	13,9	13,7	13,7	13,8	13,8	13,5	22
16	13,8	13,5	13,5	13,7	13,7	13,9	13,9	13,5	22

Затем из этого массива значений был построен график поверхности контролируемого паллет, он представлен на рисунке 3.

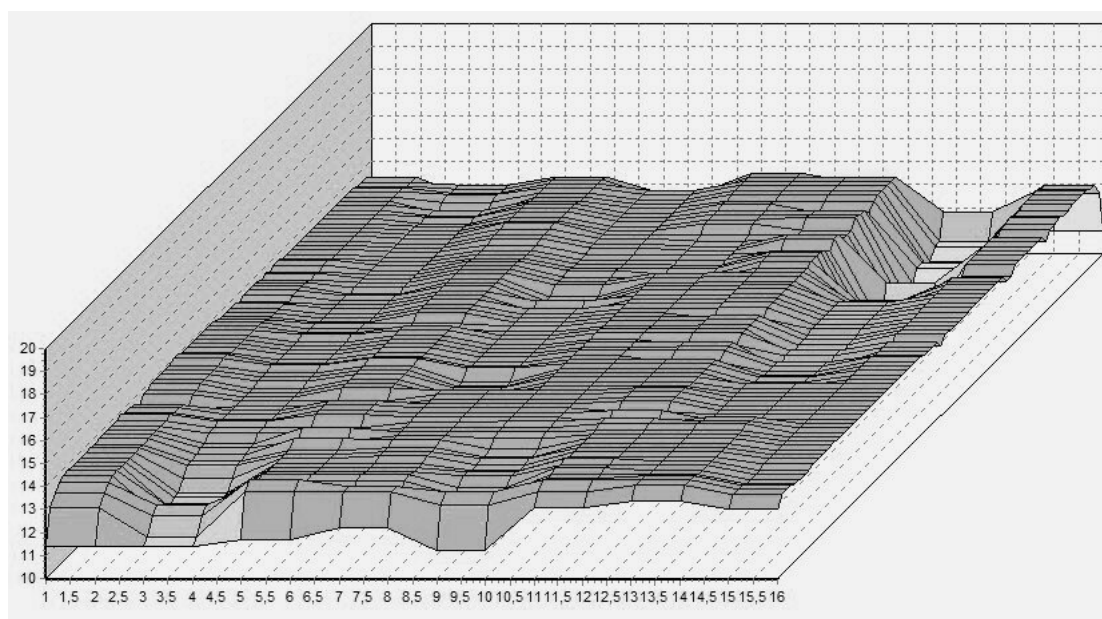


Рисунок 3 - График поверхности контролируемого поддона

**Выводы.** Установка автоматизированных систем подобного типа для контроля целостности и геометрических параметров паллет дает возможность повысить выход годовой продукции и сократить число занятых на этой операции людей тем самым увеличив прибыль предприятия. Данная система может встраиваться в любую линию сортировки поддонов.

В дальнейшем планируется увеличить точность измерений за счет применения метода двухчастотного зондирования, что является не мало важным для точного определения расположения дефекта как на поверхности поддона, так и в самом материале, из которого он изготовлен. По мимо этого для визуализации дефектов в объекте контроля в перспективах планируется осуществить построение его 3D-изображения.

### Литература

1. ГОСТ 9078-84 Поддоны плоские. Общие технические условия.
2. Standard of quality for a European flat wood pallet. UIC Code 435-2. 8-th edition, May 2005.
3. Soldatov A.I., Seleznev A.I., Soldatov A.A., Sorokin P.V., Makarov V.S. Estimation of the error when calculating the arrival time of a detected echo-signal // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2012. Т. 48. № 5. С. 268-271.
4. <http://tehtab.ru/guide/guidephysics/sound/soundspeedairtemperature> - физический справочник // технические таблицы.
5. Sorokin, P.V., Soldatov, A.A., Soldatova, M.A., Shulgina, U.V., Abouellail, A.A. Influence of the echo shapes on the result of tomographic image // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings.

## МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА МЕТОДА НОРМИРОВАННОГО РАЗМАХА

Чешев М.Е., Имашев С.А.  
cheshevmihail@yandex.ru

Научная станция РАН, г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Аннотация.** Модифицирован стандартный алгоритм метода нормированного размаха в части выбора оптимального набора диапазонов временного ряда на основе собственных делителей. Показаны преимущества предлагаемого усовершенствования - минимум потерь информации, более высокая точность вычисления фрактальных характеристик по сравнению со стандартным алгоритмом половинного деления, возможность обработки коротких временных рядов.

**Ключевые слова:** фрактальный анализ, метод нормированного размаха, параметр Херста, собственные делители

**Введение.** На сегодняшний день является актуальным применение методов фрактального анализа для обработки временных рядов, поскольку данные методы позволяют получить дополнительную информацию, которая скрыта из-за доминирования шумовой составляющей [1–3]. При этом анализ временных рядов с указанными особенностями не всегда реализуется в полной мере при использовании одних только традиционных методов статистического анализа [4, 5]. Для того чтобы описать случайный процесс, необходимо определить его функцию распределения или, что эквивалентно, все моменты функции распределения (математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение и т.д.). Распределение вероятностей амплитуд флуктуаций тривиального случайного процесса подчиняется гауссовскому закону (так называемому нормальному закону) распределения. Функция распределения реальных физических процессов не всегда описывается известными математическими функциями и рядами, а для многих типов случайных процессов известен лишь способ аппроксимации их функции распределения. Например, характеристики статистического распределения зависят от всего набора данных, который входит в распределение, и как следствие, присутствие в изучаемых данных посторонних компонент искажает получаемые характеристики. На рис. 1а, б представлены три модельных сигнала  $S$ , отличающихся значениями, так называемого параметра Херста, который назван в честь одного из основоположников анализа фрактальных свойств временных рядов – британского гидролога Э. Херста [6] и их гистограммы распределений. Наложение на них дополнительных компонент вида  $S' = S * a + b$ , где  $a$ ,  $b$  – постоянные представлено на рисунке 1, в. В реальных случаях такими компонентами являются сигналы других систем, какие-либо особенности или систематические погрешности измерительного прибора.

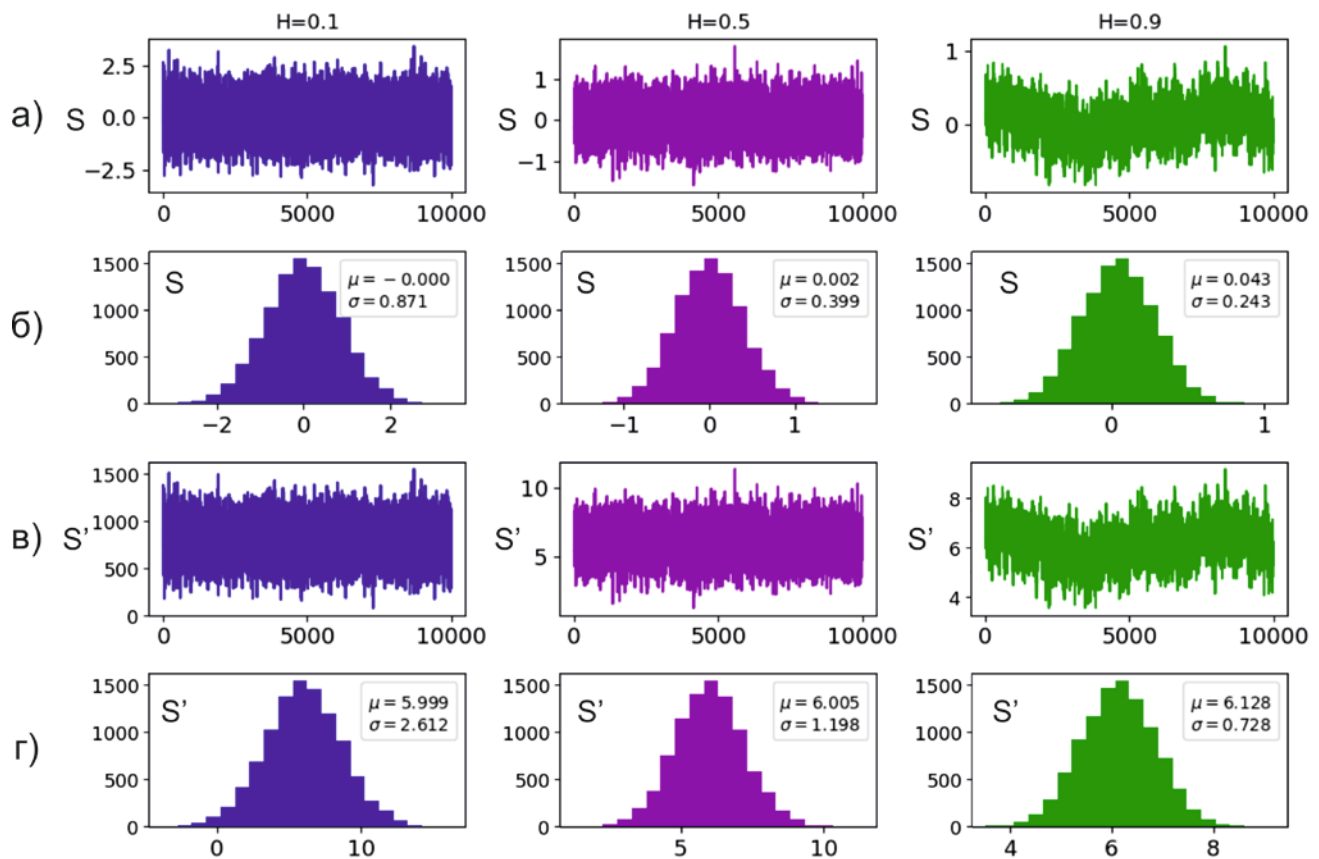


Рисунок 1 - Модельные сигналы и их параметры распределения: а) - исходный сигнал с параметром Херста  $H=0.1, 0.5, 0.9$ , б) – гистограмма распределения исходных сигналов, в) – результат наложения на исходные сигналы дополнительных компонент, г) – гистограмма распределения модифицированных сигналов

Как видно из рисунка, распределение для данных сигналов подчиняется нормальному (гауссовому) распределению. В этом случае распределение описывается двумя параметрами – математическим ожиданием  $\mu$  и среднеквадратичным отклонением  $\sigma$ . При внесении в исходный сигнал дополнительных компонент (масштабирование на  $a$  и смещение на  $b$ )  $\mu$  и  $\sigma$  меняют свои значения (Рис.1г), в то время как форма сигнала и распределения остаются прежними (Рис.1в, г). Соответственно расчет параметров распределения не всегда приемлем при изучении временных рядов такого рода и необходим метод не чувствительный к масштабным изменениям в сигнале и к появлению различных аддитивных компонент. В этом случае оптимальным выбором может быть использование фрактальных методов анализа подобных временных рядов.

**Метод нормированного размаха.** Рассмотрим наиболее популярный метод оценки фрактальных свойств временного ряда, который предложил Э. Херст и называемый методом нормированного размаха (RS-метод) [7, 8].

**Стандартный алгоритм в методе нормированного размаха.** Стандартный алгоритм выбора диапазонов, в которых рассчитываются нормированный размах, основан на половинном делении временного ряда  $N(t)$  на диапазоны, длина пропорциональна степени двойки [7, 8]. При этом максимальная длина исследуемого ряда определяется некоторой максимальной степенью  $x_{\max}$ , при которой может теряться существенная часть сигнала, поскольку остаток значений за границей  $2^{x(\max)}$  игнорируется. При этом минимального длина диапазона для обеспечения статистической достоверности обычно составляет  $2^6$  значений.

Преимуществом данного метода является независимость от аддитивных постоянных и масштабных преобразований. Для примера рассчитаем параметр Херста для исходных (S) и модифицированных модельных сигналов (S') (рисунок 2). В данном случае линия H(S') несколько смещена относительно H(S) для того, чтобы избежать наложений линий друг на друга.

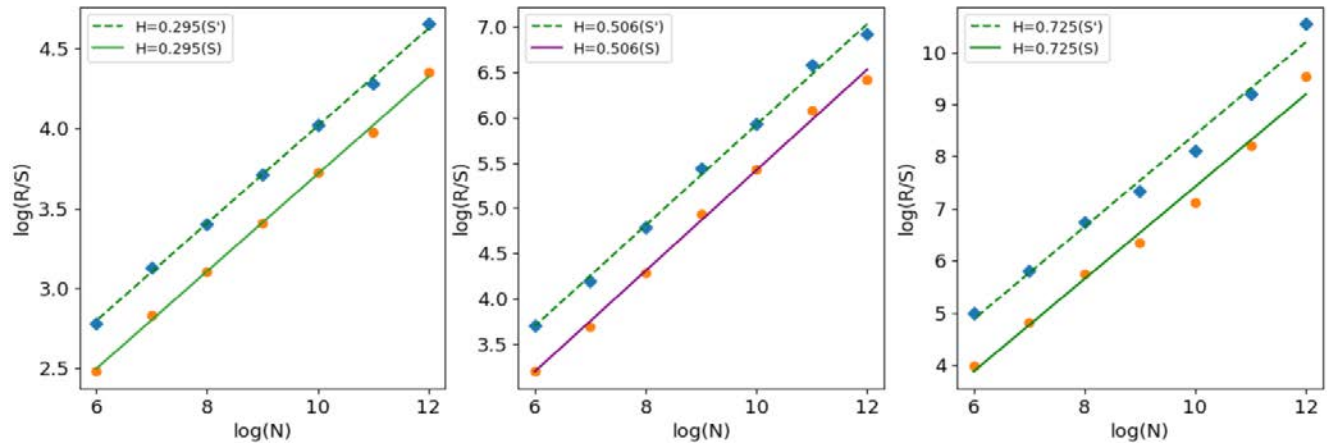


Рисунок 2 - Расчет параметра Херста исходных (S) и модифицированных сигналов (S')

Из рис.2 видно, что полученные значения параметра Херста для двух сигналов идентичны. Следовательно, для изучения временных рядов, где необходимо исключить масштабные преобразования и аддитивные компоненты, предпочтительней использовать фрактальные методы анализа.

**Модифицированный алгоритм.** Предлагается улучшенный алгоритм выбора длин диапазонов, основанный на собственных делителях длины изучаемого временного ряда. Модификация состоит в том, что при выборе длин диапазонов используется не показательная функция  $2^x$ , а поиск максимального числа собственных делителей  $k$  значений ряда  $N(t)$  в диапазоне от 90% и выше от длины сигнала. В этом случае минимальная длина диапазона будет определяться как:

$$n_{min} = \frac{N_i}{k}$$

где  $N_i$  – число, имеющее максимальное количество собственных делителей в заданном диапазоне;  $k$  – наибольший собственный делитель для  $N_i$ .

При таком способе разбиения исходного ряда предлагается, что минимальный период должен иметь не менее 50 точек ( $n_{min} \geq 50$ ).

На рисунке 3 показано вычисление параметра Херста для модельного сигнала с заданным значением  $H = 0,5$  методом нормированного размаха на основе двух указанных выше алгоритмов. График слева иллюстрирует оценку параметра Херста с помощью стандартного алгоритма (обозначается как b), справа – на основе ряда собственных делителей (обозначается как d).



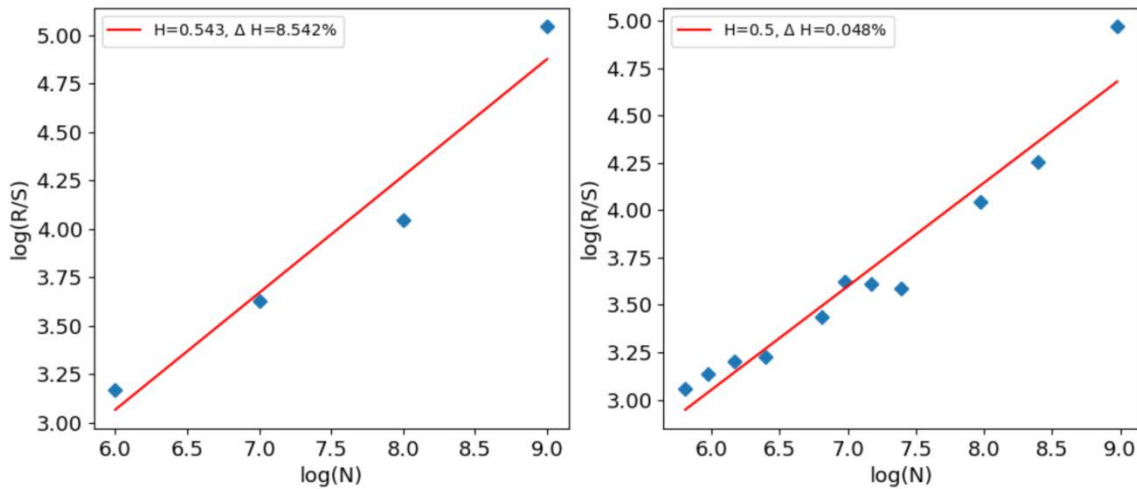


Рисунок 3 - Сравнение двух алгоритмов разбиения на диапазоны для ряда с заданным параметром Херста ( $H=0,5$ ) и длиной 1024 значения. Слева – стандартный алгоритм (b), справа – алгоритм, основанный на собственных делителях (d),  $H$  – вычисленное значение параметра Херста,  $\Delta H$  – относительная погрешность оценки  $H$ .

Из анализа графиков видно, что при применении модифицированного алгоритма количество поддиапазонов ряда больше, чем у исходного. Отсюда следует, что аппроксимация линейной регрессией и соответственно оценка  $H$  будет проводиться точнее. Так, для 1024 значений ряда относительная погрешность будет на два порядка меньше, что является преимуществом модифицированного алгоритма. Также напомним, что в случае, когда длина исследуемого временного ряда будет меньше  $2^x$ , в расчете будет использоваться ряд меньшей длины, за счет усечения до ближайшей степени двойки ( $2^{x-1}$ ). Так, в нашем примере, при длине временного ряда в 1023 отсчетов, в стандартном алгоритме расчета будет использоваться только первые 512 значений, а остальная часть будет отсечена (потеряна). При этом, чем больше исследуемый ряд, тем соответственно больше будет потерь.

Для сравнительной оценки был исследован ряд модельных сигналов (по 100 сигналов на каждое значение  $H$ ) с заданным  $H$  (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9), с длиной сигнала в 1024 значений. В этом случае сравнивались среднее значение оценки ( $\mu$ ) и среднеквадратичное отклонение ( $\sigma$ ) (таблица 1).

Таблица 1 - Оценки  $H$ , полученные алгоритмом деления пополам ( $B$ ) и алгоритмом, основанном на собственных делителях ( $D$ )

	$H$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$B$	$\mu$	0.233	0.291	0.357	<b>0.415</b>	0.49	0.543	<b>0.611</b>	<b>0.663</b>	0.702
	$\sigma$	0.034	0.049	0.054	0.054	0.053	0.054	0.062	0.064	0.055
$D$	$\mu$	<b>0.229</b>	<b>0.289</b>	<b>0.352</b>	0.417	<b>0.491</b>	<b>0.547</b>	0.609	0.661	0.702
	$\sigma$	0.034	<b>0.044</b>	<b>0.048</b>	<b>0.051</b>	<b>0.048</b>	<b>0.048</b>	<b>0.055</b>	<b>0.059</b>	<b>0.044</b>

Здесь подчеркиванием выделены оценки, наиболее близкие к модельным значениям параметра Херста и наименьшим СКО. Сравнение полученных данных говорит о том, что метод собственных делителей дает в большинстве случаев более точные результаты.

Также необходимо отметить, что рассмотренный алгоритм может быть использован не только для метода нормированного размаха, но и для других методов фрактального анализа, основанных на разбиении исходного временного ряда на соответствующие диапазоны,

например, как метод анализа флуктуаций после исключения масштабно-зависимых трендов – Detrended Fluctuation Analysis (DFA) [3, 9, 10] и метод вариаций дисперсии агрегированного ряда (Variance-Time analysis) [4].

**Выводы.** Предложенный алгоритм реализации метода нормированного размаха имеет следующие преимущества:

- Меньшая потеря информации (обрабатывается 90% и более сигнала)
- Более точная оценка параметра Херста, за счет большего количества точек аппроксимации.
- Определение оптимальной длины скользящего окна на основе вычисленной погрешности.
- Возможность обрабатывать временные ряды, длина которых менее 256 отсчетов.

### Литература

1. Любушин А.А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. М.: Наука. 2007. 227 с.
2. Turcotte D.L. Fractals and chaos in geology and geophysics. 2nd ed. Cambridge U.K., New York: Cambridge University Press, 1997. 398 p.
3. Сычев В.Н., Имашев С.А. Оценка параметра Херста сейсмического сигнала // Геосистемы переходных зон. 2017. № 2. С. 50–61.
4. Seuront L. Fractals and multifractals in ecology and aquatic science. Boca Raton, Fla.: CRC; London: Taylor & Francis, 2010. 360 p.
5. Gadre V.M., Dimri V.M., Chandrasekhar E. Wavelets and fractals in earth system sciences. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2014. 286 p.
6. Hurst H.E., Black R.P., Simaika Y.M. Long-term storage: An experimental study. London: Constable, 1965. 145 p.
7. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. Oxford: Freeman, 1982. 468 p.
8. Feder J. Fractals. New York: Springer, 1988. 284 p.
9. Kantelhardt J.W., Koscielny-Bunde E., Rego H.H.A., Havlin S., Bunde A. Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. - 2001. - Vol. 295. - N3-4. - P. 441–454.
10. Сычев В.Н., Имашев С.А., Долгополов Б.К. Методика мультифрактального анализа сейсмического шума // Геосистемы переходных зон. 2017. № 2. С. 62–68.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ШИННЫХ ЦЕНТРОВ, КАК УЧАСТНИКА МЕДИА СРЕДЫ Г. БИШКЕК

Панченко Е.М.

rina19\_87@mail.ru

ОсОО «Салгар», г. Бишкек, Кыргызстан

### *Научный руководитель:*

*Член совета директоров ОсОО «Салгар» Рудаков С. Э.*

**Аннотация.** Данная статья посвящена определению понятий «информационное пространство», «медиа среда», «маркетинг» в контексте торговой организации и как эти понятия представлены в торговой среде Шинных Центров. Позволяет разобраться, что для торговой организации является медиа средой, что в себя включает информационное пространство и на какие факторы информационного пространства можно оказать влияние. В результате анализа факторов информационного пространства автор указывает о необходимости изменения отношения или восприятия к такому, казалось бы, неконтролируемому фактору, как «сарафанное радио» и приводит примеры, как на него можно воздействовать во благо организации. Данную работу можно использовать при планировании маркетинговых мероприятий и рекламных компаний с целью максимизации показателя «Объём продаж/затраты на рекламу».

**Ключевые слова:** информационное пространство, медиа среда, маркетинг, сарафанное радио.

**Введение.** В целях изучения данного вопроса проводится анализ разных источников для выявления термина «информационное пространство», которое можно применить в контексте данной работы. На основе выявленной терминологии дается описание этого понятия в Шинных Центрах. Такая же работа выполняется относительно терминов «медиа среда» и «маркетинг». В заключении делается вывод о том, что доводя до потребителей правдивую информацию о нашем товаре, тем самым оказывая влияние на мнение людей или «сарафанное радио», позволяет увеличить круг наших покупателей, удовлетворяет их потребности необходимым им товаром и позволяет увеличить прибыль Шинных Центров.

**Описание темы.** Определим термин «информационное пространство». Рассмотрим несколько определений:

- 1) Информационное пространство - совокупность информационных ресурсов, созданных субъектами информационной сферы, средств взаимодействия таких субъектов, их информационных систем и необходимой информационной инфраструктуры [1].
- 2) Информационное пространство - совокупность баз и банков данных, информационно-телекоммуникационных сетей и систем, а также технологий их ведения и использования, функционирующих на основе общих принципов и по правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие организаций и граждан, а также удовлетворение их информационных потребностей [2].

Для данной статьи под термином «информационное пространство» определим, что это система координат для информационного взаимодействия, наделяющая реальный мир смыслодержанием в сознании субъекта [3, с. 5].

Медиа среда является неотъемлемой частью информационного пространства и также требует внимание рассмотреть этот термин более детально. В данное понятие входят любые искусственно созданные предметы и явления, посредством которых осуществляются

«внешние расширения человека» - его коммуникации, сообщения с внешней средой. Таким образом, под медиасредой будем понимать всю искусственно созданную среду человеческой деятельности и общения, рассматриваемую содержательно - как социокультурный феномен [4, с. 6]. Это значит – не на уровне акустики, механики, техники, электроники или процессов обмена данными и т.п., а на уровне основных функций, так называемого, «расширения» человеческой деятельности:

- **Экстенсивность** – обеспечивает «расширение» возможностей органов чувств и других систем человека (понимаемого и как индивидуум, и как социум). Сюда входит вся «вторая природа» человека – формы, средства, методы и результаты социально значимой человеческой деятельности. Наличие этой функции позволяет говорить о принадлежности к «широкой медиасреде» - в смысле: одежда, мебель, обувь, очки и слуховые аппараты, автомобиль, оружие, пение, др.
- **Инструментальность** – обеспечивает возможность инструментального (индивидуального или коллективного) действия, т.е. возможность индивидуального или коллективного использования, так называемого, «расширения»: системы водоснабжения, средства передвижения, жилища, базы данных и иные стандартные информационные ресурсы и др.
- **Коммуникативность** - обеспечивает возможность коммуникативного действия, вследствие чего соответствующие «расширения» являются средствами коммуникации и совместной деятельности. Наличие этой функции определяет принадлежность к «системе коммуникаций» связывающих человека (группу) с другими людьми (группами). Это транспортная сеть, город, армия, государство, др. Сюда не входят: одежда и др. индивидуальные «расширения», так же такие коллективные «расширения», как водопровод, энергетические сети и т.п. средства в основном инструментального, а не коммуникативного действия.
- **Интерактивность** – обеспечивает (опосредованную и не опосредованную результатом) обратную связь в процессе коммуникации и совместной деятельности – интеракцию, т.е. общение (межличностное, коллективное, с внешней средой), обмен информацией. Совокупность интерактивных медиа почти совпадает с тем, что обычно называют Средства Массовой Коммуникации.
- **Мультимедийность** – сочетание различных видов воздействия и восприятия в процессе взаимодействия с внешней средой, вплоть до возникновения эффекта синергии. Итак, функционально медиасреда – это та часть «второй природы» человека, посредством которой он в своей деятельности реализует пять вышеописанных функций «расширения».

В процессе медиатизации классические бумажные СМИ постепенно вытесняются на периферию, уступая место своим аналогам в сети Интернет, предстающей в качестве самой массовой интерактивной коммуникационной системы с одной стороны и интегрирующего ядра всей интерактивной массовой коммуникации – с другой. Интернет - это технология и орудие деятельности, но в первую очередь, - универсальное пространство свободной коммуникации.

Медиасреда есть сфера средств массовых, почти полностью электронных коммуникаций, осуществляющая интерфейс между потребителем информации (личностью, группой или обществом в целом) и информационными ресурсами общества. При этом, информационные ресурсы не следует понимать статично и концентрировано. Современные информационные ресурсы это в основном динамическая и распределенная в сетях информация [5].

Еще одна составляющая информационного пространства – маркетинг. С одной стороны, маркетинг способствует продвижению товара на рынок, но, в тоже время, он представляет собой нечто большее, чем просто проталкивание на рынок товаров и услуг. Эта прямая задача сбыта. Маркетинговая деятельность более многообразна. С помощью маркетинга потребитель заставляет фирму сделать то, что желает. Таким образом, сбыт в

широком смысле слова есть односторонний процесс – его цель предложить товар, который, по мнению фирмы, покупатель должен приобрести. Таким образом, дополним определение маркетинга. Маркетинг – это двусторонний процесс, который в том числе направляет в распоряжение фирмы информацию о желаниях покупателя. При этом фирма должна, конечно, выполнять, и остальные свои функции: по установлению цен, обслуживанию, рекламе и доставке товаров.

Однако определение не дает ясных представлений, во-первых, о необходимости научно исследовательских разработок, во-вторых, о том, какова выгода для предприятия при ориентации его деятельности на потребителя.

Маркетинг нужен для того, чтобы свести производителей и потребителей, и вместе с тем, необходимо не только произвести продукцию, нужную потребителю, но и обеспечить ее реализацию в нужное время, в нужном месте с минимальными издержками. Одно из определений маркетинга гласит: маркетинг – это прибыльное для производящего предприятия удовлетворение потребностей потребителей [6, с. 34-36].

Для успешной продажи, как минимум, необходимо, во-первых, иметь товар на складе и, во-вторых, проинформировать покупателей.

Шинные Центры всегда придерживались двух основных правил, которые помогали и помогают составить положительное восприятие товара на рынке:

1) **Наличие товара.** Начиная свою деятельность, Шинные центры, тогда еще оптовая компания, при продвижении товара, столкнулась с конкурентами, предлагавшими шины разных брендов. На тот период у компании не было такой представленности в ассортименте, но всегда имелся на складе. После того, как реклама у конкурентов и Шинных Центров вышла в медиа-среду (газеты, радио) клиенты стали обращаться за товаром в фирменные магазины компании. Причиной стало банальное отсутствие товара у конкурентов. Честность перед покупателем является неотъемлемым принципом Шинных Центров. Наличие в магазинах того товара, который предлагается обеспечивает постоянных клиентов и положительное восприятие компании на рынке.

2) **Донести до покупателя, что товар есть в наличии.** Например, это может быть объявление в газете «Вечерний Бишкек» в одну строчку с наименованием типоразмеров, которые есть в наличии. Если есть конкурент на рынке, то заинтересованный продавец начинает искать способы подачи своего товара. Это может быть, например, тоже объявление в газете, но уже взятое в рамочку для привлечения большего внимания покупателей или объявление по радио и т.д.

Информационное пространство Шинных Центров это:

- Собственно шинные центры;
- Баннеры на сайте «Дизель»;
- Рекламные щиты;
- LED экраны;
- Объявления в газете «Автогид»;
- Объявления по радио;
- Страница на facebook;
- Страница в Instagram;
- Рекламные брошюры, буклеты;
- Визитки;
- Купоны, дисконтные карты;
- Сезонные акции;
- Общение по телефону между Шинными Центрами и покупателями;
- Информация в компьютерной сети шинной компании;
- Счет-фактуры, таможенные декларации, справки из налоговой, сертификаты, отчетность в госучреждения;
- Внутренние отчёты;
- Радио;

- Всё, что может видеть или слышать кыргызстанец за пределами республики, касающееся шин;
- Сарафанное радио;
- Публикации в печати;
- Собственно интернет-магазин;
- Размещение конкурсных заявок на сайте гос. закупок;
- Корпоративные продажи;
- Участие в тендерах.

В ходе развития Шинных Центров появились: корпоративное направление; участие в тендерах; каждый сезон разыгрываются акции, стимулирующие продажи сезонного товара. При участии в тендерах присваиваются места участвующим организациям. Это позволяет определить наш рейтинг среди других организаций и повысить наш статус на рынке шин среди других компаний.

В Шинных Центрах уделяется внимание сарафанному радио. Главным принципом формирования медиа среды в части сарафанного радио принята доктрина «как есть». Мы заботимся о том, чтобы в медиа среду поступала информация «как есть на самом деле», то есть мы отказались от различного рода психологических уловок: типа сказать, что у нас есть определенный тип шины, тем завлечь покупателя, а когда он придет на розничную точку попытаться навязать другую шину. Обычно человек чувствует подтасовку и, хотя он и купит шину, но сарафанное радио, таким образом, пустит негативную волну. То есть мы действительно заботимся, чтобы сарафанное радио распространяло то, что есть на самом деле. Казалось бы: зачем это делать? Зачем направлять в сарафанное радио ту информацию, которая и так есть? Для исключения ослабления негативных искаженных представлений о работе торговой сети. Именно поэтому, с одной стороны, мы сознательно приводим информацию, циркулирующую в информационном пространстве в соответствии с тем «как есть». Что дает безусловную выгоду в долгосрочной перспективе и то, что перекрывает выгоды от сиюминутных тактических ходов.

Мы выбираем заводы, типоразмеры, рисунки максимизирую параметры качество/цена для условий Кыргызской Республики наших потребителей.

**Выводы.** Подводя итог данной статьи можно констатировать, что информационным пространством Шинных центров является медиа среда города Бишкек и всего Кыргызстана. Мы выделили принципы, которыми руководствуются Шинные Центры при продаже – это правда. То есть то, что мы публикуем, представляем в медиа среде - это правда. Шинные центры заботятся о том, чтобы в медиа среду поступала правдивая информация и это является сильнейшим способом влияния на всю медиа среду, в том числе и сарафанное радио. Следование этому принципу позволило стать Шинным Центрам успешной компанией.

### Литература

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 N 203"О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы"
2. Решение Экономического совета СНГ "О Концепции научно-информационного обеспечения программ и проектов государств-участников СНГ в инновационной сфере" (Принято в г. Москве 13.03.2009)
3. Д.В. Чайковский. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО: АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЙ URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-prostranstvo-analiz-opredeleniy>
4. МЕДИА, МЕДИАСРЕДА, МЕДИАТИЗАЦИЯ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ КУЛЬТУРЫ URL: <http://inftinculture.blogspot.com/2010/10/blog-post.html>
5. Лобанова Т. П., Зозуля Д.М. Инженерный маркетинг как инструмент повышения эффективности развития промышленных предприятий – М. Изд-ва: LAP, Москва, 2012, 177 с.



---

# Содержание

---



## ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

<b>Амиров Н.Б., Смирнов Ан.Л., Смирнов Ал.Л</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ КООРДИНАТ GPS И АСТРОФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ ОБЛАСТИ)	4
<b>Байкулов С.К.</b> ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ СУУСАМЫРСКОГО РЕГИОНА МЕТОДОМ ТРЕНЧИНГА	10
<b>Гуреев В.Н</b> БИБЛИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИКЕ С 1996 ПО 2016 ГГ.	14
<b>Дзалба А.Л.</b> ОБРАБОТКА МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ДАННЫХ С УДАЛЕННОЙ БАЗОЙ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА	22
<b>Ёдгоров Ш.И.</b> ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ Г.БУХАРЫ НА ОСНОВЕ ARCGIS )	28
<b>Забинякова О.Б.</b> ИСТОКООБРАЗНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ В ЗАДАЧАХ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	35
<b>Искандеров Р.Р., Тлеуова Ж.Т., Итмен Н.М.</b> МЕТОД ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ В КОМПЛЕКСНЫХ НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	43
<b>Кузьменков М.А, Шипунов Л.В.</b> ОТРАЖЕНИЕ В ВОЛНОВОМ ПОЛЕ ВЫСОКО КОНТРАСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ЛЬДА	50
<b>Егембердиева К.А., Камчыбеков Ы.П., Кынатова З.Р.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ЗАТУХАНИЮ ВИБРОКОЛЕБАНИЙ	55
<b>Лашин О.А.</b> ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С БЛОКАМИ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ГЕОЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ШУМОПОДОБНЫМИ СИГНАЛАМИ	63
<b>Мирзаев М.А., Кучкаров К.И.</b> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СКОРОСТЕЙ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ	67
<b>Мусрепов А.В., Соколов А.Н.</b> ТАНЦИИ МОНИТОРИНГА ИГИ В РЕГИСТРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА	74
<b>Нелин В.О.</b> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ РАБОТ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	81
<b>Ненеина К.С.</b> ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУППИРОВАНИЯ СЕЙСМОМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ	85

<b>Онласынов Ж.А., Нусипова С.Е.</b> О ДИСТАНЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ МАХТАРАЛЬСКОГО РАЙОНА ЮКО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ	91
<b>Рахмединев Э.Э.</b> НОВЕЙШИЕ СЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ НА ЮЖНЫХ СКЛОНАХ ХРЕБТОВ ДЖЕТИМ-ТАУ И НУРА-ТАУ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)	98
<b>Соколов А.Н., Мусрепов А.В.</b> СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОТ ГЛУБОКОФОКУСНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ДАЛЬНОЙ ЗОНЕ	104
<b>Тихонова С.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ 3D ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АЛМАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ В ПРЕДЕЛАХ ЯКУТСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ	111
<b>Тойшиев Н.С., Сералиев А.М.</b> ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА АЛМАТИНСКОЙ МАГНИТНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В СВЯЗИ С КАДЖИСАЙСКИМ (M <sub>PV</sub> = 6.2) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ В НОЯБРЕ 2014 ГОДА	117
<b>Туктаров Р. М., Тимиршин К.В., Петров А.Ф., Шибаетов С.В., Козьмин Б.М., Гейслер В.</b> ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЯКУТИИ	124
<b>Турсунова А.А.</b> О ЗНАЧЕНИИ И НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ТЕРМОГЕОХИМИЧЕСКИХ СЪЕМОК НА ОТДЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЯХ АМУДАРЬИНСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ ТУРАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	128
<b>Фозилов Д.Н., Алидодов Б.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И УГЛЕНОСНОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАЗАР-АЙЛОК	133
<b>Шаршеева К.Т.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИСУТСТВИЕ НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ASTER TIR	138
<b>Юсупов В.Р.</b> АНОМАЛЬНЫЕ ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЧАРВАКСКОМ ПОЛИГОНЕ ТЕХНОГЕННОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ	142

## ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

<b>Алдыраман кызы А.</b> МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	146
<b>Алиева А.К.</b> ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ФИНАНСОВЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС НА УРОВНЕ АЙЫЛЬНОГО ОКРУГА, СЕЛА	150
<b>Артиков Ф.Р., Ганиева Б.Р., Анварова С.Г.</b> ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕЖИМА ВОДОХРАНИЛИЩ НА СОСТОЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ	154

<b>Асанбекова А.Н.</b> СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОРЫВА ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ ЧЫРКАНАК	156
<b>Асатаев А.А.</b> ОБСЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К УРАНОВЫМ РУДНИКАМ «ХАРАСАН-1, 2»	159
<b>Генералов В. В., Валуйский А.Ю.</b> СПОСОБ ВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ	164
<b>Генералов В. В., Валуйский А.Ю.</b> УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ТЯГОВОГО КАНАТА ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ ОТ ОБРЫВА	168
<b>Загинаев В.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОРЫВОВ МОРЕННО-ЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КЫРГЫЗСКОГО ХРЕБТА)	172
<b>Илиясова Н.С.</b> ВИДЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ	178
<b>Исомиддинов Ё.Я.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ РАЙОНА КАРАТЮБИНСКИХ ГОР	183
<b>Кенжебаев Т.П.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОРЫВА ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	189
<b>Малосиева М.Т.</b> СТРУКТУРА ПОДДВИГА ПОВЕРХНОСТИ МОХО В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ТАРИМСКОЙ ПЛИТЫ И ТЯНЬ-ШАНЯ	194
<b>Ошурмамадов А.К.</b> РУДОНОСНОСТЬ ВУЛКАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЮЖНО ГИССАРСКОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ ТЯНЬ-ШЯНЬ)	198
<b>Питык А.В.</b> РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА БОРНОЙ КИСЛОТЫ НА ЕЕ НАКОПЛЕНИЕ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ АЭС С ВВЭР	203
<b>Питык А.В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В ВИДЕ МАКРОЭРГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ БИООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	205
<b>Райымкулов М.А.</b> ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ ПОЛОСТИ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА НА ПЕРЕДАЧУ ВЗРЫВНОГО ИМПУЛЬСА	207
<b>Рахманбердиев А.Г., Дукенбаева А.С.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО УРАНА В ВИДЕ ТОПЛИВА ДЛЯ АЭС В РУДНИКЕ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МЫНКУДУК»	209
<b>Романенко С.В., Беренбеков Н.Б.</b> УВЕЛИЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ К ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ	214

<b>Саидов С.М.</b> ВЕРТИКАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ СЕЛЕЙ БАССЕЙНА РЕКИ КЫЗЫЛСУ (ТАДЖИКИСТАН)	218
<b>Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Абдыкеева Ш.С.</b> О КОНЦЕПЦИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ	225
<b>Султанова А.М.</b> РОЛЬ И МЕСТО ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	232
<b>Тажиев С.Р.</b> ВЛИЯНИЕ КИРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И РЕК ТАЛАС И АССА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТАЛАС-АССИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	237
<b>Хамидов Х.Л.</b> СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЛОТИНЫ ГИССАРАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	243
<b>Чарский В.П.</b> РАВНОВЕСНОСТЬ И МОРФОЛОГИЯ КРИСТАЛЛОВ ПИРИТА (Институт Геологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика). Научный руководитель: <i>нет</i> .	245
<b>Чарский В.П.</b> ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ ТЕЛ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТАЛДЫБУЛАК ЛЕВОБЕРЕЖНЫЙ (КЫРГЫЗСТАН) (Институт Геологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызская Республика). Научный руководитель: <i>нет</i> .	249
<b>Шукуров З.Ф.</b> АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НАД ПЕРЕСЕКАЮЩИЕ РАЗЛОМОВ КАРЖАНТАУ И ТАВАКСАЙ (ИС АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан). Научный руководитель: <i>д.ф.-м.н., Хамидов Л.А.</i>	252
<b>Шергазиева Н.Р.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА ЗОЛОТОРУДНОМ КОМБИНАТЕ «КУМТОР» (КРСУ, г. Бишкек, Кыргызская Республика). Научный руководитель: <i>к.т.н., Шабикова Г.А.</i>	255

## МЕХАНИКА

<b>Абдыкеева Ш. С., Торокельдиева Ж.М.</b> СООТНОШЕНИЕ «НАПРЯЖЕНИЕ – ДЕФОРМАЦИЯ» ДЛЯ БЕТОНА И АРМАТУРЫ С КРАТКОВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ	258
<b>Абдыкеева Ш. С.</b> ОБ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МЕТОДА СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЗАДАЧАХ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	263
<b>Арстанбек А.</b> КОЛЕБАНИЯ КОРПУСА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА МО-10 ПРИ ВИБРОУДАРНОЙ ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ	266
<b>Бактыгулов К., Ордобаев Б.С., Бактыгулова А.Б.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ОПАЛУБКЕ-АРМАТУРЕ В ПЕРЕКРЫТИЯХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ	271

<b>Джусумаматов Э.А., Салман К.М.</b> К ТЕОРИИ ПРЯМОГО ПРЕССОВАНИЯ КРУГОВОГО АЛЮМИНИЕВОГО ПРУТКА	276
<b>Имашев С.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА DFA ДЛЯ АНАЛИЗА ВАРИАЦИЙ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ОБРАЗЦА ГАББРО ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ	282
<b>Кулагина М.А.</b> К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГИХ КОНСТАНТ ПЕРИДОТИТА	287
<b>Кынатбекова Н.Н., Эликбаев К.Т.</b> ДИНАМИКА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С ДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ	292
<b>Мелис кызы Н.</b> ДИНАМИКА УДАРНОЙ СИСТЕМЫ С ТРАНСФОРМИРУЕМЫМ УДАРНЫМ ИМПУЛЬСОМ	300
<b>Морозов И.А.</b> ДЕФОРМИРОВАНИЕ КВАЗИПЛАСТИЧНЫХ СОЛЯНЫХ ПОРОД ПРИ МНОГОСТУПЕНЧАТОМ ОБЪЕМНОМ НАГРУЖЕНИИ	305
<b>Резин П.М.</b> ЗАДАЧА АВТОФРЕТИРОВАНИЯ ТОЛСТОСТЕННОЙ ТРУБЫ	308
<b>Салманова А. Н.</b> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЗАГРУЖАЕМЫХ КУСКОВ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДРОБИЛКИ С ЦИКЛОИДАЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВАЛКОВ	312
<b>Сатибекова С.Б.</b> ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ КАВЕРНОМЕТРИИ В БУРОВЫХ СКВАЖИНАХ	317
<b>Степанова Ю.Ю.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ НЕ ОПАСНОГО ПО ВЫБРОСАМ ПЕСЧАНИКА ПРИ ТРЁХОСНОМ СЖАТИИ	320
<b>Хохлова Ю.А.</b> НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТОЛСТОСТЕННОЙ ТРУБЫ В УСЛОВИЯХ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ	327
<b>Шубина С.В.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕЛИКОВ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КОНФИГУРАЦИИ	332

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<b>Арепьев П.Б.</b> ИЗМЕРИТЕЛЬ РАСХОДА И ДАВЛЕНИЯ ГАЗА	336
<b>Бейшенбаев Б.Т.</b> ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	341
<b>Бирюкова Л.В.</b> СПОСОБЫ ПОИСКА, ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ АГРЕГАТОРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ВЕБ-СЕРВИСОВ	344

<b>Верзунов С.Н.</b> ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМОРФНОЙ ВЕЙВЛЕТ-СЕТИ	351
<b>Гесь В.П.</b> КЛАСТЕРИЗАЦИЯ НОВОСТНОГО ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА	358
<b>Джолдошева М.Т., Абиров Д.А.</b> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ БИОГАЗА И БИОУДОБРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	362
<b>Дуденко Р.П.</b> ПЛАНИРОВАНИЕ ЗИМНЕГО ЗАКУПА ШИНЫ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С ДЕФИЦИТОМ	366
<b>Забинякова О.Б.</b> ПОСТРОЕНИЕ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ ОДНОМЕРНОЙ ЗАДАЧИ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МЕТОДОМ МАТРИЧНОЙ ЭКСПОНЕНТЫ	374
<b>Коломейцев Д.В.</b> СПОСОБ ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕРДЕЧНИКА ФЕРРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА	380
<b>Кыдыралиев Э.М.</b> ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУР И СВОЙСТВ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ	383
<b>Мусуралиева Д.Н.</b> ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ПЕСЧАНОК ПРИИССЫККУЛЬЯ	389
<b>Токсаитов Д.А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАСЧЁТА 3-Д ГРАФИКИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ТАЙЛОВЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ ОТЛОЖЕННОГО РИСОВАНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ	394
<b>Толендиулы С.</b> СВ-СИНТЕЗ ДИБОРИДА МАГНИЯ В РЕАКТОРЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ	401
<b>Тулин А.С.</b> КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАЛЛЕТ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ	408
<b>Чешев М.Е., Имашев С.А.</b> МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА МЕТОДА НОРМИРОВАННОГО РАЗМАХА	413
<b>Панченко Е.</b> ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ШИННЫХ ЦЕНТРОВ, КАК УЧАСТНИКА МЕДИА СРЕДЫ г.БИШКЕК	418

Научное издание

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Сборник материалов  
X Международной конференции молодых ученых и студентов**

**18-20 апреля 2018 года  
Научная станция РАН  
г. Бишкек, Киргизская Республика**

Формат 60x80 1/8. Печать ризография.  
Объем 56,5 п.л. Тираж 100 экз.  
Отпечатано в типографии «ДЭМИ»  
г. Бишкек, ул. Кулатова, д.1а  
Тел.: +996 (312) 59 17 97