

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

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



**ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Материалы докладов  
5-ой международной конференции молодых ученых и студентов**

**24-25 апреля 2013 года  
г. Бишкек**

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

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

**ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Материалы докладов  
5-ой международной конференции молодых ученых и студентов**

**24-25 апреля 2013 года  
г. Бишкек**

**УДК 001**  
**ББК 30.6**  
**С56**

Ответственный редактор: канд. физ.-мат. наук Герман К.А.  
Редакционная коллегия: Воронцова Е.В, Мухамадеева В.А., Дудинских Е.Ю.

**С56 Современные техника и технологии в научных исследованиях.-** Бишкек, 2013. – 328 с.

**ISBN 978-9967-12-321-2**

В сборник включены материалы 5-ой международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», которая была проведена ФГБУН Научной станцией РАН и Международным научно-исследовательским центром - геодинамическим полигоном в г. Бишкеке. В сборнике представлены работы молодых ученых и студентов из Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, России и других стран, охватывающие исследования в области мониторинга геосреды, физики и механики горных пород, оценки сейсмического и геологического риска, и других научных направлений.

Издание рассчитано на студентов, аспирантов и специалистов по механике, геофизике и геологии.

Утверждено к печати  
Ученым советом ФГБУН  
Научной станции РАН в г.  
Бишкеке

**С 1401030000-13**

**ISBN 978-9967-12-321-2**

**УДК 001**  
**ББК 30.6**

©ФГБУН Научная станция РАН в  
г. Бишкеке

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

© Коллектив авторов, 2013

## Предисловие

Настоящим изданием Научная станция РАН представляет материалы 5-ой международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», которая состоялась 24 – 25 апреля 2013 года в г. Бишкеке.

Представленные в сборнике статьи дают возможность достаточно полно ознакомиться с последними результатами исследований, полученными участниками конференции. На конференции обсуждался широкий круг проблем. В докладах были представлены новые результаты исследований, проводившихся с целью решения фундаментальных задач наук о Земле и исследований математического моделирования в различных областях .

Среди многочисленных вопросов, рассматриваемых на симпозиуме, особое внимание уделялось вопросам о глубинных процессах, источниках энергии, механизмах деформаций, происходящих на различных уровнях литосферы, а также происхождению внутриконтинентальных горообразования. Показательно, что в представленных работах широко применялись методы численного моделирования геологических объектов и процессов, проходящих на разном масштабном уровне. Причем в качестве входных данных для численного моделирования часто использовались результаты физического эксперимента.

Обращают на себя внимание и работы, посвященные методическим и технологическим аспектам контроля состояния массивов среды, наблюдениям геоакустической эмиссии, лабораторным экспериментам в поддержку активного мониторинга, анализу факторов, влияющих на глобальную и региональную сейсмичность. Особое внимание уделялось вопросам изучения механизмов подготовки и триггеров таких природных катастроф как оползни, так как их последствия несопоставимы с затратами, направленными на изучение, прогноз и заблаговременную подготовку к снижению возможного ущерба.

В докладах были представлены новые результаты исследований, проводившихся с целью решения фундаментальных задач наук о Земле и в интересах экологии.

По замыслу авторского коллектива, предлагаемый Вашему вниманию сборник должен отражать, по возможности, наибольшее количество направлений современной науки, проведенных молодыми учеными, аспирантами и студентами. Надеемся, что выпуск этого сборника позволит оценить достигнутый уровень исследований и по проблемам и послужит стимулом для дальнейшего развития молодых ученых.

Сборник будет полезен научным сотрудникам, преподавателям, аспирантам и студентам, в той или иной мере участвующим в исследованиях, связанных с познанием различных аспектов протекания современных геодинамических процессов в земных недрах.

Желаем всем участникам наших симпозиумов и читателям, проявившим интерес к его материалам, творческих успехов на благородном поприще науки и образования.

Герман К.А.

# ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА С ВАРИАЦИЯМИ НЕКОТОРЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Сухоруков М.В.

тел.: +7(495) 939-75-91; факс +7(495) 137-65-11; mihail.sukhorukov@gmail.com  
Лаборатория «Приповерхностная геофизика» Института динамики геосфер РАН,  
г. Москва, Россия

В нашей лаборатории проведены измерения объемной активности подпочвенного радона и вариаций геофизических полей на границе атмосфера - земная кора в Центральной части Восточно-Европейской платформы. Проведен анализ, выявлены закономерности.

Изучение эманации радона представляет собой значительный интерес для выявления количественных характеристик межгеосферных взаимодействий [1]. Так, интенсивность эманации радона, в силу переноса радона к поверхности пузырьками подземных газов, может служить характеристикой эманации других газов, к примеру, метана и водорода [2], [3]. При этом по интенсивности эманаций подземных газов можно оценить не только их запасы, но и термодинамическое состояние в источниках, а также фильтрационные свойства земного вещества, которые могут изменяться в результате тех или иных геодинамических процессов.

Измерения вариаций геофизических полей в сочетании с эманацией радона, кроме всего прочего, призваны выявить связи между внешними воздействиями и изменением характеристик твердого земного вещества.

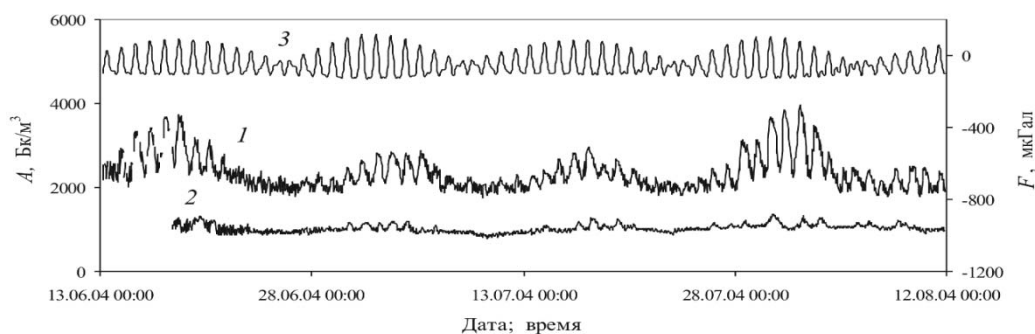


Рис.1. Вариации объемной активности подпочвенного радона  $R$  в пункте, расположенном на срединном участке тектонического нарушения II порядка (1), и в пункте, расположенном в структурном блоке (2); 3 – вертикальная составляющая приливной силы  $F$ .

Рассмотрено влияние приливных деформаций на интенсивность радоновых эманаций. Так, например, анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что во всех пунктах регистрации наблюдается околосуточная периодичность  $R$  (рис.1), которая подтверждается повторными измерениями, выполненными через большой промежуток времени (рис.2). Причем, околосуточные вариации объемной активности подпочвенного радона близки по характеру к временным изменениям приливной силы  $F$ , с некоторым запаздыванием  $\Delta T$ , величина которого для разных пунктов может составлять от 1 до 10 час (рис.3). Наряду с околосуточной периодичностью в зонах влияния крупных тектонических структур также отчетливо проявляется двухнедельная цикличность вариаций  $R$ , представленная последовательным увеличением и уменьшением амплитуды околосуточных вариаций, и которая хорошо согласуется с двухнедельными вариациями приливной силы  $F$  (рис.1). При этом, коэффициент линейной

корреляции при сдвиге на время запаздывания  $\Delta T$  достигает величины 0,78 при значимости 0,95. Таким образом, найденные периодичности временных вариаций объемной активности подпочвенного радона с высокой вероятностью связаны с приливными деформациями приповерхностного слоя земной коры.

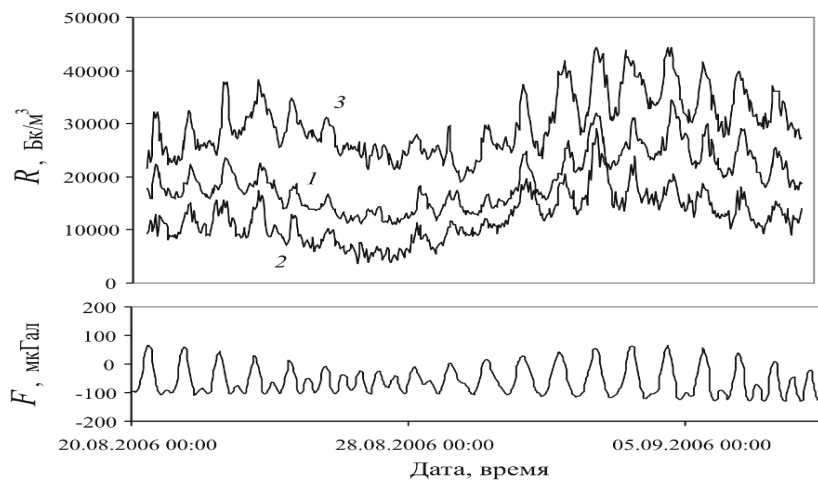


Рис.2. Временные вариации объемной  $R$  в 3 пунктах, с различным положением, относительно Ногинской тектонической структуры

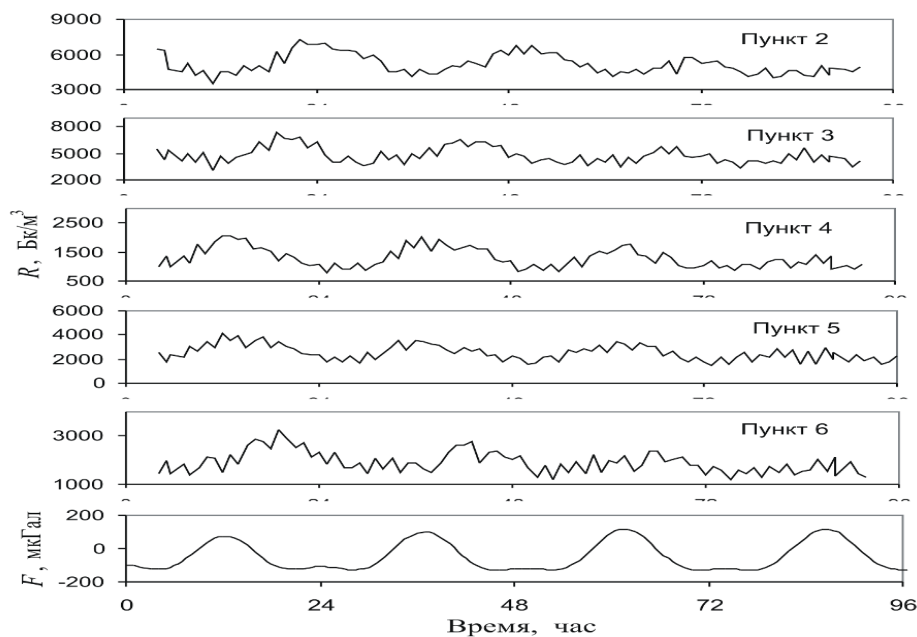


Рис.3. Временные вариации  $R$  в 5 пунктах, с различным положением, относительно Ногинской тектонической структуры;  $F$  – вертикальная составляющая приливной силы.

Для определения влияния атмосферного давления рассмотрены вариации объемной активности подпочвенного радона для периодов времени с заметными вариациями атмосферного давления. При этом измерения проводились в пунктах регистрации, расположенные в зоне непосредственного влияния Ногинской тектонической структуры. А именно вблизи тектонических разломов отмечается значительные вариации объемной активности подпочвенного радона [1], [4].

На рис.4 приведены в качестве примера график изменения среднего текущего значения объемной активности подпочвенного радона со временем совместно с вариацией атмосферного давления для случая, когда приливная составляющая

отклика радоновых эманацій значительна (рис.3). Из рис.4 видна высокая отрицательная корреляция между средним текущим значением объемной активности почвенного радона и атмосферным давлением (коэффициент линейной корреляции, вычисленный за время измерений, составляет  $-0,82$  при значимости  $r = 0,995$ ).



Рис.4. Вариация скользящего среднего значения  $R$  (1) (вычисления по 24 последовательным измерениям с компенсацией сдвига) в районе Ногинской тектонической структуры (2 – изменение атмосферного давления в период проведения измерений).

В качестве другого примера рассмотрены результаты наблюдений объемной активности почвенного радона, выполненные в период продолжительной нестабильности атмосферного давления. На рис.5 приведены совместно вариации объемной активности почвенного радона и атмосферного давления для одного из участков Ногинской тектонической структуры. Хорошо видно, что возрастание объемной активности почвенного радона совпадает с падением атмосферного давления и, наоборот, минимумы объемной активности почвенного радона соответствуют временным интервалам, когда атмосферное давление характеризуется явным спадом. При этом следует отметить, что отклик среды на барические вариации в виде изменения объемной активности почвенного радона происходит практически синхронно. Это позволяет заключить, что вклад фильтрационного механизма миграции радона к свободной поверхности является существенным.

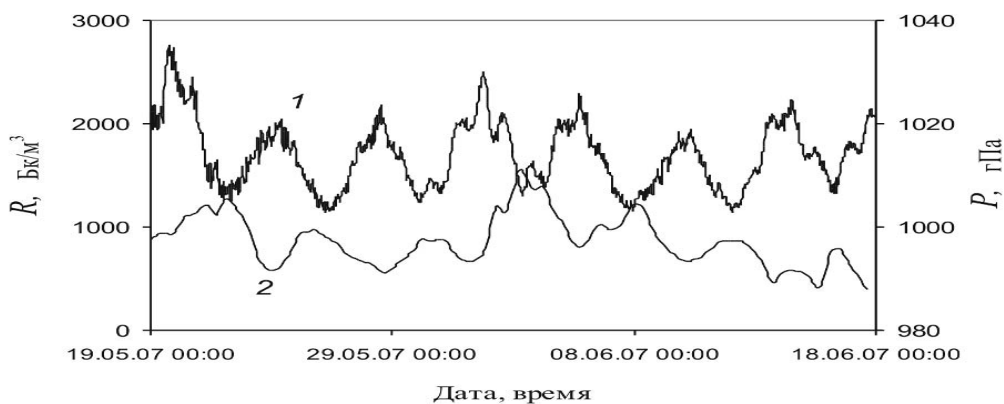


Рис.5. Вариация скользящего среднего значения  $R$  (по двум последовательным измерениям) на глубине 5 м в районе Ногинской тектонической структуры (1) в период продолжительной нестабильности атмосферного давления (2).

Сделано сопоставление вариаций объемной активности почвенного радона с вариациями амплитуды микросейсмического фона и отдельных квазигармонических колебаний разной частоты для природных условий. Так, ранее выявлено наличие квазимонохроматических колебаний с частотами, близкими к 16 Гц [5] (рис.6). На рис.7 приведены совместно вариации объемной активности природного радона в почвенной атмосфере и относительной амплитуды спектрального пика 16,6 Гц (со сдвигом на 4 часа). Причем относительная амплитуда выбиралась как отношение абсолютной амплитуды пика к фоновому значению спектра на этой же частоте. Приведенное сопоставление демонстрирует высокую корреляцию (коэффициент корреляции приближается к 0,9) уровня объемной активности почвенного радона с относительной амплитудой квазигармонических колебаний на характерной частоте 16,6 Гц.

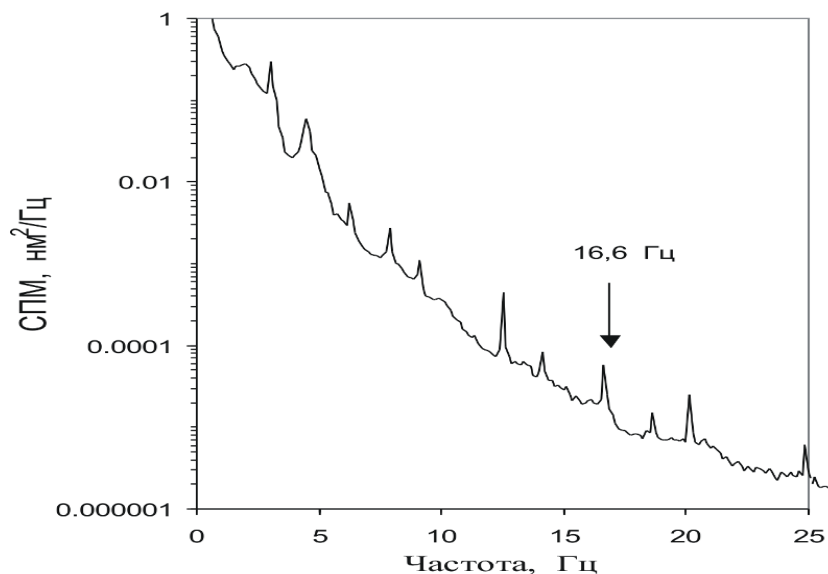


Рис.6. Спектральная плотность мощности фоновых микросейсмических колебаний в районе Нелидово - Рязанской тектонической структуры.

Сдвиг результатов микросейсмических измерений относительно результатов измерений объемной активности почвенного радона на 4 часа связан с тем, что отклик геофизической среды на внешнее воздействие в виде лунно-солнечного прилива происходит с разным запаздыванием для микросейсмического и радонового поля [6].

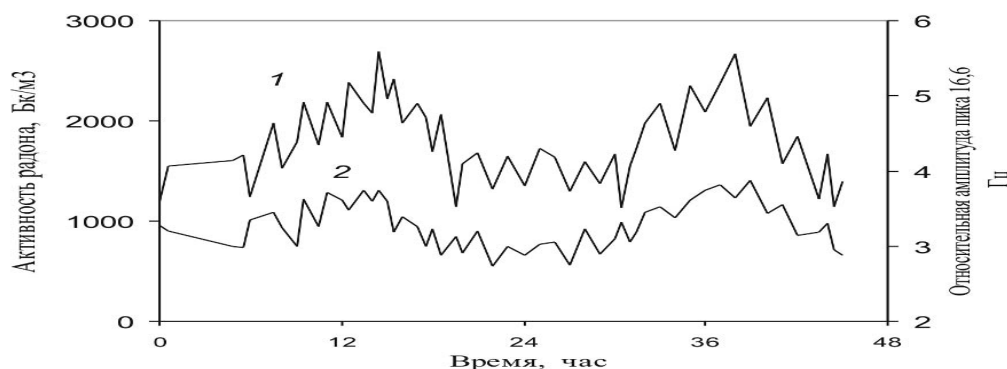


Рис.7. Вариации объемной активности почвенного радона (1) и относительной амплитуды квазигармонического пика с частотой 16,6 Гц (2) в пункте Нелидово - Рязанской тектонической структуры (сплошные кривые – средние значения по каждому из двух измерений, выполненных последовательно).



Учетом также, что модуляция микросейсмического фона приливом происходит в определенных частотных диапазонах, характерных для конкретного участка земной коры [5]). Так, для наших условий максимальные амплитуды микросейсмического поля в частотном диапазоне 7-20 Гц опережают максимум приливной силы (максимальное разуплотнение среды) примерно на 4 часа, в то время как вариации объемной активности подпочвенного радона в рассматриваемом пункте регистрации практически совпадают по времени с вариациями приливной силы (рис.6).

Таким образом, выявлены периодичности временных вариаций объемной активности подпочвенного радона с приливными деформациями приповерхностного слоя земной коры. Отмечено, что вариации средних значений объемной активности подпочвенного радона определяются барическими вариациями в атмосфере: прохождение циклонов сопровождается увеличением объемной активности подпочвенного радона, и, наоборот, антициклоны вызывают уменьшение средней интенсивности радоновых эманаций. На частотах 7-20 Гц микросейсмических колебаний можно выявить корреляцию с вариациями объемной активности подпочвенного радона

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В.В., Спивак А.А., Кишкина С.Б., Соловьев С.П. Динамические процессы в системе взаимодействующих геосфер на границе земная кора-атмосфера // Физика Земли. 2006. № 7. С. 34-51.
2. Войтов Г.И., Гусев А.С., Козлова Н.С., Рудаков В.П., Шулейкин В.Н. Эманиационные и электрические эффекты над сложно построенными тектоническими структурами (на примере Александровской зоны приразломных поднятий, Белоруссия) // Докл. РАН. 2000. Т. 370. № 1. С. 105-108.
3. Шулейкин В.Н., Резниченко А.П. Атмосферно-электрический и водород-радоновый контроль экологической безопасности территории газохранилища // Сборник трудов VI-й Российской конференции по атмосферному электричеству. Нижний Новгород: ИПФ РАН. 2007. С. 292-295.
4. Спивак А.А., Кожухов С.А. Пространственно-временные вариации природного радона в подпочвенной атмосфере // Докл. РАН. 2004. Т. 394. № 5. С. 686-688.
5. Кишкина С.Б., Спивак А.А. Проявление резонансных свойств земной коры в микросейсмических колебаниях // Докл. РАН. 2003. Т. 392. № 4. С. 543-545.
6. Спивак А.А., Кишкина С.Б., Локтев Д.Н. и др. Результаты инструментальных наблюдений на геофизическом полигоне ИДГ РАН "Михнево" // Динамика взаимодействующих геосфер. М.: ИДГ РАН. 2004. С. 13-25.

## ПРОФИЛЬ «ALAI-TIRAGE»: МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Матюков В.Е.

тел.: +996550018386; e-mail: [vitaliy@gdirc.ru](mailto:vitaliy@gdirc.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке

В 2008 и 2009 годах силами Научной станции и Института GFZ в г. Потсдам в рамках мультидисциплинарной программы изучения зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня (TIRAGE) был пройден профиль длиной около 350 км: от Афгано-Таджикской границы на юге, через Памирское Плато, Алайскую впадину и Южно-Тянь-Шаньскую горную гряду до г. Ош на территории Кыргызстана [1] (рис. 1). В рамках наших исследований был выбран участок от оз. Кара-Куль до г. Ош.

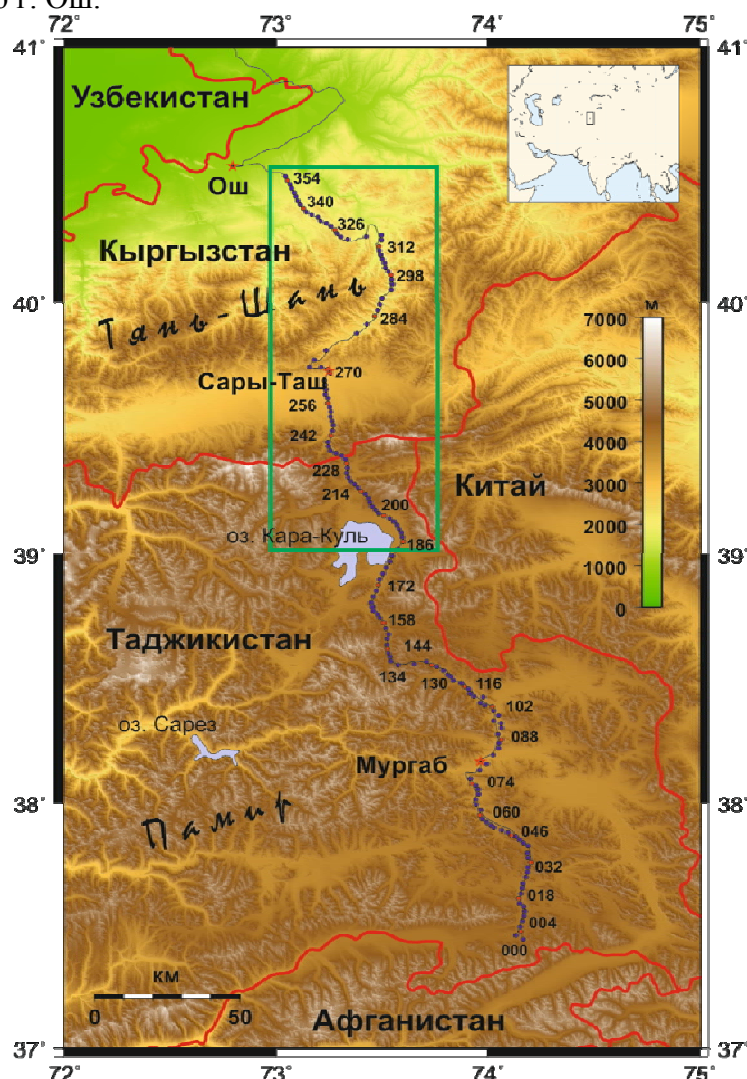


Рис. 1. Комплекс электромагнитных зондирований трансекта «TIRAGE». Красными точками выделены пункты установки длиннопериодных станций. Зеленым прямоугольником выделен участок, выбранный для наших исследований.

Для комплекса электромагнитных зондирований трансекта «TIRAGE» использовались 26 широкодиапазонных станций (1000 Гц - 1000 с) с индукционными датчиками и длиннопериодных станций (до 10000 с) LEM1-004

сферрозондовыми магнитометрами.

Измерительная установка состоит из двух взаимно перпендикулярных измерительных линий (диполей), являющихся датчиками электрического поля  $E_x$  и  $E_y$ . Длина измерительных линий в условиях горного рельефа Тянь-Шаня составляет 30-50 м. Заземление электрических диполей осуществляется с помощью электродов Ag-AgCl. В точке наблюдения схема измерений использует крестообразное расположение приемных электрических линий (рис. 2). В центре установки заземляется дополнительный (пятый) электрод, который участвует в особой схеме подавления помех. Рядом с ним располагается измеритель.

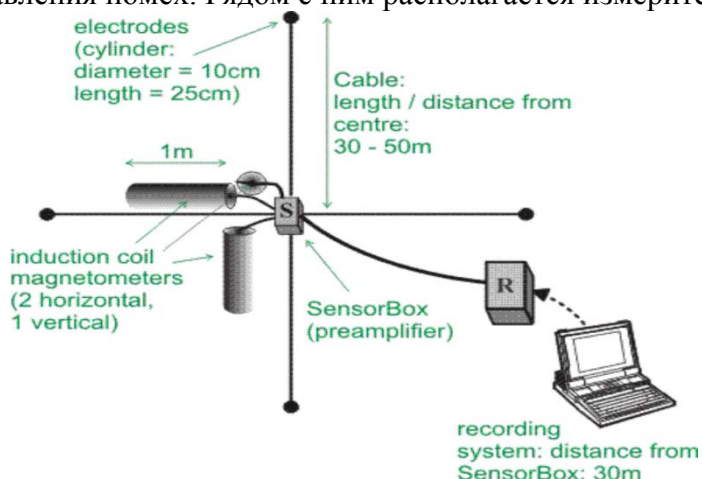


Рис. 2. Схема измерительной установки для регистрации пяти компонент MT-поля с помощью комплекса GIPP [2].

Запись ведется в трех частотных диапазонах. Высокочастотная часть записывается с помощью регистратора SPAM III в диапазоне  $\sim 1000$  Гц – 0.01 с. Поэтому записи поля в этих диапазонах состоят из отдельных фрагментов.

Сложные геоэлектрические условия горного Тянь-Шаня потребовали внесения корректив в штатную методику обработки полевых наблюдений и своего оригинального подхода к разработке методики построения глубинной модели.

Для обработки данных, полученных станциями GIPP, использовался стандартный пакет программ обработки EMERALD, разработанный специалистами GFZ. Программа обработки основана на расчете функции взаимной корреляции всех компонент поля. Далее проводится Фурье-преобразование, в результате чего получают спектры мощности в широком частотном диапазоне, которые затем пересчитываются в компоненты тензора импеданса.

Программный комплекс обработки данных MT3-MB3, полученных в регионе с помощью оборудования GIPP, включает в себя стандартную для этой аппаратуры обработку в режимах “local” и “remotereference”, реализующую современные алгоритмы спектрального анализа.

**Построение профильной геоэлектрической модели «ALAI-TIPAGE».** В рамках наших исследований был выбран участок от оз. Кара-Куль до г. Ош (профиль «ALAI-TIPAGE»).

Дальнейшие исследования связаны с выполнением двумерной (2-D) инверсии наблюдаемых данных профиля «ALAI-TIPAGE» с помощью программы Rodi-Maskie, реализующей метод нелинейных сопряженных градиентов [3], и построением двумерной геоэлектрической модели «ALAI-TIPAGE», представляющей собой структурно-геоэлектрический разрез земной коры в зоне

сочленения Памира и Тянь-Шаня вдоль меридиана 73,4 градуса в.д. Реализованная в этой программе процедура 2-D инверсии производит совместный подбор наблюдаемых значений импеданса и типпера, при этом осуществляется сглаживание модели сопротивления посредством минимизации следующего функционала:  $(\text{наблюдаемые данные} - \text{вычисленные отклики})^2 + \nabla (\text{оптимизируемая модель} - \text{априорная модель})^2$ . Второй член функционала “штрафует” гладкие отклонения оптимизируемой модели от априорной.

Входной ансамбль инвертируемых данных включал в себя наблюдаемые значения кажущегося сопротивления и фазы импеданса для двух поляризации электромагнитного поля, а также значения геомагнитного типпера в (Re, Im) представлении, заданные в 78 точках на профиле длиной около 170 км для 30 периодов зондирования в интервале от 1000 Гц до 2000 с.

Сеточная аппроксимация модели имеет 228 горизонтальных узлов и 128 слоев с латеральными изменениями по размеру меньшими, чем коэффициент 1.07 между любыми соседними ячейками, для того, чтобы удовлетворить ограничениям программы 2D-инверсии. Большинство слоев предназначены для адекватного представления в модели топографического рельефа, изменения высот которого вдоль линии профиля составляют около 2 км. Такая детальная аппроксимация рельефа необходима для обеспечения подбора данных на высоких частотах (от 100 Гц).

После нескольких тестовых расчетов инверсии было определено значение параметра регуляризации  $\tau=3.0$ .

Пределы погрешностей (весовые коэффициенты) инвертируемых данных были установлены следующим образом: модуль кажущегося сопротивления (ТЕ-мода) – 1000%, модуль кажущегося сопротивления (ТМ-мода) – 30%, фаза импеданса (ТЕ-мода) – 5°, фаза импеданса (ТМ-мода) – 5°, типпер (Hz) – 0.05%.

Стартовая модель для 2-D инверсии представляет собой однородную среду 100 Ом\*м до глубин 100 км, ниже распределение сопротивления – горизонтально-слоистое. Следует отметить, что плотность и геометрия сеточной аппроксимации в процедуре автоматизированной инверсии, а также включение всех ячеек разбиения в оптимизационный подбор обеспечивают плавность построения геоэлектрических структур и отсутствие ограничений для различных гипотез о глубинном строении региона исследования. Далее была выполнена совместная бимодальная 2-D инверсия многокомпонентного ансамбля данных, включающего амплитуды кажущегося сопротивления, фазы импеданса и типперы для профиля «ALAI-TIPAGE».

В результате выполненных 300 внутренних итераций в процессе совместной параллельной инверсии всего входного ансамбля данных погрешность подбора по всем компонентам (RMS-невязка) составила 1.61.

В моделях, возбуждаемых электрическим полем, поляризованным в крест оси геоэлектрической однородности (ТМ-мода), МТ-передаточные функции для большинства узлов сетки имеют невязки, не превышающие 20% по модулю и 6° по фазе.

Для моделей, возбуждаемых электрическим полем, поляризованным вдоль оси геоэлектрической однородности (ТЕ-мода), МТ-передаточные функции имеют более высокие невязки прежде всего из-за того, что выбранные весовые коэффициенты для этой моды значительно превышают предел погрешности ТМ-моды. В модели получены небольшие величины МВ-передаточной функции (типперов), которые хорошо согласуются с малыми значениями ( $< 0.1$ ) экспериментальных данных, но ошибки достаточно велики из-за низкого отношения «сигнал-шум» в исходных данных (рис. 3).

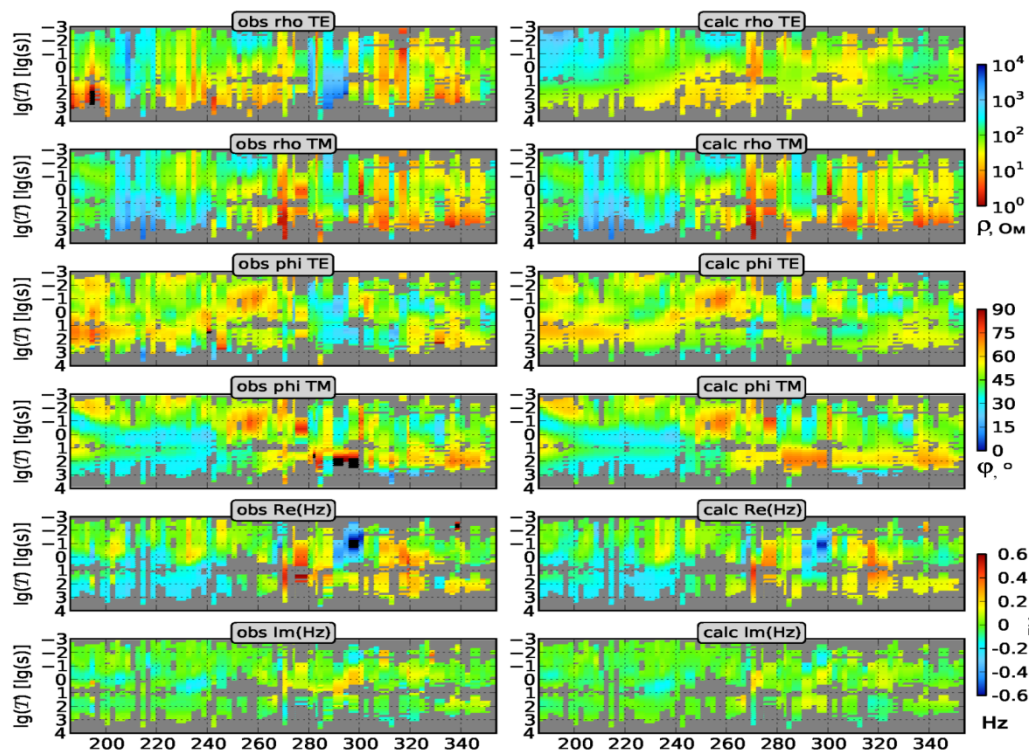


Рис. 3. Сравнение наблюдаемых (левая часть рисунка) и модельных (правая часть рисунка) данных.

В построенной геоэлектрической модели «ALAI-TIPAGE» (рис. 4) можно выявить несколько субвертикальных проводящих зон под Алайской впадиной до глубины 5-10 км, которые могут соответствовать погребенным массивам осадочного чехла, показанным в работе [4] на рисунке 3.

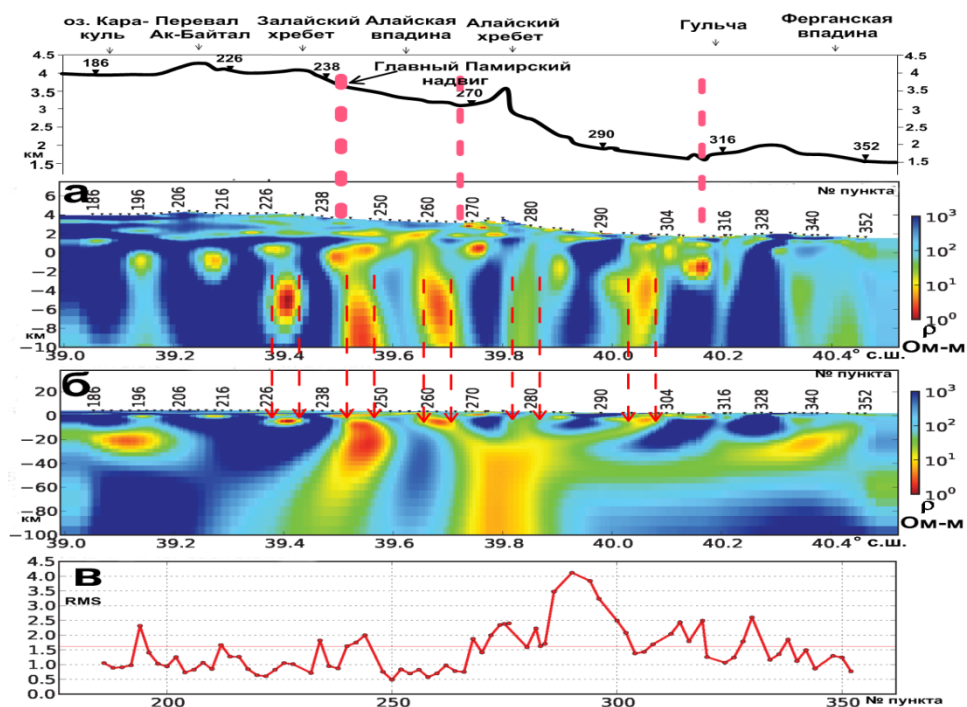


Рис. 4. Двумерная геоэлектрическая модель «ALAI-TIPAGE» (участок профиля «TIPAGE» от оз. Кара-Куль до г.Ош): а – верхняя часть разреза; б –

полный разрез; в - распределение погрешности подбора данных по всем инвертируемым компонентам (RMS-невязка) для пунктов профиля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sass P., Ritter O., Rybin A., and Batalev V. 2D and 3D inversion of MT data from the continental collision zone in the Pamir and Tien Shan, Central Asia. Schmucker-Weidelt-Kolloquium Neustadt an der Weinstraße, 2011. pp. 19-23.
2. [http://www.gfz Potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+2/sec22/gipp/instruments/GIPP\\_MT](http://www.gfz Potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+2/sec22/gipp/instruments/GIPP_MT).
3. Rodi, W. L., and Mackie R. L. Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion, Geophysics. 2001. v 66. P. 174 – 187.
4. Coutand I., Strecker M. R., Arrowsmith J. R., Hilley G., Thiede R. C., Korjenkov A. and Omuraliev M. Late Cenozoic tectonic development of the intramontane Alai Valley, (Pamir-Tien Shan region, central Asia): An example of intracontinental deformation due to the Indo-Eurasia collision TECTONICS. 2002. VOL. 21. NO. 6. 1053. doi:10.1029/2002TC001358.

### **УСИЛЕНИЕ И ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛОВ СТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЯ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ШУМОПОДОБНЫМИ ТОКОВЫМИ ИМПУЛЬСАМИ**

Мясников Д.С.

тел.: (0543) 876584; e-mail: [miasnick-d@yandex.ru](mailto:miasnick-d@yandex.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызская Республика,

В лаборатории перспективных аппаратных разработок ИС РАН в настоящее время ведется разработка нового аппаратно-программного комплекса для электромагнитных зондирований земной коры методом становления поля (ЗС), в частности методом зондирования в ближней зоне (ЗСБ) с применением шумоподобных зондирующих сигналов (ШПС). Новый измерительный комплекс разрабатывается в дополнение к существующей системе электромагнитного мониторинга земной коры, развернутой на территории Бишкекского геодинамического полигона (БГП) и базирующейся на зондировании земной коры мощными периодически повторяемыми последовательностями биполярных токовых импульсов, подаваемых в заземленный электрический диполь [1]. Предполагается, что новый измерительный комплекс позволит достичь тех же глубин исследования земной коры, что и в существующей системе, но при значительно меньших мощностях зондирующей установки, а при сохранении мощности зондирующей установки применение ШПС позволит значительно расширить диапазон исследуемых глубин.

Аппаратная часть разрабатываемого измерительного комплекса состоит из зондирующей индукционной рамки (ИР), генератора зондирующих сигналов (ГЗС), индукционного датчика сигналов (ИДС), блока усиления и фильтрации сигналов (БУФС), блока управления и регистрации сигналов (БУРС) и персонального компьютера (ПК) (рис. 1).

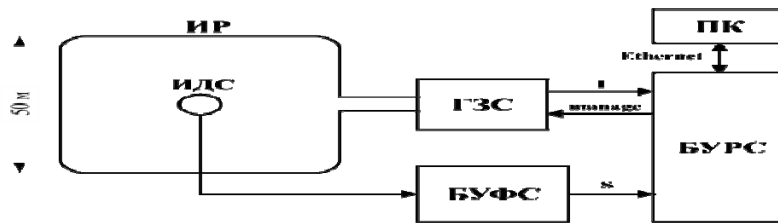


Рис. 1. Структурно-функциональная схема электроразведочного измерительного комплекса с применением ШПС.

ГЭС вырабатывает зондирующие импульсы тока, которые подаются в индукционную одновитковую квадратную рамку, расположенную горизонтально на поверхности Земли. В центре рамки размещается индукционный датчик, преобразующий вертикальную компоненту переменного магнитного поля, создаваемого рамкой, в электрический сигнал. Сигнал с выхода датчика усиливается и фильтруется от помех и наводок в БУФС. Усиленный и частично отфильтрованный полезный сигнал поступает в БУРС, где осуществляется его преобразование в цифровую форму. Цифровые отсчеты регистрируемого сигнала сохраняются в устройстве памяти БУРС. В процессе зондирования, кроме сигнала от ИДС, производится синхронная регистрация формы импульсов тока в зондирующей индукционной рамке. Дальнейшая обработка зарегистрированных сигналов, конечной целью которой является получение электрического разреза земной коры в точке зондирования и построение временных зависимостей изменения удельного сопротивления горных пород в характерных точках разреза, осуществляется с помощью персонального компьютера.

Данная работа посвящена определению структуры и технических характеристик приемного измерительного тракта, входящего в состав измерительного комплекса и некоторым результатам, полученным в процессе его разработки и изготовления.

Сигнал, поступающий с выхода индукционного датчика в процессе зондирования, нуждается в дальнейшем усилении и фильтрации от помех различного происхождения, что является главной задачей приемного измерительного тракта. Структура измерительного тракта и его технические характеристики во многом зависят от динамического диапазона регистрируемых сигналов и помех, а также от их спектрального состава.

Предельные значения уровней и спектральный состав полезных сигналов становления поля были получены расчетным путем, при этом использовались известные параметры зондирующих сигналов, исследуемой среды и индукционного датчика.

Так как в разрабатываемом измерительном комплексе предусмотрена возможность проведения зондирований в различных режимах (периодическая последовательность и шумоподобные сигналы) и при различных амплитудах токовых импульсов в зондирующей рамке, то ожидаемый динамический диапазон амплитуд сигналов становления поля на выходе ИДС получается довольно большим и лежит в пределах от 0,88 до 408 мВ [2]. Минимальный и максимальный коэффициенты усиления измерительного тракта можно определить по формуле:

$$K_{БУФС} = \frac{S_{АЦП} \cdot 0,7}{U_{ИДС}}, \quad (1)$$

где  $U_{ИДС} = U_{СП} + U_{П}$  - амплитуда сигналов на выходе ИДС,  $U_{СП}$  - амплитуда сигналов становления поля,  $U_{П}$  - амплитуда помех,  $K_{БУФС}$  - коэффициент усиления приемного тракта,  $S_{АЦП} \approx 10$  В - шкала преобразования АЦП, применяемых в

БУРС. Постоянный множитель 0,7, учитывающий долю от шкалы АЦП, гарантирующую линейность преобразования.

При вычислении коэффициента усиления важно учитывать помехи и шумы, поступающие с выхода ИДС вместе с полезным сигналом, уровень которых может значительно превышать уровень сигналов становления поля. Как правило, это помехи, создаваемые промышленной сетью частотой 50 Гц, импульсные помехи от грозовых разрядов и промышленных и бытовых электроприборов, естественные помехи, создаваемые теллурическими токами, протекающими в земной коре и собственные шумы радиоэлементов измерительной аппаратуры.

Оценка уровня и характера помех была проведена экспериментально путем регистрации шумов с выхода ИДС в различных районах на местности Бишкекского геодинимического полигона. Проведенные измерения показали, что наибольшее влияние на качество регистрируемых сигналов оказывают преимущественно помехи промышленной сети частотой 50 Гц и в меньшей степени ее четные гармоники. Более низкий уровень помех наблюдается вдали от населенных пунктов. При расчете коэффициента усиления измерительного тракта учитывался максимальный уровень промышленных помех, зарегистрированных в процессе специальных полевых измерений. В результате проведенных измерений и вычислений получен диапазон регулировки коэффициентов усиления в пределах от 20 до 8000, который позволит регистрировать сигналы на фоне помех во всех режимах работы измерительного комплекса.

Полоса пропускания приемного тракта определяется спектром регистрируемых сигналов, верхняя  $f_B$  и нижняя  $f_H$  границы которого зависят от задаваемых минимальной и максимальной глубин зондирования. Для разрабатываемого измерительного комплекса при использовании в качестве зондирующих сигналов шумоподобных токовых импульсов ожидается достижение глубины зондирования до 15 км. Верхняя граница полосы пропускания также будет определяться спектральным составом зондирующих сигналов в области высоких частот. Подробные расчеты спектра регистрируемого сигнала приведены в [3]. Были получены следующие значения:  $f_H \geq 0,2$  Гц,  $f_B \leq 50$  кГц.

На этапе отработки принципов работы системы для регистрации сигналов были применены аналого-цифровые преобразователи с частотой дискретизации, не превышающей 50 кГц. Поэтому для подавления сигналов на частотах выше частоты Найквиста с целью обеспечения нормальной работы АЦП верхняя граница полосы пропускания приемного измерительного тракта была ограничена на уровне  $f_B = 10$  кГц.

В результате проведенных расчетов и измерений были определены основные технические характеристики и структура приемного измерительного тракта. На рисунке 2 представлена его структурно-функциональная схема.

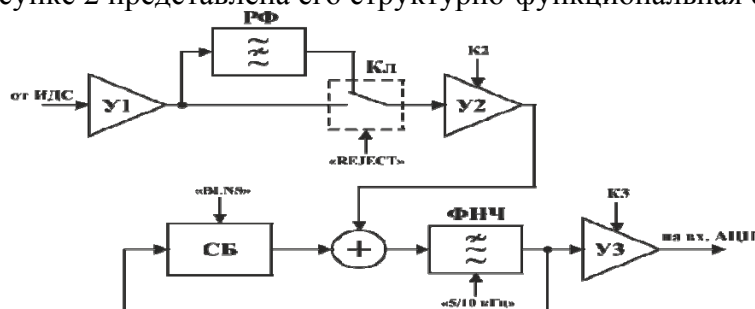


Рис. 2. Структурно-функциональная схема приемного измерительного тракта.



Конструктивно приемный тракт выполнен в виде отдельного устройства – блока усиления и фильтрации сигналов (БУФС).

На вход **БУФС** через длинную линию связи поступает сигнал с выхода индукционного датчика. Входной усилитель **У1**, выполненный на маломощной микросхеме, обеспечивает согласованный по мощности прием сигналов от **ИДС** и их усиление с коэффициентом  $K_1=20$  в полосе частот от 0 до 100 кГц.

В схеме **БУФС** предусмотрен режекторный фильтр **РФ**, настроенный на узкий частотный диапазон от 49,5 до 50,5 Гц и обеспечивающий подавление (не менее 60 дБ) основной гармоники помех от промышленной сети. Электронный ключ **Кл** обеспечивает возможность включения **РФ** в цепь измерительного тракта.

Следующий усилительный каскад **У2** выполнен с переключаемым коэффициентом усиления в диапазоне от 1 до 64. Переключение осуществляется дискретно с помощью двоичного кода. На этапе отладки системы для удобства работы с блоком формирование управляющего двоичного кода осуществляется с помощью DIP-переключателей, установленных на верхней панели блока. В дальнейшем эта функция будет возложена на **БУРС**.

С выхода усилителя **У2** сигнал через сумматор поступает на вход фильтра низкой частоты (**ФНЧ**). На другой вход сумматора через схему балансировки (**СБ**) представляющую собой “идеальный” интегратор с переключаемой постоянной интегрирования подается сигнал с выхода **ФНЧ**, образуя частотно зависимую отрицательную обратную связь. Такая схема обеспечивает автоматическую компенсацию смещения (балансировку) сигнала относительно нуля по выходу **ФНЧ**. Скорость балансировки определяется постоянной времени **СБ**, которая устанавливается достаточно большой, чтобы исключить влияние частотных свойств **СБ** на прием сигналов становления поля в области больших времен. С помощью команды “BLNS” эта постоянная времени устанавливается малой для проведения быстрой балансировки измерительного канала (в течение 5-10 секунд) перед каждым сеансом измерения.

**ФНЧ** представляет собой фильтр Бесселя шестого порядка с частотой среза 10 кГц. Фильтр Бесселя, обладающий линейной фазочастотной характеристикой в полосе пропускания, минимизирует искажения формы регистрируемых сигналов. В схеме **ФНЧ** предусмотрена возможность снижения частоты среза до 5 кГц для улучшения соотношения сигнал-помеха при регистрации сигналов на больших временах становления поля.

Сигнал с выхода **ФНЧ** поступает на выходной усилительный каскад **У3** с переключаемым коэффициентом усиления, схема которого полностью повторяет схему усилителя **У2**. Отфильтрованный и усиленный сигнал с выхода **БУФС** подается на вход **АЦП** блока управления и регистрации сигналов измерительного комплекса.

В результате проведенных работ был изготовлен экспериментальный образец блока усиления и фильтрации сигналов, обладающий всеми необходимыми техническими параметрами и возможностью их гибкой перестройки для приема и регистрации сигналов становления поля в широком частотном и динамическом диапазонах. Конструкция **БУФС** адаптирована для удобной эксплуатации в полевых условиях. Все органы управления **БУФС** располагаются сверху на крышке блока. На передней и задней панелях установлены соответственно входной и выходной разъемы. Питание блока автономное и осуществляется от двух малогабаритных аккумуляторных батарей напряжением 12 В и емкостью 1,2 А·ч, размещенных внутри корпуса.

В таблице 1 приведены основные технические характеристики

изготовленного образца БУФС.

Таблица 1

№ п.п.	Параметр	Величина	Примечание
1.	Максимальный коэффициент усиления	81920	
2.	Минимальный коэффициент усиления	20	
3.	Нижняя граница полосы пропускания по уровню -3 дБ	0,00016 Гц	
4.	Верхняя граница полосы пропускания по уровню -3 дБ	5000 Гц 10000 Гц	переключается
5.	Среднеквадратичный уровень собственных шумов в полосе частот 1,0 – 10000 Гц, не более	2 мкВ	
6.	Время балансировки нуля по выходу усилителя, не более	15 сек.	
7.	Остаточный не сбалансированный уровень нуля по выходу усилителя, не более	5 мВ	При максимальном усилении
8.	Напряжение встроенного источника питания	$\pm 12$ В	Две аккумуляторные батареи
9.	Время непрерывной работы без подзарядки аккумуляторов, не менее	20 час.	

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волыхин А.М., Брагин В.Д., Зубович А.В. и др. Проявления геодинамических процессов в геофизических полях // М.: Наука. 1993. 158 с.
2. Ильичев П.В., Бобровский В.В., Мясников Д.С., Лашин О.А., Плисовицкая Е.А. Отчет (промежуточный) по НИР “Разработка аппаратно-программных средств и основ технологий электромагнитного мониторинга геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей” // ИС РАН. 2012. гос. рег. № 0120.0713073. 146 с.
3. Ильичев П.В., Бобровский В.В., Мясников Д.С., Лашин О.А., Плисовицкая Е.А. Отчет (промежуточный) по НИР “Разработка аппаратно-программных средств и основ технологий электромагнитного мониторинга геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей” // ИС РАН. 2011. гос. рег. № 0120.0713073. 137 с.

## ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЙ ГЕНЕРАТОР ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ

О.А. Лашин

тел.: (0555) 075076; e-mail: [legyss@mail.ru](mailto:legyss@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научная станция  
Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызская Республика

В данной работе представлены результаты разработки одного из основных узлов электроразведочной аппаратуры - генератора зондирующих сигналов (ГЗС), обеспечивающего в зондирующей индукционной рамке формирование сигналов в виде последовательности биполярных токовых импульсов с заданной структурой и параметрами.

При разработке схем и конструкции ГЗС учитывалось то обстоятельство, что для получения сравнительных характеристик разрабатываемого в НС РАН нового электроразведочного комплекса с шумоподобными зондирующими сигналами с существующими электроразведочными системами, основанными на традиционных способах зондирования земной коры, генератор зондирующих сигналов наряду с формированием шумоподобных зондирующих сигналов должен обеспечивать формирование сигналов, применяемых в традиционных методах электроразведки. Поэтому было предусмотрено два режима работы ГЗС:

1) режим формирования в нагрузке периодической последовательности прямоугольных биполярных импульсов тока с паузой;

2) режим генерирования шумоподобных, периодически повторяемых биполярных импульсных М-последовательностей.

На рис. 1 представлена структурно-функциональная схема ГЗС. Плата согласования (ПС) обеспечивает помехоустойчивый прием сигналов, поступающих в ГЗС от блока управления электроразведочного комплекса и обеспечивающих его работу. ПС состоит из трех буферных каскадов (Б1-Б3, рис.1) с гистерезисом, на входе которых включены резисторы для согласования входного сопротивления буферов с волновым сопротивлением линии связи (120 Ом). Схема защиты (СЗ), входящая в состав ПС, предназначена для исключения ложных (вредных) комбинаций во входных управляющих сигналах, появление которых возможно в аварийных ситуациях. Ложные комбинации управляющих сигналов на входе ГЗС могут привести к выходу его строя.

В блоке драйверов управления силовым коммутатором (ДУСК) осуществляется преобразование поступающих на его вход от блока управления электроразведочного комплекса логических сигналов “ $F_{mod}$ ”, “Meneg1” и “Meneg2” в гальванически не связанные сигналы, управляющие работой мощных электронных ключей (транзисторы структуры MOSFET) силового коммутатора (СК). ДУСК состоит из модуляторов (М1-М4), источника опорного напряжения (ИОН), усилителей тока (У1-У4), широкополосных трансформаторов (Т1-Т4), демодуляторов (Д1-Д4) и управляющих схем (УС1-УС2). Модуляторы М1-М4 выполнены на электронных ключах. На выходе М1-М4 формируются согласно временной диаграмме, показанной на рисунке 2, амплитудно-модулированные импульсные сигналы с огибающей, определяемой сигналами “Meneg1” или “Meneg2” и несущей частотой  $F_{mod}$ . Амплитуда модулированных импульсов определяется постоянным напряжением, подаваемым на вход модулятора с выхода источника опорного напряжения ИОН. Длительность огибающих ( $T_d$ ) модулированных пачек биполярных импульсов с частотой  $F_{mod}$  и длительность

пауз между этими пачками ( $T_c$ ) определяется длительностью и паузами в последовательности управляющих импульсов “Meneg1” и “Meneg2”.

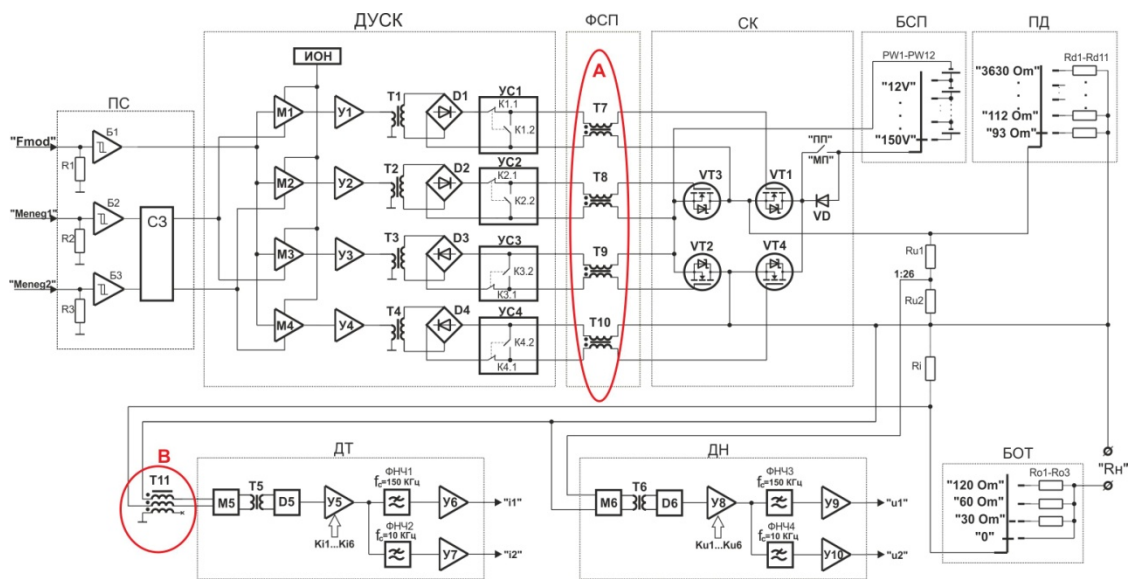


Рис. 1. Структурно-функциональная схема макетного образца ГЗС.

ПС – плата согласования; ДУСК - драйвер управления силовым коммутатором; ФСП – фильтр синфазных помех; СК - силовый коммутатор; BSP – блок силового питания; ПД – блок переключаемых демпферов; ДТ – датчик тока; ДН – датчик напряжения; БОТ – блок ограничения тока.

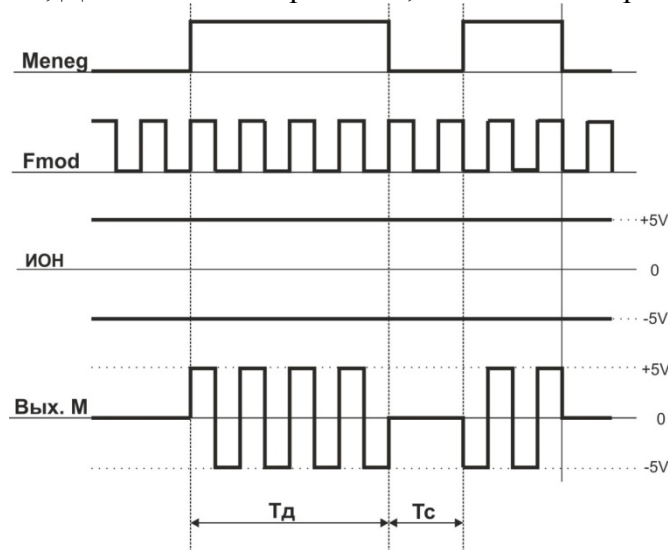


Рис. 2. Временная диаграмма работы модулятора

После модуляторов М1-М4 сформированные пачки двуполярных импульсов с частотой  $F_{mod}$  через усилители тока (У1-У4), обеспечивающие работу на низкоомную нагрузку, поступают на первичные обмотки широкополосных трансформаторов Т1-Т4. Далее гальванически развязанные от первичных сигналов модулированные импульсные последовательности, снимаемые с вторичных (повышающих) обмоток трансформаторов, поступают на амплитудные демодуляторы (D1-D4), выполненные на диодах по схеме мостового выпрямителя. Демодуляторы восстанавливают огибающие сигналов, которые далее поступают на управляющие схемы (УС1-УС4). Управляющие схемы

предназначены для быстрого заряда и разряда входной емкости силовых ключей (MOSFET-транзисторов), обеспечивая время заряда-разряда, не превышающее 1 мкс при емкости до 8 нФ и напряжении заряда 15 В.

Силовой коммутатор (СК) выполнен по мостовой схеме [1] на полевых транзисторах с изолированным затвором VT1-VT4 (IRFP260N). Емкость затворов для этих транзисторов не превышает 5,2 нФ, а напряжение заряда выбрано равным 10 В при пороговом напряжении открывания транзисторов порядка 5 В. Эти меры позволили сократить время заряда (разряда) входной емкости транзисторов до 0,3 мкс. Для отвода выделяющегося тепла транзисторы силового коммутатора установлены на отдельные радиаторы площадью 270 см<sup>2</sup> каждый. Радиаторы помещены в специальный отсек, в торцевых частях которого расположены вентиляторы, один из которых работает на нагнетание холодного воздуха, а другой на выброс нагретого воздуха из отсека с радиаторами.

Выход СК (клеммы “Rn”) через блок ограничения тока (БОТ) подключается к реактивной нагрузке. БОТ выполнен в виде отдельного блока, состоящего из 16-ти резисторов сопротивлением 470 Ом и мощностью по 100 Вт каждый. В БОТ резисторы соединены параллельно по 8 штук, составляя два мощных резистора сопротивлением 58,75 Ом, которые включаются либо параллельно, либо последовательно, или же используются по отдельности. БОТ применяется для получения более коротких фронтов нарастания тока в нагрузке  $t_\phi$ , длительность которых определяется соотношением:

$$t_\phi = 3 \cdot \frac{L}{R},$$

где L - индуктивность нагрузки, R - сопротивление БОТ.

Нагрузка шунтируется демпфером (ПД). Величина сопротивления демпфера выбирается такой, чтобы исключить затухающие колебания напряжения и тока в реактивной нагрузке, возникающие за счет индуктивной и емкостной составляющих нагрузки (зондирующей рамки). Демпфер выполнен на пяти резисторах R16-R21 сопротивлением по 560 Ом каждый, которые коммутируются галетным переключателем SW14 таким образом, чтобы получить 11 значений сопротивлений, регулируемых в диапазоне от 93 до 3630 Ом.

Питание СК осуществляется от блока силового питания (БСП), состоящего из 12-и последовательно включенных аккумуляторных батарей с отводами. Напряжение с выхода БСП поступает на мостовую схему силового коммутатора (VT1-VT4) через диод VD (рис. 1), либо минуя его, в зависимости от выбранного режима работы ГЗС: формирование в нагрузке биполярных импульсов тока с паузой или генерирование шумоподобных сигналов.

При условии неизменности параметров реактивной нагрузки фронт нарастания тока при включенном в силовую цепь диоде VD проходит по экспоненциальному закону, а сброс по линейному. Это обеспечивается за счет особенностей работы силовых ключей, выполненных на мощных полевых транзисторах с изолированным затвором и встроенных в них диодов, обеспечивающих защиту транзисторов от появления на их каналах напряжения обратной полярности. При этом крутизна сброса тока зависит от фиксированной величины напряжения пробоя каналов MOSFET - транзисторов. Например, возьмем напряжение БСП равным 12 В, БОТ в положении “0”, активное сопротивление нагрузки 1,5 Ом, индуктивность нагрузки 400 мкГн. Постоянная времени при нарастании тока при этом будет равна  $\tau = 267$  мкс, а фронт нарастания  $3\tau = 800$  мкс. При сбросе тока к активному сопротивлению 1,5 Ом прибавится сопротивление каналов транзисторов, которое изменяется, поддерживая напряжение на уровне пробоя до тех пор, пока ток не станет равным

нулю. Напряжение пробоя можно найти по формуле  $V_{BR} \approx 1,3 \cdot V_{DSS}$ , где  $V_{DSS}$  - предельно допустимое напряжение сток-исток [2]. Для используемых транзисторов  $V_{BR} = 260$  В. Скорость спада тока в каналах зависит от величины индуктивности нагрузки и может быть определена по формуле  $\frac{\partial I_{AS}}{\partial t_{AV}} = -\frac{V_{BR}}{L}$ , где

$I_{AS}$  - пиковый ток в канале транзистора до момента снятия напряжения с затвора транзистора;  $t_{AV}$  - время спада тока. Из выше приведенной формулы  $t_{AV} = 12$  мкс. Этот принцип используется в ГЗС для получения прямолинейного спада заднего фронта импульса при работе с детерминированными биполярными последовательностями прямоугольных импульсов тока с паузой. При работе в режиме формирования прямоугольных биполярных импульсов тока без пауз такого выигрыша нет, поэтому был введен БОТ, который позволяет значительно улучшить как фронт нарастания, так и фронт сброса токовых импульсов. Недостатком применения БОТ является значительное снижение к.п.д. в связи с потерей мощности рассеиваемой на резисторах БОТ и необходимость значительного повышения выходного напряжения БСП для получения таких же токов, как и при отключенном БОТ.

Для контроля и регистрации выходных сигналов в ГЗС предусмотрены два измерительных канала: датчик тока (ДТ) и датчик напряжения (ДН), которые для удобства настройки и ремонта выполнены по идентичным схемам. Ток измеряется косвенным методом, путем измерения падения напряжения на резисторе  $R_i$  (рис. 1) включенным последовательно в цепь нагрузки. Для того чтобы резистор не влиял на измеряемое значение тока в нагрузке, величина его сопротивления выбирается значительно ниже активного сопротивления нагрузки.  $R_i$  выполнен из 10-ти параллельно включенных резисторов  $R4-R13$  сопротивлением по 0,33 Ома каждый и практически не обладающих индуктивностью. Сигнал, снимаемый с резистора  $R_i$ , поступает на модулятор  $M5$ , затем на трансформатор  $T5$  и демодулятор  $D5$ , обеспечивающие гальваническую развязку СК и измерительной цепи. Далее сигнал масштабируется по амплитуде усилителем  $У5$ , коэффициент усиления которого переключается с помощью цифрового кода, формируемого переключателями, установленными на передней панели ГЗС.  $У5$  выполнен на цифроаналоговом преобразователе (ЦАП) перемножающего типа и малошумящем операционном усилителе. С выхода  $У5$  сигнал поступает на низкочастотные фильтры (ФНЧ1, ФНЧ2). ФНЧ1 – фильтр Бесселя 6-го порядка с частотой среза 10 кГц. ФНЧ2 – фильтр Бесселя 2-го порядка с частотой среза 150 кГц. После ФНЧ1, ФНЧ2 сигнал поступает на буферные каскады  $У6$  и  $У7$ . Выходной сигнал фильтра с частотой среза 10 кГц используется для цифровой регистрации формы импульсов тока в нагрузке, а с частотой среза 150 кГц для визуализации ее осциллографом.

Напряжение на нагрузке измеряется через делитель  $Ru1$  и  $Ru2$  с коэффициентом деления 1:26. После делителя сигнал поступает на  $M6$ ,  $T6$ ,  $D6$  и т.д. аналогично схеме ДТ.

При регистрации сигнала датчика тока рис.3 было выявлено, что на выходе измерительного канала присутствуют паразитные пролезающие в измерительную цепь помехи, вызванные работой ДУСК. Для борьбы с этими помехами в измерительные каналы (ДТ и ДН) введен блок фильтров синфазных помех (ФСП) [1] и фильтр, выполненный на трансформаторе  $T11$ . ФСП состоит из четырех трансформаторов  $T7 \div T10$ , обмотки которых включены последовательно и синфазно в линии измерительной цепи, что обеспечивает значительное

подавление синфазных помех наведенных в этих линиях, при этом противофазный полезный сигнал пропускается без подавления. Для получения еще большего подавления помех на входе ДТ добавлен фильтр, выполненный на трансформаторе Т11, который не только подавляет синфазные помехи, но и значительно снижает помехи, проникающие в измерительную цепь за счет паразитной емкости измерительной цепи относительно корпуса ГЗС. Результат доработки продемонстрирован на рис. 3а и рис. 3б. Для большей наглядности на рис. 3в и рис. 3г показаны увеличенные фрагменты временных диаграмм. Из рисунков 3 видно, что уровень собственных (внутренних) помех на выходе измерительной цепи удалось уменьшить в 75 раз.

Дальнейшее снижение уровня помех в регистрируемых сигналах обеспечивается при их цифровой обработке. При этом используется известный алгоритм весового синхронного накопления периодически повторяемых биполярных сигналов [4]. В результате цифровой обработки зарегистрированных сигналов ДТ с помощью алгоритма весового синхронного накопления было получено дополнительное снижения уровня помех примерно в 30 раз при накоплении 100 периодов повторения зарегистрированных в нагрузке сигналов. В результате принятых мер по подавлению помех получено суммарное снижение их уровня на выходе измерительной цепи примерно в 2000 раз.

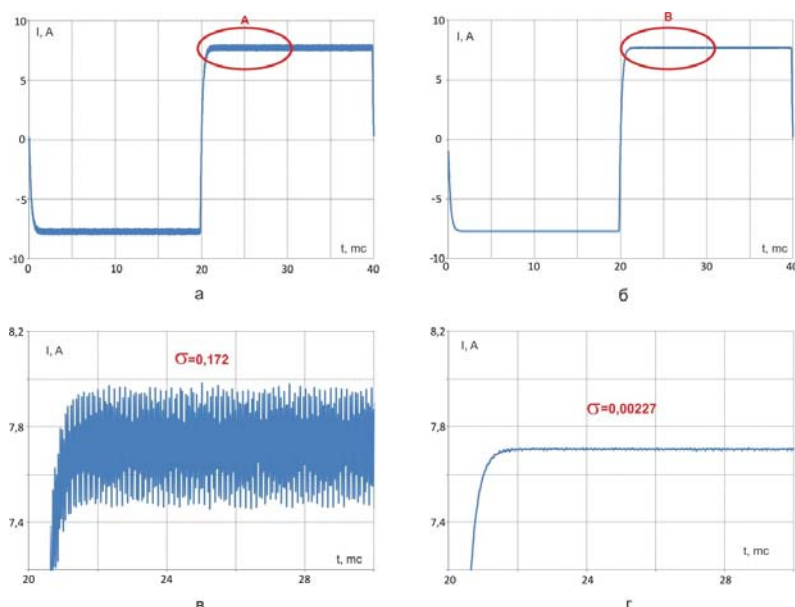


Рис. 3. Пример снижения уровня помех в измерительной цепи за счет введения синфазных фильтров: а, в – сигнал на выходе ДТ при отсутствии синфазных фильтров; в, г – сигнал на выходе ДТ при включенных в измерительную цепь синфазных фильтров.

Изготовленный образец ГЗС был испытан в лабораторных условиях на эквиваленте нагрузки. Основные параметры эквивалента нагрузки: индуктивность 400 мкГн, сопротивление постоянному току 1,8 Ом, емкость 2800 пФ. Амплитуда токовых импульсов с паузой (в нагрузке) составила 40 А, при длительности фронта нарастания 660 мкс и сброса тока 50 мкс. Для улучшения параметров формируемых зондирующих импульсов, в частности, для получения более коротких по длительности фронтов импульсов тока в реактивной нагрузке предполагается использование в силовом коммутаторе более мощных и высоковольтных транзисторов типа MOSFET или IGBT, что является предметом дальнейших исследований и разработок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов / М.: СОЛОН-Р. 2001. 327 с.
2. Борисов А., Устойчивость MOSFET-транзистора к импульсам тока в индуктивной нагрузке. Компоненты и технологии. № 2. 2005.
3. Барнс Дж., Электронное конструирование: Методы борьбы с помехами: Пер. с англ. М.: Мир,. 1990. 238 с.
4. Вольхин А.М., Брагин В.Д., Зубович А.В. и др. Проявления геодинамических процессов в геофизических полях // М.: Наука. 1993. 158 с.

### **РОЛЬ ФЛЮИДА В РАЗРУШЕНИИ ГЕОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

Мубассарова В.А., Закупин А.С.

тел:+996 312 613140; e-mail: [helmik69@rambler.ru](mailto:helmik69@rambler.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, г. Бишкек, Киргизия

#### **Введение**

Исследование влияния внешних электромагнитных (ЭМ) полей и вибраций на нагруженные гетерогенные среды с целью разрядки избыточных напряжений в среде является актуальной задачей современной науки. Движение флюида в земной коре определяет характер деформирования среды и вносит вклад во взаимодействие нагруженной среды с электромагнитными полями различной природы, порождая процессы, классифицирующиеся как электрокинетические. Наряду с двухфазностью (наличием порового флюида), принципиальную роль в электромеханических (электрокинетика, сейсмoeлектрика и т.п.) явлениях играет так называемая связанная вода, находящаяся у внешних и внутренних (берега трещин) поверхностей твердофазного скелета [1]. В работах [2-4] выявлен эффект изменения активности акустической эмиссии (АЭ) под влиянием внешних электромагнитных полей. Эксперименты с водонасыщенными образцами горных пород являются необходимой частью всей экспериментальной работы в связи с моделированием процессов деформирования и разрушения геосреды [5]. Данная работа является продолжением изучения закономерностей деформирования и трещинообразования водонасыщенных образцов, испытываемых в режиме одноосного сжатия в присутствии электромагнитного поля.

#### **Методика экспериментов**

В настоящее время в лаборатории моделирования энергонасыщенных сред проводятся испытания на образцах горных пород с помощью рычажной установки УДИ-Л (рис. 1), обеспечивающей нагрузку до 20 тонн и бесшумные условия проведения эксперимента, включая экспериментальные сессии с постоянной сжимающей нагрузкой и с нагрузкой, увеличивающейся посредством добавления груза на длинном плече рычага.





Рис. 1. Рычажная установка с установленными образцами для испытаний.

Дополнительные воздействия физических полей осуществляются во время измерительных сеансов в режиме нагрузки, нарастающей с постоянной скоростью, и при квазистационарной нагрузке. Воздействие электрическими импульсами осуществляется при подаче на графитовые электроды, прижатые к боковым поверхностям образца, напряжения от генератора прямоугольных импульсов Г5-54 амплитудой до 50 В. Магнитное поле возбуждается при помощи катушки, установленной у другой боковой поверхности, так чтобы направление магнитного поля было перпендикулярно электрическому. Для питания катушки используется генератор синусоидальных импульсов ГЗ-33. Более подробно схема воздействия скрещенным электромагнитным полем описана в [6].

Сигналы акустической эмиссии (АЭ) регистрируются пьезодатчиками фирмы DECI в широком диапазоне частот от 80 кГц до 2 МГц и далее усиливаются блоками предварительных и измерительных усилителей. Сигналы оцифровываются быстродействующим АЦП USB3000 и записываются на жесткий диск персонального компьютера в автоматическом режиме.

В качестве датчиков, регистрирующих деформацию (продольную и поперечную) и нагрузку, применяются линейные дифференциальные трансформаторы LVDT фирмы LucasShaevitz, предназначенные для измерения линейных перемещений. Эти датчики обладают высокой точностью, линейностью, чувствительностью и разрешением, а также обеспечивают работу без трения с высокой жесткостью.

Материалом для исследований был выбран мрамор (месторождение Чичкан, Киргизия), образцы имеют форму параллелепипеда с размерами 40×20×80 мм. Мрамор как модельный материал хорошо подходит для испытаний, прежде всего, как псевдопластичный материал, который подвергается хрупкому разрушению, но при этом имеет и характерную фазу с пластическими деформациями. Именно такие физические свойства и позволяют приблизиться к реальным условиям в геосреде.

### Результаты экспериментов

*Влияние скрещенного ЭМ поля на деформирование образца комнатной влажности в режиме нарастающей нагрузки со скоростью нагружения 2.3 МПа/час.*

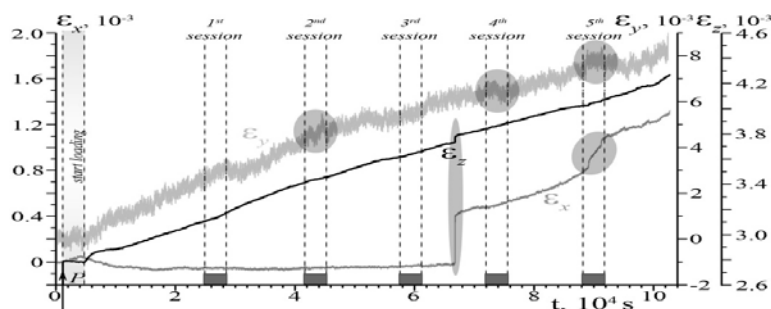


Рис. 2. Графики изменения 3-х компонент деформации образца мрамора комнатной влажности. Интервалы воздействия скрещенным ЭМ-полем обозначены серыми барами.

Рассмотрим результаты эксперимента на образце мрамора комнатной влажности. В ходе эксперимента было проведено 5 сессий с воздействием скрещенного ЭМ-поля. Графики изменения компонент деформации приведены на рис. 2. Как видно из рисунка, компоненты деформации  $\varepsilon_z$  и  $\varepsilon_y$  линейно возрастают согласно линейному росту нагрузки.

В периоды 2-ой, 4-ой и 5-ой сессий воздействия в изменении  $\varepsilon_y$  наблюдаются отклонения от линейного тренда. При напряжении 79 МПа наблюдается резкий прирост значений компонент  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_z$ , причем в случае  $\varepsilon_x$  прирост составил 30% от общей деформации образца в данном направлении. В течение 4-ой и 5-ой сессии воздействие вызвало увеличение скорости деформации  $\varepsilon_x$ .

Активность акустической эмиссии представлена на рис. 3. Отклики активности на энерговоздействие (ЭВ) наблюдаются уже в первой сессии при нагрузке 51% от разрушения. В течение 4-х из 5-ти сессий воздействия выявлены отклики в акустической эмиссии. Обратим внимание на спонтанное резкое увеличение активности до 115 событий в секунду, соответствующее приросту деформации  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_z$  (рис. 2). 4-ая сессия ЭВ, последовавшая спустя некоторое время после спонтанного прироста АЭ, вызвала увеличение активности с задержкой после выключения воздействия (рис. 3, б). Последняя сессия ЭВ ускорила процесс деформации образца со значительным приростом активности и привела к последующему разрушению образца при напряжении 103 МПа.

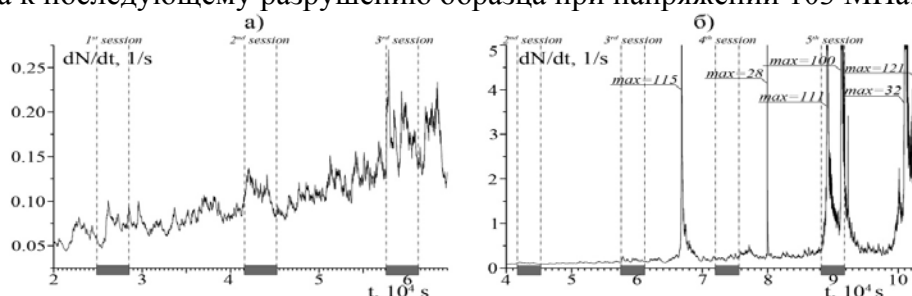


Рис. 3. Активность акустической эмиссии: а) в начальный период эксперимента; б) с напряжения 61 МПа и до разрушения. Интервалы воздействия скрещенным ЭМ-полем обозначены серыми барами.

***Влияние скрещенного ЭМ-поля на деформирование водонасыщенного образца в режиме нарастающей нагрузки со скоростью нагружения 2.3 МПа/час.***

Эксперимент с водонасыщенным образцом мрамора был проведен по такой же схеме, как в случае с образцом комнатной влажности, результаты представлены на рис. 4.

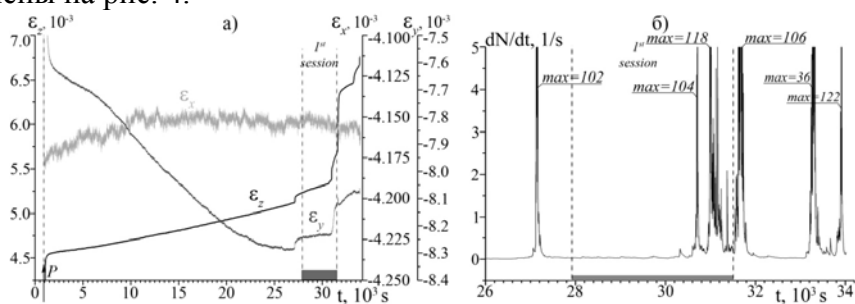


Рис. 4. Графики изменения компонент деформации (а) и активности акустической эмиссии (масштабированный вариант, б) водонасыщенного образца мрамора. Интервалы воздействия скрещенным ЭМ-полем обозначены серыми барами.

Существенным отличием является то, что прочность водонасыщенного образца оказалась на 50% ниже. Отметим, что перед единственной сессией воздействия скрещенного ЭМ поля при напряжении 44 МПа наблюдается резкое увеличение активности АЭ до 112 событий в секунду, что соответствует приросту деформации  $\epsilon_y$  на  $1.9 \cdot 10^{-5}$  и  $\epsilon_z$  на  $7.8 \cdot 10^{-5}$ . Воздействие привело к изменению скорости деформации образца, сопровождавшееся длительным приростом активности, и спустя 40 минут образец разрушился. Изменение продольной деформации при этом составило 14% от общего значения в эксперименте.

Другой пример воздействия скрещенного ЭМ-поля на водонасыщенный образец мрамора представлен на рис. 5. В период воздействия (3-я сессия) при напряжении 63 МПа (63% от разрушения) наблюдается значительный прирост деформации в поперечном направлении ( $\epsilon_x$ ) и продольное укорочение образца. Этот процесс сопровождался выделением упругой энергии в виде увеличения количества акустоэмиссионных сигналов со скоростью до 120 событий в секунду. Отметим также влияние 5-ой сессии воздействия – без задержки во времени произошло изменение скорости увеличения деформации  $\epsilon_y$ , которая сохранялась постоянной до разрушения образца.

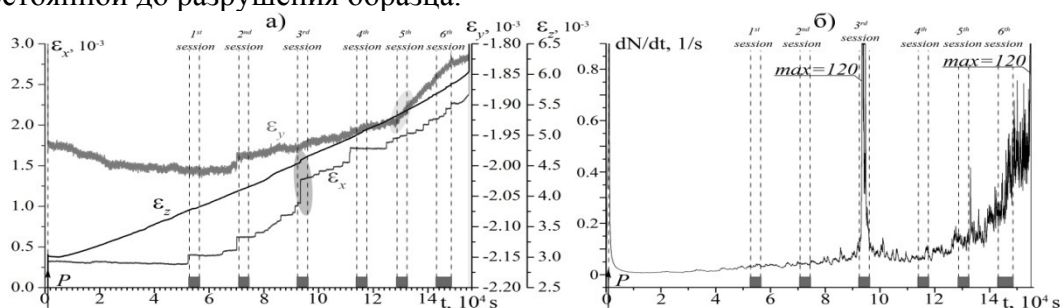


Рис. 5. Графики изменения компонент деформации (а) и активности акустической эмиссии (б) водонасыщенного образца мрамора. Интервалы воздействия скрещенным ЭМ-полем обозначены серыми барами.

Сопоставим результаты этих экспериментов. Общим для них является характерный спонтанный прирост  $\epsilon_x$  и  $\epsilon_z$ . При этом процесс сопровождается выделением упругой энергии в виде акустоэмиссионных сигналов, которое происходит лавинообразно со скоростью накопления событий порядка 100-120 сигналов в секунду. Значения напряжения для образца комнатной влажности составляет 76% от разрушения, для водонасыщенных образцов эта величина составляет 84% и 63%.

Общим для этих образцов является и то, что влияние скрещенного ЭМ-поля наблюдается и в деформационном, и в акустоэмиссионном поле. Однако есть и существенные различия в процессах деформирования этих образцов в присутствии внешнего ЭМ-поля. Чувствительность к воздействию акустической эмиссии образца комнатной влажности проявилась уже на самых малых нагрузках (51% от разрушения) и каждая последующая сессия вызывала прирост числа событий АЭ, однако лавинообразное увеличение активности произошло лишь на нагрузке, близкой к разрушению (рис. 3). Спонтанные приросты АЭ и деформации наблюдаются в промежутках, когда образец не подвергался действию ЭМ-поля.

Высокая чувствительность водонасыщенных образцов к воздействию электромагнитного поля обуславливается наличием двойного электрического слоя [7], а также эффектом Ребиндера [8]. Эффект Ребиндера описывает адсорбционное понижение прочности твёрдых тел, а также облегчение деформации и разрушения твёрдых тел вследствие обратимого физико-

химического воздействия среды. Эффект наблюдается при контакте твёрдого тела, находящегося в напряжённом состоянии, с жидкой (или газовой) адсорбционно-активной средой. Существенную роль играет реальная структура тела – наличие дислокаций, трещин, посторонних включений и др. Характерная форма проявления этого эффекта – многократное падение прочности, повышение хрупкости твёрдого тела, снижение его долговечности в результате изменения структуры материала.

Возникая на поверхности трещины, двойной электрический слой при наличии внешнего поля способен запасать электрическую энергию. Продвижение вершины трещины с образованием новых поверхностей может идти и за счет этой энергии. Изменение толщины двойного электрического слоя (поляризация) может способствовать или затруднять образование новых поверхностей, формально это описывается как изменение удельной поверхностной энергии при электрической поляризации.

### Заключение

Эксперименты с водонасыщенными образцами показали, что насыщение флюидом снижает прочность материала, способствуя его разрушению под воздействием внешнего ЭМ-поля. Однако возможны следующие два варианта сценария разрушения образца. Первый – напряженно-деформированное состояние образца таково, что вклад энергии слабых ЭМ-полей содействует необратимому выделению упругой энергии в виде акустической эмиссии. При этом незначительное увеличение осевого напряжения оказывается достаточно для разрушения материала. Во втором сценарии структуры материала, находящиеся в напряженно-деформированном состоянии, подготовлены таким образом, чтобы влияние ЭМ-поля способствовало разрядке этих напряжений, однако количества энергии, вносимого ЭМ-полем, недостаточно для разрушения всего образца. Таким образом, далее материал приобретает стабильное состояние с повышенной прочностью, разрушение в этом случае возможно лишь после накопления большего количества дефектов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пархоменко Э.И. Электрические свойства горных пород. М.: Наука. 1965. 164 с.
2. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука. 2003. 270 с.
3. Богомолов Л.М., Закупин А.С., Сычев В.Н. Электровоздействия на земную кору и вариации слабой сейсмичности. Издательский дом: LambertAcademicPublishing, Saarbrucken: rehagmbh. 2011. 408 с. ISBN 978-3-8465-1436-8. (Электронная книга).
4. A. Zakupin, L. Bogomolov, V. Mubassarova, G. Kachesova, B. Borovsky. Acoustic Emission and Electromagnetic Effects in Loaded Rocks // Acoustic Emission / Edited by Wojciech Sikorski. Published by InTech. Rijeka, Croatia. 2012. Ch. 8. P. 173-198. ISBN 978-953-51-0056-0. (Electronic book).
5. Авагимов А.А., Зейгарник В.А., Окунев В.И. Динамика энергообменных процессов в модельных образцах при воздействии упругим и электромагнитным полями // Физика Земли. 2011. № 10. С. 64-70.
6. Zakupin A.S., Bogomolov L.M., Sycheva N.A. The effect of crossed electric and magnetic fields in loaded rock specimens // Materials Science and Engineering A. 2009. V. 521–522. P. 401–404. ISSN 0921-509.
7. Григоров О.Н. Электрокинетические явления. Л.: ЛГУ. 1973. 199 с.

8. Ребиндер П. А., Щукин Е. Д., Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения // Успехи физических наук. 1972 Т. 108. Вып. 1. С. 3-12.

## РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ РАЗРУШАЮЩИХСЯ ГОРНЫХ ПОРОД И НЕКОТОРЫЕ АППАРАТНЫЕ РЕШЕНИЯ

Полинчук А.Ю.<sup>1</sup>, Закупин А.С.<sup>2</sup>

тел.: +996 0556 214789; e-mail: [polygraphich@gmail.com](mailto:polygraphich@gmail.com)

<sup>1</sup>Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Киргизия

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научная станция  
Российской академии наук в г. Бишкеке, Киргизия

**Введение.** Влияние электроимпульсов на акустическую эмиссию (АЭ) нагруженных образцов горных пород, имитирующих геологическую среду, исследовалось в ряде работ [1-3]. На Научной станции РАН (НС РАН) с 2001 года проводятся эксперименты по разрушению геоматериалов и влиянию на них различных физических полей в процессе разрушения и деформирования. В экспериментах одним из методов оценки накопленных повреждений в материале используется метод акустической эмиссии. Для получения качественных акустоэмиссионных данных необходимо применение хороших аналоговых, цифровых регистраторов, а также надежное программное обеспечение. Немало внимания также должно уделяться и программам обработки данных. Работа посвящена проблемам модернизации регистрирующей акустической аппаратуры, в частности сравнительному анализу по ряду решений аналого-цифрового преобразования сигналов АЭ и методикам их обработки.

**Методика.** В настоящее время испытания в НС РАН проводятся с помощью рычажного пресса УДИ-Л, обеспечивающего нагрузку до 35 тонн и бесшумные условия проведения эксперимента, включая экспериментальные сессии с постоянной сжимающей нагрузкой, и с нагрузкой, увеличивающейся посредством добавления груза на длинном плече рычага. В исследованиях образцов геоматериалов в условиях одноосного сжатия с регистрацией АЭ возникают сложности с выполнением силовой части пресса таким образом, чтобы объем регистрируемых технологических акустических колебаний (не имеющих отношения к трещинообразованию образца) при изменении нагрузки был минимален. Рычажный пресс, используемый в НС РАН, позволяет обеспечить минимальный уровень помех за счет своих конструктивных особенностей и использования в качестве устройства для изменения усилия высокоточной капельной системы натекания жидкости в резервуар (используется в качестве груза в рычажной системе).

При проведении экспериментов по разрушению горных пород используются пьезоэлектрические (полосно-пропускающие и широкополосные) датчики высокой чувствительности до 2мHz, серийно выпускаемые фирмой DECI, США (SE-1000-H, SE2MEG-P, SE2MEG-P-20, SE25-P, SE-225-M); Данные датчики хорошо защищены от тряски, вибраций, влажности. С пьезоэлектрического датчика акустический сигнал поступает в аналоговую часть измерительного тракта, где он усиливается в 2000 раз и фильтруется в полосе частот от 80 до 2 МГц. Затем сигнал поступает в цифровую часть измерительного тракта, где

обрабатывается аналого-цифровыми преобразователями и сохраняется на жёсткий диск.

Теперь перейдем к анализу использующихся (ранее бывших в использовании) аналого-цифровых преобразователей (АЦП), который будет проведен более детально, так как именно о них в результативной части работы как раз и пойдёт речь.

В 2001 по 2009 гг. в лаборатории моделирования применялись АЦП в стандарте САМАС (ФК 4224, ФК 4225, ФК 4226), которые, на данный момент, морально и физически устарели и естественно не удовлетворяют современным требованиям поставленного эксперимента. Для этих АЦП было разработано программное обеспечение по регистрации акустических сигналов (записи их волновых форм) в ОС DOS. С 2009 г по настоящее время используется модуль АЦП USB3000 [4]. Для этого модуля программное обеспечение уже разработано в системе Windows на языке высокого уровня (C++). С 2011 г также внедряются АЦП ADC333 [5].

Параллельное внедрение нескольких модулей АЦП обусловлено тем, что отдельно взятый готовый модуль не может быть идеальным и в любом случае надо предпринимать попытки найти оптимальные пути для решения поставленных задач. Итак, есть набор требований к модулям АЦП, которым, как правило, уделяется наиболее пристальное внимание. Прежде всего, это большая разрядность, большая частота дискретизации, высокая скорость обмена данными, доступность к программированию, малогабаритность и простота обслуживания. Приведем основные технические характеристики модулей, которые мы попытаемся оценить для применения в экспериментах по регистрации АЭ.

**USB3000.** Модуль USB3000 - универсальный скоростной восьмиканальный АЦП. Предназначается для построения мобильных компактных систем сбора и обработки аналоговой и цифровой информации. Является универсальным измерительным устройством: может использоваться как осциллограф, регистратор и анализатор спектра.

АЦП USB3000 имеет высокую частоту дискретизации – до 3 МГц, что в 1.5 раза выше, по сравнению с ADC333.

Использование интерфейса USB значительно упрощает процесс подключения модуля USB3000 к компьютеру и обеспечивает возможность работы с модулем в режиме реального Plug&Play. Важной особенностью данного модуля является возможность вести непрерывный дуплексный ввод/вывод данных в режиме жесткого реального времени на максимальной скорости.

В состав модуля входит цифровой сигнальный процессор (DSP), что обеспечивает возможность выполнения алгоритмов управления объектом в жестком реальном времени без использования ресурсов компьютера, а также позволяет вести первичную ЦОС (цифровую обработку сигнала) при вводе и выводе.

Несколько режимов внутренней и внешней синхронизации ввода и вывода данных позволяют реализовывать самые разнообразные режимы работы модуля USB3000 в составе систем сбора и обработки информации.

Несколько модулей USB3000 могут быть объединены в систему сбора данных. При этом обеспечивается четкая синхронизация работы всех модулей от внутреннего генератора одного из них.

В состав модуля входит энергонезависимое пользовательское ПЗУ (ППЗУ) емкостью 256 байт. Пользователь имеет возможность хранить в ППЗУ любую необходимую информацию, например, калибровочные коэффициенты АЦП и ЦАП, серийный номер, название и т.д. Чтение/запись из/в ППЗУ

осуществляется программно, через шину USB, и не требует дополнительных аппаратных средств.

При вводе данных с АЦП и выводе данных на ЦАП может производиться программная корректировка с использованием калибровочных коэффициентов, записываемых в ППЗУ модуля на этапе наладки производителем (либо с использованием пользовательских коэффициентов).

Важной особенностью модуля является возможность осуществления питания непосредственно от шины USB, что обеспечивает отсутствие дополнительных помех. Низкая потребляемая мощность модуля USB3000 позволяет обойтись без внешнего источника. Внешний источник можно использовать при работе с ноутбуком, в целях экономии энергии аккумулятора ноутбука.

Малогобаритные размеры USB3000 в противовес ADC333, делают его более мобильным.

**ADC333.**ADC333 представляет собой четырехканальный 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь с буферной памятью на 65536 слов (измерений). Каждый канал имеет дифференциальный вход, аттенуатор с 4 пределами измерений + 1.024, 2.048, 4.096, 8.192 В. Интервал между измерениями может быть выбран из семи стандартных значений – 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32 микросекунд, либо задаваться непосредственно через внешний тактовый вход. Одновременно могут работать от одного до четырех каналов в произвольном сочетании. Конструктивно ADC333 представляет собой одинарный КАМАК модуль.

Буферная память адресуется шестнадцатиразрядным автодекрементным адресным счетчиком, т.е. после записи или считывании слова из памяти адресный счетчик уменьшается на единицу; если значение счетчика равнялось нулю, то после записи-считывания его значение станет равным 65535.

Разрешающая способность АЦП- 12 бит (напомним, что у USB3000 14 бит).

АЦП может принимать сигналы в диапазонах: +1.024 В, +2.048 В, +4.096 В, +8.192 В. Амплитуды внешних сигналов СТАРТ, СТОП, ТАЙМЕР должны быть не менее 3 В.

**Результаты.** Для наиболее точных оценок необходимо основываться на экспериментальных данных. В приближении к идеалу необходимо провести реальный эксперимент на образце горной породы. Именно такой эксперимент и был поставлен, в котором в равных условиях работали оба модуля. Синхронизированная регистрация данных АЭ с одного датчика проводилась на образце серого гранита (Каинда). Программное обеспечение для регистрации сигналов АЭ по превышению порога аналогового дискриминатора было написано на языке C++ и предусматривает применение linux подобных ОС. Теперь перейдем к самим результатам. Будем анализировать волновые формы сигналов, которые одновременно регистрировались обоими модулями.

Для примера покажем событие № 5. (рис.1), с временем записи 300,7 с и № 125 (рис. 2), с временем записи 276 с.

На рис.1 (а, б) и рис. 2 (а, б) изображен один и тот же сигнал АЭ, полученный посредством ADC333 и USB3000 соответственно. Графики сигналов представляют собой функции от времени, где по оси X отложено время в мкс, а по оси Y – амплитуда сигнала в мВ. Из преимуществ ПО для ADC333 следует отметить возможность регистрировать предысторию сигнала, а также окно большего размера. На рис.1 сигнал, записанный посредством usb3000, оказался вложенным в запись, которая началась на предыдущем сигнале, в противном случае регистрация предыстории не предусмотрена. На рис. 2 изображен сигнал

большей длительности. Как видно, на рис. 2(б) сигнал не уместился в отображаемое окно; также на рисунке нет волновой формы первого вступления события (отсутствует предыстория). В ряде сигналов, регистрируемых USB3000, визуально заметны помехи, природа которых пока не известна.

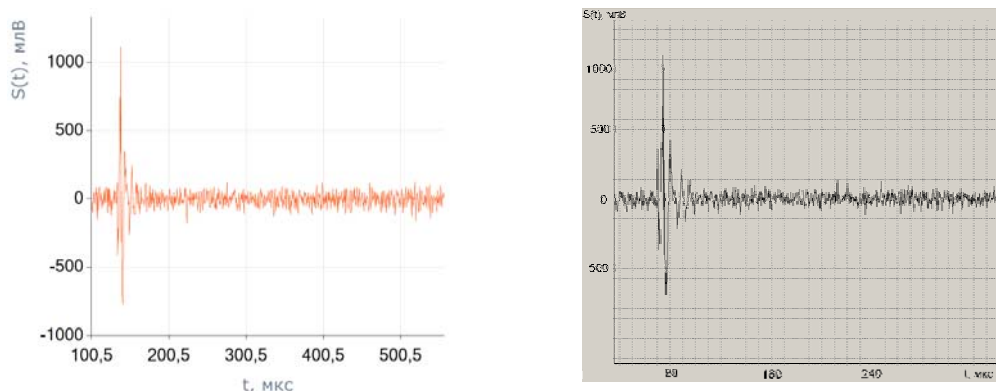


Рис. 1. Волновая форма события АЭ № 5, зарегистрированная: а) ADC333, б) USB3000.

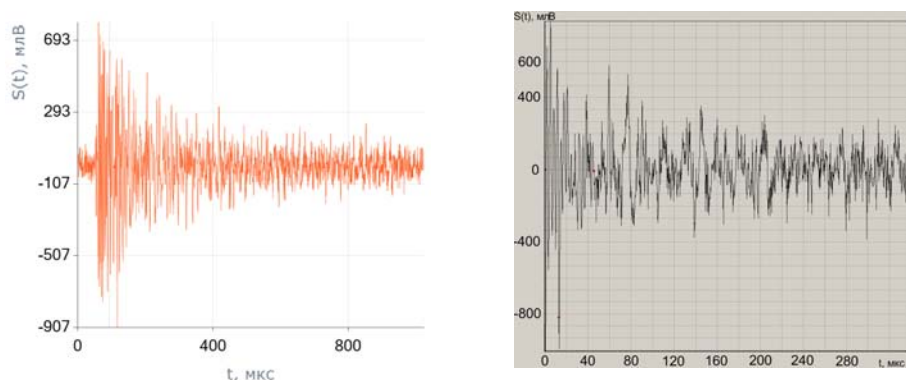


Рис. 2. Волновая форма события АЭ № 125, зарегистрированная: а) ADC333, б) USB3000.

При масштабировании графиков сигналов, регистрируемых USB3000, видно, что они более точные, нежели графики сигналов, получаемые ADC333. Это объясняется высокой разрядностью (в 4 раза точнее по оси Y) и частотой дискретизации (в 1.5 раза точнее по оси X) USB3000.

### Выводы

Из приведённых примеров видно, что с задачей регистрации АЭ оба модуля справились успешно, однако даже визуально на графиках можно найти ряд отличий в волновых формах. Это обусловлено, прежде всего, тем, что у каждого из АЦП есть свои достоинства и недостатки. Подведем итоги, перечислив их ниже.

Из достоинств USB3000 следует выделить высокую разрешающую способность (14 бит против 12 у ADC333), высокую частоту дискретизации (3 мГц против 2 мГц у ADC333), малогабаритные размеры. К недостаткам данного модуля можно отнести высокий, визуально-различимый уровень помех. Достоинством ADC333 являются низкий уровень шума при преобразовании сигнала. Программное обеспечение (драйвера), которые поставляются в комплекте с модулем, позволяют осуществить запись волновых форм с предысторией события (записать информацию, предшествующую запуску АЦП аналоговым дискриминатором). Отметим, что в программном обеспечении для



USB3000 эта возможность не предусмотрена. К недостаткам ADC333 можно отнести относительно большие размеры и массу аппаратного комплекса CAMAC, к которому подключается данный модуль.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука. 2003. 270 с.
2. Богомолов Л.М., Закупин А.С., Сычев В.Н. Электровоздействия на земную кору и вариации слабой сейсмичности. Издательский дом: LambertAcademicPublishing, Saarbrücken: rehagmbh. 2011. 408 с. ISBN 978-3-8465-1436-8. (Электронная книга).
3. A. Zakupin, L. Bogomolov, V. Mubassarova, G. Kachesova, B. Borovsky. Acoustic Emission and Electromagnetic Effects in Loaded Rocks // Acoustic Emission / Edited by Wojciech Sikorski. Published by InTech. Rijeka, Croatia. 2012. Ch. 8. P. 173-198. ISBN 978-953-51-0056-0. (Electronic book).
4. ООО «Центр АЦП» — разработчик и поставщик современных цифровых решений. URL: <http://www.centeradc.ru/produkcija/bystrodejstvujuschie-platy-sboradannyh-s/usb3000>
5. Руководство пользователя. URL: [http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=ccusb+camac&source=web&cd=2&ved=0CDwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fmice.iit.edu%2Fmta%2Fwiener%2Fcc\\_usb.pdf&ei=hqBeUfGfK6KJ4gS9uYDIDw&usq=AFQjCNEddidT05ukeK3EqdR\\_PP47PGtZ4w](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=ccusb+camac&source=web&cd=2&ved=0CDwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fmice.iit.edu%2Fmta%2Fwiener%2Fcc_usb.pdf&ei=hqBeUfGfK6KJ4gS9uYDIDw&usq=AFQjCNEddidT05ukeK3EqdR_PP47PGtZ4w)

## **ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПИСЕЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ.**

Воронцова Е.В.

e-mail: vorontsova@gdir.ru

Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан

### **Введение**

В настоящее время лабораторией комплексных исследований проводится мониторинг различных геофизических полей: сейсмического, геомагнитного, и естественного электрического поля на нескольких стационарных и передвижных станциях. В результате объем ежедневно получаемой информации составляет десятки файлов в различных форматах и с различной частотой дискретизации данных. Это представляет определенные трудности для своевременного и быстрого комплексного анализа полученных данных. Поэтому возникла необходимость для разработки программного пакета, который автоматизировал бы часть операций, и кроме того позволял использовать для анализа не только данные, полученные сотрудниками Научной станции РАН в г. Бишкеке, но и использовать для анализа данные из открытых источников интернета, таких как: сейсмологический каталог NEIC, данные наблюдений GPS-сети IGSi геомагнитных обсерваторий сети INTERMAGNET.

### **Функционал программного комплекса**

Программный комплекс реализован на языке пакета MatLabi выполняет следующие функции:

#### **Первичный сбор и подготовка данных**

1. Доступ к базам данных различных геофизических измерений – по локальной сети и по сети интернет.

Для локальных данных:

2. Формирование каталога сейсмических событий.
3. Конвертирование и вырез волновых файлов для каждого сейсмического события заданной длины.
4. Конвертирование и вырез записей естественного электрического поля.
5. Получение данных наблюдений на локальных станциях GPS-сети IGS в формате RINEX, конвертирование и расчет вариаций ТЕС.

Для данных, полученных из глобальной сети:

6. Выборка и обновление сейсмологического каталога NEIC.
7. Выбор для анализируемого землетрясения из каталога NEIC станций GPS-сети IGS в радиусе до 2000 км., скачивание суточных файлов наблюдений в формате RINEX, конвертирование и расчет вариаций ТЕС.

#### **Визуализация и комплексный анализ**

1. Вывод карты с указанием эпицентра землетрясения, станциями сети KNET (рядом с названием указывается расстояние до эпицентра) и выбранными для анализа станциями сети IGS.
2. Совместный просмотр данных с нескольких станций, чтобы исключить из анализа записи с различными помехами и браком.
3. Выбор сейсмической станции и канала для дальнейшего анализа, вывод моментов вступления Р- и S- волны, а также расчетных вступлений для станций наблюдений за естественным электрическим полем.
4. Расчет Фурье-спектра, фильтрация данных в заданном диапазоне, согласованная фильтрация.
5. Совместная визуализация вариаций ТЕС, вариаций геомагнитного поля и естественного электрического поля.

Использование программного комплекса позволяет быстро собрать информацию о состоянии ионосферы до и после землетрясения, оценить уровень геомагнитного возмущения и отклик геосреды на него, исследовать сейсмoeлектрический и электросейсмический эффекты, а также выделять с помощью метода согласованной фильтрации микросейсмические импульсы до землетрясения. Алгоритмы и код программного комплекса в целом универсальны и могут использоваться не только для территории Бишкекского геодинамического полигона, но и для любой территории земного шара, что предоставляет исследователям широкие возможности по поиску сейсмоионосферных предвестников и откликов для землетрясений различных магнитуд. Отметим, что наиболее сильные землетрясения в нашем регионе Суусамырское (19.08.1992г.) и Луговое (22.05.2003г.) имели магнитуду М7.2 и М5.7 соответственно, тогда как ежегодно во всем мире происходят землетрясения с магнитудой до М9 (например, землетрясение Тохоку 11.03.2011г.).

Ниже приведены примеры рабочих окон программного комплекса и результаты комплексного анализа вариаций ТЕС и вариаций геомагнитного поля, полученных с помощью описываемого комплекса.

Автор выражает свою благодарность научному руководителю Брагину Виталию Дмитриевичу.

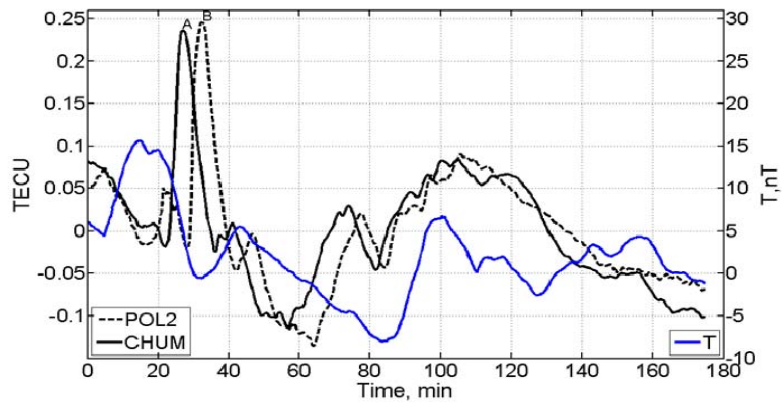


Рис.1. Вариация ТЕС и полного вектора геомагнитного поля Т во время сильной геомагнитной бури 13-15 декабря 2006г.

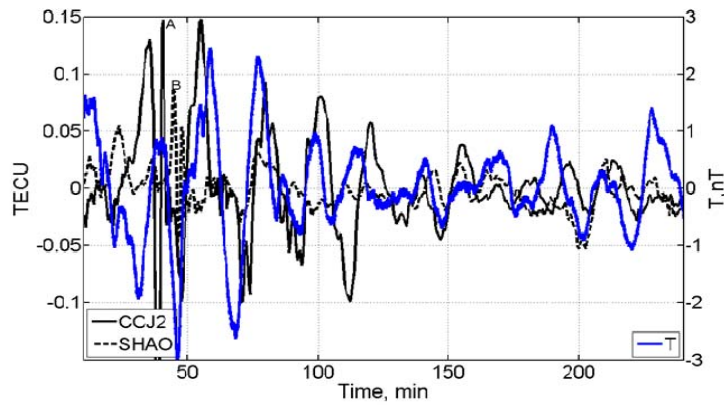


Рис.2. Вариация ТЕС и полного вектора геомагнитного поля Т после землетрясения Тохоку 11 марта 2011г.

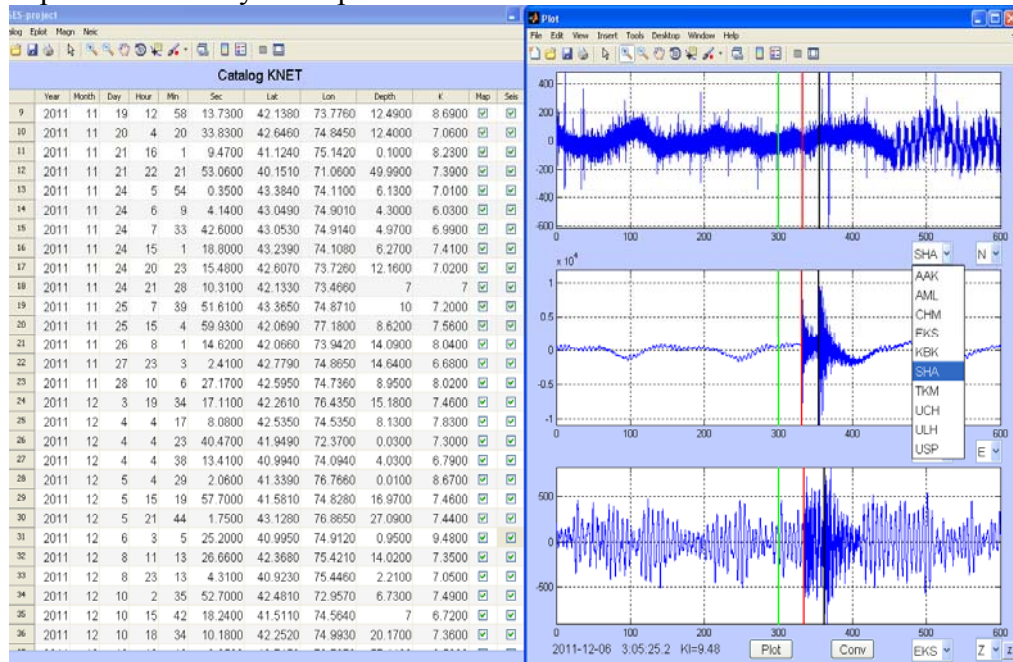


Рис. 3. Сейсмологический каталог КНЕТи отображение сейсмограмм с выбором станций и каналов.

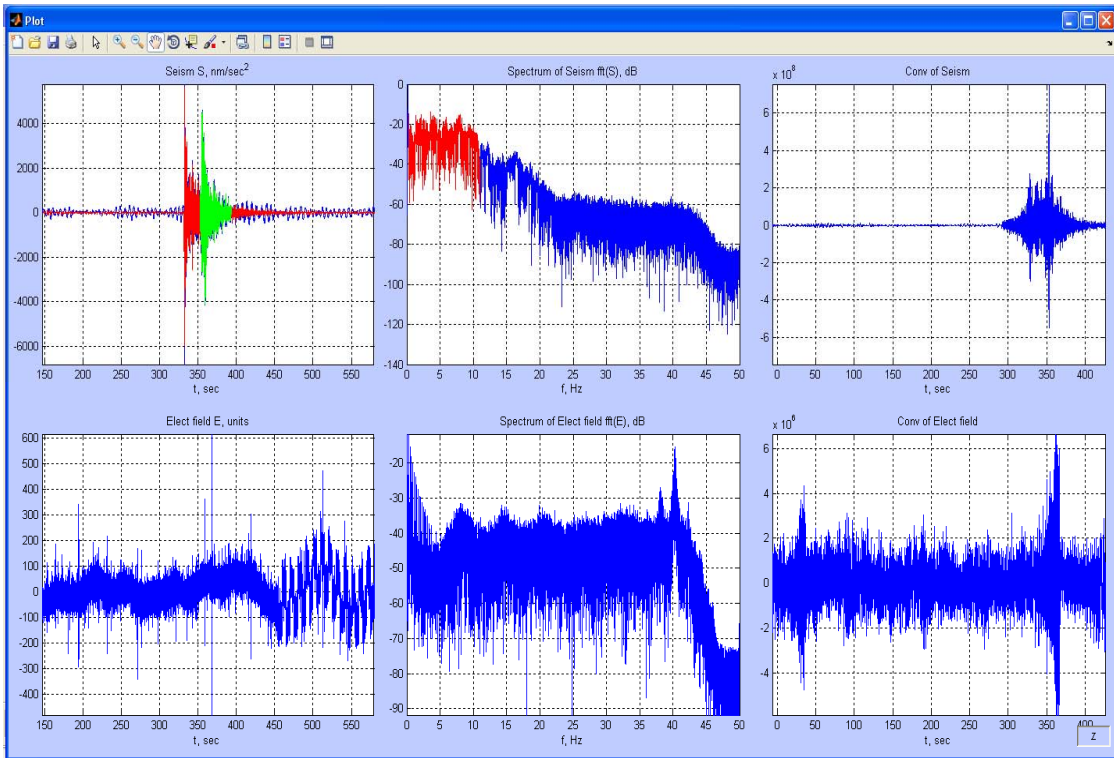


Рис. 4. Расчет Фурье-спектра, фильтрация данных в заданном диапазоне, согласованная фильтрация.

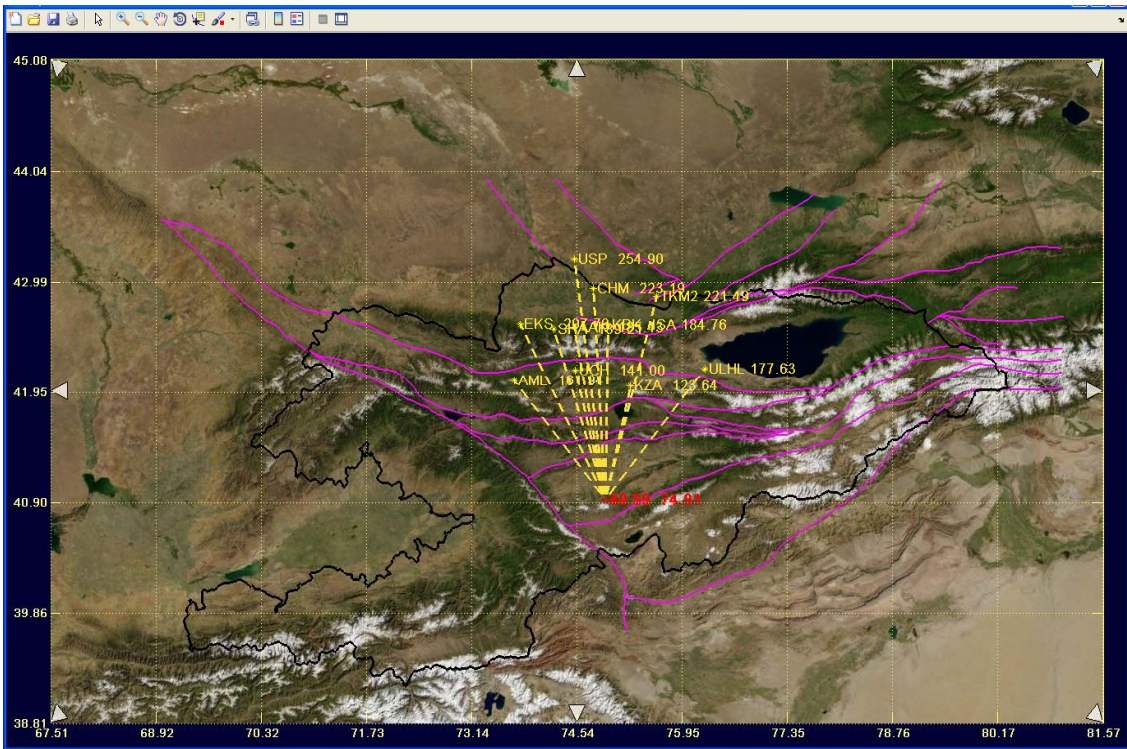


Рис.5 Карта региона сети KNETc указанием эпицентра выбранного землетрясения.

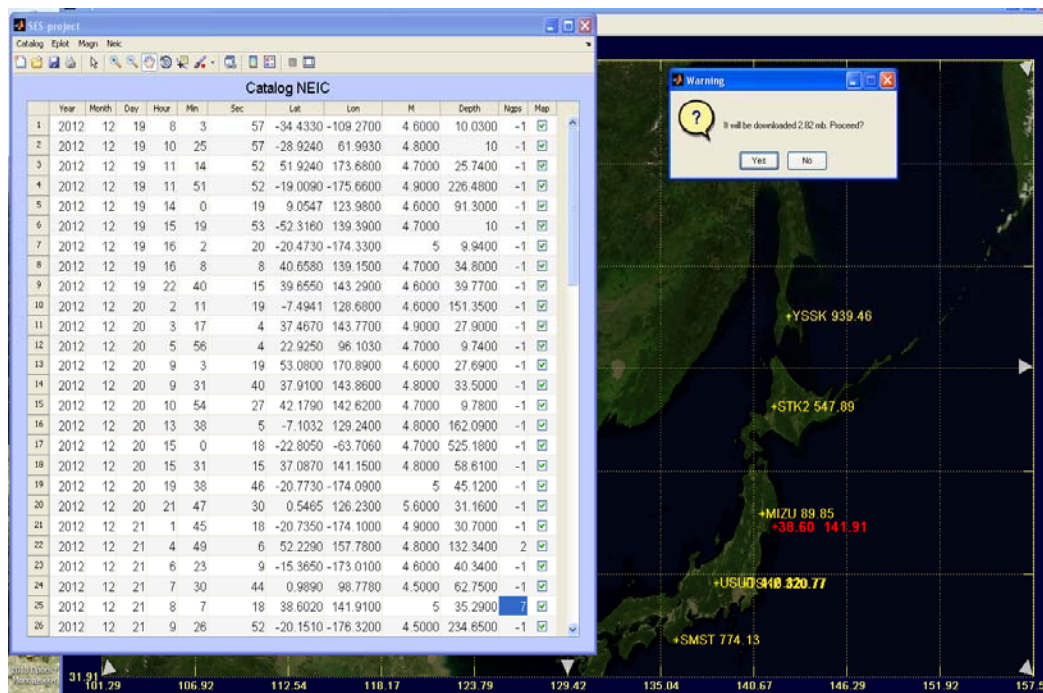


Рис. 6. Сейсмологический каталог NEIC, карта региона для анализируемого землетрясения из каталога NEIC и станций GPS-сети IGS в радиусе до 2000 км.

## РАСЧЕТ ВАРИАЦИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ (ПЭС) ИОНОСФЕРЫ И СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Воронцова Е.В.

e-mail: vorontsova@gdirc.ru

Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан

В настоящее время все больший интерес ученых вызывает исследование сейсмоионосферного взаимодействия, которое в том числе проявляется в виде колебаний вариаций полного электронного содержания (ПЭС, ТЕС) ионосферы до и после землетрясений. Однако вариации ПЭС также наблюдаются во время геомагнитных возмущений, возмущений от сильных взрывов и даже запуска ракет. Благодаря достаточно широкому распространению перманентных сетей двухчастотных приемников навигационной системы GPS ( $f_1=1575.42$  МГц и  $f_2=1227.60$  МГц), мониторинг вариаций полного электронного содержания ионосферы в наше время является постоянным и охватывает территорию всего земного шара. Это позволяет рассчитать амплитуду и сравнить характер вариаций ПЭС для различных геофизических ситуаций. В данной работе приведены результаты совместного анализа вариаций ПЭС и геомагнитного поля во время сильной геомагнитной бури 13-15 декабря 2006г., после землетрясения Тохоку 11 марта 2011г. и после пролета и взрыва Челябинского болида 15 февраля 2013г.

Методика расчета ПЭС [1] по данным GPS-наблюдений основана на зависимости показателя преломления ( $n$ ) электромагнитных волн от концентрации свободных электронов ( $N_e$ ) и частоты волны ( $f$ ):

$$n = \sqrt{1 - 80.8 N_e / f^2} \approx 1 - 40.308 N_e / f^2.$$

Измеренные пути на частотах  $f_1$  и  $f_2$  равны  $S_1 = n_1 S_0 \approx (1 - 40.308 N_e / f_1^2) * S_0$  и  $S_2 = n_2 S_0 \approx (1 - 40.308 N_e / f_2^2) * S_0$  соответственно, где  $S_0$  – истинное расстояние спутник-приемник. Исключая  $S_0$  и интегрируя, находим, что полное электронное содержание  $TEC_0$  равно

$$TEC_0 = \frac{1}{40.308} \frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} (L_1 * \lambda_1 - L_2 * \lambda_2 + S_{const} + \delta S),$$

где  $L_1$  и  $L_2$  – число полных оборотов фазы,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – длины волн (м) для частот  $f_1$  и  $f_2$ ,  $S_{const}$  – некоторый неизвестный начальный фазовый путь (м) и  $\delta S$  – ошибка в определении фазового пути (м). Для определения  $S_{const}$ , то есть для разрешения неоднозначности фаз используются кодовые измерения  $P_1$  и  $P_2$ :  $\delta S = \delta S_1 + \delta S_2 = (P_1 - L_1 \lambda_1) - (P_2 - L_2 \lambda_2) = (P_1 - P_2) - (L_1 \lambda_1 - L_2 \lambda_2)$ .

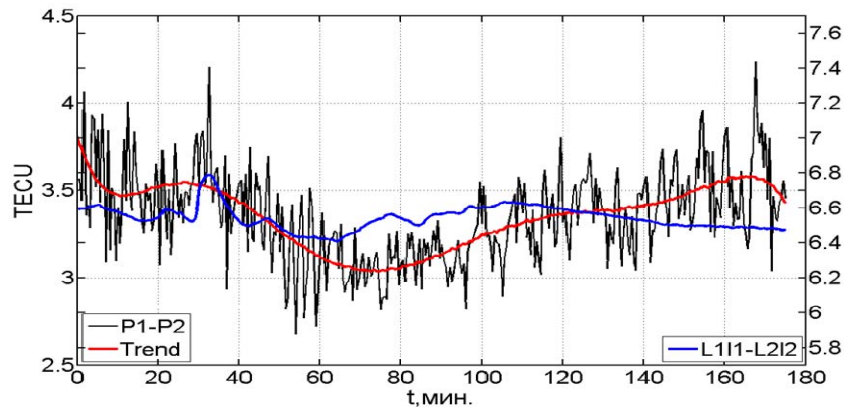


Рис. 1. Разрешение неоднозначности фаз при расчете ПЭС по фазовым измерениям.

С учетом баллистики НКА равно

$$TEC = TEC_0 * \cos[\arcsin(R_z \cos \theta / (R_z + h_{max}))],$$

где  $R_z$  – радиус Земли,  $h_{max}$  – высота максимума концентрации электронов,  $\theta$  – высота видимости спутника. Для построения непрерывного ряда вариаций  $TEC$  с наименьшими шумами (из-за расположения спутника низко над горизонтом) автором были использованы только данные наблюдений при  $\theta$  равном  $57^\circ - 90^\circ$ .

Сравнение рассчитанного значения ПЭС с моделью IRI-2011 (The International Reference Ionosphere model) показывает высокую корреляцию, однако, модель IRI-2011 в основном отражает суточный ход концентрации электронов, и не чувствительна к короткопериодным вариациям.

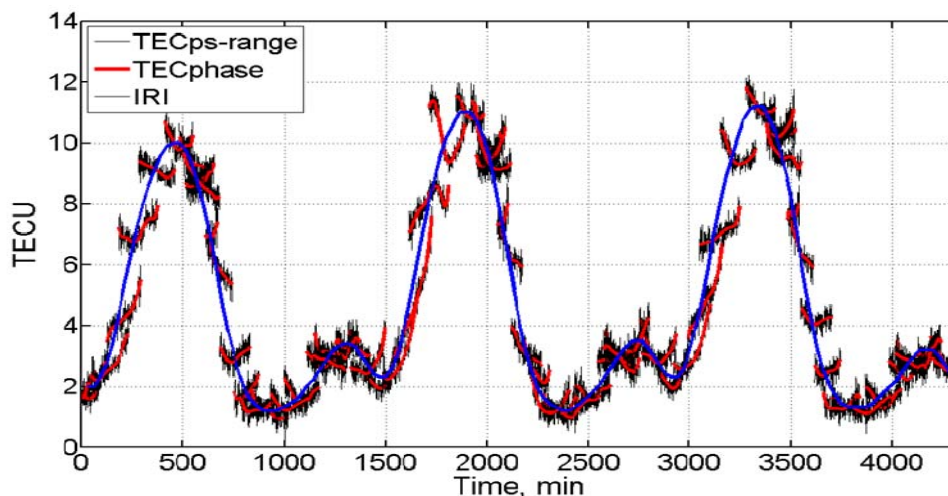


Рис. 2. Сравнение рассчитанного значения ПЭС с моделью IRI-2011.

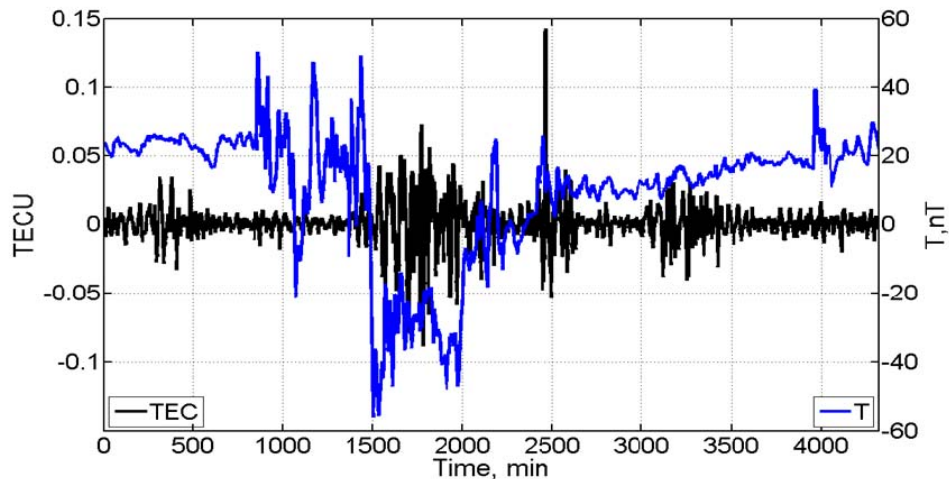


Рис.3. Анализ полученных рядов с наблюдаемыми значениями геомагнитного поля Т показывает высокую корреляцию.

При использовании данных с нескольких GPS-приемников можно определить скорость перемещения ионосферного возмущения (ИВ).

Пусть приемники расположены на расстоянии  $R$  друг от друга, а время между наблюдениями ионосферного возмущения -  $\Delta t$ . Тогда расстояние, пройденное ИВ в ионосфере равно  $R_{ion} \approx R * (h_{orb} - h_{max}) / h_{orb}$ , где  $h_{orb}$  – высота орбиты спутника,  $h_{max}$  – высота максимума концентрации электронов. Принимая средние значения  $h_{orb} = 20000$  км,  $h_{max} = 300$  км, получим, что  $R_{ion} \approx 0.985R$ . Тогда скорость перемещения ИВ равна  $v \approx 0.985R / \Delta t$ .

Рассмотрим расчет скорости перемещения ионосферного возмущения во время сильной геомагнитной бури на примере станций POL2 (42.68 с.ш., 74.69 в.д.) и CHUM (42.99 с.ш., 74.75 в.д.). Вариация TEC и полного вектора геомагнитного поля Т представлены на рис. 4, длиннопериодные тренды убраны. Видно, что вариации  $TEC_{POL2}$  и  $TEC_{CHUM}$  расходятся во времени, причем время запаздывания  $\Delta t$  различное. Для  $t_A$  и  $t_B \Delta t = 5.5$  мин.,  $R = 35.7216$  км, отсюда  $v \approx 0.985R / \Delta t \approx 106.623$  м/с. Аналогичные расчеты для вариаций  $TEC_{CCJ2}$  (27.09 N, 142.18 E) и  $TEC_{SHA0}$  (31.09 N, 121.20 E) после землетрясения Тохоку  $\Delta t = t_B - t_A = 12.5$  мин,  $R = 2000$  км, дают скорость  $v \approx 0.985R / \Delta t \approx 2626$  м/с, что демонстрирует различный характер и физическую природу наблюдаемых вариаций.

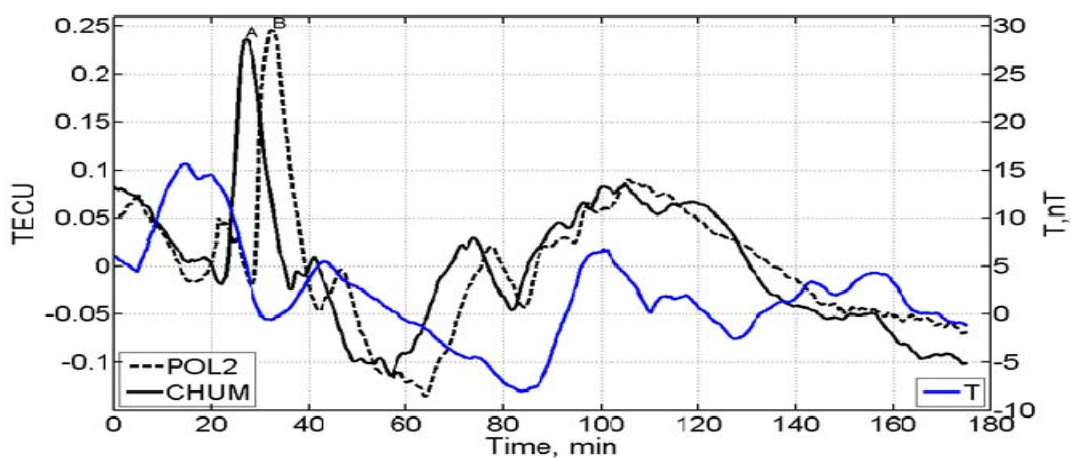


Рис.4. Вариация TEC и полного вектора геомагнитного поля Т во время сильной геомагнитной бури 13-15 декабря 2006г.

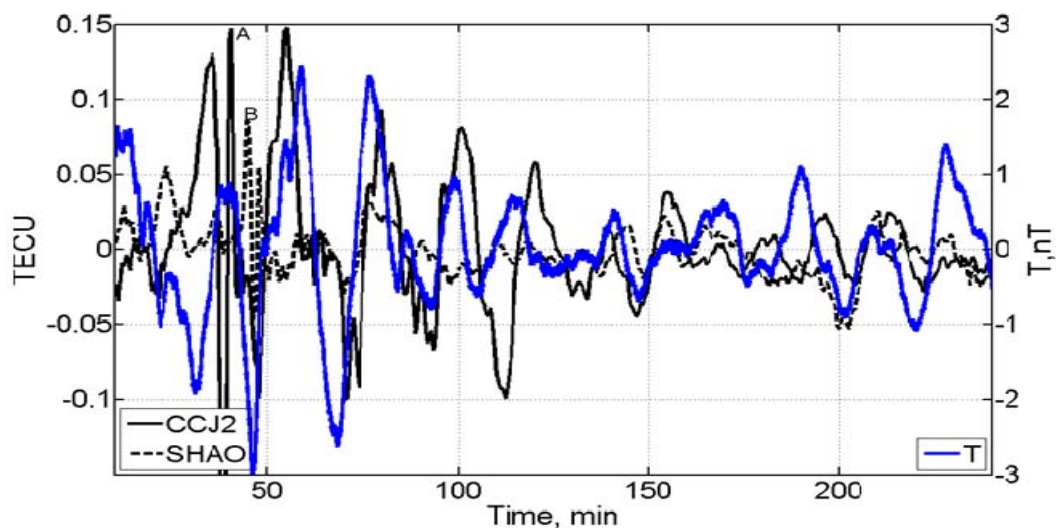


Рис.5. Вариация ТЕС и полного вектора геомагнитного поля Т после землетрясения Тохоку 11 марта 2011г.

Автор выражает свою благодарность научным руководителям Брагину Виталию Дмитриевичу и Ружину Юрию Яковлевичу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афраймович Э.Л., Татаринов П.В. Восстановление полного электронного содержания по данным двухчастотного GPS-приемника, установленного на борту низкоорбитального искусственного спутника Земли // Солнечно-земная физика. 2005. № 7. С. 49-52.
2. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л.: Изд-во Ленингр. Университета. 1978. 592с.

### ПРОЕКТ КАЗАХСТАНСКОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СПУТНИКА

Лозбина А.Ю., Инчин П.А., Шпади М.Ю., Аязбаев Г.М.

тел./факс: +7 727 3803714, lozbin@mail.ru

Институт космической техники и технологии, г. Алматы, Республика Казахстан

Целью проекта является создание казахстанской космической системы научно-технологического назначения (КСНТН), которая включает в себя три компонента: а) двух модульный научно-технологический космический аппарат (НТКА) со служебной платформой с оптической полезной нагрузкой среднего разрешения (модуль 1) и микроплатформой с комплектом научной аппаратуры (модуль 2); б) наземный комплекс управления спутником; в) наземный целевой комплекс для планирования и проведения научных экспериментов на КА для обработки, анализа и распространения спутниковой информации. В состав бортовой научной аппаратуры КА входят многокомпонентные измерители параметров электромагнитного поля и ионосферы.

Цель проекта создания КСНТН – это отработка технологий проектирования, сборки и испытаний микро- и наноспутников, их служебных систем и аппаратуры целевого назначения, проведения научных исследований ионосферы Земли, а также получение летной истории для технологической нагрузки.



Этапы выполнения проекта:

- проектирование НТКА и его технологической нагрузки (звездные и солнечные датчики, бортовой приемник GPS, антенна с фазированной решеткой);
- разработка экспериментального образца научных приборов и бортовой системы управления научным оборудованием НТКА, их сборка, испытания и разработка собственного программно-математического обеспечения для последующей тематической обработки научных данных КА;
- сборка и испытания и запуск НТКА;
- эксплуатация КСНТН, включающая проведение научно-технологических экспериментов.

Исходя из поставленных задач, были выработаны требования к параметрам бортовой аппаратуры, к параметрам орбиты. Количество приборов – 5, общей массой до 10 кг и энергопотреблением до 10 Вт. Выбрана круговая солнечно-синхронная орбита с высотой ~650 км и наклоном ~98 градусов. Планируемые сроки создания КСНТН – 2013-2015 гг. Эксплуатация НТКА – 2016-2018 гг.

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИОНОСФЕРНЫХ АНОМАЛИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

Лозбин А.Ю., Инчин П.А., Шпади М.Ю., Аязбаев Г.М.

тел./факс: +7 727 3803714, lozbin@mail.ru

Институт космической техники и технологии, г. Алматы, Республика Казахстан

В Институте космической техники и технологий в 2011 году был разработан и используется в научных исследованиях программный комплекс, предназначенный для выявления, анализа и идентификации ионосферных аномалий по спутниковым спектрометрическим и волновым данным с приборов, установленных на космических аппаратах научного назначения. Основная задача программы состоит в обеспечении исследователя удобным инструментом для выявления и идентификации источников электромагнитного излучения и других эффектов по спутниковым данным.

В настоящее время программный комплекс выполняет следующие основные функции:

- визуализация всех типов данных с научных приборов КА «DEMETER»;
- картографическая привязка данных на различных картах (физической, географической и тектонической);
- мультизагрузка данных (загрузка и отображение большого количества данных одновременно);
- построение спектрограмм из волновых данных;
- высокочастотная и низкочастотная фильтрация волновых данных;
- возможности расчета отношения сигнал-шум.

Данные решения были реализованы на базе программной платформы Microsoft .NET Framework, которая в свою очередь использует язык программирования C#(CSharp).

Возможность мультизагрузки данных позволяет отображать глобальные эффекты за большие промежутки времени. При картографической привязке данных обеспечивается возможность отображения на карте значений измерений непосредственно на трассе полуорбит. Для построения спектрограмм из волновых

данных в программном комплексе используется дискретное преобразование Фурье.

Методики выявления и идентификации ионосферных аномалий, используемые в данном программном комплексе, разработаны для разных типов возмущений – излучений от наземных ОНЧ-передатчиков, запусков ракет, грозовой активности и землетрясений. Методики для различных типов возмущений идентичны и сводятся к выбору и сравнительному анализу «возмущенных» измерений, близких по времени и месту к источнику излучения, и «фоновых» - удаленных по времени от анализируемого события, но близких по месту.

Использование разработанных методик и программного комплекса позволяет однозначно идентифицировать эффекты от грозовой активности, ОНЧ-передатчиков и др. и проводить исследования сейсмо-ионосферных связей.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ GPS-ДАНЫХ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОЙ СЕТИ

Гражданкин А.М.

тел.: +996 312 613140, факс: +996 312 611459, e-mail: [gam@gdirc.ru](mailto:gam@gdirc.ru).

Мажников М.С.

тел.: +996 312 613140, факс: +996 312 611459, e-mail: [mms@gdirc.ru](mailto:mms@gdirc.ru).

Научная станция РАН (НС РАН), Бишкек, Кыргызстан

### Введение

Деятельность лаборатории изучения современных движений земной коры методами космической геодезии (ЛGPS) НС РАН главным образом направлена на исследование приповерхностных смещений и связанных с ними геодинамических процессов на территории Центральной Азии.

### Геодезические измерения

**1. Наземная геодезия.** Линейно-угловые измерения применяются для определения расстояния между двумя геодезическими пунктами. Выполняются с помощью высокоточных тахеометров Leica TS 2003 \ TS 09 на расстояние до 3 км с точностью до 1мм/1км при правильном определении погодных условий

Для высотной привязки геодезических пунктов, на которых проводятся комплексные геодезические измерения, используется высокоточное тригонометрическое нивелирование 1 класса нивелиром DNA 03. Нивелирование проводится секциями с точностью высотной привязки 0.15 мм.

Для геодинамических и геофизических исследований наземный метод позволяет изучать приповерхностные деформации земной коры по вариациям линейно-угловых характеристик между пунктами

**2. Космическая геодезия.** Основным инструментом исследования движений земной коры методами космической геодезии является GPS-метод. Центрально-Азиатская GPS-сеть располагается на территориях Кыргызстана, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана и Китая. Количество пунктов наблюдения сети составляет более 550.

Из этого числа GPS-пунктов наибольшее количество относится к региональной GPS-сети, расположенной на всей территории Центральной Азии.

Измерения на них, как правило, проводятся не чаще 1 раза в год. Пункты локальной GPS-сети (около 40) расположены в предгорьях Киргизского хребта и измеряются 3-4 раза в год. Длительность измерений в локальной и региональной GPS-сетях составляет 36 часов.

Помимо этого, ИС РАН производит сбор данных с 13 станций непрерывного наблюдения, две из которых входят в состав мировой (глобальной) сети igs.

Для GPS-измерений используются двухчастотные спутниковые геодезические приемники Trimble R-7 и Topcon Legacy-E с возможностью приема GPS/ГЛОНАСС сигналов, предназначенные для измерения координат и геодезических определений относительного местоположения объектов.

Первичные данные, получаемые с этих приборов, являются бинарными. На рис.1 представлена схема обработки GPS-данных.

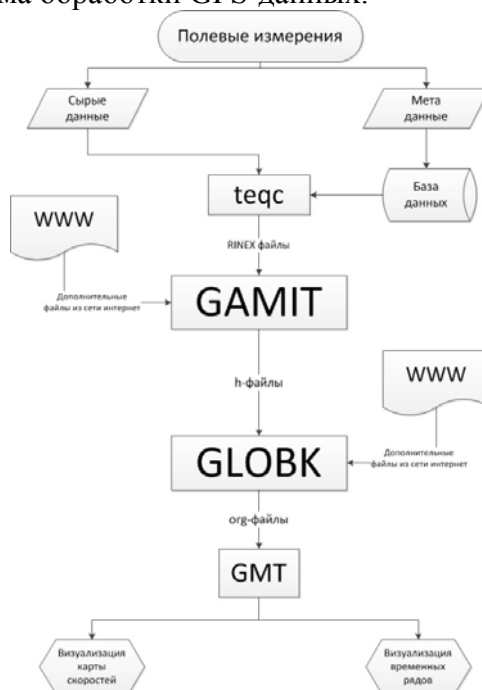


Рис 1. Схема обработки GPS-данных.

Помимо сырых данных, существуют также метаданные (данные об измерении: информация о погодных условиях, приборе, данные об операторе и т.п.), которые заносятся оператором в так называемый паспорт измерения. Данные из паспорта измерения заносятся в информационную систему по работе с GPS-данными.

Так как исходные форматы сырых данных, получаемые от GPS-приёмников, различны, их необходимо преобразовать в унифицированный международный формат RINEX (сокр. англ. Receiver Independent Exchange Format). Метаданные используются для формирования заголовка RINEX-файлов. Преобразование выполняется с помощью утилиты teqc, разработанной и поддерживаемой компанией UNAVCO.

Дальнейший процесс обработки делится на два этапа: первый - GAMIT и второй – GLOBK [1-2].

Блок GAMIT состоит из отдельных модулей, выполняющих функции подготовки данных, генерации таблиц интерполированных спутниковых орбит, вычисления разностных значений наблюдений, вычисления оценок параметров.

Главная цель - определение координат реперов, с использованием значения фаз несущих частот, которые регистрируют приемники.

Для корректной обработки блоку GAMIT требуются различные справочники и таблицы, которые необходимо скачать из глобальной сети internet. Наиболее часто обновляемые справочники - pole. (вращение полюсов), pm. (движение полюсов) и ut1. (унифицированное время). Справочники, обновляемые раз в год, - luntab (гравитационное воздействие Луны), soltab (гравитационное воздействие Солнца), nultab (колебание от оси вращения Земли). ГРИД-файлы: atmdisp\_cm., vmf1grd., otl\_FES2004.grid, участие которых для процесса обработки не является критичным, но имеет важное значения для результата. Навигационные файлы (brdc-файлы) и файлы орбит (igs, sp3, gfile) качаются на каждый день обработки с SOPAC-сервера. После загрузки всех необходимых данных из глобальной сети формируется и настраивается директория, в которой происходит обработка данных блоком GAMIT. В результате этой обработки для каждого дня создаётся директория, в которой содержатся основные результаты:

- q-файл (qoooo.001) - в основном используется для просмотра и определения качества обработки, содержит решение дня ограниченно;
- h-файл (hoooo.09001) – свободные решения в текстовом формате, основной результат обработки GAMIT, который в дальнейшем конвертируется в бинарный вид и используется блоком GLOBK;
- \*.ps – так называемые карты неба, рисуются для каждой станции;
- ooooo.001 – файл, содержащий те же результаты обработки что и в q-файле, но в адаптированном формате для скриптов GAMITа; «oooo» в именах файлов – маркер обработки.

После этого h-файлы конвертируются в бинарные \*.glx-файлы, необходимые для дальнейшей обработки блоком GLOBK.

Одно из назначений пакета GLOBK - это объединение отдельных измерений, например, однодневных решений для получения усредненных оценок координат пунктов наблюдений за период многодневного эксперимента, другое - объединение решений отдельных измерений, проведенных в течение нескольких лет, с целью оценки скоростей движения наземных пунктов. Также с помощью данного пакета могут быть прослежены изменения координат пунктов наблюдений во времени.

Как и при обработке данных блоком GAMIT, для обработки блоком GLOBK необходимы данные из глобальной сети internet – данные igs-сетей. В случае необходимости обработка может происходить с данными других “локальных” обработок (например: jias, urum (Китай), izrl (Израиль) и т.д.).

Обработку данных блоком GLOBK можно разделить на несколько этапов:

- **Слияние** - производится с целью урегулирования локальных решений с глобальными. Данная процедура основывается на наборе станций, являющимся пересечением списков, участвующих в обработках станций (не менее одной станции).
- **Комбинирование** - осреднение по шкале времени. На оси времени выбирается несколько отрезков (каждый отрезок состоит из нескольких идущих подряд суток), выбирается определенное подмножество станций, для каждой из этих станций вычисляется среднее положение за весь отрезок. Время для этого принимается равным средней точке отрезка. Таким образом, теперь все станции имеют по одной точке на те отрезки, в комбинировании по которым они участвовали.

- **Расчёт априорных скоростей и временных рядов** - под временными рядами в данном случае подразумевается изменение координат станции с течением времени. Объектом исследования может быть как изменение положения точки в пространстве определенной системы отсчета, так и изменение базовых линий станций (расстояние между ними).

Результатом обработки блоком GLOBK являются выходные \*.org-файлы, в которых содержится информация о временных рядах и априорных скоростях.

Одним из методов графической реализации временных рядов и априорных скоростей является реализация средствами программного пакета GMT. Примеры графического отображения временных рядов и карты скоростей отображены на рис. 2 и рис. 3.

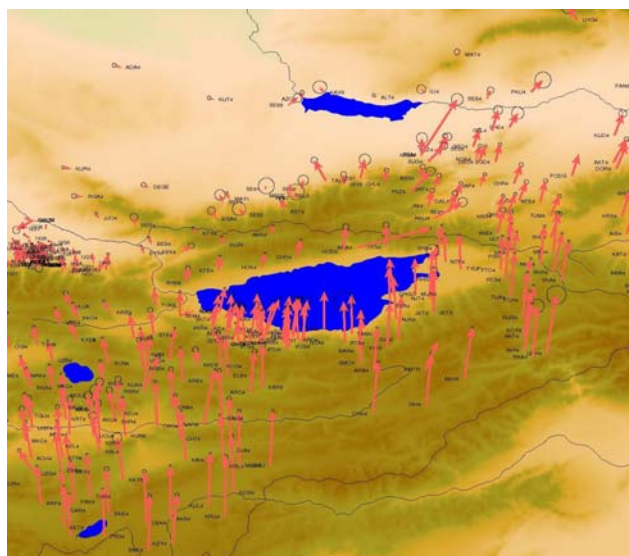


Рис. 2. Пример графического отображения карты скоростей.

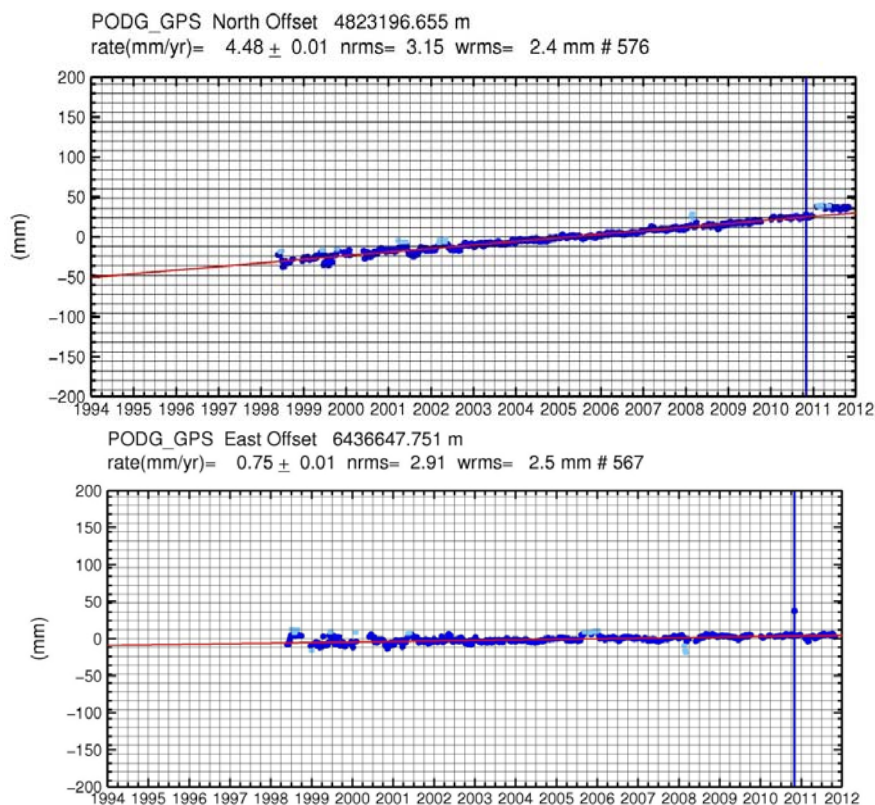


Рис. 3. Графическое отображение временного ряда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Herring T.A., King R.W., McClusky S.C. GAMIT: GPS Analysis at MIT. DEAPS. Release 10.3, Cambridge: MIT, 2009, 183p.
2. Herring T.A., King R.W., McClusky S.C. GLOBK: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program. DEAPS. Release 10.3, Cambridge: MIT, 2009, 91p.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО РАБОТЕ С GPS-ДАНЫМИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОЙ СЕТИ

Гражданкина А.М.

тел.: +996 312 613140, факс: +996 312 611459, e-mail: [gam@gdirc.ru](mailto:gam@gdirc.ru)

Научная станция РАН (НС РАН), Бишкек, Кыргызстан

**Введение.** Деятельность лаборатории изучения современных движений земной коры методами космической геодезии (ЛГПС) НС РАН главным образом направлена на исследование приповерхностных смещений и связанных с ними геодинамических процессов на территории Центральной Азии. При этом основным инструментом исследования является GPS-метод. На первых этапах становления развертывались отдельные локальные GPS-сети на небольших территориях, которые затем, расширяясь и объединяясь, превратились в Центрально-Азиатскую (ЦА) GPS-сеть, расположенную на территориях Кыргызстана, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана и Китая. В создании ЦА GPS-сети принимали участие ученые России, Германии, США, Кыргызстана, Китая, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана. История измерений в пределах ЦА GPS-сети насчитывает уже 20 лет.

На сегодняшний день количество пунктов составляет более 550, в том числе 13 пунктов непрерывного многолетнего наблюдения. Пункты ЦА GPS-сети можно разделить на три группы, имеющие различные режимы измерений:

- локальная GPS-сеть развернута в предгорьях Киргизского хребта, к северу от г. Бишкек; на сегодняшний день наблюдения проводятся на 36-ти посещаемых пунктах с частотой 4 раза в год по 36 часов;

- пункты региональной GPS-сети расположены на обширной территории Центральной Азии и наблюдения на них, как правило, проводятся 1-3 раза в год по 36 часов;

- перманентная GPS-сеть состоит из 13-ти стационарных пунктов, рассредоточенных по территории данного региона, и наблюдение на которых ведется непрерывно.

Прежде чем приступить к непосредственному изучению современных движений земной коры, необходимо подготовить информационную базу для такого научного анализа. Сначала GPS-данные необходимо получить, обработать, систематизировать и структурировать. Помимо этого, при значительном объеме исходных данных необходимо средство для оперативного и эффективного манипулирования этими данными. Целью данной работы является создание информационной системы (ИС) для эффективной работы с GPS-данными, которая позволит оперативно обрабатывать поступающие данные, извлекать наборы данных по различным критериям и их комбинациям для дальнейшего статистического и научного анализа и прогнозирования.

На данный момент количество пунктов составляет более 550, а марок – более 1150. За период наблюдения с 1992 г. по настоящее время накопилось огромное количество «сырой» информации и промежуточных материалов ее обработки.

Помимо информации, получаемой с различных типов приемников в цифровом виде, существуют метаданные, представляемые в виде стандартизованных бумажных паспортов GPS-измерений, которые заполняются оператором и содержат в себе информацию различных типов.

Перед ЛГПС стояла задача по оцифровке метаданных (бумажного архива) и разработке автоматизированной информационной системы, позволяющей:

- заносить информацию из паспортов в базу данных;
- структурированно хранить все виды GPS-данных;
- вычислять дополнительные параметры измерений на основе имеющихся данных;
- предоставлять выборки данных по различным критериям отбора и их комбинациям;
- автоматически генерировать RINEX-файлы на основе имеющихся “сырых” и метаданных внешней утилитой TEQC;
- связывать метаданные с исходными (“сырыми”) и приведенными к международному формату (RINEX) данными;
- автоматически предоставлять входные данные для программы GAMIT/GLOBK [1-2] из базы данных;
- хранить различную справочную информацию;

**Создание структуры БД.** Данные GPS-измерений и их производные можно свести к следующим информационным блокам (таблицам):

**1. Данные о марках.** Марки - специальные геодезические точки, жестко закрепленные на земной поверхности. Одна или несколько (обычно 2-3, может быть до 10) близко расположенных (обычно 2-20 м, может быть до 150 м) марок объединяются в пункт (см. раздел **пункты**). На каждой марке должно быть произведено как минимум 1 измерение промышленным GPS-прибором (см. разделы **приемники** и **антенны**), одна из марок пункта измеряется регулярно в зависимости от режима измерений. Остальные (запасные) марки включаются в режим измерения в случае выхода из строя основной.

**2. Данные о GPS измерениях.** Аппаратурная GPS-запись ведется в течение от нескольких часов до непрерывного длительного (перманентного) наблюдения. Чаще всего, в качестве одного измерения понимаются наборы данных за 36-часовой или 24-часовой (UTC-сутки) интервал наблюдений, но возможны другие варианты. Полевые данные об одном измерении содержатся в одном или нескольких “сырых” файлах и на бумажном листке “паспорта наблюдений”. При дальнейшей обработке “сырых” данных информация об этом измерении расширяется.

**3. Данные о пунктах наблюдения.** Вычисляемая таблица на основе «Данных о марках». Все марки разбиваются по группам с одинаковыми “названиями пунктов” и по данным внутри этих групп формируется информация об отдельных пунктах.

**4. Прочие справочные таблицы.** В данную группу таблиц входят однотипные, простые по структуре справочные таблицы с соответствующими полями, такие, как:

Таблица 1.  
Справочные таблицы БД.

Имя таблицы	Поля таблицы
Антенны	Код антенны, IGS код антенны, Серийный номер, Вертикальное смещение, Горизонтальное смещение
Приемники	Код приемника, IGS код приемника, Серийный номер
Организации	ID организации, Название организации, Описание
Операторы	ID оператора, Имя оператора, ID организации
Сети	Название сети, Описание
Кампании	Название кампании, Описание
Страны	Название страны, Описание
Режимы измерения	Режим измерения, Описание
Типы установки антенн	Тип установки, Описание
Типы конструкции (соединения)	Тип конструкции, Описание
Типы основания	Тип основания, Описание
Типы грунта	Тип грунта, Описание

### Выбор средств реализации.

**1. Выбор системы организации интерфейса.** Так как процесс обработки данных проводится под управлением различных операционных систем (Windows, Linux, Solaris), то одним из важных требований к ИС является ее кроссплатформенность. Существует два варианта реализации. Первый вариант - это создание клиентских приложений для различных платформ и установка их на рабочие станции, с которых должна осуществляться работа с ИС. Второй - создание WEB-системы, через которую осуществляется процесс обработки данных. Был выбран второй вариант, так как он позволяет использовать со стороны клиента обычный WEB-браузер, тем самым не требуя реализации и установки клиентских приложений, что упрощает создание и использование системы.

**2. Выбор сервера БД.** Из большого количества существующих решений был выбран MySQL сервер. MySQL поддерживает SQL (структурированный язык запросов) и может применяться в качестве SQL-сервера. Это означает, что общаться с сервером можно на языке SQL: клиент посылает серверу запрос, тот его обрабатывает и отдает клиенту только те данные, которые были получены в результате этого запроса. Тем самым клиенту не требуется выкачивать данные и производить вычисления, как, например, в Microsoft Access.

Кроме того, MySQL - это ПО с открытым кодом, т.е. его можно свободно изучать и изменять. Пакет распространяется на условиях GPL (General Public License), его можно бесплатно загрузить из Интернета (<http://www.mysql.com/>) для некоммерческого применения. Основные преимущества MySQL:

- Быстродействие. Благодаря внутреннему механизму многопоточности быстродействие MySQL весьма высоко.
- Безопасность. Довольно высокий уровень безопасности обеспечивается благодаря базе данных mysql, создающейся при установке пакета и содержащей пять таблиц.



- Лицензия. Сейчас пакет для некоммерческих целей распространяется бесплатно.
- Открытость кода. Благодаря этому существует возможность добавлять в пакет нужные функции, расширяя его функциональность.
- Надежность. Этот пакет довольно стабилен и его трудно вывести из строя.
- Ресурсы. Требования к ресурсам довольно низкие, нет необходимости расширять аппаратную базу для использования данного сервера.
- Переносимость. В настоящее время существуют версии программы для большинства распространенных компьютерных платформ. Даже в случае замены ОС данные не теряются, и нет необходимости в дополнительных инструментах для их переноса.

**3. Выбор WEB-сервера.** В качестве WEB-сервера был выбран Apache, т.к. де-факто он является стандартом № 1 для Linux-серверов в частности, и для WEB-серверов в общем. Более половины всех сайтов глобальной сети работают под Apache или производных от него. Преимущества Apache заключаются в модульной организации, стабильности и быстродействии. При наличии соответствующих аппаратных средств и настройке он может выдерживать самые высокие загрузки: Yahoo, Altavista, GeoCities, Hotmail основаны на различных версиях этого сервера.

**4. Выбор языка программирования.** В качестве языка программирования для реализации проекта был выбран язык PHP. В число главных конкурентов PHP входят Perl, Microsoft ASP.NET, Ruby (on Rails и др.), JavaServer Pages (JSP) и ColdFusion. PHP обладает множеством преимуществ по сравнению с этими продуктами, среди которых наиболее значительными являются:

- Производительность. Используя единственный недорогой сервер, можно обслуживать миллионы обращений в день.
- Масштабируемость.
- Наличие интерфейсов к множеству систем управления базами данных.
- Встроенные библиотеки. Поскольку PHP был разработан для использования в Web, он имеет множество встроенных функций для выполнения большого разнообразия полезных задач, связанных с Web.
- Низкая стоимость. Пакет PHP является бесплатным.
- Строгая поддержка объектно-ориентированного программирования.
- Переносимость. PHP можно использовать под управлением множества различных операционных систем.
- Доступность исходного кода.

**5. Выбор средства администрирования СУБД.** В качестве средства администрирования СУБД был выбран пакет phpMyAdmin. phpMyAdmin — веб-приложение с открытым кодом, написанное на языке PHP и представляющее собой веб-интерфейс для администрирования СУБД MySQL. phpMyAdmin позволяет через браузер осуществлять администрирование сервера MySQL, запускать команды SQL и просматривать содержимое таблиц и баз данных. Приложение позволяет управлять СУБД MySQL без непосредственного ввода SQL-команд, предоставляя дружелюбный интерфейс.

**6. Выбор средства реализации интерфейса.** В качестве средства реализации интерфейса была выбрана Joomla — система управления контентом, написанная на языках PHP и JavaScript, использующая в качестве хранилища базу данных MySQL, которая является свободным программным обеспечением, распространяемым под лицензией GNU GPL. Для реализации интерфейса пользователя БД был использован набор скриптов DadaBik, также

являющийся свободным ПО с открытым кодом, который подвергся существенной переработке исходя из требований к реализации.

**7. Взаимодействие компонентов.** В выше приведенных пунктах раздела представлено описание основных компонентов, которые обеспечивают организацию, хранение и обработку GPS-информации. На рисунке 1 отражена схема взаимодействия этих компонентов.

Информационная система представляет из себя две большие части: непосредственно данные, структурированно хранящиеся на сервере БД, и различные наборы PHP-скриптов, с помощью которых осуществляются различные функции работы с БД. Эти скрипты обрабатываются Web-сервером Apache (который, в свою очередь, осуществляет взаимодействие с сервером БД путем SQL-запросов). Результат выполнения скриптов возвращается в браузер пользователя. Для работы может использоваться любой браузер под управление любой ОС.

Вспомогательные скрипты используются для устранения различных программных тонкостей обработки и отображения информации.

Набор скриптов phpMyAdmin используется для администрирования БД: создания новых таблиц, полей, изменения типов данных, названий полей, анализа структуры БД, экспорта/импорта данных и различных других административных задач.

Измененный и доработанный набор скриптов DadaVik используется для

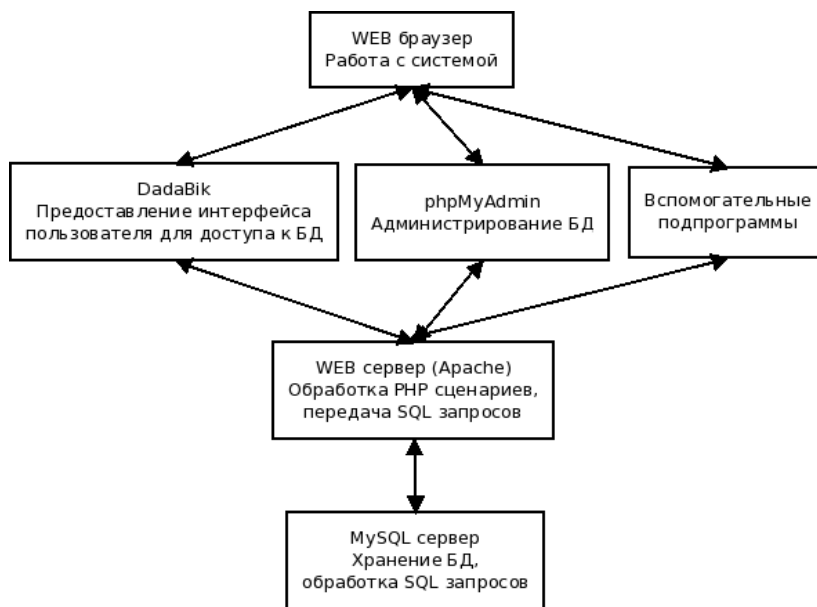


Рис. 1. Взаимодействие компонентов информационной системы.

реализации пользовательского интерфейса работы с БД (просмотр, добавление, редактирование, удаление, поиск, экспорт данных).

#### **Заключение**

На данном этапе разработки были решены следующие задачи:

- установлены и настроены все программные компоненты, необходимые для работы системы;
- физически реализована структура БД;
- физически реализована возможность удаленного администрирования БД;

- реализован интерфейсный функционал работы пользователя с БД: ввод данных, просмотр данных, поиск по различным параметрам, экспорт данных из базы.
  - связывание метаданных с исходными (“сырыми”) и приведенными к международному формату (RINEX) данными;
  - автоматическое предоставление входных данных для программы GAMIT/GLOBK из базы данных.
- На дальнейших этапах реализации системы планируется реализация следующих возможностей:
- автоматически генерировать RINEX-файлы на основе имеющихся “сырых” и метаданных внешней утилитой TEQC.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Herring T.A., King R.W., McClusky S.C. GAMIT: GPS Analysis at MIT. DEAPS. Release 10.3, Cambridge: MIT, 2009, 183p.
2. Herring T.A., King R.W., McClusky S.C. GLOBK: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program. DEAPS. Release 10.3, Cambridge: MIT, 2009, 91p.

## СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ОЦЕНОК ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ И СКОРОСТЕЙ МАРОК ЦА-GPS-СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА GAMIT/GLOBK И БАЗЫ ДАННЫХ ЛАБОРАТОРИИ GPS ИС РАН

Мансуров А.Н.

тел: +996312617131, +996543074630; e-mail: sur@gdirc.ru

Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан.

### Введение

Исследования современных движений земной коры специалистами Научной станции РАН с использованием GPS технологии проводятся с 1992 года [1]. За это время была создана региональная Центрально-Азиатская сеть GPS-наблюдений, которая является одной из самых крупных в мире. К 2013 году количество пунктов ней превысило 600.

Для получения скоростей и временных рядов координат геодезических марок из непосредственных результатов измерений используется разработанный в MIT программный пакет GAMIT/GLOBK. Для расчета в этом ПП требуется особым образом упорядочить и скомпоновать «сырые данные» (файлы, выдаваемые GPS-приемниками), «метаданные» (паспорт измерения – сведения о кодовом имени марки, модели приемника и антенны, погодных условиях и т.д.), внешние факторы (модели движения спутников, ионосферы и т.д.) и внешние данные (промежуточные данные из расчетов других GPS-сетей, априорные скоростные модели и т.д.) [2, 3].

Сложность работ по подготовке всех необходимых для обработки данных увеличивалась с ростом их объема. В 2011 году для упорядочивания метаданных была создана база данных GPS-наблюдений ИС РАН, в которую на начало 2013 г. входят данные о ~56000 сутках наблюдений постоянно действующих станций и ~7800 полевых наблюдениях (большой частью 36-часовых) [4].

**Методика обработки GPS-данных, принятая в ИС РАН.** Процесс обработки данных можно условно разделить на 3 этапа:

1. Преобразование сырых данных в формат RINEX (teqc).
2. Расчет усредненных за сутки базисов и их матрицы ковариации (GAMIT).
3. Расчет скоростей и временных рядов координат марок в GLOBK.

В данной работе рассматривается автоматизация третьего этапа, который, в свою очередь, может быть разделен на 4 подэтапа:

3.1. Комбинирование glx-файлов (бинарных h-файлов – результатов работы GAMIT). На этом этапе происходит слияние данных из нескольких решений GAMIT (с пересекающимися наборами марок) и осреднение по времени.

3.2. Расчет априорных скоростей всех марок.

3.3. Расчет итоговых скоростей марок.

3.4. Расчет временных рядов координат марок.

Этапы 3.2-3.4 требуют однократного запуска программы globk или glred (которые автоматически запускают программу glorg), а этап 1 требует запускать программу globk столько раз, на сколько интервалов комбинирования разбит временной отрезок, на котором рассчитываются скорости и временные ряды. Интервалы комбинирования должны по возможности все периоды регулярных и нерегулярных наблюдений, чем меньше длина каждого интервала, тем лучше. (На практике для отрезка с 1994 по 2012 годы выбирается от ста до нескольких тысяч интервалов).

Еще одной особенностью комбинирования является то, что интервалы времени многих полевых наблюдений пересекаются с более чем с одним интервалом комбинирования. В этом случае данные о положении марки, предоставленные этим наблюдением, попадут более чем в один скомбинированный GLX-файл. Так как один GLX-файл соответствует одной точке на итоговом временном ряде, вышеописанные случаи в ЛГПС ИС РАН принято называть «псевдоточками». Наличие псевдоточек искажает результат как автоматического, так и визуального анализа данных. Именно из-за этой особенности неавтоматизированная подготовка данных для комбинирования очень трудоемка и ранее использовался только один метод выбора интервалов комбинирования – на основе полевых компаний, исходные данные при этом готовились по накопительному принципу. Так как полевые компании растягивались на значительные промежутки времени, длина интервалов комбинирования была велика, что снижало точность расчета.

Для каждого запуска globk/glogr или glred/glogr и необходимо посредством создания набора текстовых файлов указать следующие данные:

- а. модель вращения земли (внешние данные);
- б. априорные скорости марок (на этапах 3.1 и 3.2 – внешние данные);
- в. ограничения и параметры численных алгоритмов;
- г. список GPS-марок, используемых в расчете (обычно только на этапе 3.1);
- д. данные о переименовании и исключении марок из расчета и поправки на землетрясения (обычно используются только на этапе 3.1);
- е. список GPS-марок, стабилизирующих решение (правильность выбора особенно важна на этапах 3.2-3.4);
- ж. список исходных файлов (на этапе 3.1 исходные glx-файлы – это результаты работы GAMIT, на этапах 3.2-3.4 исходные GLX-файлы – это результаты работы globk на первом этапе).

Тогда как данные (а) и (б) являются получаемыми извне текстовыми файлами, данные (в), (г), (д) и (е) подбираются эмпирически на основании

результатов предыдущих расчетов. Из описания процесса обработки видно, что наиболее сложным является подэтап 3.1.

**Упрощение процесса обработки благодаря использованию базы данных GPS-наблюдений.** База данных GPS-наблюдений лаборатории GPS НС РАН создавалась в первую очередь для каталогизации и недопущения утери метаданных и для автоматизации обработки данных программами teqc и GAMIT. Вместе с тем имеющаяся в БД таблица марок может быть приспособлена для хранения каталога уточненных положений и скоростей, а таблица измерений – для получения каталога измерений и отчисления «плохих» измерений.

Также из glx-файлов при помощи программы glist пакета GAMIT/GLOBK можно получить сводный список наличия в них данных по маркам. Анализируя этот список, можно получить каталог измерений с точностью по времени начала/окончания до суток для посуточных glx-файлов.

Каталог измерений, извлеченный из БД, может быть сверен с каталогом, полученным из glx-файлов для выявления следующих фактов:

- 1) измерение присутствует в БД, но отсутствует в glx-файлах;
- 2) измерение присутствует в glx-файлах, но отсутствует в БД;
- 3) измерение присутствует в БД и glx-файлах, но имя марки или даты начала или окончания не совпадают.

Причинами таких несоответствий могут быть или искаженные при записи на приемник и отброшенные при обработке в teqc или в GAMIT данные; или ошибки оператора при записи на приемник, обработке в teqc, обработке в GAMIT; или ошибки оператора БД. Все эти ошибки должны быть по возможности выявлены, описаны и исправлены или учтены при обработке в GLOBK.

#### **Структурный анализ процесса обработки и его автоматизация**

Для автоматизации обработки на этапе 3 вышеописанной методики было решено создать автоматизированную информационную систему. В настоящее время существует два основных подхода к моделированию информационных систем: структурный и объектно-ориентированный [5]. Так как в рамках вышеописанной методики трудно выделить какие-либо предпосылки к применению объектно-ориентированного подхода, наиболее рациональным будет применение к разработке автоматизированной системы структурного подхода с использованием DFD (Data Flow Diagram – диаграммы потоков данных). Для построения DFD использовался специализированный пакет структурного моделирования «Computer Associations BPWin AllFusion Process Modeler».

Нулевой уровень декомпозиции диаграммы потоков данных разрабатываемой автоматизированной системы представлен на рисунке 1. Из диаграммы видно, что расчет этапа 3 выполняется в главном процессе "sur\_gps\_globk". Для этого оператор (operator) должен убедиться в наличии посуточных двоичных h-файлов (dailyglx\_files) и необходимых метаданных в БД (db\_gps). Автоматизированная система использует каталог измерений и glx-файлы и выдает поправки к каталогу измерений, каталог скоростей и графическое представление временных рядов и каталога скоростей.

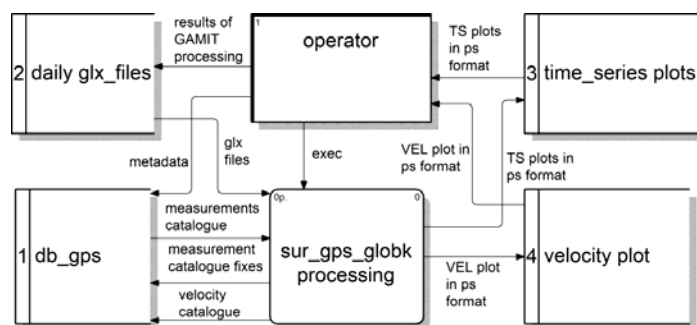


Рис. 1. Диаграмма потоков данных, нулевой уровень декомпозиции

Для дальнейшей декомпозиции перечислим действия, которые нужно произвести при автоматизированной обработке:

- получение csv-файлов с информацией об измерениях из базы данных;
- конвертация csv-файлов в простой формат;
- анализ и конвертация в простой формат измерений из glx-файлов;
- сопоставление измерений из БД и glx-файлов, поиск и устранение ошибок;
- генерация (определение временных границ) интервалов комбинирования;
- сопоставление измерений и интервалов комбинирования;
- подготовка всех входных данных ((г), (д), (ж) – автоматически, остальные – по шаблонам) для запуска программы globk для каждого интервала комбинирования и осуществление запуска;
- подготовка данных для расчета априорных скоростей, запуск globk и извлечение результата в отдельный файл;
- подготовка данных для расчета временных рядов, запуск globk, извлечение результата и построение графиков;
- подготовка данных для расчета итоговых скоростей, запуск globk, извлечение результата в отдельный файл, построение графического представления каталога итоговых скоростей.

Эти действия можно условно разделить на действия, выполняемые до запусков globk и glogr и действия, связанные с запусками globk и glogr. Можно заключить, что все манипуляции с выбором границ интервалов комбинирования и сопоставлением измерений из БД и glx-файлов с ними позволят получить следующие данные, необходимые для комбинирования: каждому интервалу комбинирования должно быть присвоено имя; с каждым интервалом комбинирования должна быть сопоставлена пара дат – его границы и множество полевых измерений, которые войдут в обработку при комбинировании glx-файлов на этом интервале. Этого умозаключения достаточно для того, чтобы построить первый уровень декомпозиции DFD, показанный на рисунке 2.

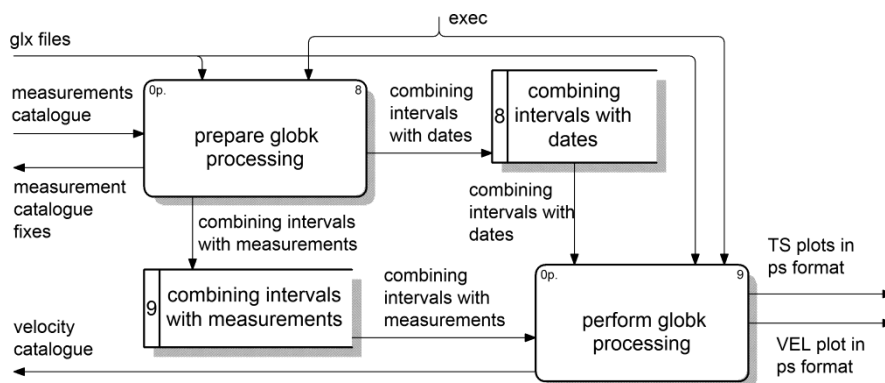


Рис. 2. Диаграмма потоков данных, первый уровень декомпозиции.

Процесс «prepareglobkprocessing» получает glx-файлы и каталог измерений из БД, а выдает поправки к каталогу измерений, список интервалов комбинирования с временными границами и список интервалов комбинирования с прикрепленными к ним измерениями. Процесс «performglobkprocessing» получает glx-файлы, список интервалов комбинирования с временными границами и список интервалов комбинирования с прикрепленными к ним измерениями, а выдает каталог скоростей для БД и графическое представление этого каталога и временных рядов.

Декомпозиция процесса «prepareglobkprocessing» показана на рисунке 3.

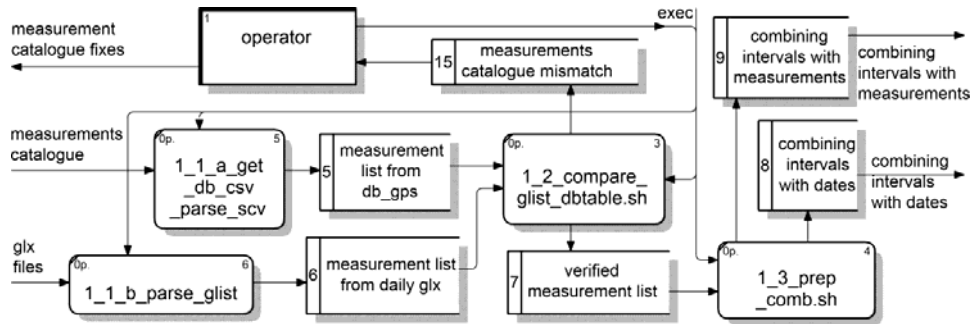


Рис. 3. Диаграмма потоков данных, декомпозиция «prepareglobkprocessing».

Процессы 1\_1\_a\_get\_db\_csv\_parse\_csv и 1\_1\_b\_parse\_glist преобразуют измерения из БД и glx-файлов к простому формату, а процесс 1\_2\_compare\_glist\_dbtable сравнивает эти наборы измерений и выдает список проверенных измерений и список несоответствий. Оператор просматривает список несоответствий и, при необходимости, вносит поправки в БД и перезапускает обработку. Процесс 1\_3\_prep\_comb.sh получает список проверенных измерений, генерирует временные границы интервалов комбинирования и производит сопоставление измерений с интервалами комбинирования.

Декомпозиция процесса «performglobkprocessing» показана на рисунке 4.

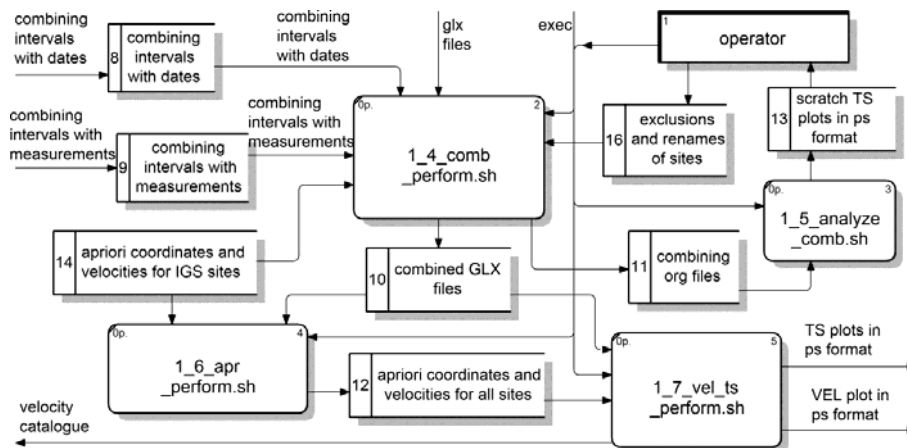


Рис. 4. Диаграмма потоков данных, декомпозиция «performglobkprocessing».

Процесс 1\_4\_comb\_perform.sh получает glx-файлы, список интервалов комбинирования с временными границами и список интервалов комбинирования с прикрепленными к ним измерениями, априорные скорости IGS марок, скачанные с ftp-сервера IGS, и информацию о переименовании и исключении из расчета марок, подобранную оператором на основе анализа несоответствий

измерений в БД и glx-файлах, и опыта предыдущих обработок. Процесс 1\_4\_comb\_perform.sh выдает для каждого интервала комбинирования один org-файл и один скомбинированный GLX-файл. org-файлы используются процессом 1\_5\_analyze\_comb.sh для построения графиков первичных временных рядов. Оператор просматривает эти графики и при необходимости корректирует информацию о переименовании и исключении из расчета марок или другие настройки обработки и перезапускает комбинирование.

Процесс 1\_6\_arg\_perform.sh на основе скомбинированных GLX-файлов и априорных скоростей IGS марок выдает априорные скорости всех участвующих в расчете марок. Процесс 1\_7\_vel\_ts\_perform.sh на основе скомбинированных GLX-файлов и априорных скоростей выдает оценки итоговых скоростей и графическое представление оценок скоростей и временных рядов координат всех марок.

### **Заключение**

На основе вышеописанной структурной модели в лаборатории GPS ИС РАН была разработана информационная система для расчета оценок скоростей и временных рядов GPS-марок. С помощью разработанной автоматизированной системы выполнено 2 расчета скоростного решения и временных рядов, при этом было найдено несколько ошибок, снижавших точность ранее выполняемых решений, открыты возможности выбора различных интервалов комбинирования.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кузиков С.И. Структурный анализ горизонтальных скоростей по данным GPS и характер современной деформации земной коры Центральной Азии. Дисс. канд. физ.-мат. наук. М. 2007. 167 с.
2. Herring T.A., King B.W., McClusky S.C. GAMIT. Reference manual. GPS analysis at MIT. Release 10.3 // EAPS. MIT. 2006. 182 p.
3. Herring T.A., King B.W., McClusky S.C. GLOBK: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program. Release 10.3 // EAPS. MIT. 2006. 87 p.
4. Гражданкин А.М. Информационная система по работе с GPS-данными Центрально-Азиатской сети // (в текущем сборнике).
5. Калянов Г.Н. Структурный системный анализ. М.: Лори. 1997.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ РЕЖИМНЫХ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ СМЕЩЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ФЕРГАНСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА**

Шукуров З.Ф.

тел. +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

В настоящее время по данным GPS-измерений на Ферганском геодинамическом полигоне имеются инструментальные количественные данные по смещению земной коры и данные по использовавшимся ранее методам по отдельным линиям повторного нивелирования. В еще не далеком прошлом широко использовались методы повторного нивелирования. Это требовало больших затрат времени и труда. Сегодня вместо малоэффективной системы используется новое оборудование, как GPS. С помощью повторного нивелирования можно определить лишь вертикальные движение, а с помощи



GPS-измерений можно определить современные вертикальные и горизонтальные перемещения. Как известно, измерив вертикальные и горизонтальные перемещения можно определить векторные направления смещения, что дает возможность анализировать деформированное состояние в исследуемой области. На основе циклических высокоточных GPS-измерений получаем количественные данные, после обработки которых мы можем проследить локальные горизонтальные перемещения поверхности земли. На основе высокоточных GPS-измерений и с помощью специального программного обеспечения можно оценить напряженно-деформированное состояние прилегающих территорий.

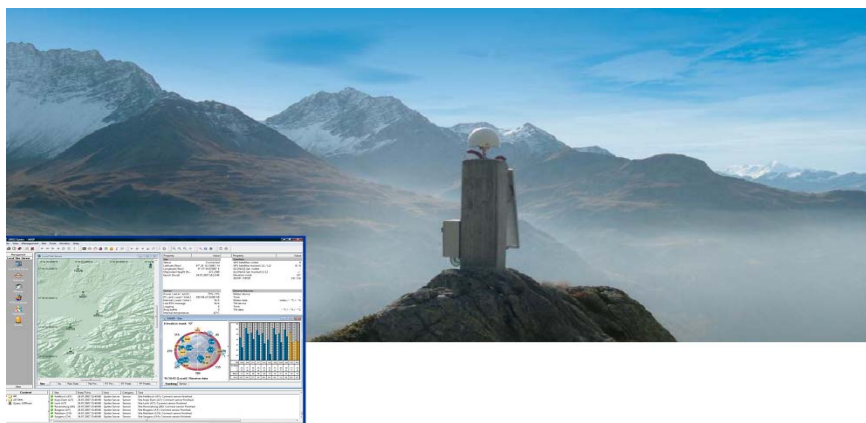


Рис. 1. Одна из опорных станций.

На Ферганском геодинамическом полигоне установлен стационарный GPS-прибор Leica 1200 (погрешность прибора- 2мм по горизонтальным перемещениям и 5 мм - по вертикальным). Измерения проводятся в режиме с непрерывным 30-ти секундным интервалом с 2011 года. Дополнительный стационарный GPS-приемник установлен в Янгибазарской обсерватории, он также работает в указанном режиме. На субширотной станции Китаб в Кашкадринской области работает опорный GPS-приемник. Все наши измерения уравниваются с этим опорным приемником. Вышеуказанные приборы работают при одинаковых интервалах времени и параметрах.

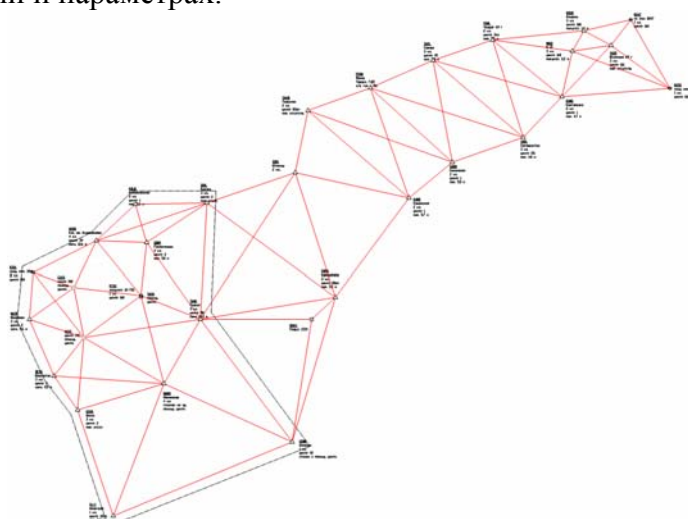


Рис. 2. Уравненная схема пунктов вблизи Северо-Ферганского разлома.

Все эти опорные и стационарные станции, работая в непрерывном режиме, передают информацию в автоматическом режиме в центр обработки через

Интернет. На следующем этапе такие стационарные GPS-приемники будут установлены возле плотин водохранилищ, например, Чарвакского, Гиссаракского.

Это дает возможность определять пространственно-временные тенденции связи современных движений с сейсмичностью. Возможность проявления сейсмичности определялась при смене знака и увеличении скорости современных вертикальных движений. По горизонтальным движениям процесс подготовки и проявления сейсмичности имеет тенденцию развития по схеме: «растяжение-сжатие-землетрясение». Далее проведен анализ материалов без учета данных GPS-прибора. Деформации изучены только по смещениям для участков сжатия и растяжения, с совмещением тектонических и техногенных воздействий на горные породы, при увеличении нагрузки (температура, давление). Эта нагрузка приводит к дополнительному деформированию горных пород. Кроме того, в пределах периферийных границ тектонических блоков Центральной части Ферганской долины могут проявиться сильные землетрясения и другие разрушительные геодинамические явления и процессы. В пределах тектонических блоков и вблизи плотин водохранилищ GPS-наблюдения могут быть высокоэффективными, если определить смещение от дополнительных нагрузок в указанных выше пределах. Тогда можно проследить и ход сейсмичности.

В исследуемой зоне области высокой сейсмичности приурочены к областям высоких скоростей деформации и высокого градиента скоростей деформации (главным образом чистого сдвига по Северо- и Южно-Ферганским разломам). Однако области, где скорости деформаций максимальны, не всегда отличаются высокой сейсмичностью. Анализ режимных данных GPS-измерений в целом демонстрирует схожий характер деформирования земной коры на территории Западного Тянь-Шаня. Сравнение направлений осей укорочения по данным GPS-измерений и механизмам очагов землетрясений показало, что они согласуются: имеют общее северо-северо-западное направление, и отклонение в азимутах осей сжатия составляет в среднем  $14,6^\circ$ .

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ В ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Хасанова Г.Ф.

e-mail: [galima87@inbox.ru](mailto:galima87@inbox.ru)

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Российская Федерация

Ландшафт – это генетически однородный природно-территориальный комплекс с выдержанной морфологической структурой и строением, с единообразным местным климатом и стоком и генетически близкими почвами, биоценозами. Ландшафту свойственны определенная морфологическая структура, взаимообусловленность и взаимодействие компонентов, круговорот энергии и вещества и определенный природный потенциал. Каждому ландшафту присуще развитие [1].

Ландшафтные исследования базируются на методах комплексных физико-географических полевых исследований, статистического анализа, математического и геоинформационного моделирования и картографирования (А.М.Берлянт, А.В.Кошкарёв, В.С.Тикунов, В.Г.Линник), автоматизированного дешифрирования космических снимков.

ГИС позволяет интегрировать информацию по рассматриваемой проблеме, проводить аналитические исследования и служит основой для принятия более обоснованных решений.

Создание ГИС включает в себя следующие этапы: создание (разработка) цифровых баз пространственных данных, связывание баз данных, визуализация всех видов географически привязанной информации, выполнение пространственного анализа, составление цифровых отчетов, построение приложений для конкретного пользователя, составление сопроводительного обзора функций и возможностей.

Картографо-информационная база с использованием ГИС-технологий направлена на решение следующих задач:

— инвентаризационных, включающих в себя изучение природных геосистем и их отдельных компонентов, а также особенностей природопользования;

— оценочных (оценка интенсивности антропогенного воздействия на природу, степени развития неблагоприятных процессов и их влияния на условия жизни, оценка устойчивости ландшафтов к природным и антропогенным факторам);

— динамических (изучение изменений в природе и природопользовании посредством составления прогноза, основанного на выявленных тенденциях и темпах динамики).

На сегодняшний день существует несколько серий ГИС программ: а) программы, с помощью которых можно получать любую картографическую информацию (ARKINFO, MAPINFO, IDRISI); б) программы, которые разработаны для решения конкретных задач (ArcView).

Так, с помощью ГИС ArcView для Российской Федерации определены показатели ландшафтной неоднородности ее территории, ландшафтного разнообразия, мозаичности и т.д. Этим же методом можно рассчитывать различные качественные и количественные показатели для ландшафтов регионов и местного уровня.

Таким образом, с помощью ГИС-технологий можно обрабатывать огромные массивы данных различного ландшафтного уровня, что позволяет создавать картографический материал о динамике развития, функционирования ландшафтов, также определять антропогенную нагрузку на геосистемы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макунина А.А. Ландшафты Урала. М.1974.158 с.

## ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ЗЕМЕЛЬНОМ КАДАСТРЕ

Нигматуллин А.Ф., Сабитова Л.А

e-mail: Sabi-Lusik1987@mail.ru

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Республика Башкортостан,  
Россия

Уровень и объемы имеющейся в настоящее время информации о жизнедеятельности человека настолько велики, что уже не возможны ее обработка, анализ и понимание без современных аппаратно-программных

средств. Поэтому создание автоматизированной системы на основе современных компьютерных технологий и телекоммуникаций как единого комплекса для получения полной информации об окружающем мире, имеющихся ресурсах, возможностях и тех последствиях, которые оказывает на мир наша деятельность, становится весьма актуальным. Наиболее требовательным к автоматизации является кадастр, в частности земельный кадастр, поскольку при его введении приходится оперировать с данными, имеющими пространственную привязку.

Построение информационной системы земельного кадастра предполагает иерархическое описание объектов с выделением уровней — субъект РФ, муниципальное образование (город, район), кадастровый квартал, земельный участок. На каждом уровне проводится информационное описание объекта с созданием цифровой модели местности (ЦММ) и базы данных (БД). Задачи управления землепользованием делятся на 2 группы: а) учет и регистрация и б) перспективное и оперативное управление.

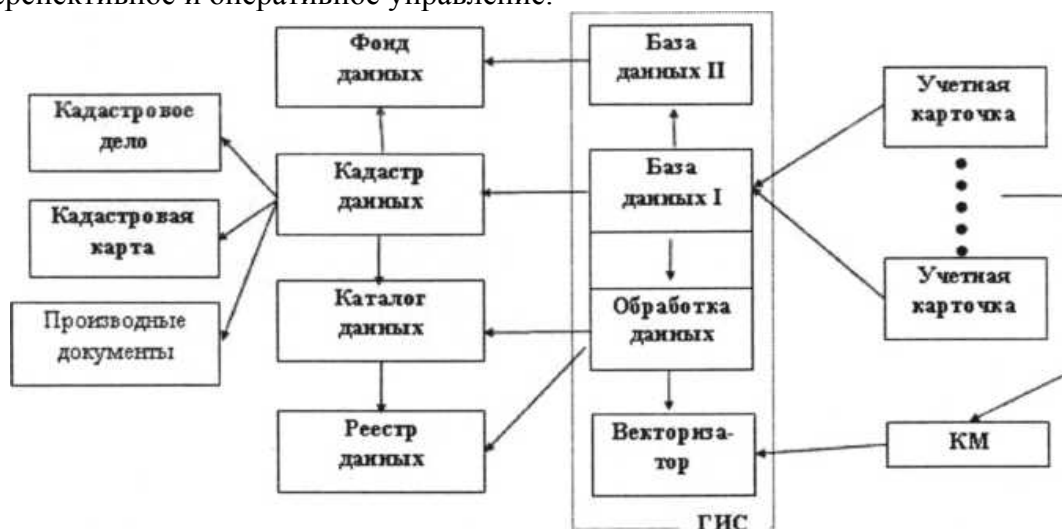


Рис. 1. Уровни кадастровой информации.

Иерархическое разнообразие потоков кадастровой информации предполагает следующую классификацию типов информации (рис. 1) и их описание:

- фонд данных (упорядоченная, постоянно пополняемая совокупность документированной информации об объектах учета или явлениях в динамике);
- кадастр данных (свод документированных сведений об объектах учета или явлениях, их описание и оценка);
- каталог данных (книга) - систематизированная и рубрицированная подборка сведений об объектах или явлениях кадастрового учета;
- реестр или регистр данных - перечень (список, описание) учетных объектов или явлений в кадастре;
- учетная карточка (форма, бланк) - отдельный лист бумаги или картона стандартного размера, разграфленный для нужд кадастрового учета [2].

В целом структура ГИС для ведения земельного кадастра территории может быть представлена совокупностью следующих блоков:

- цифровая топооснова;
- блок ведения земельного кадастра;
- подсистема обеспечения документооборота;
- прогнозно-аналитический.

Блок «Цифровая топооснова» включает описание территории совокупностью электронных карт различных масштабов - от обзорных М 1:1 000 000 на всю территорию до М 1:1500, необходимых для работы с земельными участками внутри населенного пункта.

Блок ведения земельного кадастра представляет собой надстройку над ГИС. В карты вводятся дополнительные слои для работы с контурами земельных угодий и участков земель, принадлежащих различным пользователям (или находящихся в аренде) и т.д. [3].

Таким образом, в целом, можно отметить, что на отечественном рынке доминируют зарубежные ГИС, фактически не учитывающие специфику российского земельного кадастра. Российские ГИС-продукты, конкурентоспособные с зарубежными ГИС, создаются как путем концептуального копирования иностранных систем, так и отчасти за счет собственного развития.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Основы геоинформатики. Учебное пособие. М.: Изд. центр «Академия». 2004. 480 с.
2. Мазуркин П.М., Фадеев А.Н. Геоинформационные системы земельного кадастра, лесного реестра и особо охраняемых объектов //Современные проблемы науки и образования. № 4. 2009. С. 69-75.
3. Субботин С.А., Скворцов А.В. Использование геоинформационных технологий для ведения земельного кадастра //Вестник Томского гос. ун-та. №275. 2002. С. 86-89.

## **ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ**

Мансуров А.Н.

тел: +996312617131, +996543074630; e-mail: sur@gdirc.ru

Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан

### **Введение**

Современный этап исследования нелинейных сейсмических процессов и объектов во многом связан с изучением слабых сейсмических событий. Многие исследования исходили от традиционных схем изучения нелинейных сейсмических процессов: статистического анализа слабых землетрясений [1].

Все задачи математического моделирования очага могут быть разделены на кинематические и динамические. Они формально описывают один и тот же процесс – разрушение среды по некоторой поверхности разрыва, но разными способами. Кроме кинематических параметров землетрясений (время, положение гипоцентра, магнитуда, оси главных напряжений и др.), большое значение приобретает рассмотрение динамических параметров: сейсмический момент ( $M_0$ ), размер очага ( $R$ ) сброшенное ( $\Delta\sigma$ ) и кажущееся ( $\eta\sigma$ ) напряжения, моментная магнитуда ( $MW$ ) и др.

В данной работе рассматриваются вопросы совершенствования программного обеспечения для расчета динамических параметров сейсмических событий по вырезкам временных рядов, охватывающим время регистрации этих

событий, с учетом поправок спектра вырезки на искажения, обусловленные добротностью среды передачи и нелинейным усилением в месте выхода на поверхность. Под временным рядом в данном случае подразумевается волновая форма – запись колебаний земной коры, регистрируемых сейсмодатчиками.

**Упрощенная методика расчета и разработка на ее основе программного обеспечения для решения задачи расчета динамических параметров сейсмических событий.**

В первых исследованиях ИС РАН, связанных с вычислением динамических параметров, за основу была принята методика, предложенная в статье [2]. В этой статье предлагается вычислять динамические параметры очага сейсмического события исходя из зависимостей между ними и параметрами спектра зарегистрированных сейсмическими станциями Р- и S-волн этого события. Наличие и характер таких зависимостей обусловлены применяемой математической моделью описания очага. В большинстве моделей эти зависимости имеют вид простых алгебраических формул.

Общая методика, рекомендуемая к применению статье [2] включает:

1. Выделение из записи исходной волновой формы отрезка определенной длины, включающего вступление Р- или S- волны исследуемого события
2. Спектральный анализ выделенного отрезка.
3. Определение параметров полученного спектра путем аппроксимации его функцией специального вида, полностью описываемой получаемыми параметрами.
4. Расчет динамических параметров события посредством формул, предлагаемых принятой математической моделью описания очага.

На основе вышеописанной методики в 2009-2012 годах в несколько этапов было разработано программное обеспечение для автоматизации расчета [3].

**Функции, выполняемые разработанной программой Dynamic-info-seis:**

- 1) выборка файлов с волновыми формами событий по каталогу;
- 2) обработка волновых форм по нескольким каналам и нескольким станциям;
- 3) нахождение времени вступления Р- и S-волны;
- 4) вырезка участка волновой формы заданной длины в привязке ко времени вступления найденной волны;
- 5) спектральный анализ выделенного участка волновой формы;
- 6) аппроксимация полученного спектра с нахождением его параметров;
- 7) сохранение всех промежуточных и окончательных результатов обработки.

Программа может работать в интерактивном или пакетном режиме.

В интерактивном режиме оператор может выбрать для обработки любое событие из каталога или вручную указать расположение файлов с волновыми формами. Он может запускать каждый этап обработки отдельно, при этом подбирая параметры обработки. В любой момент оператор может вернуться к любому этапу, изменить параметры этого этапа и запустить этот и любое количество последующих этапов одним кликом мыши. При этом возможна как работа с сигналом только одной компоненты, записанной одной станцией, так и одновременная обработка сигнала с нескольких станций, по каждой из которых доступна одна, две или три компоненты, причем в любой момент можно быстро просмотреть все исходные и промежуточные данные, связанные с любой компонентой любой станции.

В пакетном режиме автоматически последовательно обрабатываются все события по заданному каталогу, при этом все этапы запускаются также автоматически согласно предварительно заданным параметрам обработки.

Основная сложность при проектировании программы представляло решение двух задач: разработка алгоритмов обработки данных согласно методике и разработка схемы хранения данных в оперативной памяти. Разработка алгоритмов подробно описана в [3] и здесь более не рассматривается.

Разработка схемы хранения данных осложнялась тем, что в памяти должно одновременно храниться много разнородных данных: одномерные массивы – исходные волновые формы и их вырезки, спектры вырезок, ряды значений аппроксимирующих функций; скалярные значения, различные для разных станций и/или каналов – время вступления Р-волны, параметры спектра и т.д.; скалярные значения, общие для разных станций и каналов – настройки обработки.

Еще одной сложностью была необходимость постоянных преобразований некоторых скалярных данных между двумя формами: значением физической величины в единицах СИ и индексом в массиве значений сигнала или его спектра. Формулы преобразования между этими формами линейны и в качестве коэффициентов содержат частоту дискретизации сигнала и длину вырезки.

Для упорядочивания такого разнородного набора данных был принят объектно-ориентированный подход. Диаграмма классов показана на рисунке 1.

В двух объектах класса `substitution` хранятся данные о станциях и каналах – кол-во станций/каналов, их имена (части имен файлов), номер обрабатываемой в данный момент станции/канала.

Скалярные данные хранятся в объекте класса `CAllSeisSettings`. Отдельно хранятся частота дискретизации сигнала и длина вырезки. Неконвертируемые в индексы данные хранятся в структуре `StaticSettings`. Конвертируемые данные хранятся в массивах `DefaultSettings`, `CurrentSetings` и `DiscreteSettings`, причем каждой единице данных соответствует один или несколько последовательных элементов каждого из трех массивов – в зависимости от того, нужны ли различные значения для разных станций/каналов.

Значения волновых форм, спектра и его аппроксимации хранятся в виде двумерных и трехмерных массивов объектов класса `double_1d_array` внутри объекта класса `SeisAll`. Сам объект класса `SeisAll` является центральным объектом обработки – его методы реализуют все этапы обработки. Для поочередной обработки всех станций и каналов он использует два объекта класса `SubstIterator`, а для аппроксимации спектра использует объект класса `CSpectralParamsCalculator`. Для считывания исходных данных и записи результатов по станциям и каналам объект класса `SeisAll` использует интерфейс `ISeisIO` объекта класса `FileIOFrame`, для отображения результатов графическом виде – интерфейс `SeisGraphPlotter` объекта класса `MainForm`.

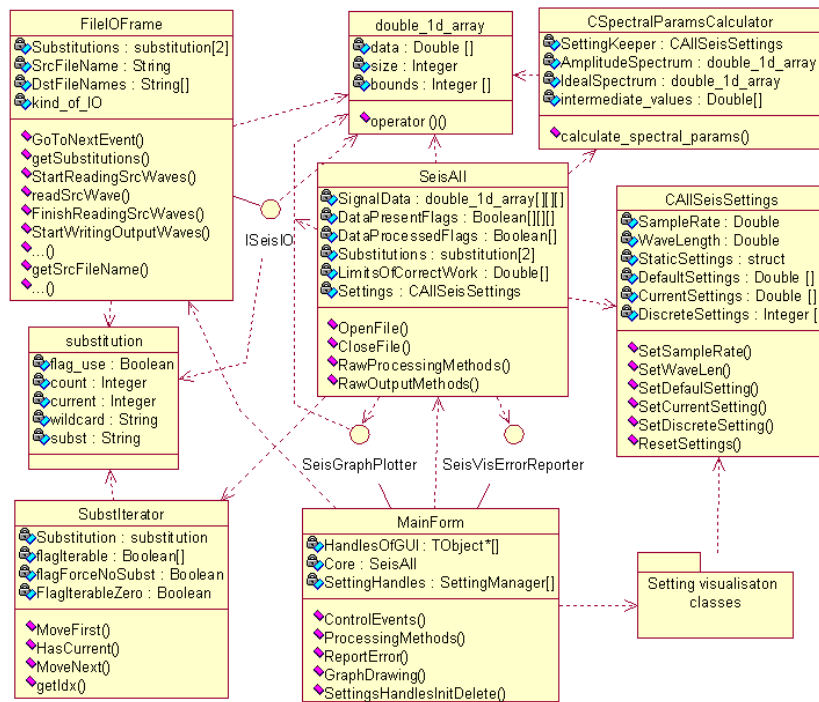


Рис. 1. Диаграмма классов программы Dynamic-info-seis на июнь 2011 г.

Объект класса MainForm является главным в пользовательском интерфейсе. Он содержит объект класса FileIOFrame, служащий также для переключения между станциями и каналами, он вызывает методы объекта класса SeisAll в соответствии с логикой автоматической обработки, он использует классы из пакета SeisVisualisationClasses для интерактивной работы с данными, хранимыми в объекте класса CAllSeisSettings.

В общем, вышеописанную модель можно охарактеризовать как достаточно хорошую, хотя и не лишенную недостатков. К недостаткам можно отнести то, что скалярные данные хранятся параллельно двух формах, что приводит к необходимости следить за их согласованностью. Контроль за тем, являются ли скалярные данные различными для различных станций/каналов, должен выполняться и при описании данных и при доступе к ним.

### Новая методика расчета динамических параметров

При помощи вышеописанного комплекса в ИС РАН было выполнено несколько оригинальных исследований различных наборов сейсмических событий. Эти исследования описаны в [4, 5]. Не вдаваясь здесь в подробности обоснования, изложенные в [4, 5], опишем основные отличия новой методики.

Основным отличием является то, что учет поправок на искажения сигнала, обусловленные добротностью среды передачи и нелинейным усилением в месте выхода на поверхность, должен быть осуществлен до аппроксимации спектра и определения его параметров. И те и другие поправки выражаются в форме коэффициента, меняющегося с частотой. Поправки на добротность вычисляются аналитически в зависимости от расстояния от гипоцентра землетрясения до станции и добротности среды. Поправки на поверхностное усиление вычисляются вне программы и передаются ей в виде отдельного файла для каждой станции.

Также новая методика подразумевает несколько другой алгоритм для определения длины и положения анализируемого участка волновой формы.

Новая методика расчета сложнее уже реализованной в программе Dynamic-info-seis, а главное, она требует значительной модификации наборов хранимых в



памяти и файлах данных и настроек обработки, усложнения логики. Поэтому было принято решение о переработке объектно-ориентированной модели.

### **Усовершенствованная объектно-ориентированная модель**

При разработке новой модели на основе уже существующей в первую очередь нужно было:

1. Облегчить модификацию множества скалярных данных.
2. Сделать доступ к различным/общим для станции/канала скалярным данным прозрачным для алгоритмической логики и пользовательского интерфейса.
3. Разделить скалярные данные на *собственно данные*, обнуляемые при начале обработки следующего землетрясения, и *настройки обработки*, задаваемые пользователем единожды и далее не сбрасываемые.
4. Стандартизировать систему хранения скалярных данных в файлах
5. Отделить настройки визуализации от настроек обработки, добавить возможность одновременной визуализации различной информации
6. Улучшить синхронизацию между данными и пользовательским интерфейсом.

Новая диаграмма классов программы Dynamic-info-seis показана на рис. 2.

Опишем коротко основные отличия новой модели.

В первую очередь была разработана система одновременной обработки данных по станциям и каналам. К этим двум сущностям добавилась еще одна – «вырезанный фрагмент» (обрабатываемая часть сейсмограммы). Программа использует как минимум три «вырезанных фрагмента»: один – для поиска времени вступления волн, другой – для нахождения динамических параметров, третий – для оценки спектральной плотности шума. Во многом алгоритм их обработки совпадает, а параметры обработки – нет, следовательно, есть много скалярных данных и настроек, значения которых меняются в зависимости от номера «вырезанного фрагмента».

Скалярные данные и настройки решено хранить в массивах, размерность которых может быть от 0 до 3, в зависимости от того, имеет ли эта единица данных разные значения для разных «вырезанных фрагментов»/станций/каналов. Описание каждой единицы скалярных данных хранится в объекте класса `seis_scalar`, где `data_array` – указатель на массив значений, `name` – имя, а `type_fl_IP_SRWLD` – двоичное слово, 5 битов которого показывают наличие размерностей массива данных и наличие/отсутствие коэффициентов, связанных с частотой дискретизации/длиной вырезанного фрагмента при пересчете в индекс дискретности сигнала/спектра.

Сами же «вырезанные фрагменты»/станции/каналы были названы «индексами» (так как их порядковые номера выступают в роли индексов в вышеописанных массивах скалярных данных и массивах объектов класса `real_1d_array`, хранящих волновые формы и спектры). Описание всех трех «индексов» хранятся в объекте класса `SeisIndexKeeper`.

Объекты классов SeisScalarKeeperCore и SeisSclarKeeperVis содержат в себе память, выделенную под хранение значений скалярных данных и

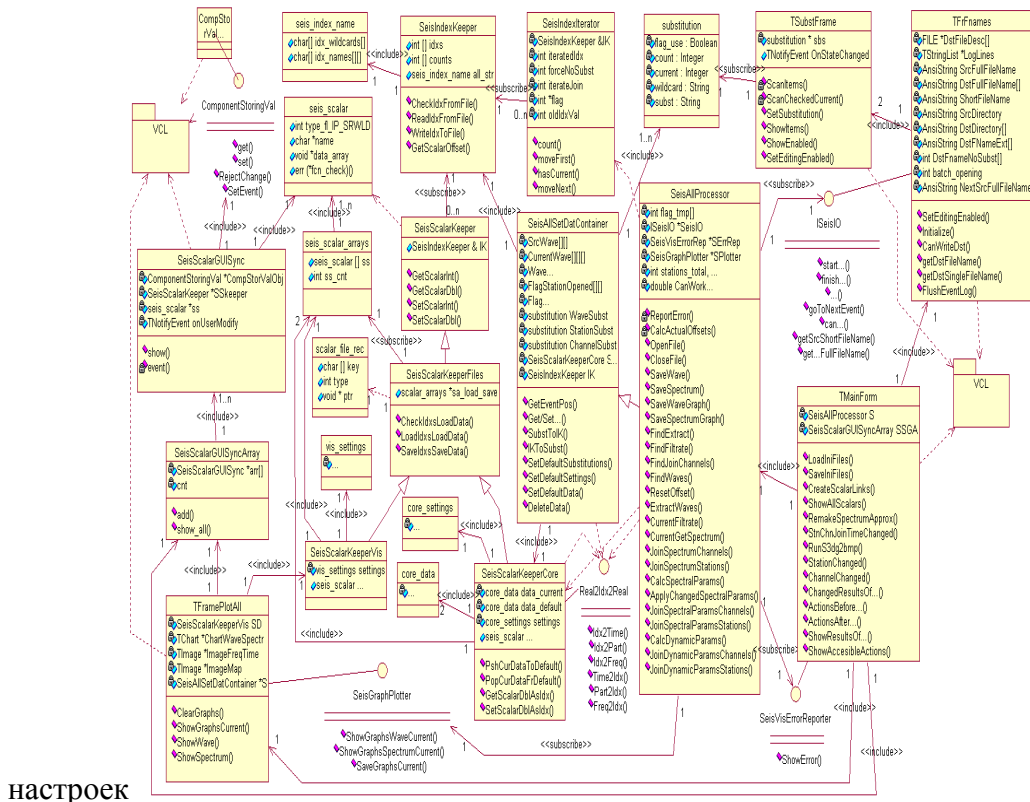


Рисунок 2.

Диаграмма классов программы Dynamic-info-seis на август 2012 г.

обработки (**SeisScalarKeeperCore**); настроек визуализации (**SeisSclarKeeperVis**) и соответствующие объекты `seis_scalar`. Данные хранятся в двух экземплярах – рабочая копия и значения по умолчанию для новой обработки. Эти классы наследуют от класса **SeisScalarKeeper** функционал доступа к значениям скаляров с привязкой к текущим значениям индексов, а от класса **SeisScalarKeeperFiles** – функционал сохранения/загрузки скалярных данных в текстовые файлы.

Класс **SeisAll** разбит на классы **SeisAllSetDatContainer** и **SeisAllProcessor**. Единственный объект класса **SeisAllProcessor** в качестве содержимого наследует от класса **SeisAllSetDatContainer** объект класса **SeisIndexKeeper**, объект класса **SeisScalarKeeperCore**, массивы волновых форм, вырезанных фрагментов, спектров, поправок к ним, их аппроксимации и методы доступа ко всем этим данным с учетом текущих значений «индексов» (состояния объекта класса **SeisIndexKeeper**). В свою очередь, сам класс **SeisAllProcessor** содержит методы, реализующие все этапы обработки для нахождения динамических параметров.

Для синхронизации скалярных данных с пользовательским интерфейсом был разработан класс **SeisScalarGUISync**. Поле `CompStorValObj` хранит указатель на объект, реализующий интерфейс **ComponentStoringVal**, унифицирующий работу с визуальными компонентами библиотеки **VCL**. Поля `SSKeeper` и `ss` служат для доступа к данным. Поле `onUserModify` служит для реакции на изменение значения пользователем. Для удобства обращения к объектам класса **SeisScalarGUISync** они объединены в массив в классе **SeisScalarGUISyncArray**.

Все настройки, связанные с ними компоненты **VCL** и вся логика по визуализации данных объединены в классе **TFramePlotAll**.

### Заключение

Вышеописанная новая объектно-ориентированная модель программы Dynamic-info-seis удовлетворяет вышеперечисленным требованиям. Таким образом, проектный этап модификации программы Dynamic-info-seis можно считать завершенным. На данный момент модификация программного кода в соответствии с этой моделью завершена приблизительно на 80 процентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хаврошкин О.Б. Сейсмическая нелинейность. М.: ОИФЗ РАН. 2000.
2. Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И. и др. Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от стационарного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология. № 2, 1989. С. 66-79.
3. Мансуров А.Н., Сычева Н.А. Программный пакет расчета динамических характеристик сейсмических событий для проведения комплексного анализа тектонических напряжений территории Северного Тянь-Шаня. // Вестник КРСУ. 2011. Том 11. № 11. С. 65-71.
4. Сычева Н.А., Мансуров А.Н., Сычев В.Н. Предварительные оценки стационарных поправок сейсмических станций сети KNET (Северный Тянь-Шань) на основе горизонтально-вертикальных спектральных отношений землетрясений // <Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле>. Третья тектонофизическая конференция. Материалы докладов конференции 8-12 октября 2012 г. Т. 2. С. 191-194.
5. Сычева Н.А., Кальметьева З.А. Мансуров А.Н., Сычев В.Н. Методические особенности определения динамических параметров землетрясений по данным сейсмологической сети KNET (Северный Тянь-Шань) // <Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле>. Третья тектонофизическая конференция. Мат-лы докладов конфер. 8-12 октября 2012 г. Т. 2. С.185-190.

#### **РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ ВРЕМЕННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СОБЫТИЙ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ)**

Чалова В.С., Литовченко И.Н.

Тел.: 8-(727)-269-46-08; e-mail: [irgal05@rambler.ru](mailto:irgal05@rambler.ru), [litovira@rambler.ru](mailto:litovira@rambler.ru)

Институт сейсмологии, Алматы, Республика Казахстан

Технология распознавания образов хорошо известна в Информационных системах и методах Искусственного интеллекта. Распознавание образов временных последовательностей событий (на примере Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий) применяется в исследовательском прототипе программы и реализует алгоритм распознавания образов в сейсмологических исследованиях. Применяли так называемый алгоритм графической кластеризации для некоторых сейсмоактивных регионов. Алгоритм графической кластеризации (АГК) ранее применялся в работе [2]. АГК дает достаточную статистику для обоснования численных характеристик роев: число землетрясений в рое  $N_{sw} > 3$ ; расстояние между эпицентрами  $L_{sw} \leq 10''$ ; время между следующими землетрясениями  $0 < T_{sw} < 15$  дней. Если эти условия выполнены, то мы относим данные землетрясения к роям. Рой землетрясений имеет тенденцию

формироваться вблизи тектонических неоднородностей. После возникновения в такой области роев землетрясений в течение 10-15 лет могут произойти сильные землетрясения с  $M=6-7$  [2]. Такая особенность обнаружения роев землетрясений реализована нами для сейсмоактивного региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий.

В некоторых других исследованиях [3] отмечается, что рои землетрясений - это особый вид проявления сейсмической активности, когда за достаточно короткое время, в течение нескольких суток - от 1 до 5-15 суток (редко более длительное время), в одном и том же месте, на ограниченной площади, происходит большое количество землетрясений, как правило, малых энергетических классов, характерных для фоновой сейсмичности региона. Причем, как отмечается там же [3], в отличие от афтершоковой последовательности, роевые последовательности землетрясений не всегда имеют главное событие старшего энергетического класса, а также характерного затухания энергии событий во времени [3]. Физическая природа возникновения роев не ясна. Они возникают как в зонах континентальной сейсмичности (например, на Кавказе), так и в зонах субдукции (Курило-Камчатская зона) [3]. Иногда в тех областях, где в прошлые годы имели место сильные землетрясения, обнаруживаются рои, а иногда нет.

В нашей работе представлены результаты выявления роевых последовательностей землетрясений в обширном сейсмоактивном регионе не только Северного Тянь-Шаня, но и прилегающих территорий. За период наблюдений с 1960 по 2011 гг. исследованы особенности их распределения в пространстве и времени. Проанализировано положение роевых последовательностей землетрясений на фоне общей сейсмической активности в регионе исследования.

Из регионального каталога землетрясений за период 1960–2011 гг. [4], были выделены и исследованы роевые последовательности, произошедшие в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий. Выборка из каталога осуществлялась для событий с  $K \geq 8.0$ , без ограничения по глубине. Роем считалась последовательность при числе событий  $N > 3$ , произошедших за сутки, достаточно компактно по площади. Длительность роевых последовательностей варьировала от 1 до 15 дней. Выделение роевых последовательностей из каталога землетрясений осуществлялось по алгоритму [2].

Выделялся интервал времени, в течение которого происходило массовое «высыпание» землетрясений с близкими значениями координат эпицентров. Математические критерии при выборке из каталога роевых последовательностей по времени и координатам задавались в соответствии с приведенными выше [2]. Далее для каждой роевой последовательности составлялся каталог с метками роев, у распознанных землетрясений, выносились на карту распределения этих событий совместно с другими. Отдельно от афтершоковой последовательности событий, которые уже помечены в каталоге землетрясений, проверялась принадлежность событий к рою (в отличие от афтершоковой последовательности, роевые последовательности землетрясений не имеют характерного затухания событий по энергии во времени, согласно формуле затухания энергии афтершоков во времени  $F.Omori$  [5].) Сильные события так же помечались в формируемом каталоге распознанных землетрясений. Результатами работы исследовательского прототипа стали карты пространственно-временного распределения сейсмических событий за указанный период времени и для указанной территории исследования.

В результате применения технологии распознавания образов получены: карты распределения кластеров (зеленым цветом) на рис. 1, пространственно-временного распределения сейсмических событий (рис. 2) для сейсмоактивных регионов исследования.

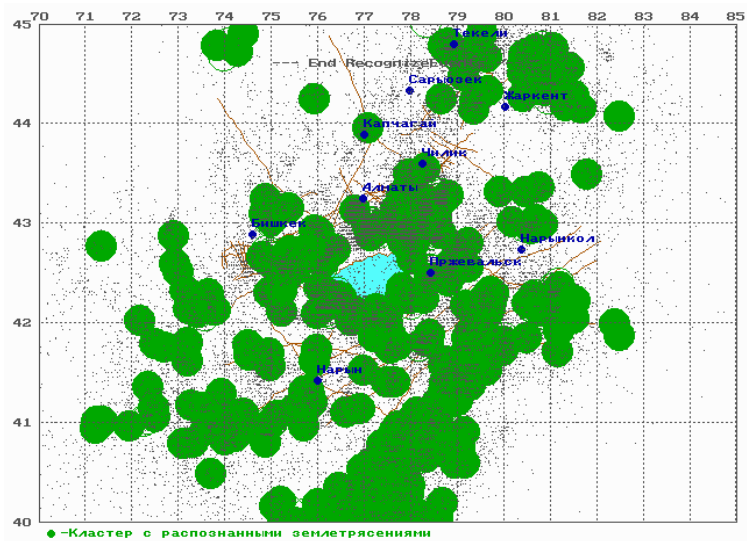


Рис.1. Кластеризация сейсмических событий за 1960-2011 гг. в регионе исследования: 40-45<sup>0</sup>N, 70-85<sup>0</sup>E(зеленым цветом указаны кластеры).

По результатам применения алгоритма распознавания образов временных последовательностей событий (на примере Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий) получен каталог распознанных сейсмических событий (роев, афтершоков и сильных землетрясений). Данный алгоритм может быть применен для выявления и исследования пространственно-временного распределения роев в других сейсмоактивных регионах.

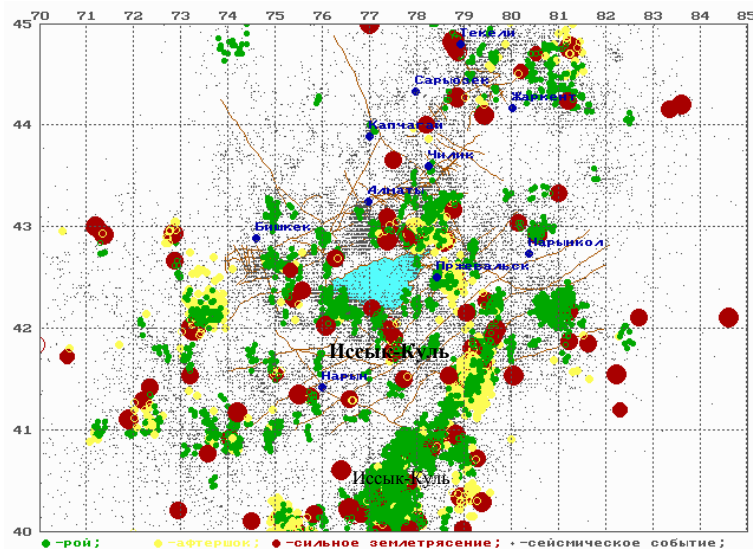


Рис. 2. Карта пространственно-временного распределения распознанных сейсмических событий за 1960-2011 гг. в регионе исследования: 40-45<sup>0</sup>N, 70-85<sup>0</sup>E.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы. 2004. 504с.
2. Казаков В.В., Литовченко И.Н., Паршуков М.Ю. Рои землетрясений на Северном Тянь-Шане // Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. Материалы международного симпозиума. Алматы. 1997. С. 145-151.
3. Славина Л. Б., Левина В. И., Бабанова Д.Н. Особенности возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивной зоне в акватории Тихоокеанского побережья Камчатки//<http://www.emsd.iks.ru/konf091011/pdf/largesteqs/10.pdf>.
4. Региональный сейсмический каталог за 1960-2011 гг./ ГУ «СОМЭ КН МОН РК» (Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Республики Казахстан).
5. Omori F. On the aftershocks // Rep., Imp., Earthquake Invest., Comm. 1894. № 2. P. 103–139.

## СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Шакиров Р.Б.

e-mail: [rus\\_shakirov@mail.ru](mailto:rus_shakirov@mail.ru)

Институт автоматизации и информационных технологий НАН КР

Необходимым условием успешного геофизического мониторинга является возможность оперативного доступа к требуемой информации. Для проведения измерений требуется комплекс телеметрической аппаратуры и программных средств. Проблемой организации мониторинга может быть то, что очень часто мониторинг нужно проводить в труднодоступных местах, в полевых условиях и при отсутствии электропитания. Одним из перспективных может быть вариант мониторинга с использованием беспроводных сенсорных сетей. Беспроводная сенсорная сеть - это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков(сенсоров) и исполнительных устройств, объединённых между собой посредством радиоканала. Область покрытия подобной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счёт способности ретрансляции сообщений от одного элемента к другому. Объединённые в беспроводную сенсорную сеть датчики образуют распределённую, самоорганизующуюся систему сбора, обработки и передачи информации. Применение сенсорных сетей для решения задач мониторинга (вместо традиционных проводных сетей) обусловлено, главным образом, отсутствием необходимости прокладки проводных коммуникаций. В настоящее время сенсорные сети находят все более широкое применение в качестве распределённых систем мониторинга различных объектов и физических процессов. Специфика данной задачи определяет общую структуру беспроводных сенсорных сетей, которые, как правило, представляют собой распределённые на большой территории информационно-измерительные системы (ИИС) [1].

Основные требования к современным устройствам передачи и обработки измерительной информации, используемым для построения сложно-

распределенных информационно-измерительных систем, - это низкое энергопотребление для обеспечения продолжительной автономной работы, малые размеры, невысокая стоимость самих устройств и работ по построению (монтажу) ИИС. Задачи мониторинга, как правило, не требуют передачи информационных потоков высокой плотности или даже передаваться только в случае изменения каких-либо параметров, поэтому устройства мониторинга могут не иметь технической возможности передавать плотный трафик, но иметь возможность обязательной доставки информации, например, за счёт возможности самоорганизации узлов и устройств ИИС. Под перечисленные требования попадают технологии, позволяющие построить беспроводную сенсорную сеть.

ZigBee, ISA100.11a, WirelessHART, MiWi, 6LoWPAN, - все перечисленные технологии представлены разными протоколами верхнего уровня модели OSI. Однако все стеки протоколов этих технологий разработаны на базе единого стандарта LR WPAN IEEE802.15.4, который описывает протоколы нижнего уровня (PHY и MAC) модели OSI для беспроводных персональных сетей со скоростью передачи до 250 Кбит/с и топологии построения радиосети "звезда", "точка-точка", "ячеистая топология". Устройства также включают функции управления расходом энергии, такие, как качество соединений и детектирование энергии. Совместимые со стандартом 802.15.4, устройства могут использовать одну из трёх возможных частотных полос для работы: 868.0-868.6 МГц; 902-928 МГц; 2400-2483.5 МГц [2].

ZigBee - это открытый стандарт беспроводной связи для систем сбора данных и управления. Стандарт ZigBee описывает все уровни, через которые проходит поток передаваемой информации, начиная с физического уровня и заканчивая уровнем поддержки профилей устройств. Нижние два уровня описываются стандартом IEEE 802.15.4 и определяют физические параметры приемопередатчика, структуру радиочастотной посылки, число адресуемых устройств, механизмы проверки и подтверждения целостности принятых данных, процедуры оценки качества канала связи и алгоритмы предотвращения коллизий. Приемопередающие устройства работают на частоте 2,4 ГГц по 16-ти каналам с шагом 5 МГц между каналами. Дополнительно для Европы выпускаются трансиверы на 868 МГц, работающие по 1-му каналу, для Америки - трансиверы на 915 МГц, работающие по 10-ти каналам с шагом 2 МГц. Максимальная скорость передачи данных по радиоканалу составляет 250 Кбит/с. Максимальное расстояние связи на открытой территории должно быть не меньше 100 м. Уровни с третьего по шестой описываются непосредственно спецификацией стека ZigBee. На этих уровнях определяется, какими свойствами должны обладать устройства, входящие в сеть, каким образом пакет информации передается от одного узла сети к другому, как обеспечивается безопасность передачи информации, как новое устройство подключается к сети и ее топология, какой узел в сети является главным, какой подчиненным. В спецификации стека предусмотрены три типа устройств: координатор, маршрутизатор и оконечное устройство. Среди свойств ZigBee следует особо выделить поддержку сложных топологий сетей. Именно за счет этого, при относительно малой максимальной дальности связи двух близлежащих устройств, возможно расширить зону покрытия сети в целом. Также этому способствует 16-битная адресация, позволяющая объединять в одну сеть более 65 тыс. устройств [2, 3, 4].

Wireless HART был создан на базе стандарта IEEE 802.15.4\_2006. WirelessHART-протокол передачи данных по беспроводной линии связи, разработанный HART Communication Foundation для передачи данных в виде HART-сообщений в беспроводной среде. WirelessHART обеспечивает передачу

данных со скоростью до 250 кбит/с на расстояние до 200 м (в пределах прямой видимости) при частоте передачи данных в диапазоне 2.4 ГГц. Wireless HART имеет возможность наряду с механизмом доступа к среде CSMA/CA на канальном уровне модели OSI, использовать TDMA, на физическом уровне используется механизм быстрого переключения между 16 частотными каналами СН (channel hopping), который можно рассматривать как аналог технологии расширения спектра посредством перескоков частоты (FHSS). Основным недостатком технологии Wireless HART в том, что она поддерживает только промышленные протоколы HART и ModBus [5, 6].

Стандарт ISA 100.11a, основанный на стандарте IEEE802.15.4, позволяет создавать единую инфраструктуру сенсорной сети. Стандарт разработан с возможностью одновременной передачи данных по полевым протоколам различных стандартов к имеющимся проводным или новым системам управления. ISA100.11a определяет стек OSI, менеджмент системы, шлюз и спецификации безопасности для обеспечения низкоскоростной беспроводной связи со стационарными, портативными и мобильными полевыми устройствами при малом энергопотреблении. ISA100.11a разработан специально для тяжелых промышленных условий эксплуатации и их специфических требований к прочности, подавлению помех и безопасности. Прикладная модель ISA100.11a может быть сформирована для эмуляции предыдущих уровней для любой проводной полевой шины и интегрирована в уже имеющиеся системы. ISA 100.11a поддерживает 128-битную IPv6-адресацию полевых устройств и технологию EDDL, которая позволяет обеспечивать совместимость полевых устройств от различных производителей, в диапазоне частот 2.4 GHz, и скорости порядка 250 кбит/с [7-9].

Протокол MiWi базируется на спецификации IEEE 802.15.4 для уровней MAC и PHY и предназначен для построения простых беспроводных сетей диапазона 2.4 ГГц, небольшого размера с ограниченным количеством маршрутизаторов, построенные на трансиверах MCRF24J40 IEEE 802.15.4-совместимых передатчиках производства Microchip. Сеть на базе MiWi может содержать до 1024 узлов, управляемых до 8 координаторами. Каждый координатор может обеспечивать взаимодействие до 127 узлов. Передача данных ведется в диапазоне частот 2.4 ГГц (предусмотрена работа в диапазоне частот 868 МГц и 915 МГц с более низкими скоростями) при скорости до 250 Кб/с. Протокол MiWi поддерживает все семь механизмов безопасности данных уровня MAC, описанных в стандарте IEEE 802.15.4 [10, 11].

6LoWPAN - стандарт, обеспечивающий взаимодействие беспроводных сетей с сетями IP по протоколу IPv6. Используется в основном для организации сетей датчиков и автоматизации жилого и офисного помещения с возможностью управления через интернет. Передача данных в стандарте 6LoWPAN подразумевает использование субгигагерцового диапазона и обеспечивает скорость передачи от 50 до 200 кбит/с на расстояние до 800 метров. Каждый сенсор в 6LoWPAN сети имеет персональный IPv6-адрес. Это позволяет многим компаниям производить LR-WPAN-устройства, которые могут работать вместе в одной сети, позволяет взаимодействовать данным устройствам, работать с сетевыми компьютерами и оборудованием, которое уже существует. Каждый узел сенсорной сети становится доступен из внешних сетей по IP-адресу. Это избавляет от необходимости иметь комплексные шлюзы для каждого локального IEEE 802.15.4-протокола. Дает возможность использовать множество устоявшихся, основанных на IP-протоколе программных инструментов, которые могут быть использованы при обслуживании сенсорной сети [12, 13].



Bluetooth стала частью стандарта IEEE 802.15.1 14 июня 2002 г. Bluetooth 4.0 LE достигает низкого энергопотребления за счет использования специального алгоритма работы. Передатчик включается только на время отправки данных, что обеспечивает возможность работы от одной батарейки типа CR2032 в течение нескольких лет. Стандарт предоставляет скорость передачи данных в 1 Мбит/с при размере пакета данных 8-27 байт. В новой версии два Bluetooth-устройства смогут устанавливать соединение менее чем за 5 мс и поддерживать его на расстоянии до 100 м. Для этого используется усовершенствованная коррекция ошибок, а необходимый уровень безопасности обеспечивает 128-битное AES-шифрование. Протокол Bluetooth поддерживает топологии point-to-point и point-to-multipoint [14, 15].

One-Net - открытый протокол для организации беспроводных сенсорных сетей и сетей автоматизации зданий и распределенных объектов. Позволяет организовывать сети, включающие в себя до 4096 узлов с несколькими координаторами и ретрансляторами, увеличивающими дальность передачи данных. Передача данных обеспечивается на расстояния до 100 метров в помещении и до 500 метров на открытых пространствах при скорости передачи данных от 28 до 4230 Кбит/с. Стандарт One-Net использует не лицензируемые диапазоны частот (ISM) 865-868 МГц в Европе и 902-928 МГц в США. Для диапазона 915 МГц число каналов составляет 25, первый канал частота 903 МГц, второй 904 МГц и т.д. до 927 МГц. В европейский диапазон укладывается всего три канала 1 865,8 МГц, 2 866,5 МГц, 3 867,2 МГц. В стандарте применяется частотная манипуляция (FSK) с большим значением девиации, позволяющая использовать методы расширения спектра, согласно стандарту FCC 15247 (США) или ETSI (ЕС). На данный момент в стандарте определено шесть скоростей передачи данных: 38.4; 76.8; 115.2; 153.6; 192 и 230.4 Кбит/с. Низшая скорость является основной и обязательна для реализации [17, 18].

RuBee - локальная беспроводная сеть, которая используется как сеть датчиков. Для передачи данных в RuBee используются магнитные волны, и передача осуществляется на частоте 131 КГц, что обеспечивает скорость всего лишь 1200 бит в секунду на расстояниях от 1 до 30 метров. Однако позволяет значительно снизить энергопотребление и позволяет узлам сети работать автономно в течение нескольких лет от одной батарейки. Используется сеть, в основном, для специфических целей, не требующих большого быстродействия, но требующих долгой автономной работы и надежной, защищенной связи. Использование низкой частоты позволяет избежать проблем, связанных с передачей данных в помещениях, так как сигнал не отражается и не блокируется стенами и другими предметами. Окончательная спецификация была опубликована в качестве стандарта IEEE 1902.1 в марте 2009 года [19].

DASH7 - технология организации беспроводных сенсорных сетей, основанная на стандарте ISO/IEC 18000-7:2008, который определяет радиоинтерфейс для радиочастотной идентификации (RFID) устройств, работающих в 433 МГц, используемых в управлении приложениями. Стандарт определяет параметры технических характеристик, рабочую частоту, занимаемые полосы частот канала, максимальную мощность, паразитные излучения, модуляции, рабочий цикл, кодирование данных, скорость передачи данных, тактовую частоту. В стандарте DASH7 используется частота сигнала 433 МГц, находящаяся в нелицензируемом диапазоне частот. Скорость передачи составляет от 27.8 Kbps до 100 Kbps, радиус действия - до 250 метров, возможна передача до 1 км с уменьшением скорости передачи данных. Dash7 mode2 имеет намного более

улучшенные характеристики по основным режимам работы, но он ещё не стандартизирован ISO/IEC [20].

Wavenis-технология не основывается на признанных международных стандартах, таких, как IEEE 802.15.4; технология может использоваться на OEM-платформах Coronis System. Технология Wavenis классифицируется как технология с ультранизким энергопотреблением и дальним радиусом действия - до 200 м в помещении и до 1000 м - на открытом пространстве. Диапазоны частот: 868 МГц, 915 МГц, 433 МГц ISM (2,4 ГГц дополнительно). Поддерживает топологии: структурное дерево, звезда и ячеистая топология. Скорость передачи данных 4,8 кбит до 100 кбит. Технологию Wavenis используют для организации персональных сетей и сетей датчиков; сверхнизкое потребление приемопередающих устройств позволяет им работать автономно до 15 лет от одной батарейки [16].

Z-Wave - распространённый протокол передачи данных, предназначенный для построения беспроводной сенсорной сети. Протокол покрывает все уровни OSI-классификации, что позволяет обеспечивать совместимость устройств разных производителей при создании гетерогенных сетей. С 2012 года физический и канальный уровни протокола Z-Wave вошли в стандарт ITU-T G.9959. Уровни от транспортного до канального реализованы в программном коде Sigma Designs и поставляются в перекомпилированном виде (в комплекте SDK). Реализуется совместимость приложений и устройств Z-Wave, выпущенных разными производителями. Технология Z-Wave обеспечивает передачу данных на расстояние до 30 метров в условиях прямой видимости, со скоростью 9,6 кбит/с или 40 кбит/с, при частотах 869.0 МГц - в России, 908.42 МГц - в США, 868.42 МГц - в Европе и т.д.. Сеть Z-Wave строится ячеистой топологии, на пути следования может содержаться до 4 узлов передатчиков. Учитывая предельные расстояния между устройствами - 30 метров в прямой видимости (зависит от антенн), можно сказать, что предельная дальность доставки пакета 120 метров. Сеть может содержать до 232-х устройств [21, 22].

Insteon - комбинированная (частично проводная и частично беспроводная) сенсорная сеть. Для передачи информации используется радиосигнал на частоте 902-924 МГц, обеспечивающий передачу данных на дальности до 45 метров в условиях прямой видимости со средней скоростью 180 бит/с. Для передачи информации по проводу используется электропроводка дома или офиса. Использование комбинированной сети повышает ее надежность и позволяет избежать проблем, связанных с помехами или перекрытиями зон видимости при передаче данных по радиоканалу. В протоколе предусмотрена обратная совместимость с более старым протоколом X10. Теоретический предел размера сети составляет в настоящее время 16.7 миллионов устройств. Поддерживаемые топологии сети - P2P, ячеистая топология, Unsupervised (nonroutingtables) Protocol. Предусматриваются встроенные средства обнаружения ошибок и повторной передачи сигнала. Спецификации INSTEON защищены патентами компании SmartHome Technology [23].

EnOcean-технология разработана одноименной компанией. Эта технология организации беспроводных сенсорных сетей, использующая сверхминиатюрные датчики, для работы которых требуются нановатты потребляемой мощности с генераторами электроэнергии. Наиболее эффективные из них: преобразователи механической энергии в электрическую, фотоэлементы, термоэлектрические преобразователи Пельтье, что позволяет элементам сети EnOcean работать автономно, практически без элементов питания, очень длительный период времени. Технология EnOcean позволяет передавать данные на частоте 868 МГц

(для Европы) со скоростью 120 Кбит/с на расстояния до 300 метров в пределах прямой видимости. В помещениях прохождение сигнала сильно зависит от материала стен и перекрытий. Обычно этот параметр составляет порядка 30 метров. Каждый элемент сети имеет свой 32-х разрядный идентификационный номер и протокол обмена, защищающий от взаимных помех соседние датчики, что позволяет устанавливать до 4-х миллиардов устройств в непосредственной близости друг от друга (по данным с сайта разработчиков технологии) без взаимной интерференции [24].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балонин М.А. Сергеев М.Б. Беспроводные персональные сети / Учебное пособие. Санкт-Петербург 2012.
2. IEEE Standard for Information Technology. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) Revision of 802.15.4-2003, July 2006, [//ieeexplore.ieee.org/standards.ieee.org/getieee802/802.15.html](http://ieeexplore.ieee.org/standards.ieee.org/getieee802/802.15.html)
3. Беспроводные сети zigbee / <http://www.wless.ru/technology/?tech=1>
4. Ю. Незнамов, В. Козаченко / Перспективы использования беспроводных zigbee интерфейсов в электроприводе / <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/40498/doc/44411/>
5. <http://zigbee.org/Specifications.aspx>
6. Г. Гайкович / Новые беспроводные стандарты для сетей промышленной автоматике / <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2187/doc/44955/>
7. <http://ru.hartcomm.org>
8. Ян Верхаппен. / Вопросы безопасности и разработки стандартов для промышленных беспроводных сетей / <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2191/doc/53190/>
9. Г. Гайкович. / О возможностях использования беспроводных высокоскоростных сверхширокополосных аппаратно-программных систем для промышленной автоматике / <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2187/doc/47126/>
10. <http://www.isa.org>
11. Стекло протоколов MiWi™ для беспроводных сетей. Трансивер MRF24J40 / <http://www.gamma.spb.ru/articles.php?i=69>
12. <http://www.microchip.com.ru/Wireless/MiWi.html>
13. 6LOWPAN-взгляд на беспроводные IP-сети от TEXAS INSTRUMENTS / <http://www.compeljournal.ru/enews/2012/01/8>
14. <http://tools.ietf.org/pdf/rfc4944.pdf>
15. <http://www.bluetooth.com>
16. [http://www.coronis.com/en/wavenis\\_technology.html](http://www.coronis.com/en/wavenis_technology.html)
17. К. Верхулевский, Ю. Шаропин. Открытый стандарт беспроводной связи ONE-Net и аппаратные решения на его основе. Часть 1. / Современная электроника. № 8. 2008.
18. К. Верхулевский, Ю. Шаропин. Открытый стандарт беспроводной связи ONE-Net и аппаратные решения на его основе. Часть 2. / Современная электроника № 9. 2008.
19. <http://www.rubee.com/WhitePapers/>
20. JP Norair / Introduction to DASH7 Technologies 1st Edition / Date: 16 Mar 2009 / <http://www.dash7.org/whitepapers>

21. С. Полтораки. Что такое Z-Wave? /<http://rus.z-wave.me/z-wave-knowledge-base/z-wave-technical-overview>
22. <http://wiki.zwaveeurope.com/>
23. <http://www.insteon.com/about-whitepapers.html>
24. <http://www.enocean.com/de/white-papers/>

## КЕМИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ И ЕГО ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Омуралиев М., Омуралиева А., Ачакеев Э.  
e-mail: mederbek@mail.ru

Институт сейсмологии НАН КР, Бишкек, Кыргызстан

Кеминское землетрясение (3 января 1911 г) является одним из катастрофических землетрясений Тянь-Шаня. Данное землетрясение проявилось в период максимальной сейсмической активизации и единых геодинамических условий Тянь-Шаня, когда произошли разрушительные землетрясения, как Чиликское (1889,  $M_{LN} = 8,3 \pm 0,5$ ), Кашгарское (1902,  $M_{LN} = 8,1 \pm 0,2$ ). Перед Кеминским землетрясением, севернее него, в зоне Предзаилийского разлома, разделяющей Илийскую впадину (на севере) и Заилийское поднятие (на юге), произошло Верненское землетрясение (1887,  $M = 7,3 \pm 0,5$ ,  $K = 16,9$ ) на глубине около 20 км. Восточнее него, на сочленении Заилийского поднятия и Чиликской впадины произошло Чиликское землетрясение (1889,  $M = 8,3 \pm 0,5$ ,  $K = 18,5$ ) на глубине около 40 км. После Кеминского землетрясения, западнее него, на сочленении Кыргызского, Заилийского поднятий и Чуйской, Кеминской впадин произошло Кеминско-Чуйское землетрясение (1938,  $M = 6,9 \pm 0,5$ ,  $K = 16$ ) на глубинах 17- 25 км [5].



Рис.1. Сегменты Заилийского и Кунгейского активных структур, разделенные Кеминской и Чиликской вадинами: 1 – Таса-Кеминское; 2 – Западно-Заилийское (S - южное, N - северное); 3 – Восточно-Заилийское; 4 – Сарытауское; 5 – Алабайталское; 6 – Торуйайгырское; 7 – Чиликское; 8 – Западно-Кунгейское (S - южное, N - северное); 9 – Южно-Центрально-Кунгейское (W - западное, E - восточное); 10 – Северо-Центрально-Кунгейское; 11 – Восточно-Кунгейское.

Поверхностные разрывы и оползни сильных палеоземлетрясений в данном регионе достаточно сохранились. Примером является Ташбулакский скальный оползень, сформированный в зоне Аксуйского разлома, восточнее которой произошел скальный оползень Кеминского землетрясения. Поверхностные разрывы палеоземлетрясений образовались, например, в долине р. Торуйайгыр на северном крыле Иссык-кульской впадины. Высота Актекинского уступа составляет около 3-4 м на террасе  $Q_{IV}^2$ ; 7,5- 8 м - на террасе  $Q_{III}^2$ ; 10-12 м - на террасе  $Q_{III}^3$ ; 29-30 м - на террасе  $Q_{II}^3$  и 47,2 м - на террасе  $Q_{II}^2$  [23]. Это означает,

что в данном районе происходило накопление подвижек по разлому в результате повторных кратных сильных палеоземлетрясений.

Область Кеминского землетрясения приурочена к зоне конвергенции литосферы Казахстанского щита и Тянь-Шаня, где сформировалась Северо-Тянь-Шаньская активная зона. Здесь образовались Заилийское и Кунгейское устойчивые субширотные поднятия, разделенные Кеминской и Чиликской впадинами (рис.1). Данные поднятия состоят из систем активных складок (сегментов) следующего иерархического уровня, сформированных на висячих крыльях сегментов активных разломов (с севера на юг): Предзаилийский, Северо- и Южно - Кеминские, Чиликский, Предкунгейский. Устойчивые поднятия, которые проявились с начала новейшего этапа около 30 млн. лет назад, имеют высоту до 4980 м, длину до 245 км. Инверсионные поднятия, которые проявились в основном в позднем неогене - раннечетвертичном времени, т.е. 10 млн. лет тому назад, имеют высоту в пределах 1900-3000 м и длину 5 - 45 км. Следовательно, складки по мере поднятия распространились по простиранию. Соотношение высоты  $H$  (м) и длины  $L$  (км) структуры может быть описано формулой:

$$H=30,7 L+1743,2 \quad (1).$$

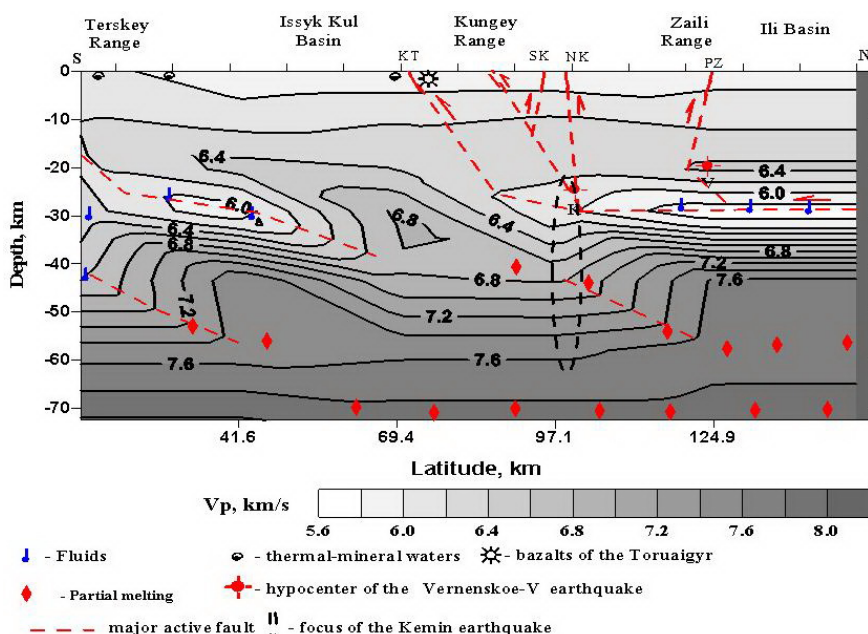


Рис.2. Разрез скоростей продольных волн  $V_p$  по сейсмотомографическим данным.

Скорость поднятия инверсионных складок составляет около 3 мм/год. Разница высот устойчивых инверсионных поднятий составляет порядка 1980 м. Соответственно, средняя скорость поднятия устойчивых складок до позднего неогена составляла около 0,1 мм/год. Средняя скорость горизонтальных составляющих неотектонических движений Тянь-Шаня составляет 1,9 мм/год [8]. Следует упомянуть, что современное движение земной коры, по данным GPS-измерений, равно 11 мм/год [17]. Сегменты Заилийского и Кунгейского поднятий имеют характерную протяженность (длину). Следовательно, они формировались определенными темпами и имеют различные сейсмические потенциалы, т.е. различные значения возможной максимальной магнитуды.

Глубинное строение региона на основе сейсмотомографических данных [6, 7, 14, 16, 23, 24] позволяет отметить, что Северо-Тянь-Шаньская активная зона сформировалась в зоне конвергенции Казахстанского щита и Тянь-Шаня, над поддвигом литосферы южной части Казахстанского щита.

На рисунке 2 в качестве примера приведен меридиональный скоростной ( $V_p$ ) разрез через эпицентр Кеминского землетрясения. Здесь относительно высокоскоростная среда, например, с  $V_p=7,6$  км/сек, Казахстанского щита на глубинах около 42 км погружается в южном направлении до глубин около 60 км и более.

По скоростным характеристикам среды выделяются участки возможного проявления флюидов и частичного плавления. Участки возможного насыщения флюидами приурочены к низкоскоростным неоднородностям. Низкоскоростные неоднородности – субгоризонтальные, либо имеют пологое залегание, которые вверх по разрезу переходят в вероятные зоны разломов с углом падения более  $45^\circ$ . Участки возможного частичного плавления проявлены в нижней части земной коры и протягиваются в виде цепочки субгоризонтально или под пологим наклоном. В целом земная кора здесь расслоена, разделена волноводами, которые представляют собой субгоризонтальные глубинные части (сегменты) разломов, где имеется перенос флюидов. Проявление кайнозойских базальтов, в частности Торуйайгыра (на сочленении Кунгейского поднятия и Иссы-кульской впадины), очевидно, обусловлено поддвижением литосферы Казахстанского щита под литосферу Тянь-Шаня.

Поверхностные разрывы Кеминского землетрясения образовались на северном и южном крыльях Кеминской впадины, в пределах впадин Аксу и Чон Аксу, а также на западе (в районе Джел-Арык) и на западном окончании Чиликской впадины [3]. Эти разрывы выражены в рельефе в виде приразломных уступов. Длина поверхностных разрывов достигала 4-4,5 км и уступы выклинивались на концах. Они протягиваются в виде цепочек в пределах Кеминской впадины, простираются в восточном, северо-восточном направлениях и в пределах впадин Чон-Аксу и Аксу простираются в юго-восточном направлении. Причем разрывы на северном крыле Кеминской впадины имели преимущественно южное падение под углом около  $60^\circ$ , а на южном крыле Кеминской впадины – северное падение под углом около  $60^\circ$ . Разрывы в пределах впадин Чон - Аксу и Аксу имели преимущественно северное падение под углами около  $60^\circ$  и  $45^\circ$ , соответственно. Было отмечено, что уступ с максимальной высотой 10,5 м образовался в долине Чон-Аксу. Высота уступов восточнее, в пределах впадины Аксу, и западнее, в пределах Кеминской впадины, колебалась от 1 м до 8 м. В траншеях, пройденных через уступ с максимальной высотой, отмечено, что вертикальная составляющая смещения составляет 8 м [1]. Амплитуда сдвиговых смещений по геоморфологическим предварительным данным предполагается в пределах одного метра. Соответственно, разрывы имеют взбросо-сдвиговый характер и реальное (полное) смещение более 8,1 м.

В зоне Северо-Кеминского разлома был отмечен [1] поверхностный разрыв сдвигово-взбросового характера, где левостороннее сдвиговое смещение составляет 5-10 м и взбросовая составляющая – 4-5 м. Очевидно, это является выражением косоугольного полного смещения от 6 м до 11 м. Важно отметить, что в зоне Аксуйского разлома (севернее н.п. Ананьево) образовался крупный скальный оползень. Объем оползневой массы около 15 млн. куб. метров.

Опыт более точного изучения параметров поверхностных разрывов сильных землетрясений Тянь-Шаня показывает, что взбросовая и сдвиговая составляющие подвижки по разрывам находятся в определенных соотношениях. Так, один из поверхностных разрывов Суусамырского (1992,  $M=7,3$ ) землетрясения имел вертикальную составляющую равную 2,7 м и правостороннюю сдвиговую составляющую - 2,5 м, а также южное падение под углом  $80^\circ$  в центральной части

разрыва [11]. Разрыв по простиранию выклинивался, и амплитуды смещения стремилась к нулю. Соответственно, взбросовая составляющая данного разрыва достигала 2,75 м. Величина реального смещения составляла 3,7 м. Поверхностный разрыв Кашгарского землетрясения (1985,  $M=7,1$ ) имел 1,2-1,3-метровое сдвиговое смещение по простиранию и 0,5-0,6-метровое взбросовое смещение [22]. Здесь полное смещение составляло 1,4 м.

Серии поверхностных разрывов Кеминского землетрясения могут быть сгруппированы в сегменты. Выделено шесть сегментов (с запада на восток): Джел-Арыкский, Южный Нижне-Чон-Кеминский, Северный Нижне-Чон-Кеминский, Верхне-Чон-Кеминский, Чон-Аксайский, Аксайский протяженностью 20 км, 62 км, 40 км, 66 км, 40 км, 34 км, соответственно [1, 3]. Общая протяженность этих сегментов составляет 262 км. Однако Южный Нижне-Чон-Кеминский, Северный Нижне-Чон-Кеминский сегменты расположены субпараллельно. Имеющиеся данные по поверхностным разрывам Кеминского землетрясения позволяют отметить, что очаг данного сильного землетрясения состоит из иерархии очагов. Такие фактические данные вызывают необходимость пересмотра методики оценки сейсмического момента и моментной магнитуды.

Макросейсмические данные Кеминского землетрясения имеют свои особенности [3]. Протяженность очага по первому (10-балльному) изосейсту составляет  $190 \pm 10$  км. За эпицентр Кеминского землетрясения условно принят центр данного изосейста. После первого изосейста изменение интенсивности в крест тектонической структуры в северном и южном направлениях - разное, также отличается и изменение интенсивности вдоль структуры в восточном и западном направлениях. Интенсивность относительно быстро спадает в южном и восточном направлениях. Эти данные позволяют предположить, что очаг в верхней части- субвертикальный, в нижней части- имеет северное падение. На основе анализа макросейсмических данных была определена [2] вертикальная протяженность очага, где нижняя часть очага находится на глубине около 60 км. По стандартным номограммам глубина землетрясения  $h=13-50$  км, средняя глубина  $h_{cp} = 25$  км [5].

Оценка глубины землетрясения на основе уравнения макросейсмического поля [10]:

$$I_i = 1,5M - 4,5 \lg(\Delta^2 + h^2)^{1/2} + 4,4 \quad (2)$$

показала, что при  $I = 10$  баллам глубина достигает  $h = 29$  км, при  $I = 9$  баллам - глубина  $h=44,7$  км, при  $I = 8$  баллам - глубина  $h=72,9$  км.

При предположении, что длина разлома очага Кеминского землетрясения  $L = 200 \pm 10$  км, глубина разлома  $h = 20$  км, среднее смещение  $U=4$  м, угол падения разлома  $45^\circ$  и модуль сдвига  $\mu = 3,3 \times 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup> [22], сейсмический момент составляет  $M_0 = 7,59(\pm 2,9) \times 10^{20}$  Нм. Следует напомнить, что величина сейсмического момента по данным поверхностных волн составляла  $5,0 \times 10^{20}$  Нм [19].

Рассмотрим сейсмические моменты Аксайского и Кеминского сегментов. В Аксайском сегменте при длине разлома  $L = 74$  км, глубине  $h=29$  км, максимальном смещении  $U=8,1$  м, среднем угле падения разлома  $53^\circ$  и модуле сдвига  $\mu = 3,3 \times 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>, возможный сейсмический момент  $M_0 = \mu UA$  [18] составляет  $M_0 = 7,18 \times 10^{20}$  Нм.

В Кеминском сегменте при длине разлома  $L = 188$  км (когда Южный и Северный Нижне-Кеминские субпараллельные сегменты рассматриваются раздельно), глубине  $h=29$  км, максимальном полном смещении  $U=5$  м, среднем угле падения разлома  $60^\circ$  и модуле сдвига  $\mu = 3,3 \times 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>, возможный максимальный сейсмический момент составляет  $M_0 = 1,03 \times 10^{21}$  Нм.

Вышеизложенные результаты позволяют предположить, что при Кеминском землетрясении произошли два главных толчка за короткий промежуток времени. В случае одного толчка сейсмический момент принимал бы значение около  $M_0 = 1,53 \times 10^{21}$  Нм, как сумма сейсмических моментов Аксуйского и Кеминского сегментов. Этот сейсмический момент предполагает магнитуду около 8,6, определенную Рихтером [13] для Кеминского землетрясения.

Проанализируем параметры разлома землетрясения на основе “соотношения подобия” Канамори –Андерсона [20]:

$$D/L = c_1 = \text{const} - \text{геометрическое подобие} \quad (3),$$

$$U/L = c_2 = \text{const} - \text{фиксированный сброс деформации} \quad (4).$$

Эти уравнения (3) и (4) соответствуют выражению  $M_0 = \mu UA$  [18].

Для сильных землетрясений мира  $D/L$  принимает значение 0,2-0,7 с вероятностью 74% и  $D/L = 0,03 - 0,16$  - с вероятностью 12%,  $U/L = 4,42E-6 - 5E-5$  - с вероятностью 74 % и  $U/L = 5E-5 - 1,0E-4$  - с вероятностью 19 % [10]. Для сегментов разломов сильных землетрясений Тянь-Шаня можно принять  $D/L = 0,34$ . Величина  $D$  при  $L = 190 \pm 10$  км (длина очага Кеминского землетрясения) составляет около  $D = 190 * 0,34 = 64,6$  км. Величина  $U/L$  для Аксуйского сегмента составляет около  $8,1/74 \times 10^3 = 1,09E-4$ , для Кеминского сегмента –  $5,1/148 \times 10^3 = 3,44E-5$ , а для Чон-Кеминского сегмента –  $5,1/66 \times 10^3 = 7,72E-5$ . В связи с этим можно сказать, что сброс деформации в этих сегментах различный.

Возможный сейсмический момент при  $D = 64,6$  км,  $L = 190$  км,  $A = DL = 12274$  км<sup>2</sup>,  $U = 5,1$  м,  $\mu = 3,3 \times 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup> составляет  $M_0 = \mu UA = 2,04 \times 10^{21}$  Нм. В данном случае величина моментной магнитуды по формуле Канамори [21]:  $M_w = (\lg M_0 / 1,5) - 10,7 = 8,16$ . Отношение сейсмической энергии ( $E \approx 10^K = 10^{17,8}$  Дж, где  $K$  - энергетический класс) и сейсмического момента  $E/M_0 = 6,3 \times 10^{24} / 2,04 \times 10^{28} = 3,04/10^4$ , если нет сомнения относительно величины сейсмической энергии. Можно найти величину сброшенного напряжения ( $\sigma$ ) по формуле [4]:

$$E/M_0 = \sigma/2\mu \quad (5),$$

где  $E$  – сейсмическая энергия (эрг),  $M_0$  - сейсмический момент (дин см),  $\mu$  - модуль сдвига (дин/см<sup>2</sup>). Как отмечено выше отношение  $\sigma/2\mu = 3,04/10^4$ . В связи с этим при  $\mu = 3,3 \times 10^{11}$  дин/см<sup>2</sup> находим возможную величину сброшенного напряжения  $\sigma = 202,6$  бар. Если бы  $\sigma = 30$  бар, то  $\sigma/2\mu = 1/(2 \times 10^4)$  и возможное значение сейсмического момента составляло бы  $M_0 = (2 \times 10^4)$  дин см и энергии  $E = 12,6 \times 10^{28}$  Дж. Моментную магнитуду с учетом напряжения  $\sigma = 202,6$  бар при  $M_0 = 2,04 \times 10^{21}$  Нм можно найти по формуле [9, 10]:

$$M_w = (\lg M_0 / 1,5) + (0,0065 \sigma - 10,93) = 9,2 \quad (6).$$

Объем очаговой зоны, включающий место возникновения главного толчка Кеминского землетрясения и афтершоков, можно найти по формуле [15]:

$$\lg V \text{ см}^3 = 6,56 + M(2,6 - 0,1M) \quad (7),$$

где  $M$  - магнитуда. При  $M = 8,5$  объем  $V(M)$  составляет около  $2,69 \times 10^6$  км<sup>3</sup>. Объем очаговой зоны по формуле:

$$V = E/e \quad (8),$$

где  $e = 10^3$  эрг/см<sup>3</sup> – плотность высвобождения энергии из источника [4]. При  $E = 10^{17,8}$  Дж или  $6,3 \times 10^{24}$  эрг  $V(E) = 6,3 \times 10^6$  км<sup>3</sup>. Анализ показал, что объем, определенный с учетом энергии и её плотности, более точный, чем объем, определенный с учетом магнитуды.

Важно оценить сейсмическую опасность сегментов активных структур и их возможных ассоциаций, а именно определить вероятный сейсмический момент и максимальную моментную магнитуду (табл.). Для этого определены возможные величины протяженности ( $D$ ) разлома по падению и величины перемещения ( $U$ )



по поверхности разлома на основе имеющихся данных длины (L) сегментов с использованием “соотношения подобия” Канамори –Андерсона [20].

Таблица

Активные структуры	L, км	D, км	U, м	Mo, дин.см	Mw
<b>Заилийское поднятие:</b>					
1-Таса- Кеминское	45	15,3	3,5	7,24991E+26	7,6
2-Западно-Заилийское:	85	28,9	6,6	4,88598E+27	8,2
южное	3	10,2	2,3	2,14812E+26	7,3
северное	60	20,4	4,6	1,7185E+27	7,9
3-Восточно-Заилийское	65	22,1	5	2,18492E+27	7,9
4-Сарьтауское	50	17	3,9	9,945E+26	7,7
5-Алабайталское	10	3,4	0,8	7,956E+24	6,3
6- Торуйайгырское	40	13,6	3,1	5,09184E+26	7,6
7-Чиликское	47	16	3,6	8,26016E+26	7,7
<b>Кунгейское поднятие:</b>					
8- Западно-Кунгейское:	70	23,8	5,4	2,72891E+27	8,05
южное	50	17	3,9	9,945E+26	7,7
северное	40	13,6	3,1	5,09184E+26	7,6
9 – Южно-Центрально-Кунгейское:	85	28,9	6,6	4,88598E+27	8,2
западное	40	13,6	7	5,09184E+26	7,6
восточное	60	20,4	4,6	1,7185E+27	7,9
10 – Северо-Центрально-Кунгейское	90	30,6	7	5,79992E+27	8,2
11 – Восточно-Кунгейское	100	34	7,8	7,956E+27	8,3
<b>Возможные ассоциации сегментов активных структур</b>					
2+3 - Восточный, Западный Заили	150	51	11,7	2,68E+28	8,7
3+4 – Восточный Заили, Сарьтау	115	39,1	8,9	1,21E+28	8,4
3+4+5+6 - Восточный Заили, Сарьтау, Алабайтал, Торуйайгыр	170	57,8	13,2	3,9E+28	8,8
3+7 - Восточный Заили, Чилик	112	38	8,7	1,12E+28	8,4
2+10 - Западный Заили, Северо-Центральный Кунгей	175	59,5	13,6	4,26E+28	8,8
8+9 – Западный Кунгей, Южно-Центральный Кунгей	155	52,7	12	2,96E+28	8,7
9+10 – Южно-Центральный, Северо-Центральный Кунгей	135	45,9	10,5	1,96E+28	8,6
10+11 – Северо-Центральный Кунгей, Восточный Кунгей	190	64,6	14,8	5,45E+28	8,9

В пределах вышеотмеченных сегментов активных структур разного иерархического уровня отмечается современная динамическая сегментация [12]. Вместе с тем наблюдается изменение процесса проявления флюидов. Одним из показателей возможного проявления флюидов является отношение амплитуд поперечных и продольных сейсмических волн  $A_s/A_p$ . На графике изменения  $A_s/A_p$  сейсмических волн промышленных взрывов Агалатас за 1972 – 1992 гг. наблюдается тренд уменьшения значений  $A_s/A_p$ , на фоне которого наблюдается и циклическое изменение - чередование периодов с относительно большими и малыми значениями  $A_s/A_p$ . Периоды с малыми значениями  $A_s/A_p$  отражают периоды проявления флюидов в среде.

### Выводы

Область Кеминского землетрясения приурочена к сегментам активных Заилийских и Кунгейских структур в зоне поддвига литосферы Казахстанского щита под литосферу Тянь-Шаня, где формировалась Северо-Тянь-Шаньская активная зона. По мере поддвига литосферы Казахстанского щита проявились базальты от Кунгейского поднятия до Терской поднятия.

Литосфера расслоена зонами разломов, где имеются участки насыщения флюидами и частичного плавления.

Параметры (высота, длина) активных поднятий, сформированных на висячих крыльях активных разломов, возрастали во времени. Возможные максимальные моментные магнитуды сегментов активных структур разные. Ассоциации сегментов разломов изменялись по ходу подготовки сильного землетрясения. Кеминское землетрясение образовалось в ассоциации Западно-Заилийского, Западно-Кунгейского и Центрально-Кунгейского сегментов активных структур.

Состояние геофизической среды изменяется в пространстве и во времени циклично и выражается в виде изменения параметра  $A_s/A_p$  и динамической сегментации активных структур.

Поверхностные разрывы Кеминского землетрясения имеют преимущественно взбросо-сдвиговый характер. Амплитуда полного (реального) смещения точно не изучена, по предварительным данным достигает 8,1-11 м. В определении глубины землетрясения существует большая неопределенность, она колеблется от 13 до 64 км. По имеющимся данным сейсмический момент принимает значение около  $2,04 \times 10^{28}$  дин см, сброшенное напряжение - около 202 бар при сейсмической энергии  $E = 10^{17,8}$  Дж. Возможная моментная магнитуда по предварительным сейсотектоническим данным  $M_w \approx 9,2$ , что требует дополнительного точного изучения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уилдон Р. Активная тектоника Тянь-Шаня. Бишкек: Илим. 2007. 72 с.
2. Аманкулов Т.К. Очаги сильных землетрясений Средней Азии. Бишкек. 1991. 248 с.
3. Богданович К.И., Карк И.М., Корольков В.Ю., Мушкетов Д.И. Землетрясение в северных отрогах Тянь-Шаня, 22 декабря 1910 (4 января 1911). СПб. 1914. 226 с.
4. Касахара К. Механика землетрясений. М: Мир. 1985. 264 с.
5. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М: Наука. 1977. 536 с.
6. Нусипов Е.И., Оспанов А.Б., Шацлов В.И., Тимуш А.В. Глубинное строение орогенов Гиндикуша, Памира, Тянь-Шаня и Казахского щита. Сейсмические исследования земной коры. Новосибирск: СО РАН. 2004. С. 223-231.
7. Нусипов Е.И., Оспанов А.Б., Шацлов В.И. Скоростные модели литосферы Высокой Азии по системе геотраверсов // Вестник НЯЦ Республики Казахстан. 2005. Вып.2. С. 109-121.
8. Омуралиев М., Корженков А.М. Морфоструктурные параметры и напряженно-деформационное состояние среды сейсмических зон Тянь-Шаня // Геотектоника. 1995. № 2. С. 91-98.
9. Омуралиев М., Омуралиева А. Сейсмическое излучение в близких зонах от землетрясений по данным локальной сети сейсмических станций // Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. 2006. № 1. С. 34-43.

10. Омуралиев М. Омуралиева А., Ачакеев Э. Атлас пиковых ускорений сильных землетрясений и законы затухания пиковых ускорений сейсмогенных зон в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии. Бишкек: Полиграфресурсы. 2009. 164 с.
11. Омуралиев М. Омуралиева А. Локальные скоростные неоднородности зон активных разломов Тянь-Шаня. Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып. 4. Сб. мат.-лов 4 –го Междунар. симпозиума. 15-20 июня 2008 г. / Под ред. Леонова Ю.Г. Москва-Бишкек: 2009. С. 129-132.
12. Омуралиев М., Омуралиева А. Молдобекова С. Динамическая сегментация активных разломов и модель развития очага землетрясения Тянь-Шаня. Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып.4. Сб. мат.-лов 4 –го Междунар. симпозиума. 15-20 июня 2008 г. / Под ред. Леонова Ю.Г. Москва-Бишкек: 2009. С. 446-452.
13. Рихтер Ч.Ф. Элементарная сейсмология. М: Мир. 1963. 672 с.
14. Сабитова Т.М. Багманова Н.Х., Миркин Е.Л. Скоростные неоднородности литосферы Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып.4. Сб. мат.-лов 4 –го Междунар. симпозиума. 15-20 июня 2008 г. / Под ред. Леонова Ю.Г. Москва-Бишкек: 2009. С. 406-415.
15. Садовский М.А., Писаренко В.Ф., Родтонов В.М. От сейсмологии к геомеханике и модели геофизической среды // Вестн. АН СССР. 1983. № 1. С.82-88.
16. Шацков В.И., Тимуш А.В., Степаненко Н.П., Кайдаш, Белоусова Н.П. Особенности строения литосферы Тянь-Шаня и прилегающих платформ. Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценка сейсмического риска. 2005. С.118-129.
17. Abdрахmatov K. Ye., Aldazhanov S.A., Hager B.H., Hamburger M.W., Herring A., Kalabaev K.B., Makarov V.I., Molnar P., Panasyuk S.V., Prilepin T., Reilinger R.E., Sadybakasov I.S., Souter B.J., Trapenznikov Yu.A., Tsurkov V.Ye., Zubovich A.V. Relatively recent construction of the Tien Shan inferred from GPS measurements of present-day crustal deformation rates // Nature. 1996. 384. P. 450-453.
18. Aki K. Generation and propagation of G waves from the Niigata earthquake of June 16, 1964: Part2. Estimation of earthquake moment, released energy, and stress drop from the G wave spectra // Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo, Tech. Rep. 1966. 44. P.73-88.
19. Chen W. P., Molnar P. Seismic moments of major earthquakes and average rate of slip Central Asia // J. Geophys. Res. 1977. 82. P.2945-2969.
20. Kanamori H., Anderson D.L. Theoretical basis of some empirical relations in seismology // Bull. Seismol. Soc. Am. 1975. 65. P.1073-95.
21. Kanamori H. The energy release in great earthquakes // J. Geophys. Res. 1977. Vol. 82. № 20. P. 2981-2987.
22. Molnar P., Ghose S. Seismic Moments of Major Earthquakes and the Rate of Shortening across the Tien Shan // Geophys. Res. Lett. 2000. Vol.27. №16. P. 2377 – 2380.
23. Omuraliev M., Omuralieva A. Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Kyrgyzstan, Central Asia. Bishkek: Ilim. 2004. 166 p.
24. Roecker S.W., Sabitova T.M., Vinnik I. P., Burmakov Y.A., Golvanov M. I., Mamatkanova P., Munirova L. Three-dimensional elastic wave velocity structure of

## **ВЕРОЯТНЫЕ УЧАСТКИ ПРОЯВЛЕНИЯ ФЛЮИДОВ И ЧАСТИЧНОГО ПЛАВЛЕНИЯ В ЗЕМНОЙ КОРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТЯНЬ-ШАНЯ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ “GHENGIS” И “KNET”**

Омуралиева А., Омуралиев М.  
e-mail: [omuraika@mail.ru](mailto:omuraika@mail.ru)

Институт сейсмологии Национальной академии наук КР, Бишкек, Кыргызстан

В последние годы с развитием сейсмической томографии изучаются объемные скоростные неоднородности Тянь-Шаня [2, 3, 4, 5, 8, 9, 10]. Проведена комплексная сейморазведочная работа вдоль трансекта MANAS методами МОВ-ОГТ, МОВЗ и сейсмической томографии [6]. Вместе с тем проводятся магнитотеллурические и магнитовариационные зондирования, определяется электропроводимость (электросопротивление) среды земной коры и верхней мантии [1]. Следует обратить внимание, что среди основных факторов, от которых зависят скорости  $V_p$ ,  $V_s$  и  $V_p/V_s$ , кроме минералогического состава, давления (напряжения), температуры, трещиноватости и пористости горных пород, есть флюидонасыщенность, поровое давление и процессы, связанные с частичным плавлением горного массива.

В пределах Тянь-Шаня широко распространены термоминеральные источники, имеются проявления кайнозойских базальтов, а также гидротермальных прожилков, пронизывающие кайнозойские отложения [9]. Эти геологические данные явно отражают процессы флюидопереноса и частичного плавления в глубоких частях Земли. Сравнительно низкоскоростные ( $V_p$ ) неоднородности мантии предполагают возможное внедрение плюмов [5]. Зоны относительно низкого электросопротивления предполагают зоны миграции флюидов [1].

В результате экспериментальных и натуральных сейсмологических исследований установлены критерии Хасегава-Накаджимы для выделения возможных участков проявления флюидов и частичного плавления [7]:

- вероятные участки проявления флюидов имеют относительно малые значения  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_p/V_s$ ;
- вероятные участки проявления частичного плавления имеют относительно малые значения  $V_p$ ,  $V_s$  и большие значения  $V_p/V_s$ .

На основе данных 42 станций сети Тянь-Шань, KNET, GHENGIS, KazNet и Geoscope (рис.1) с использованием усовершенствованной методики получены достоверные сейсмотомографические данные в Центральном Тянь-Шане ( $\lambda = 74,5 - 79^\circ$  в.д.,  $\varphi = 40-43,3^\circ$  с. ш.) [8]. Исходными данными томографических исследований являлись 16567 вступлений Р-волны и 12726 вступлений S-волны 1494 землетрясений за 1998-2000 гг. Анализированы изменения значений  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_p/V_s$  с глубиной в каждой элементарной ячейке и по вертикальным разрезам, и по горизонтальным срезам. Далее с использованием критерий Хасегава-Накаджимы определены возможные участки проявления флюидов и частичного плавления.

Выделенные участки возможного проявления флюидов и частичного плавления нанесены на меридиональные разрезы скоростных  $V_p$

неоднородностей. Меридиональные разрезы от Тарима до Казахстанского щита пересекают Тянь-Шань поперек. На разрезе по меридиану  $\lambda=75^\circ$  в пределах Коктунского поднятия Тоюнской впадины и Туругартской впадины южной части Тянь-Шаня выделяется зона с участками возможного проявления флюидов. Аналогичная зона с участками возможного насыщения флюидами проявлена в пределах сочленения Кыргызского поднятия и Чуйской впадины Северного Тянь-Шаня. Между этими зонами в срединной части Центрального Тянь-Шаня отмечаются участки возможного проявления частичного плавления. Вместе с тем в пределах Нарынской впадины на глубинах 40-50 км и 15-20 км имеются локальные участки возможного проявления флюидов. Следует отметить, что в Тоюнской впадине имеются проявления кайнозойских базальтов, на северном крыле Кыргызского поднятия наблюдаются выходы термоминеральных источников, а в зоне Ысыкатынского разлома проявлено Баласагынское землетрясение (1475,  $K=15,6$ ,  $M_{LH}=6,5$ ).

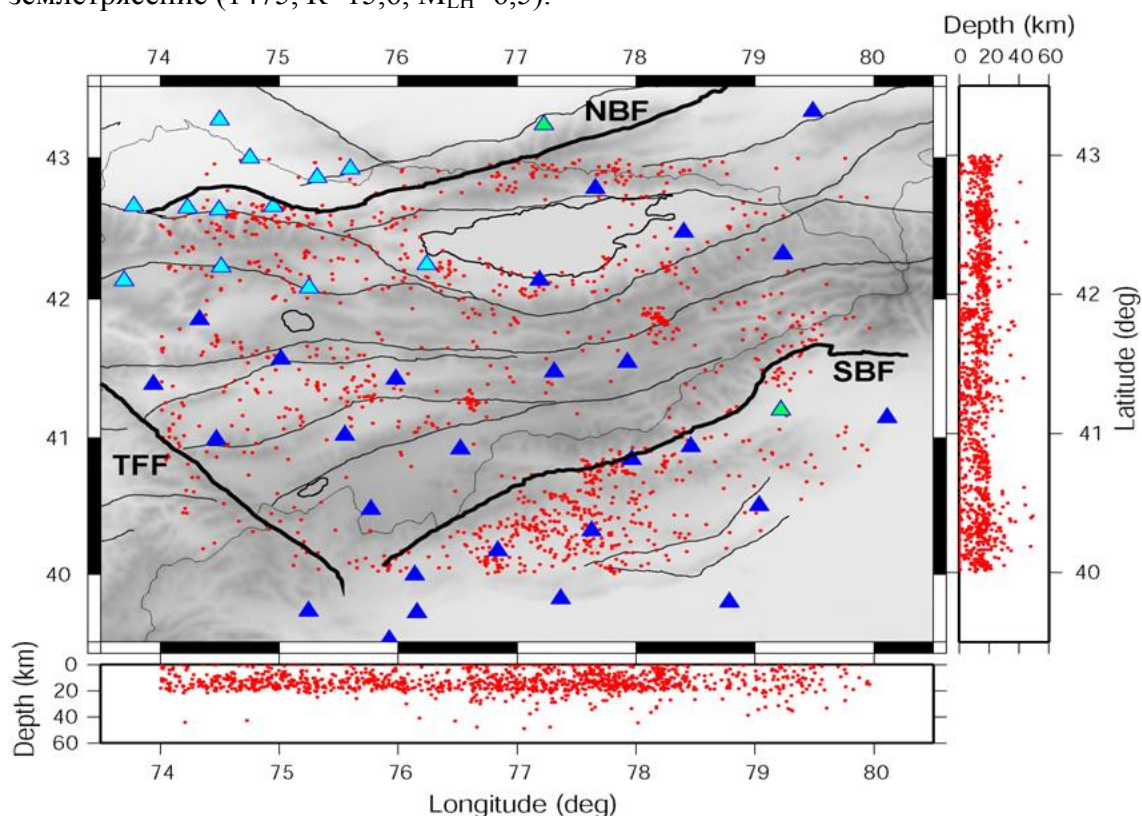


Рис.1. Сети сейсмических станций и распределение эпицентров и гипоцентров землетрясений с 1998 г по 2000 г. Станции сети KNET обозначены голубыми треугольниками, станции сети GHENGIS – синими треугольниками.

На разрезе по меридиану  $\lambda=76^\circ$  (рис.2) в пределах Мейдантагского поднятия, Аксайской впадины и Атбашинского поднятия южной части Тянь-Шаня выделяется зона с участками возможного проявления флюидов. Аналогичная зона выделяется в пределах Кунгейского поднятия, западной части Кеминской впадины и Заилийского поднятия Северного Тянь-Шаня. Между этими зонами распространены участки возможного проявления частичного плавления. Вместе с тем на глубинах 15-20 км в пределах Атбашинской впадины, Нарынтооского поднятия и Нарынской впадины отмечаются локальные участки возможного проявления флюидов. Имеются выходы кайнозойских базальтов: Терекский и Башнуринский - в пределах Аксайской и Нарынской впадин; Учкудукский, Байламталский, Кызкуоский - в пределах периклинальных частей Кыргызского и Кунгейского поднятий.

Проявились сильные землетрясения, как Кашгарское (1902,  $K=18,5$ ,  $M_{LH}=8,2$ ) на сочленении Тарима и Тянь-Шаня, Кемино-Чуйское (1938,  $K=16$ ,  $M_{LH}=6,9$ ) на восточной части Окторкого поднятия Северного Тянь-Шаня.

На разрезе по меридиану  $\lambda=76,5^\circ$  на северо-западном обрамлении Тарима на глубинах 35-65 км отмечаются участки вероятного частичного плавления. Севернее, в пределах Мейдантагского поднятия, Аксайской впадины и Атбашинского поднятия южной части Тянь-Шаня выделяется зона с участками возможного проявления флюидов. Аналогичная зона намечается на глубинах 40-65 км в пределах южного крыла Терскойкой поднятия, Ысыкульской впадины и Кунгейского поднятия Северного Тянь-Шаня. Между этими зонами отмечаются участки вероятного проявления частичного плавления. Имеются выходы термоминеральных источников (например, Барбулакский, Торуайгырский) и кайнозойских базальтов (Торуайгырский). Проявлено сильное Кеминское землетрясение (1911,  $K=17,8$ ,  $M_{LH}=8,2$ ).

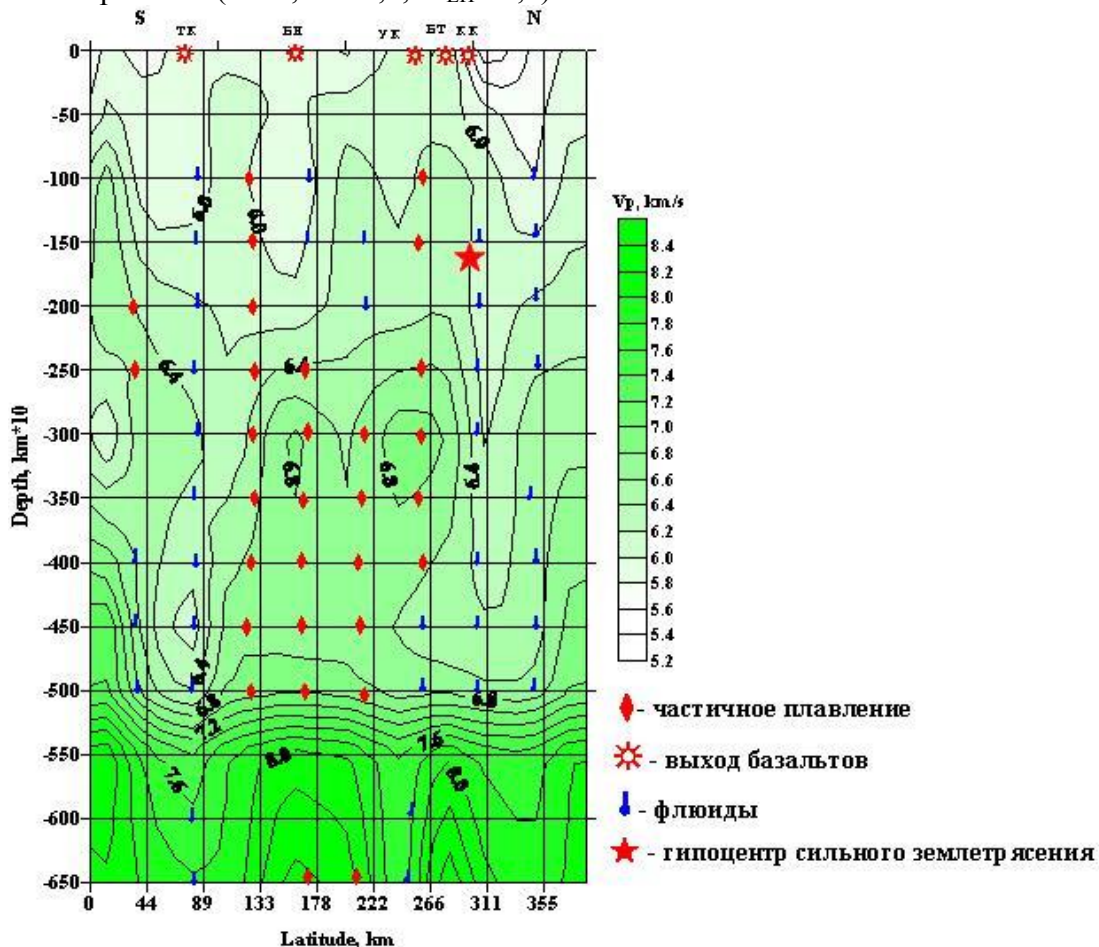


Рис.2. Вертикальный разрез скоростной  $V_p$  неоднородности вдоль меридианы  $\lambda=76^\circ$  в.д. и распределение вероятных участков частичного плавления и участков возможного проявления флюидов, а также выходов кайнозойских базальтов. Масштаб оси глубины на рисунке увеличен в 10 раз.

На разрезе по меридиану  $\lambda=77^\circ$  (рис.3) в пределах Кельпинчельтагского, Мейдантагского поднятий и западной части Кокшаалтооского поднятия южной части Тянь-Шаня выделяется зона с участками возможного проявления флюидов. Подобная зона на глубинах 40-65 км отмечается в пределах Кунгейского поднятия, Кеминской впадины, Заилийского поднятия Северного Тянь-Шаня. Между этими зонами в срединной части Центрального Тянь-Шаня, а также в пределах северного обрамления Тарима отмечаются участки вероятного

проявления частичного плавления. Вместе с тем в срединной части Тянь-Шаня наблюдаются локальные участки возможного проявления флюидов, которые расширяются снизу вверх в южном и северном направлениях.

Имеются выходы термоминеральных источников, например, Жылуу-Сууский, Каджы-Сайский, Чолпон-Атинский, Алма-Арасанский. Проявлено Кеминское землетрясение (1911,  $K=17,8$ ,  $M_{LH} = 8,2$ ).

На разрезе по меридиану  $\lambda=77,5^\circ$  в пределах Кельпинчельтагского поднятия Тарима и Мейдантагского, Кокшаалтооского поднятий южной части Тянь-Шаня выделяется зона с участками возможного проявления флюидов. На северном Тянь-Шане в пределах северного крыла Ысыккульской впадины, Кунгейского поднятия, Чиликской впадины, Заилийского поднятия также выделяется зона с участками возможного проявления флюидов. Имеются выходы термоминеральных источников (например, Тамгинский, Григорьевский) и кайнозойских базальтов (Тосорский). Проявлено Байсорунское землетрясение (1990,  $K=15,3$ ,  $M_{LH}=6,4$ ).

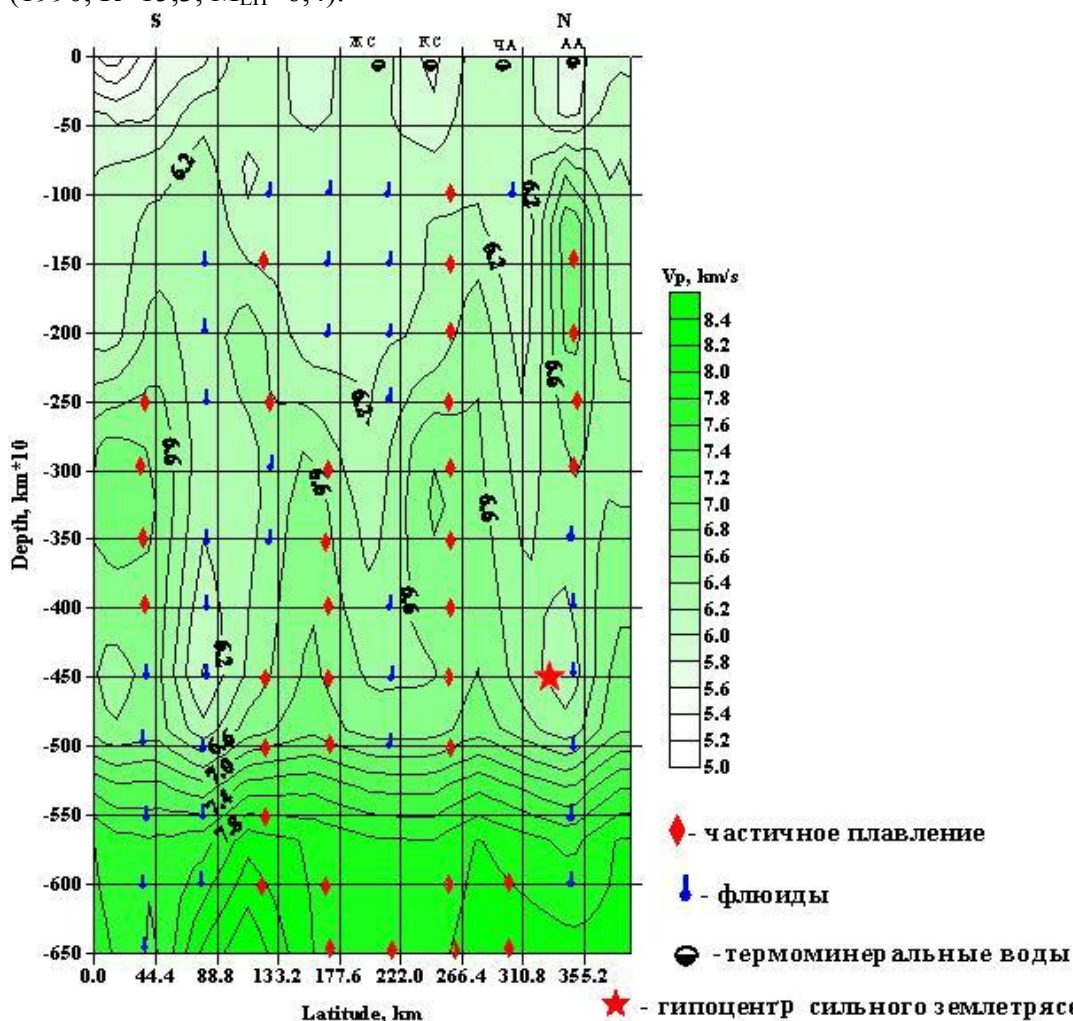


Рис.3. Вертикальный разрез скоростной  $V_p$  неоднородности вдоль меридианы  $\lambda=77^\circ$  в.д. и распределение вероятных участков частичного плавления и насыщения флюидами, гипоцентров сильных землетрясений, а также выходов термоминеральных вод.

На основе вышеизложенных данных, показанных на вертикальных меридиональных разрезах, можно отметить, что южная зона участков возможного проявления флюидов находится в земной коре и верхней мантии в пределах (с запада на восток) Коктунского поднятия, Тоюнской впадины,

Торугартского поднятия, Атбашинского поднятия, Аксайской впадины, Кокшаальского, Мейдантагского и Кельпинчольтагского поднятий на сочленении Тарима и Тянь-Шаня. Северная зона участков возможного проявления флюидов находится в пределах северного крыла Кыргызского поднятия, Чуйской впадины, Кунгейского и Заилийского поднятий, Кеминской и Чиликской впадин и северного крыла Ысыккульской впадины на сочленении Казахстанского щита и Тянь-Шаня. Между северной и южной зонами, в срединной части Центрального Тянь-Шаня, имеются возможные участки частичного плавления. Вместе с тем в пределах Нарынской впадины на глубинах 40-50 км и 15-20 км, в пределах Ат-Башинской впадины, Нарын-Тооского поднятия, западной части Терскейского поднятия на глубинах 15-20 км имеются локальные участки возможного проявления флюидов. Восточнее, в пределах Терскейского поднятия, отмечается область участков возможного проявления флюидов на глубинах 10-15 км, которая расширяется снизу вверх в северном направлении в сторону Ысыккульской впадины и в южном направлении - в сторону Нарынской впадины.

Геометрия (структура) скоростных неоднородностей и вероятные участки проявления частичного плавления и насыщения флюидами влияют на тепловые потоки и на распределение температуры. Сопоставление вероятных участков частичного плавления и проявления флюидов с распределением термальных источников, молодых (эоцен-палеоген) базальтовых тел, кальцитовых жил и прожилков, внедренных в толщу осадочных отложений палеогена, показало на их пространственную связь.

#### **Выводы**

В нижней части земной коры и верхней мантии выделяются две вероятные зоны переноса флюидов: первая - на сочленении Тарима и Тянь-Шаня, где литосфера первого поддвигается под Тянь-Шань, и вторая - на сочленении Казахстанского щита и Тянь-Шаня, где литосфера первого поддвигается под Тянь-Шань. Между этими зонами в срединной части Центрального Тянь-Шаня выделяются участки вероятного частичного плавления. Вместе с тем между участками частичного плавления земной коры отмечаются локальные участки возможного проявления флюидов. Погружающиеся в мантию части литосферы Казахстанского щита и Таримской плиты, вероятно, обусловили поток тепломассопереноса.

Анализ показал, что термоминеральные источники, выходы кайнозойских базальтовых тел, кальцитовые жилы и прожилки, внедренные в толщу осадочных отложений палеогена, вероятно, связаны с участками возможного частичного плавления и проявления флюидов.

Выходы кайнозойских базальтов: Тоюн (в Торугартской впадине), Текелик, Терек (в Западно-Аксайской впадине), Башнура (в Нарынской впадине) и др. обусловлены, вероятно, погружением литосферы Тарима под литосферу Тянь-Шаня. Выходы базальтов: Кокжарсу (в западной периклинальной части Кунгейского поднятия), Торуайгыр (на южном крыле Кунгейского поднятия), Байламтал (в одноименной впадине), Тосор (на северном крыле Терскейского поднятия), Учкудук (в перемычке между Иссыккульской и Кочкорской впадинами), Байдула (в одноименном поднятии) и др., обусловлены погружением литосферы Казахстанского щита под литосферу Тянь-Шаня.

Сильные землетрясения тяготеют к границам участков частичного плавления и участков проявления флюидов. Такие землетрясения, как Кеминско-Чуйское, очевидно, находятся в литосфере Тянь-Шаня, землетрясения, как Кеминское - в литосфере Казахстанского щита, подвинутой под Тянь-Шань, а землетрясение, как Кашгарское - в литосфере Тарима.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Баталева Е.А., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Аладьев А.В. Особенности глубинной структуры зоны сочленения Тарима и Тянь-Шаня по геофизическим данным. Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып. 4. Сб. мат-лов 4-го Междунар. симпозиума. 15-20 июня 2008 г. / Под ред. Леонова Ю.Г. Москва-Бишкек: 2009. С. 68-73.
2. Винник Л.П., Алешин И.М., Кабан М.К., Киселев С.Г., Косарев Г.Л., Орешин С.И., Райгбер К. Кора и мантии Тянь-Шаня по данным томографии приемных функций // Физика Земли. 2006. № 8. С.14-25.
3. Нусипов Е.И., Оспанов А.Б., Шацлов В.И., Тимуш А.В. Глубинное строение орогенов Гиндикуша, Памира, Тянь-Шаня и Казахского щита. Сейсмические исследования земной коры. Новосибирск: СО РАН. 2004. С. 223-231.
4. Сабитова Т.М., Багманова Н.Х., Миркин Е.Л. Скоростные неоднородности литосферы Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып. 4. Сб. мат-лов 4-го Междунар. симпозиума. 15-20 июня 2008 г. / Под ред. Леонова Ю.Г. Москва-Бишкек: 2009. С. 406-415.
5. Шацлов В.И., Тимуш А.В., Степаненко Н.П., Кайдаш Т.М., Белоусова Н.П. Особенности строения литосферы Тянь-Шаня и прилегающих платформ. Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценка сейсмического риска. Алматы: 2005. С. 118-129.
6. Щелочков Г.Г., Брагин В.Д., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Павленкин А.Д., Рослов Ю.В., Ефимова Н.Н., Дергунов Н.Т., Беляев И.В., Мунирова Л.М., Макаров В.И., Леонов М.Г., Алексеев Д.В., Knapp J.H., Roecker S.W. Глубинное строение и инструментальные методы изучения литосферы внутриконтинентальных орогенов: неоднородности, физическая природа границ. Коллизионные и аккреционные орогены: сходство и различие процессов формирования. Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып. 4. Сб. мат-лов 4-го Междунар. симпозиума. 15-20 июня 2008 г. / По ред. Леонова Ю.Г. Москва-Бишкек: 2009. С. 59-67.
7. Nakajima J., Matsuzawa T., Hasegawa A., Zhao D. Three-dimensional structure of  $V_p$ ,  $V_s$  and  $V_p/V_s$  beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids // J. Geophys. Res. 2001. 106. P. 21843-21857.
8. Omuralieva A., Nakajima J., and Hasegawa A. Three-dimensional seismic velocity structure of the crust beneath the central Tien Shan, Kyrgyzstan: Implications for large- and small-scale mountain building // Tectonophysics. 2009. 465. P.30-44.
9. Omuraliev M., Omuralieva A. Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Kyrgyzstan, Central Asia. Bishkek: Ilim. 2004. 166 p.
10. Roecker S.W., Sabitova T.M., Vinnik I. P., Burmakov Y.A., Golvanov M. I., Mamatkanova P., Munirova L. Three-dimensional elastic wave velocity structure of the western and central Tien Shan // J. Geophys. Res. 1993. Vol.98, № B9. P. 15779-15795.

## ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ЛИТОСФЕРЫ ПОСЛЕ КРУПНОМАСШТАБНОГО КАМБАРАТИНСКОГО ВЗРЫВА 2009 Г.

Омуралиев М., Омуралиева А.

e-mail: [mederbek@mail.ru](mailto:mederbek@mail.ru)

Институт сейсмологии Национальной академия наук КР, Бишкек, Кыргызстан

Изучение воздействия сильных взрывов на состояние окружающей среды, в том числе земной коры и мантии, является актуальной [1, 2, 3]. Главной задачей исследования было отслеживание скоростных характеристик среды до и после крупномасштабного (около 3 мегатонн) Камбаратинского взрыва (22 декабря 2009 г.). Место Камбаратинского взрыва находилось на правом борту долины р. Нарын в пределах Суукдобонского срединного поднятия Кетмен-Тобонской впадины на северо-восточном крыле Таласо-Ферганского разлома Тянь-Шаня. Данный взрыв состоял из двух направленных взрывов для построения насыпной плотины ГЭС Камбарата-2. Первый взрыв ( $\varphi = 41^{\circ}46,59' \text{ с.ш. } \lambda = 73^{\circ}19,58' \text{ в.д.}$ ) осуществлен в  $05^{\text{ч}} 54^{\text{м}} 34,8^{\text{с}}$ , а второй взрыв ( $\varphi = 41^{\circ} 46,13' \text{ с.ш. } \lambda = 73^{\circ}20,15' \text{ в.д.}$ ) - через 1,7 с. .

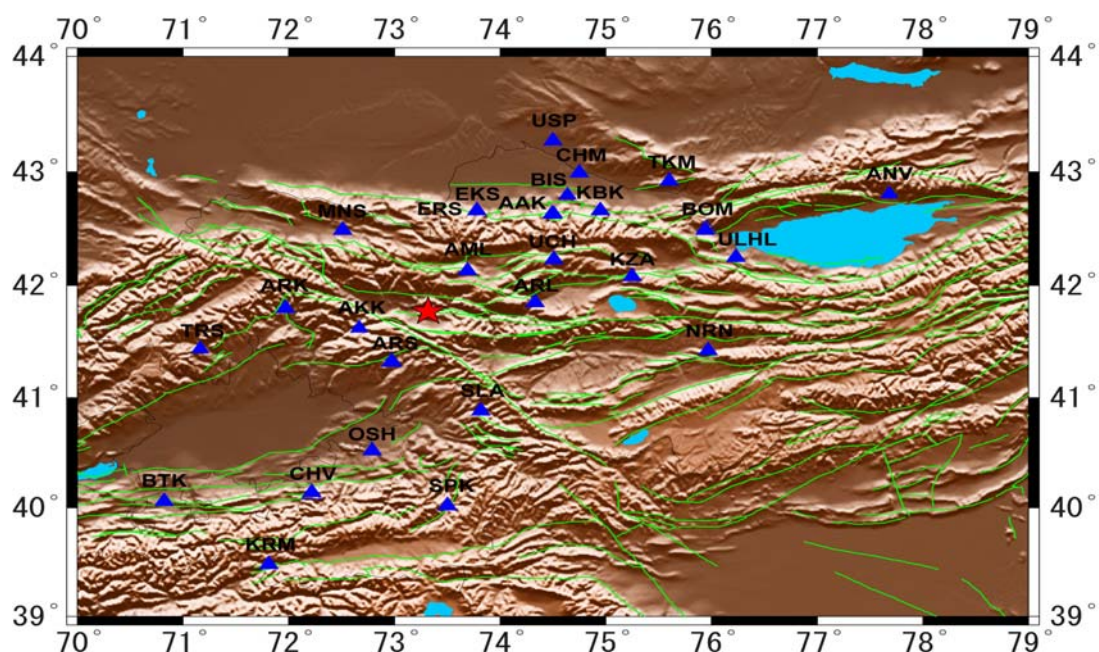


Рис.1. Расположение места Камбаратинского взрыва и сейсмических станций. Линиями обозначены активные разломы, звездочкой – место взрыва, треугольниками - сейсмические станции.

Сейсмические волны были записаны на станциях сети KNET: taml- Алмашу, teks –Эркин-сай , tuch-Учтор, taak- Ала-Арча, tkza- Кызарт, tkbk - Карабук, tchm- Чумыш, tusp- Успеновка, ttkm- Токмок , tulh- Улахол; и сети Кыргызстана: ars – Арсланбоб, arl - Арал , mns - Манас, sla – Салам-Алик, ark - Аркит, osh -Ош, sfk – Сопу-Коргон, chv - Чаувай, ngn – Нарын, bom - Боом, btk - Баткен , ktm - Карамык, bis - Бишкек, anv - Ананьево, akk- Аккыя , trs – Терексай (рис.1).

На рисунке 2 приведены в качестве примера записи на некоторых станциях сети KNET и Кыргызстана. Сводные карточки первого и второго взрывов приведены в таблицах 1, 2.

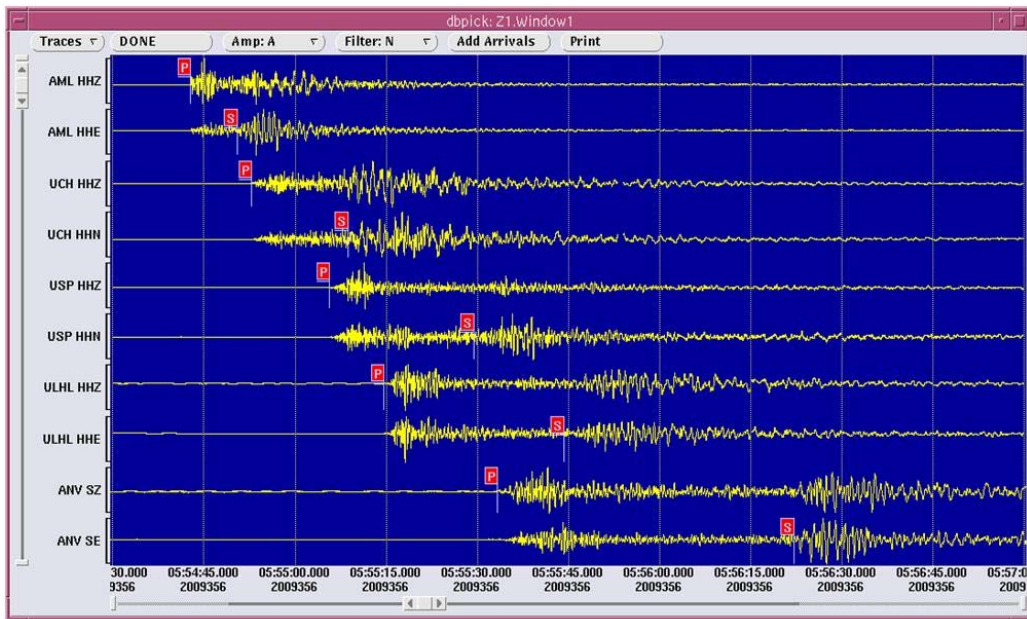


Рис.2. Записи сейсмических волн взрывов на Камбаратинской ГЭС-2 на станциях Алмашу (AML), Учтор (UCH), Успеновка (USP), Улахол (ULHL), и Ананьево (ANV).

На годографах этих взрывов выделяются четыре его части на эпицентральных расстояниях: до 100 км, от 100 км до 163 км, от 164 км до 204 км и от 205 км до 375 км (данными дальних станций не располагаем), которые отражают строение среды литосферы данного региона сверху вниз. Годографы первого взрыва приведены на рисунках 3 - 6.

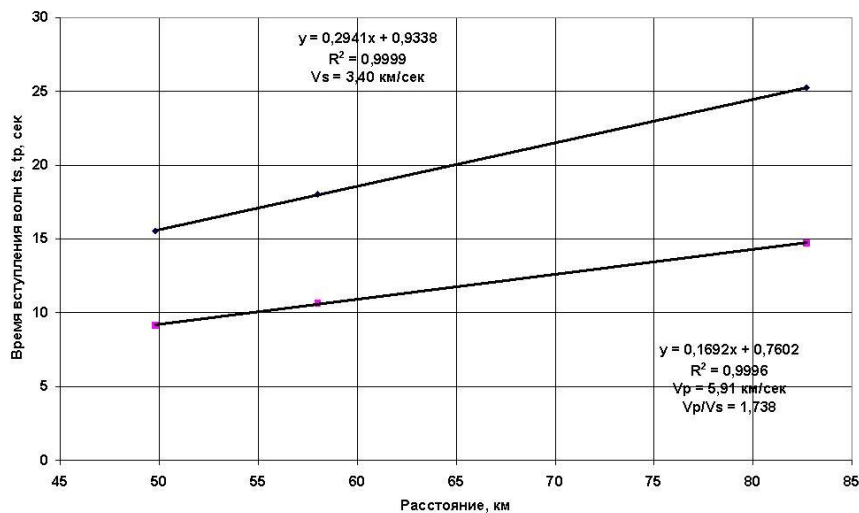


Рис. 3. Годограф сейсмических волн первого взрыва на эпицентральном расстоянии до 100 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

Таблица 1.

stn	premk	P-sec	presid	std-er	Amp	prp	ptob	sremk	S-sec	sresid	S-P	Ams	prs	stob	dist	azm	ain	kmag	mpv
taml	IPU	42,8	0,19	0,1	2,106	0,4	9,14	IS	49,2	0,06	6,4	3,395	0,5	15,54	49,8	38	97	10,22	5
ars	IPU	44,3	0,37	0,1	2,338	0,4	10,64	ES	51,7	0,28	7,4	3,413	0,4	18,04	58	210	75	10,46	5,2
arl	IPU	48,4	0,21	0,1	0,215	0,2	14,74	ES	58,9	0,11	10,5	1,883	0,3	25,24	82,7	84	75	10,06	4,6
mns	IPU	51,7	-0,11	0,1	12	0,4	18,04	ES	65,1	0,04	13,4	25	0,5	31,44	104,2	320	71	10,28	4,7
teks	IPU	51,7	-0,26	0,1	0,079	0,3	18,04	IS	65,5	0,18	13,8	1,557	0,6	31,84	105,1	21	71	10,36	4,1
erk	IPU	51,8	-0,31	0,1	0,169	0,2	18,14	ES	65,5	-0,08	13,7	0,565	0,2	31,84	106,1	21	71	9,72	4,6
sla	IPU	52,1	-0,41	0,1	12	0,3	18,44	ES	66,4	0,13	14,3	28	0,4	32,74	108,2	158	71	10,35	4,9
tuch	IPU	52,7	-0,26	0,1	0,016	0,4	19,04	IS	67	-0,05	14,3	0,627	0,4	33,34	110,4	63	71	9,62	3,1
ark	IPU	53,1	-0,19	0,1	5	0,5	19,44	ES	67,6	-0,01	14,5	22	0,5	33,94	113	272	69	10,03	4,2
taak	IPU	56,8	-0,25	0,11	0,135	0,4	23,14	IS	74,2	0,08	17,4	0,436	0,4	40,54	135,5	45	69	9,76	4,3
osh	EP	58,9	0,2	0,12	0,086	0,1	25,24	ES	76,8	-0,18	17,9	1,563	0,1	43,14	146,2	198	61	10,61	4,8
tkza	IPU	61,4	-0,08	0,13	0,052	0,3	27,74	IS	81,2	-0,59	19,8	0,813	0,5	47,54	163	78	58	10,09	4
tkbk	IPU	61,9	0,14	0,13	0,038	0,4	28,24	IS	82,9	0,63	21	0,9	0,6	49,24	165,8	53	56	10,16	3,8
tchm	IPU	63,9	0,24	0,16	0,052	0,4	30,24	IS	85,6	0,04	21,7	0,284	0,5	51,94	179,5	40	56	9,34	3,9
tusp	IPU	65,7	0,25	0,19	0,026	0,3	32,04	IS	89,2	0,54	23,5	0,34	0,4	55,54	191,6	30	56	9,41	3,8
sfk	IPU	65,9	-0,29	0,21	4	0,4	32,24	ES	89,3	-0,64	23,4	17	0,5	55,64	195,7	176	56	10,07	4,5
chv	IPU	67,8	0,38	0,25	11	0,8	34,14	ES	91,8	-0,26	24	17	0,8	58,14	204	208	56	10,3	4,7
nrn	IPU	71,2	0,85	0,59	0,032	0,6	37,54	ES	97,9	0,77	26,7	0,493	0,6	64,24	225,2	99	50	9,88	3,6
tkm	IPU	71,4	0,94	0,64	0,012	0,4	37,74	IS	97,7	0,38	26,3	0,517	0,7	64,04	226,2	55	50	9,89	3,3
bom	IPU	71	0,04	0,87	3	0,5	37,34	ES	97,4	-0,79	26,4	19,8	0,6	63,74	230,1	69	50	10,33	4,3
tulh	IPU	73,5	0,18	d----	0,241	0,4	39,84	IS	101,3	-0,98d	27,8	0,233	0,5	67,64	247,1	77	50	9,8	4,8
btk	IPU	78,6	0,71d	-----	5,5	0,8	44,94	ES	111,6	1,42d	33	21,5	0,8	77,94	284,7	229	44	10,62	4,5
krm	IPU	78	-0,15d	-----	1,5	0,5	44,34	ES	110,3	-0,32d	32,3	11	0,7	76,64	285,4	207	44	10	4,2

Таблица 2.

stn	premk	P-sec	presid	std-er	Amp	prp	ptob	sremk	S-sec	sresid	S-P	Ams	prs	stob	dist	azm	ain	kmag	mpv
taml	IPU	44,5	0,12	0,1	9,462	0,4	9,06	IS	51	0,09	6,5	30,555	0,6	15,56	50	36	92	11,8	5,7
akk	EP	45,3	-0,18	0,1	30	0,8	9,86	ES	52,4	-0,41	7,1	82,1	0,8	16,96	57,3	252	91	10,3	4,5
ars	EP	46	0,44	0,1	18,19	0,5	10,56	ES	53,4	0,45	7,4	18,13	0,7	17,96	57,7	211	91	11,9	6,1
arl	EP	49,2	-0,48	0,1	1,029	0,4	13,76	ES	59,7	-0,38	10,5	5,457	0,5	24,26	82	83	90	11	5
mns	EP	53,4	-0,18	0,1	19	0,6	17,96	ES	66,8	-0,03	13,4	48	0,6	31,36	105,3	320	80	10,8	4,8
teks	IPU	53,7	0,08	0,1	0,553	0,5	18,26	IS	67,4	0,51	13,7	1,361	0,5	31,96	105,6	20	80	10,5	4,7
erk	EP	53,7	-0,07	0,1	0,746	0,6	18,26	ES	66,9	-0,25	13,2	3,351	1,4	31,46	106,6	20	80	11,1	4,8
sla	EP	53,8	-0,09	0,1	33,5	0,4	18,36	ES	67,8	0,43	14	58	0,5	32,36	107,1	158	80	11	5,3
tuch	IPU	54,6	0,12	0,1	1,047	0,6	19,16	IS	68,4	0,03	13,8	8,425	1,1	32,96	110,1	62	80	11,8	4,9
ark	EP	54,8	-0,19	0,1	18	0,6	19,36	ES	69,3	0,04	14,5	45	0,6	33,86	113,9	272	80	10,7	4,8
taak	IPD	59	0,46	0,11	1,175	0,6	23,56	IS	75,4	0	16,4	0,657	0,6	39,96	135,6	45	68	10,7	5,1
osh	EP	59,7	-0,34	0,11	1,877	0,4	24,26	ES	77,6	-0,4	17,9	2,709	0,4	42,16	145,7	199	64	11,4	5,6
bis	EP	61,7	-0,25	0,13	1,127	0,5	26,26	ES	80,9	-0,41	19,2	1,374	0,6	45,46	158,5	42	61	10,9	5,3
tkza	IPU	62,5	-0,27	0,13	0,832	0,4	27,06	IS	81,9	-0,83	19,4	1,776	0,6	46,46	162,4	77	61	11	5,2
tkbk	IPU	63,5	0,4	0,14	0,696	0,5	28,06	IS	83,1	-0,19	19,6	0,927	0,5	47,66	165,6	53	61	10,6	5
tchm	IPU	65,5	0,46	0,16	0,187	0,4	30,06	IS	87,5	0,85	22	0,322	0,4	52,06	179,6	40	61	9,67	4,5
trs	EP	65,4	-0,31	0,17	21	0,6	29,96	ES	87,8	-0,01	22,4	55,5	0,8	52,36	183,5	260	61	11,1	5,1

tusp	IPD	67,5	0,64	0,2	0,836	0,7	32,06	IS	90,4	0,59	22,9	0,772	0,4	54,96	191,9	29	61	10,6	5
sfk	EP	67,6	0,18	0,21	20,6	0,6	32,16	ES	91,1	0,33	23,5	61	0,6	55,66	194,7	176	61	11,2	5,1
chv	EP	69,5	0,82	0,25	21	0,6	34,06	ES	93,5	0,55	24	35	0,8	58,06	203,7	208	54	10,9	5,1
nm	EP	71,6	0,09	0,58	0,963	0,7	36,16	ES	97	-0,85	25,4	1,777	1,3	61,56	224,3	99	54	11	5,1
tkm	IPU	72	0,27	0,65	2,703	0,4	36,56	IS	98,3	0,07	26,3	4,357	0,8	62,86	226	55	54	12	5,9
bom	EP	73	0,8	0,88	20,5	0,4	37,56	ES	100,5	1,47	27,5	56	0,5	65,06	229,6	69	54	11,3	5,4
tulh	IPU	74,6	0,07	d-----	0,679	0,4	39,16	IS	103,1	0,04	d28,5	1,514	0,8	67,66	246,5	77	47	11	5,3
btk	EP	80,2	1,07	d-----	20	0,6	44,76	ES	112,2	1,18	d32,0	27,5	0,8	76,76	284,8	229	47	11,1	5,3
anv	EP	95,2	4,87	d-----	0,411	1	59,76	ES	137,2	6,8	d42,0	1,246	0,8	101,8	374,6	71	47	11,2	5

Волны первого взрыва в первом интервале эпицентрального расстояния - верхней части земной коры распространялись со скоростями:  $V_s = 3,4$  км/сек и  $V_p = 5,91$  км/сек (см. рис.3). Величина  $V_p/V_s = 1,74$ . Во второй средней части земной коры волны распространялись со скоростями:  $V_s = 3,62$  км/сек и  $V_p = 5,91$  км/сек (см. рис.4). Величина  $V_p/V_s = 1,62$ .

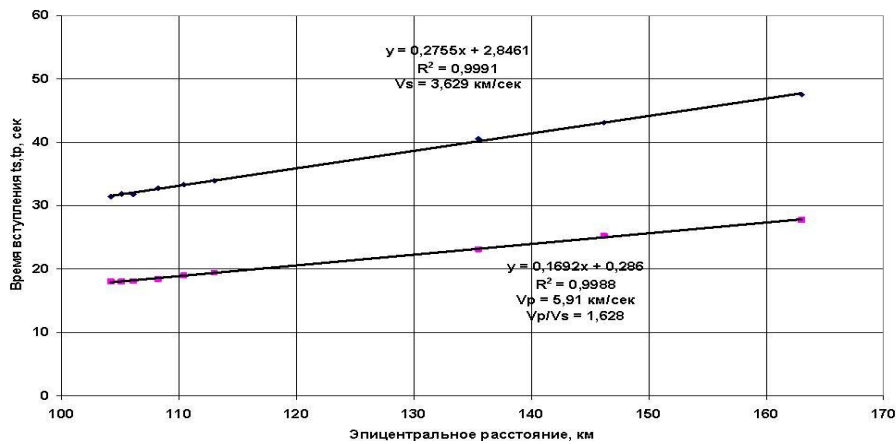


Рис. 4. Годограф сейсмических волн первого взрыва на эпицентральном расстоянии от 100 км до 163 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

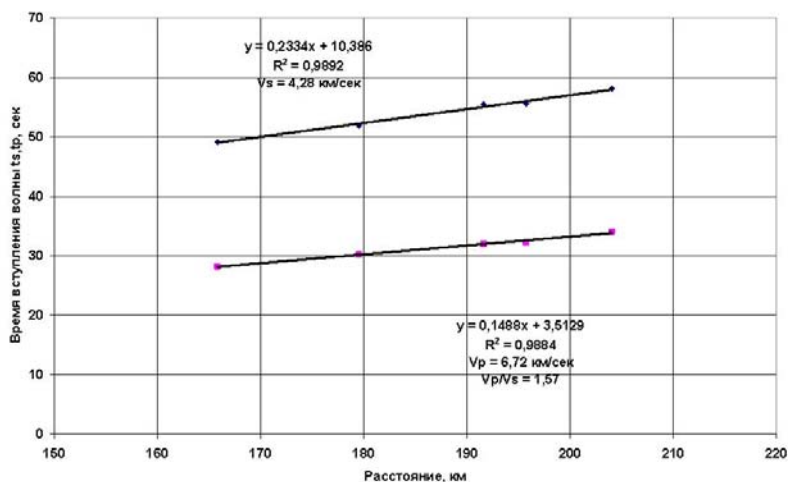


Рис. 5. Годограф сейсмических волн первого взрыва на эпицентральном расстоянии от 164 км до 204 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

В третьей части земной коры волны первого взрыва распространялись со скоростями:  $V_s = 4,28$  км/сек и  $V_p = 6,72$  км/сек (см. рис.5). Величина  $V_p/V_s = 1,57$ . В четвертой нижней части литосферы волны первого взрыва распространялись со скоростями:  $V_s = 4,36$  км/сек и  $V_p = 8,19$  км/сек (см. рис. 6). Величина  $V_p/V_s = 1,87$ . Данный слой, очевидно, представляет собой верхнюю мантию.

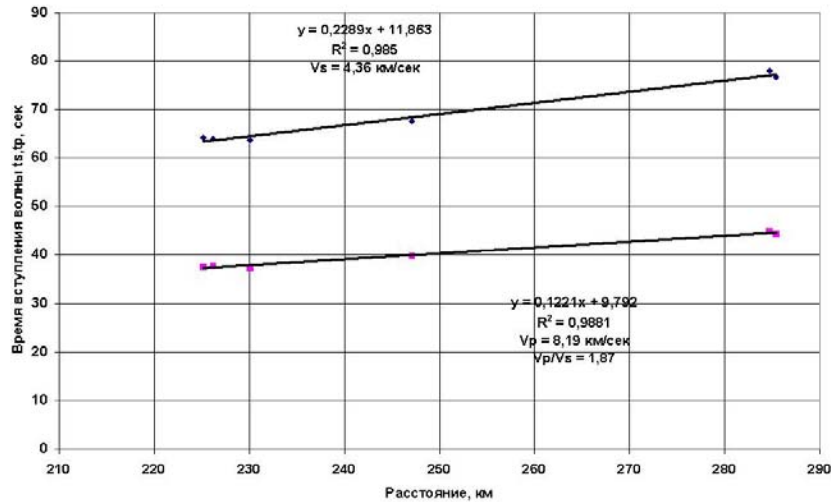


Рис. 6. Годограф сейсмических волн первого взрыва на эпицентральных расстояниях от 205 км до 285 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

Годографы сейсмических волн второго взрыва приведены на рисунках 7 - 10. В верхней части земной коры волны второго взрыва распространялись со скоростями:  $V_s = 3,64$  км/сек и  $V_p = 6,83$  км/сек (см. рис. 7).

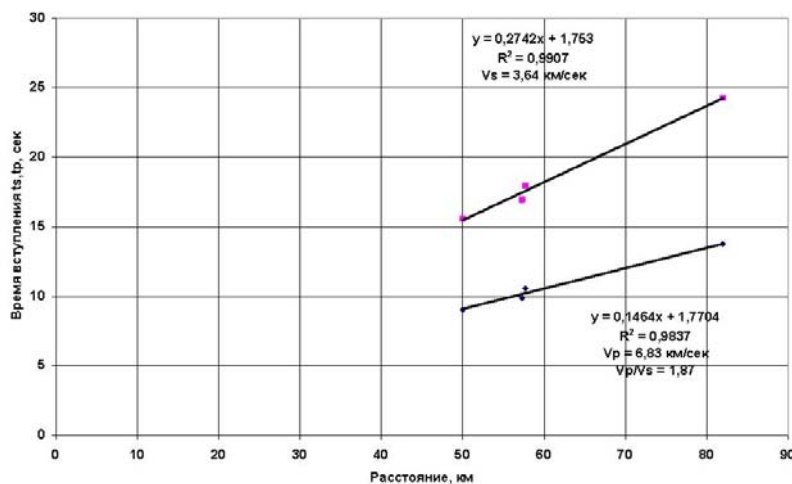


Рис. 7. Годограф сейсмических волн второго взрыва на эпицентральных расстояниях до 100 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

Величина  $V_p/V_s = 1,87$ . В средней части земной коры волны распространялись со скоростями:  $V_s = 3,81$  км/сек,  $V_p = 6,41$  км/сек и величина  $V_p/V_s = 1,68$  (см. рис.8). В нижней части земной коры скорости волн -  $V_s = 3,69$  км/сек,  $V_p = 6,37$  км/сек и величина  $V_p/V_s = 1,72$  (см. рис. 9).

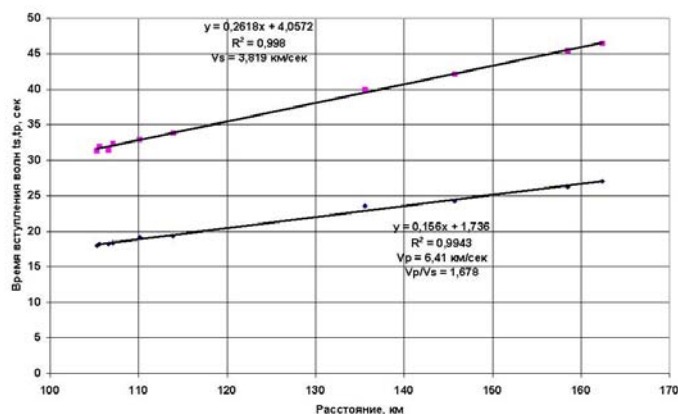


Рис. 8. Годограф сейсмических волн второго взрыва на эпицентральном расстоянии от 100 км до 163 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

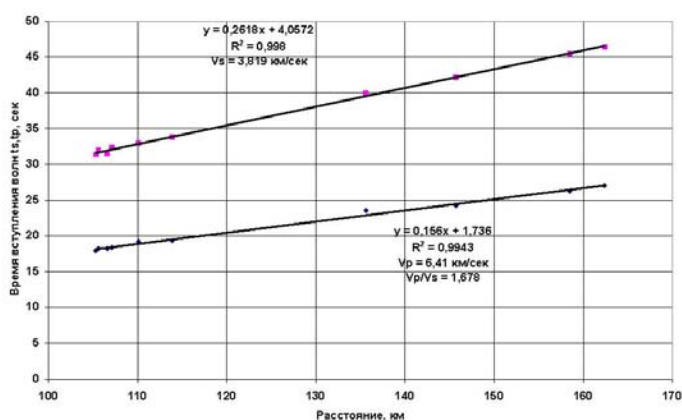


Рис. 9. Годограф сейсмических волн второго взрыва на эпицентральном расстоянии от 164 км до 204 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

В нижней части литосферы скорости волн составляли:  $V_s = 3,84$  км/сек,  $V_p = 6,45$  км/сек и величина  $V_p/V_s = 1,67$  (см. рис. 10).

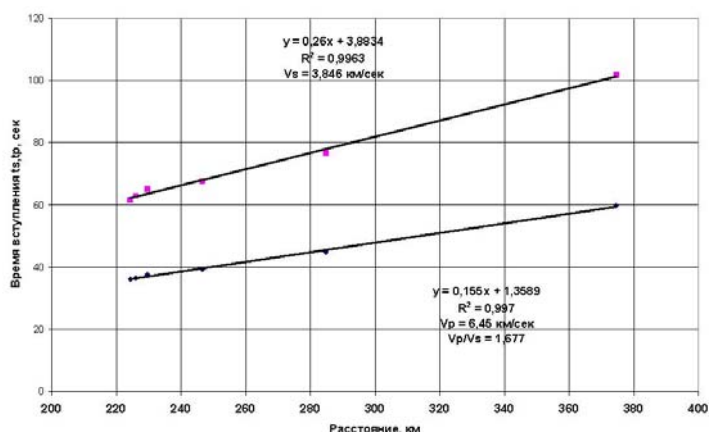


Рис. 10. Годограф сейсмических волн второго взрыва на эпицентральном расстоянии от 205 км до 375 км.  $y$  – время вступления волны,  $x$  – эпицентральное расстояние,  $R^2$  – достоверность аппроксимации,  $V_p$ ,  $V_s$  – скорости продольных и поперечных волн.

Сравнительный анализ имеющихся данных (табл.3) показывает, что после первого взрыва скорости продольных и поперечных волн увеличились скачкообразно в первом слое на 15 % и на 7 %, соответственно, а во втором слое – на 8% и на 5%, соответственно. В третьем слое скорость продольных волн уменьшилась на 5%, а поперечных волн - на 15%. В четвертом слое скорость продольных волн уменьшалась скачкообразно на 26%, а поперечных волн уменьшалась на 13 %.

Такое скачкообразное уменьшение значений  $V_p$ ,  $V_s$  и  $V_p/V_s$  в нижних слоях литосферы, возможно, указывает на то, что здесь после первого взрыва происходило быстрое внедрение флюидов. В то время как скачкообразное увеличение значений  $V_s$ ,  $V_p$  в верхних слоях, вероятно, означает увеличение величины давления в средах.

Таблица 3

N nn	Эпицентральное расстояние, км	Первый взрыв			Второй взрыв		
		$V_p$ , км/сек	$V_s$ , км/сек	$V_p/V_s$	$V_p$ , км/сек	$V_s$ , км/сек	$V_p/V_s$
1	до 100	5,91	3,40	1,74	6,83	3,64	1,87
2	100 -163	5,91	3,62	1,62	6,41	3,81	1,68
3	164-204	6,72	4,28	1,57	6,37	3,69	1,72
4	от 205 до 375	8,19	4,36	1,87	6,45	3,84	1,67

Исследование сейсмических волн взрывов показало, что скорость распространения волн в земной коре и верхней мантии второго взрыва кардинально отличалась (до 26%) от скорости распространения сейсмических волн в земной коре и верхней мантии первого взрыва. Имеющиеся данные позволили отметить, что во время этих взрывов состояние среды земной коры и верхней мантии скачкообразно изменялось.

### Выводы

В результате исследования сейсмических волн крупномасштабного Камбаратинского взрыва (2009) установлено, что после взрыва происходила внезапная смена геофизического состояния внутри Земли по мере распространения возмущения от источника.

До момента взрыва среда земной коры и мантии находилась в определенном состоянии, например, с характерным РТ-условием и свойственным тепло-массопереносом. Состояние частей геофизической среды нарушалось скачкообразно при воздействии взрыва. Геодинамическая система, находящаяся вблизи равновесного состояния, после взрыва стала неравновесной, нелинейной системой.

Данные показывают, что в верхней части мантии, возможно, происходила миграция флюидов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Геомеханика крупномасштабных взрывов. М.: Недра. 1993. 319 с.
2. Омуралиев М. О роли термо-акустического и массопереносо-акустического эффектов в геологических процессах литосферы // Известия АН Киргизской ССР. 1987. № 5.С. 11-14.
3. Садовский М.А. Избранные труды. Геофизика и физика взрыва. М.:Наука. 2004. 440 с.



## УПРАВЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕВЕРО-ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ АКТИВНОЙ ЗОНЫ ПЕРЕД ПРОЯВЛЕНИЕМ КЕМИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Омуралиев М., Землянский А.А., Ачакеев Э.  
e-mail: mederbek@mail.ru

Институт сейсмологии Национальной академии наук КР, Бишкек, Кыргызстан

Северо-Тянь-Шаньская зона сформировалась по мере поддвигания южной части литосферы Казахстанского щита под северную часть литосферы Тянь-Шаня. Здесь происходят активные процессы привноса и выноса тепломасс, накопление и разгрузка энергии при взаимодействии процессов в мантии земли и литосфере, а также надземных и космических явлений. Соответственно, геодинамическая система является открытой нелинейной самоорганизующейся системой [4, 7, 8]. Одним из проявлений нелинейности системы - неадекватная реакция на внешние воздействия. Основные свойства нелинейной системы выражены в изменении ее параметров во времени [6].

Так как нелинейная геодинамическая система многопараметрическая и механизмы взаимодействия процессов мантии, земной коры, надземных и космических явлений не изучены полностью, прямое определение ее управляющих (контролирующих) параметров затруднительно.

Некоторые связи сейсмичности, в частности, с солнечной активностью, склонением лунной орбиты, приливообразующими силами, атмосферными процессами наблюдаются [5], а также отмечаются связи вариации магнитного поля с изменением скорости вращения Земли, связи вариаций деформационного поля, электромагнитных полей и др. с приливообразующими силами, атмосферными процессами. Предварительные результаты определения основных циклов ряда солнечных, лунных и земных процессов получены, в частности, А.К. Курскеевым [5].

Одним из основных параметров геодинамической системы являются, на наш взгляд, внутренние гравитационные волны в литосфере, мантии и ядре Земли аналогично внутренним гравитационным волнам в океане (море, озере) и атмосфере. Они обусловлены наличием по вертикали плотностной стратификации и любого возмущения. Возмущение такой системы ведет к распространению в ней волны вследствие того, что выведенные из состояния равновесия части среды вертикального столбца под действием силы, например, Архимеда стремятся вернуться в свое исходное положение. В природе же сил, создающих такое возмущение, очень много. Среди наиболее эффективных источников возмущений недра можно перечислить приливы, скорость вращения Земли, землетрясения, течения флюидов и др. Для внутренних волн типичен цуговой характер строения в пространстве и во времени, а также выделенная направленность распространения и переход к уединенным волнам. Очевидно, что внутренние гравитационные волны в ядре, мантии и литосфере Земли выражены в виде собственных колебаний [3]. Собственные колебания отмечены Беньоффом при анализе сейсмограмм Камчатского землетрясения 1952 г., а также Чилийского (1960) и Аляскинского (1964) землетрясений. Установлены периоды около 54; 35,5; 25,8; 20; 13,5; 11,84 и 8,4 мин. Вышеотмеченные разные периоды колебаний, вероятно, отражают внутренние гравитационные волны между слоями ядра, мантии и литосферы.

Внутренние гравитационные волны в зонах на границах литосферных плит и блоков разного иерархического уровня, возможно, меняют направление

распространения, образуя цуги. Эти волны представляются в виде зональности распределения землетрясений по глубинам. Так, в пределах Гиндикуш-Памира отмечаются несколько горизонтов концентрации землетрясений на глубинах приблизительно: 10-65 км, 100-140 км, 180-200 км, 260-270 км, 290-300 км, 350-360 км. На распределении землетрясений по глубинам в центральной части Северо-Тянь-Шаньской активной зоны отмечаются горизонты концентрации на глубинах около: 12,6-17,5 км, 20,1- 22,5 км, 35,1-37,5 км, 42,6- 45 км, 47,6-52,5 км, 65,1-67,5 км. Они, вероятно, обусловлены структурно-вещественным строением среды и внутренними гравитационными волнами литосферы и верхней мантии.

В таблице 1 приведены параметры (объем очаговой зоны, масса среды в этой зоне, кинетическая энергия разрушения, сейсмическая сила в пределах очага) некоторых сильных землетрясений Северо-Тянь-Шаньской зоны, которые, возможно, предопределяли источники возмущения и возникновения внутренних гравитационных волн в литосфере и верхней мантии.

Таблица 1

Землетрясение	Сейсмическая энергия $E=10^k$ , Дж К- энергет. класс	Объем очаговой зоны $V$ , км <sup>3</sup>	Масса среды в очаговой зоне $m = V \times \rho$	Кинетическая энергия разрушения $E_k = 1/2(mv_r^2)$	Сейсмическая сила $F=ma$ в пределах очаговой зоны
Беловодское, 1885, К=16,5, $I_0 = 9-10$	3,16228E+16	1,05409E+14	2,84605E+17	1,15265E+24	3,4608E+18
Верненское, 1887, К=16,9, $I_0 = 9-10$	7,94328E+16	2,64776E+14	7,14895E+17	2,89533E+24	8,69313E+18
Чиликское, 1889, К=18,5, $I_0 = 10$	3,16228E+18	1,05409E+16	2,84605E+19	1,15265E+26	3,4608E+20
Кеминское, 1911, К=17,8, $I_0 = 10-11$	6,30957E+17	2,10319E+15	5,67862E+18	2,29984E+25	6,9052E+19
Кемино-Чуйское, 1938, К=16, $I_0 = 8-9$	1E+16	3,33333E+13	9E+16	3,645E+23	6,003E+17
Сарыкамышск, 1970, К=15,6, $I_0 = 8-9$	3,98107E+15	1,32702E+13	3,58296E+16	1,4511E+23	2,38984E+17
Жаналаш-Тюпское, 1978, К=15,6, $I_0 = 8-9$	3,98107E+15	1,32702E+13	3,58296E+16	1,4511E+23	2,38984E+17
Байсорунское, 1990, К=15,3, $I_0 = 8$	1,99526E+15	6,65087E+12	1,79574E+16	7,27273E+22	1,19776E+17
Суусамырское, 1992, К=17, $I_0 = 9-10$	1E+17	3,33333E+14	9E+17	3,645E+24	1,0944E+19

Важным параметром геодинамической системы является фундаментальный физический параметр - гравитационные волны. При измерении величины гравитационной постоянной  $G$  установлено, что ее значение изменяется во времени [9]. Анализ вариаций измеренных значений  $G$  с 1985 г по 2000 г показал, что они отражают волновые изменения  $G$ , являющиеся наложением сверхдлинных гравитационных волн (СГВ) с периодами 40-60 лет, 7,7 лет и 2,0-2,5 года. Отмечено, что направление распространения этих волн может быть ориентировано перпендикулярно, или косо, или вдоль экватора Земли. Соответственно, Земля под воздействием гравитационных волн подвергалась закономерным изменениям формы и размера в целом, в том числе, вероятно, реагировали ядро, мантия, литосфера, плиты, блоки и их границы. С помощью

искусственных спутников Земли и лазерных измерений установлено [10] квадрупольное изменение формы и размеров Земли. Тем самым подтверждено распространение гравитационной волны через Земли. Изучение СГВ с одной стороны, и сейсмологической, вулканической активности Земли, изменения угловой скорости ее вращения с другой, показало на их связи [9]. Отмечено, что наличие в деформациях Земли различных периодов от десятков лет до нескольких месяцев можно объяснить распространением в космическом пространстве многочисленных гравитационных волн различной длины. Рассмотрим вариации гравитационной постоянной  $G$  и сейсмической активности мира с 1985 г по 2000 г. Сейсмическая активизация проявляется в началах первого и второго полупериодов гравитационной волны. Во временных вариациях измеренных значений  $G$  выделяются гармоники с периодами 2,4 года и 7,7 лет, а в вариациях сейсмической активности Земли - 2,6 лет и 11,2 года. На вариациях сейсмической активности Земли и длительности земных суток видно, что сейсмическая активность Земли и длительность земных суток изменяются синхронно. На

1912-2010

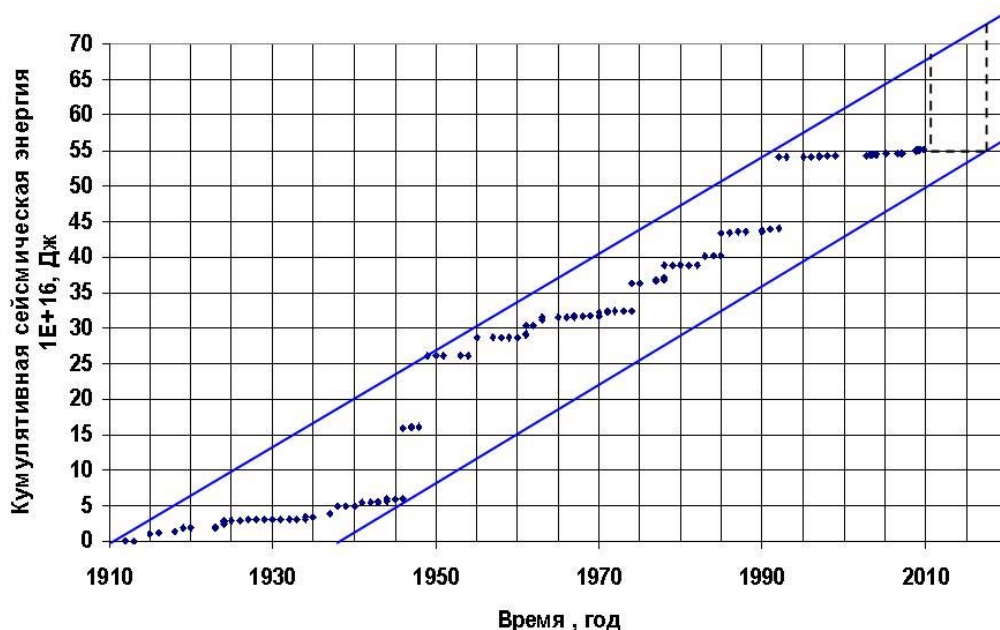


Рис.1. Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с магнитудами больше 5,0 на территории Кыргызстана и районов соседних стран с 1912 г по 2010 г. Верхний и нижний пределы флуктуаций очерчиваются парой параллельных прямых. Разница между верхней линией и суммарным количеством энергии в определенном моменте времени представляет собой ожидаемую максимальную энергию. Максимальное время ожидания - интервал времени от последней точки суммарной энергии до точки нижней прямой по горизонтальной линии.

вариациях длительности земных суток выделяются гармоники с периодами 2,3 и 12,4 года. Следует отметить, что периоды сейсмической

активности 2,6 лет и 11,2 года больше, чем периоды гравитационных волн 2,4 года и 7,7 лет. Периоды изменения длительности земных суток 2,3 и 12,4 года меньше и больше периодов гравитационных волн 2,4 года и 7,7 лет, соответственно. Это обусловлено нелинейностью процессов взаимодействия, неадекватной реакцией Земли на воздействия гравитационных волн. Цикл

солнечной активности равный 11 лет также выражает реакцию Солнца на воздействие гравитационных волн с периодом 7,7 лет, т.е. наблюдается своеобразное «красное смещение» гравитационных волн.

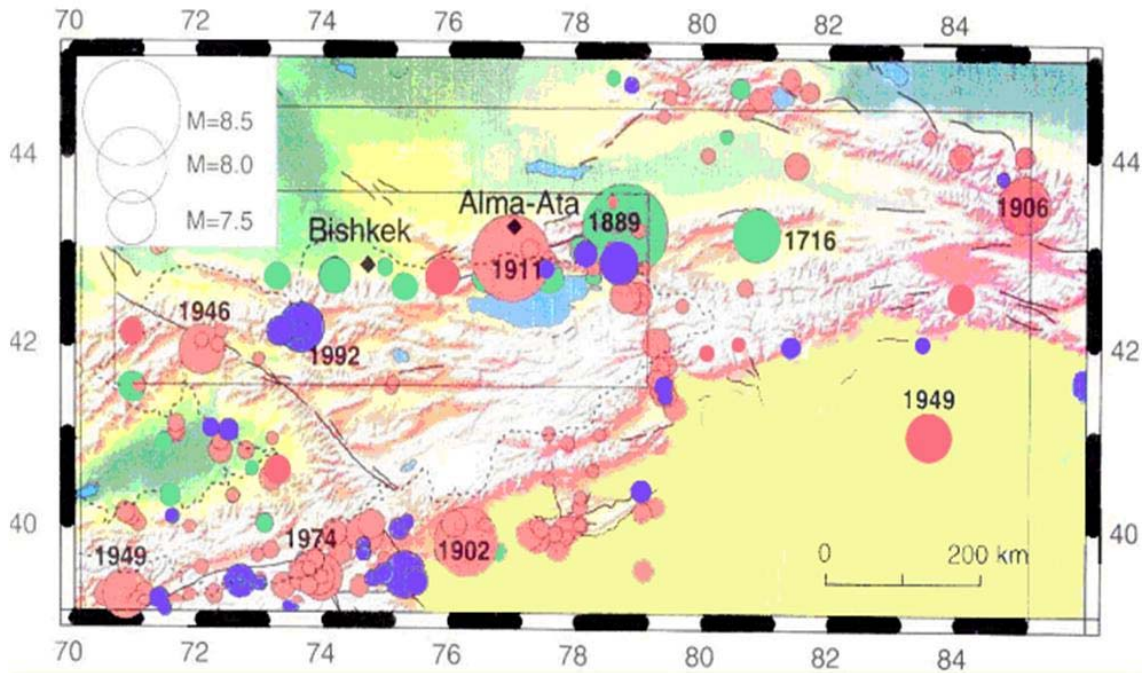


Рис.2. Сильные землетрясения Тянь-Шаня на территории Кыргызстана и районов соседних стран

Главной особенностью Северо-Тянь-Шаньской зоны является то, что она представляет собой один из промежуточных иерархических уровней Тянь-Шаня. Данная зона в свою очередь дискретная, состоит из сегментов следующего иерархического уровня. Следует отметить, что при постоянном деформировании дискретной среды регулярно возникают неустойчивые состояния отдельных

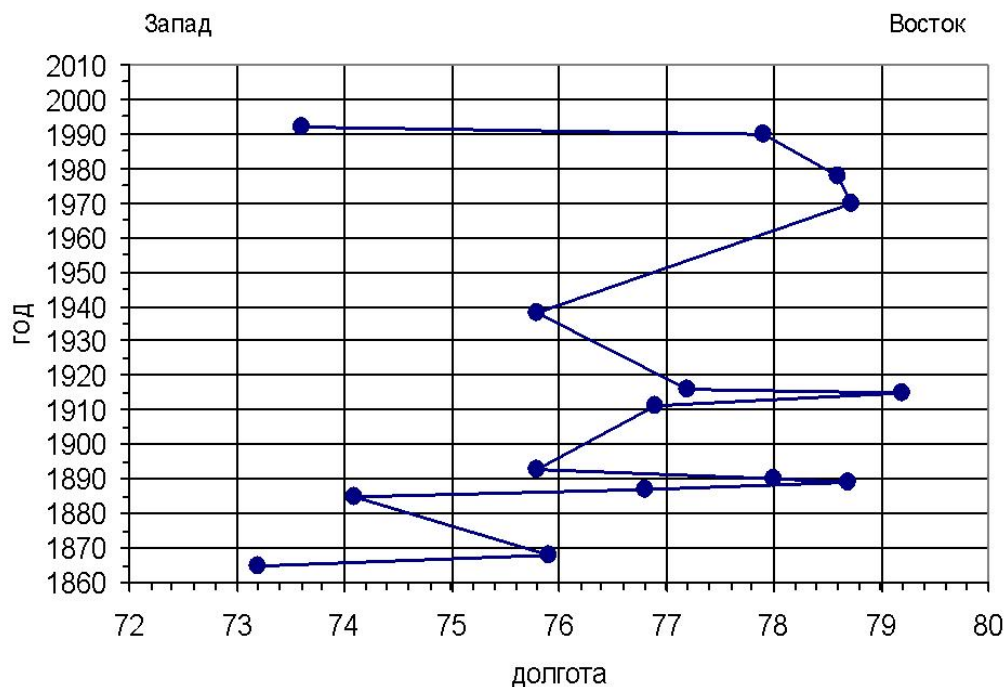


Рис.3. Миграция сильных землетрясений вдоль Северо-Тянь-Шаньской зоны активных разломов

блоков, сегментов разного иерархического уровня. Попадая в такое состояние, система стремится самопроизвольно перейти в устойчивое состояние, сбрасывая часть энергии в виде волновых возмущений.

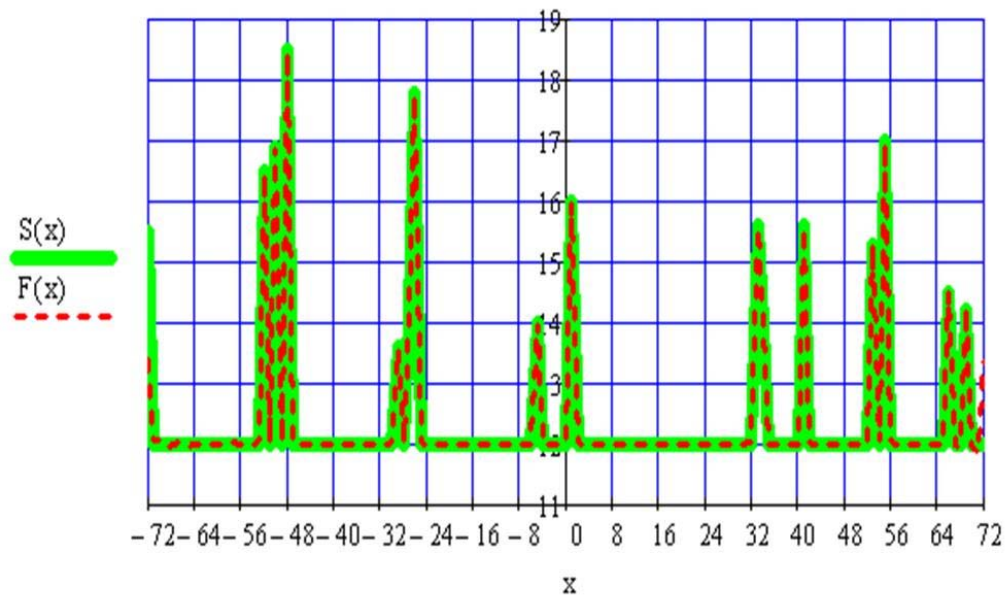


Рис.4. Графики изменения фактического  $S(x)$  и расчетного  $F(x)$  максимального годового энергетического класса с (-72) 1865 г. по (72) 2009 г

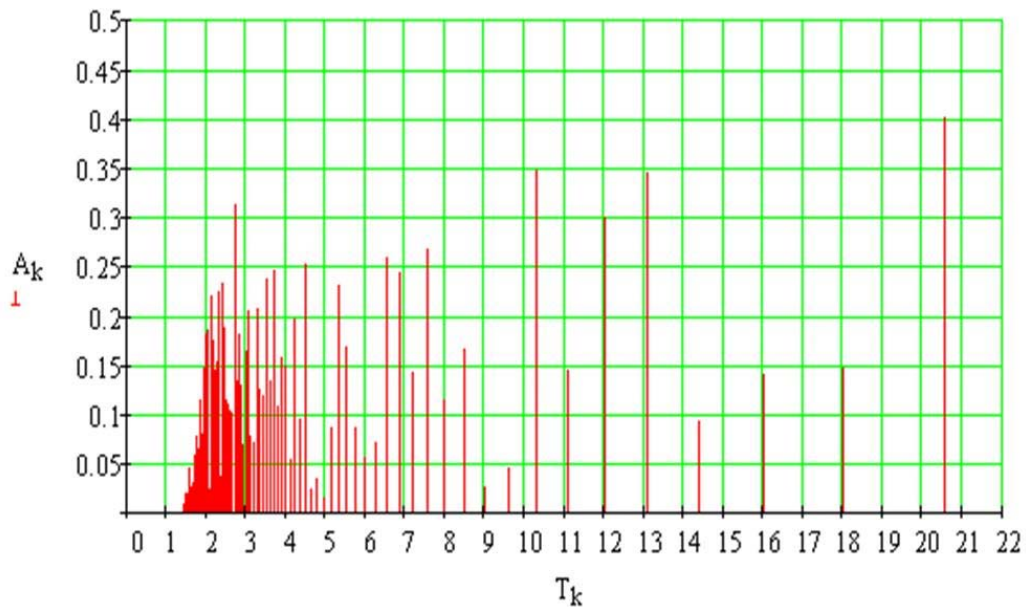


Рис.5. Спектр годового максимального энергетического класса Северо-Тянь-Шаньской зоны.  $A_k$ – амплитуда в долях энергетического класса,  $T_k$ – период в годах.

Характер функционирования динамической системы Северо-Тянь-Шаньской зоны выражен, в частности, последовательностью проявления сильных землетрясений [2]. Фундаментальными свойствами последовательности сильных землетрясений являются цикличность, т.е. чередование периодов активизации и затишья сейсмичности, миграция очаговых областей вдоль активной зоны и свойственные изменения суммарной сейсмической энергии. На графике изменения суммарной (кумулятивной) сейсмической энергии (рис.1) отмечается статистическая закономерность сейсмичности и выделяется ожидаемая максимальная энергия, которая может быть высвобождена при землетрясении с вероятным максимальным периодом ожидания события. Очаги здесь периодически мигрируют вдоль зоны на восток и запад, и проявляются на сегментах незатронутыми событиями (рисунки 2, 3).

Среди наиболее свойственных параметров динамической системы Северо-Тянь-Шаньской зоны можно выделить энергию, магнитуду землетрясений и их сейсмические моменты. Очевидно, что основные свойства данной нелинейной системы выражены в изменении вышеуказанных энергетических параметров во времени. Так, рассмотрим изменение годового максимального энергетического класса  $K_m$  землетрясений за период с 1865 г по 2009 г (рис. 4). Как видно из рисунка 4, изменение годового максимального энергетического класса сильных землетрясений проявлялось циклично, чередовались периоды активизации и затишья. Для аналитического описания  $F(x)$  изменения годового максимального энергетического класса произведен спектральный анализ [1]. Точность функции  $F(x)$  составляла в основном сотые доли и менее.

Таблица 2.

к, номер гармоники	A, амплитуда в долях энергетический класса	T, период, год	W, фаза, град.	к, номер гармоники	A, амплитуда в долях энергетический класса	T, период, год	W, фаза, град.
2	0,136	72,0	-72,297	39	0,247	3,692	81,639
5	0,361	28,8	30,213	41	0,236	3,512	-73,901
6	0,325	24,0	67,131	42	0,118	3,429	24,359
9	0,139	16,0	21,732	43	0,125	3,349	-58,716
11	0,346	13,091	40,18	44	0,208	3,273	30,15
14	0,347	10,286	0,814	47	0,205	3,064	-58,003
17	0,165	8,471	83,883	48	0,163	3,0	-0,626
19	0,267	7,579	-44,964	50	0,13	2,88	33,004
20	0,142	7,2	-53,042	54	0,102	2,667	-1,457
21	0,243	6,857	88,15	55	0,1030	2,618	88,681
22	0,259	6,545	31,965	59	0,188	2,441	-87,979
26	0,169	5,538	28,489	60	0,233	2,4	65,351
27	0,231	5,333	35,28	64	0,145	2,25	-59,884
32	0,252	4,5	-1,263	66	0,174	2,182	45,919
36	0,15	4,0	-15,281	70	0,162	2,057	-17,123
37	0,158	3,892	-82,675	71	0,184	2,028	-20,822
38	0,108	3,789	9,644	77	0,114	1,87	-27,543

Цветом выделены гармоники с относительно большими амплитудами в долях энергетического класса

Спектр годового максимального энергетического класса Северо-Тянь-Шаньской зоны приведен на рис.5. Спектр - линейчатый (дискретный). Это означает, что данная зона имеет собственные частоты. Некоторые из этих частот совпадают с частотами магнитогидродинамических колебаний, частотами колебаний солнечной активности, частотами собственных колебаний Земли, частотами гравитационных волн и т.д. Анализ показал, что в период сейсмической активизации многие гармоники имели положительные амплитуды и были синфазными, а в период сейсмического затишья большинство гармоник имели отрицательные амплитуды или находились в противофазе. Для получения достаточно точного значения максимального энергетического класса большую роль играют основные гармоники с относительно большими амплитудами и гармоники со сравнительно малыми амплитудами.

Для получения значения энергетического класса Кеминского землетрясения  $K=17,8$  выбраны все гармоники, которые в 1911 г имели положительные амплитуды, разные периоды и совпадали или были близкими по фазе (таблица 2). Следует отметить, что избранные гармоники Северо-Тянь-Шаньской зоны для других землетрясений таких, как Чиликское (1889,  $K=18,5$ ), Кемино-Чуйское (1938,  $K=16$ ), Суусамырское (1992,  $K=17$ ) и др. отличались. В связи с этим можно сказать, что избранные гармоники с определенными амплитудами, периодами и фазами представляют собой управляющие параметры подготовки и осуществления сильного землетрясения активной зоны.

## **Выводы**

1. В результате исследования отмечено, что основным свойством Северо-Тянь-Шаньской зоны, сформированной на сочленении Тянь-Шаня и Казахстанского щита, является дискретность (фрактальность) среды, состоящая из иерархии тектонических блоков и сегментов активных разломов. Сейсмоактивная зона представляет собой открытую нелинейную систему, где происходит приток и вынос энергии.
2. Последовательность сильных землетрясений мигрирует вдоль зоны в западном и восточном направлениях. Между областями сильных землетрясений образуются сейсмические бреши. Сильные землетрясения повторяются в отдельно взятой очаговой области.
3. Основное свойство активной зоны выражено в виде цикличности, т.е. чередования периодов активизации и затишья сейсмичности.
4. На основе спектрального анализа установлено, что изменение энергетических параметров (в частности, максимальный энергетический класс) зоны имеет линейчатый (дискретный) спектр, т.е. зоне свойственны собственные частоты. Некоторые частоты совпадают с частотами магнитогидродинамических колебаний, частотами колебаний солнечной активности, частотами собственных колебаний Земли, частотами гравитационных волн и т.д. Избранные гармоники Северо-Тянь-Шаньской зоны (со свойственными амплитудами, периодами и фазами) перед главным толчком сильного землетрясения представляют собой управляющие параметры подготовки и осуществления данного сильного землетрясения этой активной зоны. Управляющие параметры имеют различную природу и разные механизмы взаимодействия. Перед Кеминским землетрясением выделился свойственный комплекс управляющих параметров Северо-Тянь-Шаньской активной зоны. Набор избранных гармоник с относительно большими и малыми амплитудами (в долях энергетического класса), является ответственным за

энергетический класс Кеминского землетрясения с точностью до сотых долей.

5. Отмечено, что сильные землетрясения, вероятно, являются одним из источников возмущения для формирования возможных внутренних гравитационных волн в литосфере, мантии, ядре Земли, которые должны быть изучены в дальнейшем.
6. Имеющиеся предварительные данные позволяют предположить, что гравитационные волны при распространении через пространство объектов, как Солнце, Земля и др. изменяют длительность периодов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бат М. Спектральный анализ в геофизике. М.: Наука. 1980. 535 с.
2. Джанузакوف К.Д., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б.И., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии. Бишкек: Илим. 2003. 216 с.
3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и Планет. М: Наука. 1983. 416 с.
4. Кейлис-Борок В.И. Динамика литосферы и прогноз землетрясений // Природа. 1989. № 12, С.10-18.
5. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы: Эверо. 2004. 504 с.
6. Николис Р., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М: Мир. 1979. 512 с.
7. Оморов Р.О., Омуралиев М., Омуралиева А. Введение к исследованиям синергетических систем геологии, геофизики и геоэкологии // Известия НАН КР, 2005. №3. С. 90-97.
8. Оморов Р.О., Омуралиев М., Омуралиева А. Природно-техногенные землетрясения и синергетические системы геодинамики. Мат-лы междунар. научно-практич. конф. Развитие инженерных методов в геомеханике: оценка, прогноз, контроль / Под ред. Айтматова И.Т. Бишкек: 2005. С.16-23.
9. Халилов Э.Н. Гравитационные волны и геодинамика. Баку-Берлин-Москва:ЭЛМ. 2004. 330 с.
10. Cox C. and Chao B.F., Detection of large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1998 // Science. 2002. Vol. 297. P. 831-833.

## УПРАВЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССОВ В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ

Омуралиев М., Землянский А.А., Ачакеев Э.  
e-mail: mederbek@mail.ru

Институт сейсмологии Национальной академии наук КР, Бишкек, Кыргызстан

Реконструкция развития процессов разной природы в области подготовки сильных землетрясений является актуальной. Природа области внутриконтинентального горообразования Тянь-Шаня и геодинамические процессы, происходящие в ней, вызывают огромный интерес исследователей. Вопрос повторяемости землетрясений в определенной части литосферы Тянь-Шаня имеет большое практическое значения.

Область сильного землетрясения отличается тем, что сильные события определенного региона происходят в основном в этой области, т.е. повторяются



через некоторый промежуток времени [4]. Характер развития геофизических процессов в ней выражен закономерным циклическим изменением энергетических параметров в последовательности землетрясений.

Сильные землетрясения ( $K \geq 14,7$ ,  $M > 6$ ), произошедшие с 1970 г по 1992 г на территории Кыргызстана и прилегающих районов соседних стран, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№	Землетрясение	год	Эпицентр		Магнитуда $M_{LN}$	Энергетический класс $K=LgE$ , Дж	Сейсмический момент $M_0$ , Нм
			широта	долгота			
1	Сарыкамышское	1970	42,52	78,73	6,8	15,6	$3,1 \cdot 10^{18}$
2	Маркансуйское	1974	39,38	73,85	7,3	16,6	$5 \cdot 10^{19}$
3	Исфара-Баткенское	1977	40,08	70,87	6,3	15,5	$1,5 \cdot 10^{18}$
4	Жаланаш-Тюпское	1978	42,88	78,58	6,6	15,6	$6,2 \cdot 10^{18}$
5	Дараут-Курганское	1978	39,40	72,80	6,8	16,2	$5 \cdot 10^{19}$
6	Кызылсуйское	1983	40,23	75,23	6,7	16,1	$2,94 \cdot 10^{18}$
7	Кашгарское	1985	39,43	75,48	7,1	16,5	$3 \cdot 10^{19}$
8	Кайраккумское	1985	40,3	69,80	6	14,8	$6,84 \cdot 10^{17}$
9	Кокшаальское	1987	41,43	79,27	6,3	14,7	$1,96 \cdot 10^{18}$
10	Байсорунское	1990	42,93	77,93	6,4	15,3	$2,6 \cdot 10^{18}$
11	Кочкор - Атинское	1992	41,1	72,42	6,3	15,3	$3 \cdot 10^{18}$
12	Суусамырское	1992	42,07	73,63	7,3	17	$8,5 \cdot 10^{19}$
13	Кашгарские	1997	39, 67	76,97	6,1	15	$7,9 \cdot 10^{17}$

В пределах области сильного землетрясения имеются активные структуры: поднятия, впадины, зоны разломов и их сегменты. Они в современных геодинамических условиях вовлекаются динамической сегментацией, которая выражена в изменении поля плотности сейсмогенных разрывов - параметра  $K_{ср}$

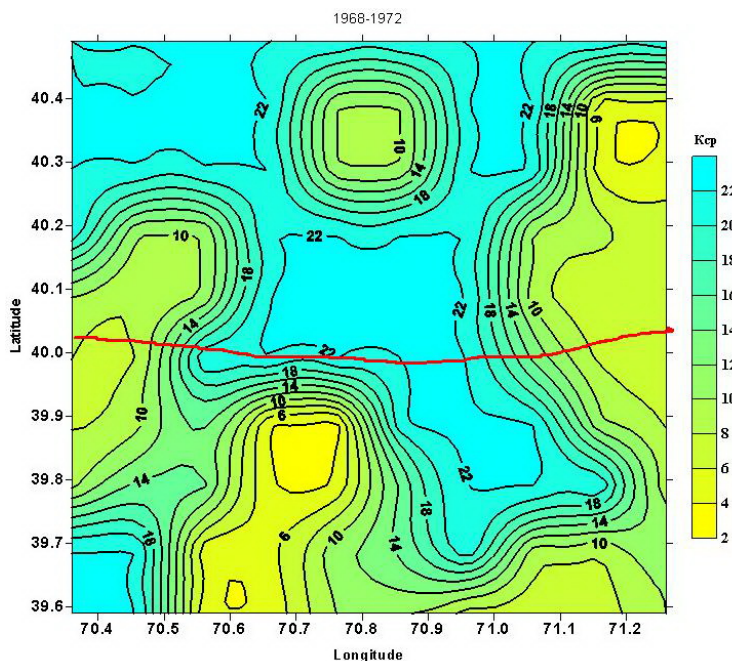


Рис.1а. Динамическая сегментация зоны Катрантооского разлома в области подготовки Исфара-Баткенского землетрясения в период 1968-1972 гг. Красной линией обозначена линия Катрантооского разлома.

[3] в виде аномальных и межаномальных областей. Аномальные области характеризуются относительно большой плотностью сейсмогенных разрывов и сравнительно малыми значениями параметра  $K_{ср}$ . Межаномальные области представляют собой своеобразный барьер, где по мере разрушения его происходит вспарывание разрыва очага. Следует отметить, что динамическая сегментация активных структур является основой модели очаговой области и очага землетрясения.

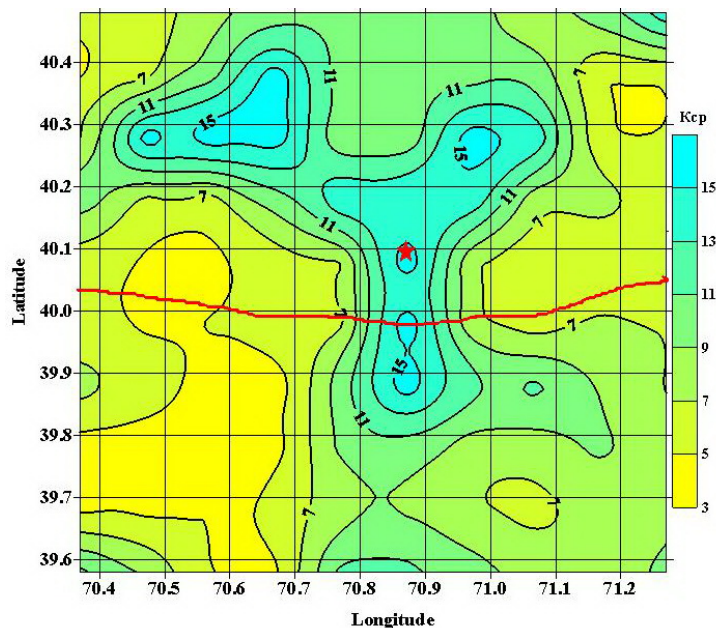


Рис.1б. Динамическая сегментация зоны Катрантооского разлома в области подготовки Исфара-Баткенского землетрясения в период 1968- 1976 гг. Звездочкой обозначен эпицентр данного землетрясения

Так, развитие процесса динамической сегментации Катрантооского активного разлома в области Исфара-Баткенского землетрясения (1977) в различных периодах приведено на рис.1. Например, в период 1968-1972 гг. в зоне разлома выделялись активные сегменты с относительно большой плотностью

сейсмогенных разрывов на востоке и на западе области (рис.1а). Между ними сегмент характеризовался малой плотностью сейсмогенных разрывов. В дальнейшем (например, в период 1968-1976 гг.) аномальные области поля Кср расширились (рис.1б). Активные сегменты разлома распространялись по

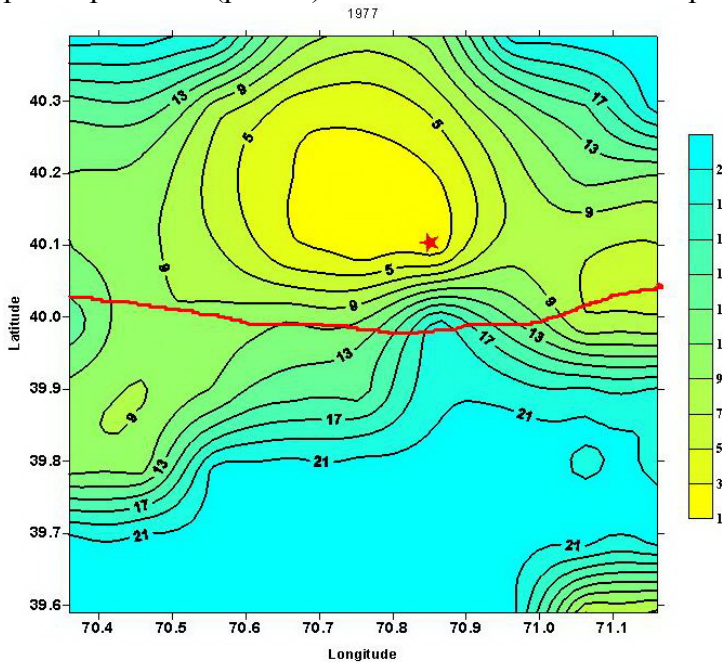


Рис.1в. Разрушение барьера зоны Катрантооского разлома в области Исфара-Баткенского землетрясения 1977 г. Звездочкой обозначен эпицентр данного землетрясения.

простираию определенными темпами, а сегмент между ними, представляющий своеобразный барьер, сокращался. 31 января 1977 г разрушился барьер, произошел главный толчок (рис.1в)

Характер развития процесса сегментации активных структур и подготовки сильного землетрясения отражен в последовательности проявления землетрясений, а именно в изменении их энергетических параметров, в частности, максимального годового энергетического класса во времени в области. Закономерность изменения энергетического параметра выражена в наборе характерных, своеобразных собственных колебаний в области сильного землетрясения, как нелинейная открытая система в результате воздействия

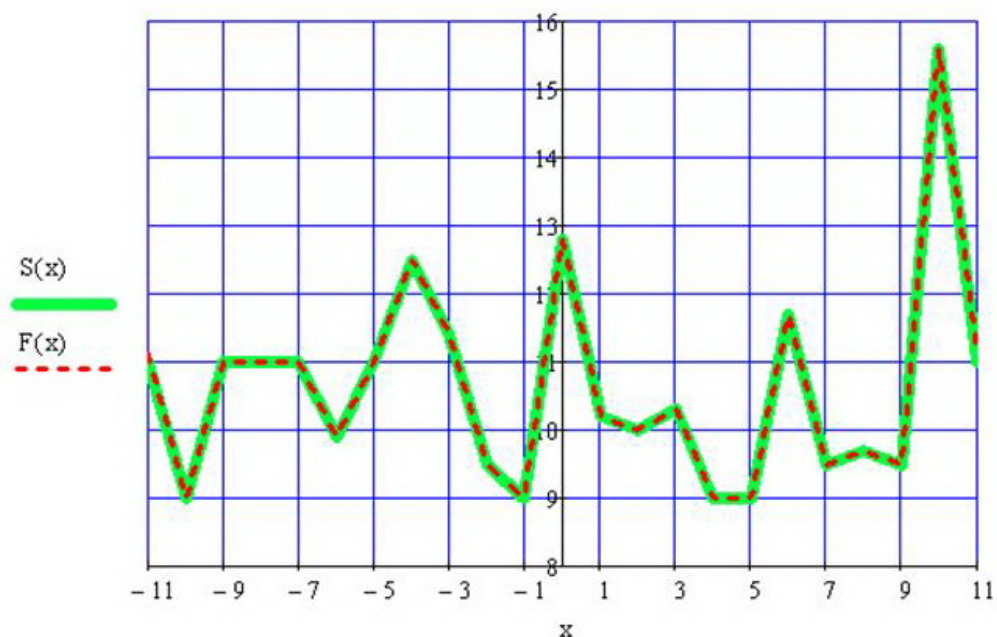


Рис.2а. Изменение максимального годового энергетического класса  $K_m$  за период от 1951г по 1970 г.  $S(x)$ - фактические данные - эмпирическая функция,  $F(x)$ - расчетная функция.

процессов в недрах Земли, атмосферных и космических явлений [2].

Определение характерных колебаний сводится к разложению временных рядов на гармонические составляющие. На основе спектрального анализа [1] определены периодические (гармонические) составляющие, которые в совокупности давали значения, отличающиеся от фактических данных на сотые доли.

Изменение максимального годового энергетического класса  $S(x)$  в области Сарыкамьшского землетрясения (1970,  $K=15,6$ ) за период с 1951 г. по 1970 г. имеет циклический характер (рис.2а). Данное землетрясение приурочено к зоне Предтерсейского разлома, разделяющей Восточно-Терсейское поднятие и Восточно-Ысыккульскую впадину Северного Тянь-Шаня. В зоне разлома поэтапно проявляется динамическая сегментация [3]. Спектр характерных периодических составляющих изменения максимального годового энергетического класса данной области линейчатый (рис.2б). Это означает, что область землетрясения имеет собственные частоты. Значения расчетной функции  $F(x)$  изменения энергетического параметра незначительно отличается от экспериментальных данных  $S(x)$ .

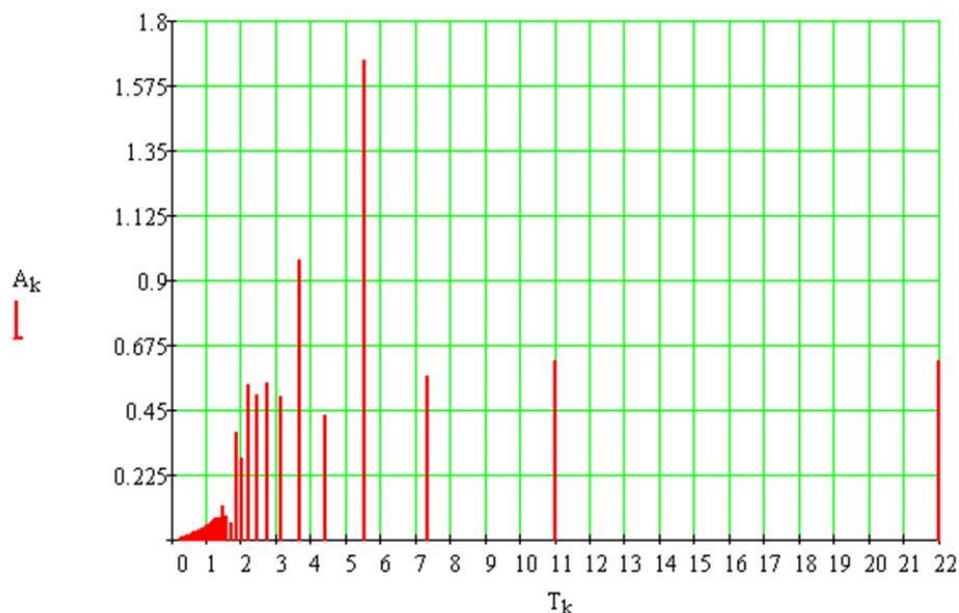


Рис.2б. Спектр периодических составляющих изменения максимального годового энергетического класса толчков области Сарыкамьшского землетрясения.  $A_k$  – в долях энергетического класса,  $T_k$  – лет или год.

Изменение максимального годового энергетического класса  $S(x)$  в областях сильных землетрясений (табл.1) за 20-летний период имеет циклический характер. Маркансуйское землетрясение (1974,  $K=16,6$ ) приурочено к зоне Дарваз-Каракульского разлома Северного Памира. Исфара-Баткенское землетрясение (1977,  $K=15,5$ ) приурочено к зоне Катрантооского разлома Южно - Ферганской зоны разломов, разделяющей Алайское поднятие и Ферганскую впадину. Жаланаш-Тюпское землетрясение (1978,  $K=15,6$ ) приурочено к зоне Предкунгейского разлома, разделяющей Кунгейское поднятие и Восточно-Ысыккульскую впадину Северного Тянь-Шаня. Дараут-Курганское землетрясение (1978,  $K=16,2$ ) приурочено к зоне Главного Памирского разлома, разделяющей Заалайское поднятие и Алайскую впадину. Кызылсуйское землетрясение (1983,

K=16,1) приурочено к зонам юго-восточных ветвей Таласо-Ферганского разлома. Кашгарское землетрясение (1985, K=16,5) приурочено к зоне восточной части (сегмента) Главного Памирского разлома. Кайраккумское землетрясение (1985, K=14,8) приурочено к зоне Северо-Ферганского разлома, разделяющей Кураминское поднятие и Ферганскую впадину. Кокшаальское землетрясение (1987, K=14,7) приурочено к зоне Предкокшаальского разлома. Байсорунское землетрясение (1990, K=15,3) приурочено к зоне Аксуйского разлома, разделяющей Центрально-Кунгейское поднятие и Ысыккульскую впадину. Кочкор-Атинское землетрясение (1992, K=15,3) приурочено к зоне Северо-Караункурского разлома, разделяющей Баубашатинское поднятие и Караункурскую впадину. Суусамырское землетрясения (1992, K=17) приурочено к зоне Предарамсуйского разлома, разделяющей Арамсуйское поднятие и Суусамырскую впадину. Группа Кашгарских землетрясений (1997, K=15) приурочена к зоне разломов в северо-западном обрамлении Тарима, на западном сегменте Кельпин-Чультагского активного поднятия.

Динамическая сегментация проявляется поэтапно в вышеперечисленных зонах разломов. Спектры характерных периодических составляющих изменения максимального годового энергетического класса областей вышеуказанных землетрясений линейчатые, и области этих землетрясений имеют собственные характерные частоты.

Таблица 2а. Амплитуды\* и периоды гармоник областей сильных землетрясений

Землетрясение	Периоды, лет, год								
	22	11	7,33	5,5	4,4	3,14	2,75	2,44	2,2
Сарыкамыш	0,589	0,544	0,597		1,41			0,627	
Маркансу	0,622	0,612	0,566	1,66			0,54		
Исфара-Баткен	1,00	0,73	0,73		0,59		0,66		
Жаланаш-Тюп	0,745	0,464	0,974		1,17		1,10		
Дараут-Курган	0,126	0,962	0,395		0,87			0,568	
Кызылсу	0,443	0,38	1,19	0,90			0,67		
Кашгар	0,678	0,505	0,508	1,00			1,01		
Кайраккум	0,133	0,045	0,88		0,92		1,00		
Кокшаал	1,00	0,866	1,02	0,745					0,486
Байсору	1,15	0,426	0,401		0,60			0,43	
Кочкор-Ата	0,536	0,585	0,558		0,967				0,351
Суусамыр	0,72	0,57	1,00		1,11			0,85	
Кашгар	1,27	0,96	0,29			0,72		0,52	

Таблица 2б. Фазы\*\* и периоды гармоник областей сильных землетрясений

Землетрясение	Периоды, лет, год								
	22	11	7,33	5,5	4,4	3,14	2,75	2,44	2,2
Сарыкамыш	-41,8	52,5	-34,1	1,7				20,0	
Маркансу	26,1	67,2	-49,2	11,2			10,7		
Исфара-Баткен	-65,2	85,4	-34,7		-68,6		9,4		
Жаланаш-Тюп	-41,2	67,8	-53,3		-83,1		-32,9		
Дараут-Курган	-48,7	1,92	-59,6		-75,7			16,9	
Кызылсу	-80,4	54,2	-17,7	53,3			5,7		
Кашгар	-67,3	-39,0	-1,6	27,0			41,8		
Кайраккум	-48,6	-35,2	-73,0		-34,6		0,4		
Кокшаал	-32,8	17,3	32,9		3,7				49,9
Байсору	-55,3	33,8	-51,9		-76,9			-84,2	
Кочкор-Ата	-37,1	46,2	-74,4		-26,4				-53,6
Суусамыр	-49,2	45,3	-64,2		-49,2			40,8	
Кашгар	-75,7	68,1	-76,6			82,5		47,6	

\*Амплитуда - в долях энергетического класса, \*\*фаза – в градусах.

На спектрах периодических составляющих изменения максимального годового энергетического класса толчков в областях подготовки сильных землетрясений выделились в основном четыре группы: первая- 22 года и 11 лет, вторая - 7,3 и 2- 2,7 года, третья – 3-5,5 года, четвертая - менее 2 лет (табл. 2). В интервалах периодов 2- 2,7 года и 3-5,5 года в таблице приведены (для краткости изложения) гармоники с относительно большими амплитудами. Первая группа циклов совпадает с циклами солнечной активности, вторая группа – с периодами гравитационных волн и циклами вариаций длительности суток Земли. Третья и четвертая группы периодических составляющих изменения максимального годового энергетического класса землетрясений, вероятно, обусловлены геодинамическими процессами внутри Земли, в частности, возможными внутренними гравитационными волнами. Следует подчеркнуть, что в момент сильного землетрясения отмечалось наложение всех гармоник с положительными амплитудами и близкими или сходными фазами.

### **Выводы**

Активные тектонические структуры, где формируются области подготовки сильных землетрясений, поэтапно вовлекаются процессом динамической сегментации.

Изменения во времени энергетических параметров, в частности, максимального годового энергетического класса, в определенной области сильного землетрясения Тянь-Шаня происходит закономерно, выделяются периодические составляющие. Спектр периодических составляющих - линейчатый, т.е. он состоит из дискретных частот (периодов). Эти частоты совпадают с частотами гравитационных волн, частотами колебаний солнечной активности, частотами геодинамических процессов и т.д. Установлено, что в момент сильного землетрясения происходит наложение всех гармоник с положительными амплитудами и близкими или сходными фазами.

Область сильного землетрясения является открытой, самоорганизующейся системой. Механизм геофизических процессов здесь имеет различную природу, что обуславливает нелинейное развитие процессов.

Периодические составляющие изменения энергетических параметров во времени в определенной области сильного землетрясения представляют собой управляющие параметры геофизических процессов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бат М. Спектральный анализ в геофизике. М.: Наука. 1980. 535с.
2. Оморов Р.О., Омуралиев М., Омуралиева А. Введение к исследованиям синергетических систем геологии, геофизики и геоэкологии //Известия НАН КР. 2005. №3. С. 90-97.
3. Омуралиев М., Омуралиева А. Молдобекова С. Динамическая сегментация активных разломов и модель развития очага землетрясения Тянь-Шаня. Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. Вып. 4. Сб. мат.-лов 4-го Междунар. симпозиума. 15-20 июня 2008 г. / Под ред. Леонова Ю.Г. Москва-Бишкек: 2009. С. 446-452.
4. Omuraliev M., Omuralieva A. Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Kyrgyzstan, Central Asia. Bishkek. 2004. 166p.

## СЕЗОННЫЙ ХОД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО СЕЙСМОГЕННЫМ ЗОНАМ ПАМИРА

Шозиёев Ш. П.

тел: 8-992-93-580-18-60; e-mail: [shokarim@mail.ru](mailto:shokarim@mail.ru)

Хорогский государственный университет, Хорог, Таджикистан

Памир - уникальный сейсмический район нашей планеты - всегда привлекал к себе специалистов разных направлений. В сейсмическом отношении это довольно активный район. Здесь отмечается крайне высокий уровень сейсмичности на глубинах от нескольких километров до 300 км [1].

Несмотря на значительные успехи отечественной и мировой сейсмологии, до настоящего времени еще не разработано достаточно надежных методов оценки сейсмического режима. В рамках накопленных знаний в данной статье мы рассмотрим сейсмический режим на примере Памира (в пределах  $36^{\circ}$ - $39^{\circ}30''$  с.ш. и  $71^{\circ}$ - $75^{\circ}$  в.д.) за период инструментальных наблюдений.

Рассматриваемая территория зажата между крупными плитами, консолидированными в разное геологическое время: с севера и запада - Туранской плитой, с востока - Таримской и с юга - Индийской платформой. Взаимодействие этих платформ привело к образованию цепей горных систем и сейсмогенерирующих зон. Общее поднятие по цепи горных систем в их центральной части составляет: для Гималаев- 5000-8000 м, Памира- 4000- 7000 м, Гиссаро-Алая- 3500-5000 м и далее на север уменьшается [2].

Под сейсмогенной зоной понимается территория, в пределах которой генерируются землетрясения. Они дифференцируются по силе, частоте повторения толчков, что обуславливается особенностями тектонических процессов. Очаги сильных коровых землетрясений приурочиваются к длительно живущим разломам, проявляющим активность в новейшее время и разделяющим крупные структуры. Сейсмогенные зоны выделены по комплексу геолого-геофизических признаков и, в основном, подтверждаются сейсмостатистикой [3] и морфоструктурным разделением высочайших гор Памира [4]. Однако идеального совпадения быть не может, так как тектоника располагает данными о развитии геологических структур в течение миллионов лет, а геологические и сейсмологические сведения стали накапливаться лишь с прошлого века. Кроме того, выделение глубинных разломов часто сопряжено с большими трудностями.

По комплексу геолого-геофизических данных в исследуемом районе выделено несколько сейсмогенных зон [5-8].

*Сейсмогенная зона Северного Памира*, которая совпадает с одноименной, тектонически обособившейся в палеозое зоной, обновлена в альпийский этап, но в гораздо меньшей степени, чем соседние сейсмогенные зоны. Данная зона ограничена Дарваз-Каракулским разломом.

*Сейсмогенная зона Центрального Памира* в виде широкой дугообразной полосы протягивается через весь Памир и прослеживается в Афганистане и Китае. Важнейшими сейсмогенными нарушениями Центрального Памира принято считать Центрально-Памирский (Ванч-Акбайталский) и Бартанг-Пшартский краевые разломы. Кроме них широко развиты второстепенные разрывы.

Линия Ванчского глубинного разлома и зона Акбайтальских чешуйчатых надвигов, по мнению многих исследователей, представляет собой тектоническую границу первого порядка и известна по названию «Главной линии Памира», отделяющей структуры Кунь-Луня от структур Каракарума. Киммерийская и альпийская эпохи складчатости проявились весьма интенсивно на всей территории Памира. Однако главную роль эти движения сыграли к югу от описываемого глубинного разлома, то есть на территории сейсмогенной зоны Центрального Памира. Шов сопровождался участками чешуйчатого строения, которые образовались в условиях двухстороннего давления с юга и с севера, но давление с юга преобладало.

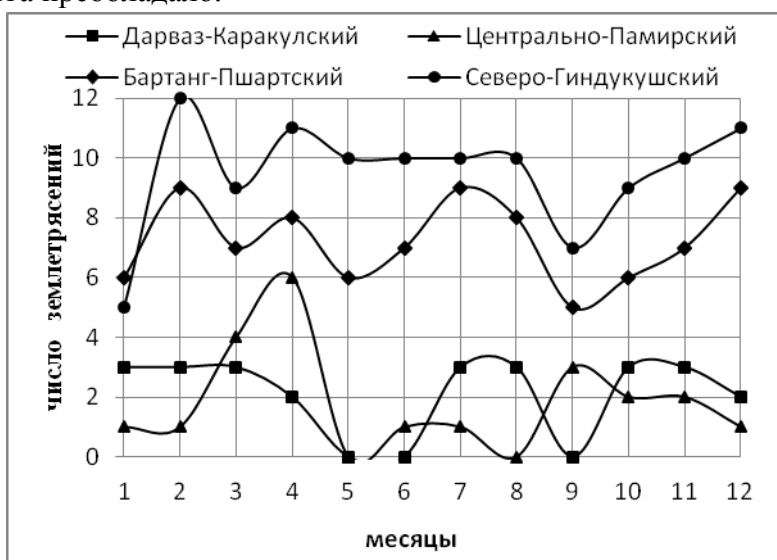


Рис.1. Сезонные вариации сейсмической активности Памира.

Центральный Памир, как и Северный, характеризуется малым количеством землетрясений в земной коре, но большим наклоном графика повторяемости. Известное здесь максимальное землетрясение соответствует классу  $K=17$  ( $M=7,25$  - Сарезское землетрясение).

Сейсмогенная зона Юго-Западного Памира совпадает с одноименной тектонической зоной и отличается высокой сейсмичностью. Ниже этой зоны проходит Северо-Гиндукушский разлом.

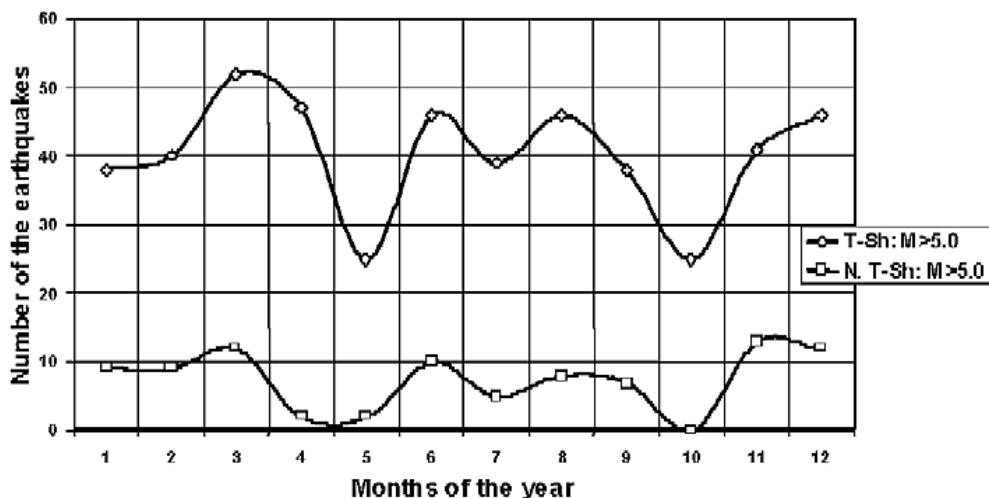


Рис.2. Сезонное распределение землетрясений с  $M > 5$  по Тянь-Шаню и Северному Тянь-Шаню [10-11].



С помощью анализа временных рядов чисел землетрясений исследованы взаимозависимости землетрясений по разломам Памира. Использованы ряды наблюдений с 1955 г. по 2010 г. В анализ включено около 300 землетрясений с магнитудой 3 и выше. Построены четыре временных ряда зависимостей чисел землетрясений Памира по Дарваз-Каракульскому, Ванч-Акбайталскому разломам (рис.1.), сейсмичности которых неодинаковы: с юга на север она убывает. Как показали статистические вычисления, корреляция между Бартанг-Пшартскими и Северо-Гиндукушскими землетрясениями равна 0,73, и анализ корреляций при разных сдвигах по месяцам и разных комбинациях по разломам не дал значимого результата, коэффициенты корреляции не превысили 0,44.

Сопоставление полученных графиков с работами [10-11] показывает явное отставание активности Тянь-Шань (рис. 2) от Памира. Это говорит о том, что сейсмичность не только меняется по месяцам, но и передается от места к месту, словно «волны сейсмичности».

Уменьшение высоты горных цепей и сезонный ход сейсмичности с юга на север подтверждают коллизию Индостанской плиты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А.М., Ишук А.Р., Негматулаев С.Х. Сейсмические условия территории Таджикистана. Душанбе. 2008. С. 60.
2. Костенко Н.П. Главнейшие закономерности расчленения горного сооружения Памира. Материалы по геологии Памира. Душанбе. 1963.
3. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. М.: АН СССР. 1960. 464 с.
4. Ранцман Е.Я. Места землетрясений и морфоструктура горных стран. М.: «Наука». 1979. С.170.
5. Мирзоев К.М., Бабаев А.М., Ачилов Г.Ш., Михайлова Р.С. Сейсмогенные зоны Памира. Геология и геофизика Таджикистана. Душанбе: «Дониш». 1985. С. 117-138.
6. Бабаев А. М. Важнейшие разломы Таджикистана и их систематика. Геология и геофизика Таджикистана. Душанбе: «Дониш». 1989. С. 33-52.
7. Маламуд А.С., Николаевский В.Н. Циклы землетрясений и тектонические волны. Душанбе: «Дониш». 1989. С. 141.
8. Burtman V.S., Molnar P. Geological and geophysical evidence for deep subduction of continental crust beneath the Pamir. Geol. Soc. Amer. Spec. paper 281. Boulder, Colorado, 1993, 76 p.
9. Bihong Fu, Yoshiki Ninomiya, Jianming Guo. Slip partitioning in the northeast Pamir–Tian Shan convergence zone. Tectonophysics, 483 (2010) 344–364.
10. Мухтар Хайдаров, Вера Ильина, Алкуат Нурмагамбетов, Карим Хайдаров, Павел Локша. О связи сезонных изменений сейсмичности и отклонений приборов крутильного типа на Северном Тянь-Шане. В сб.: Проблемы предотвращения последствий разрушительных землетрясений. Доклады второго Казахстанско-Японского семинара 23-25 сентября 2002 года. Алматы. Эверо. 2003. С. 340-347.
11. M.S.Khaidarov, V.V.Ilyina, A.Nurmagambetov, K.A.Khaidarov, P.B.Loksha. Relation of Deviations of Torsion Pendulums with Season Seismicity on the North Tien-Shan. Problems of destructive earthquake disaster prevention. Proceedings of the second Kazakhstan-Japan workshop 23-25 September 2002. Almaty-EVERO. 2003. 492 pages.

## МОНИТОРИНГ РАДОНА КАК ИНДИКАТОР ВОЗМОЖНОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО СОБЫТИЯ

Уткин В.И.<sup>1</sup>, Козлова И.А.<sup>1</sup>, Чи-Ю Кинг<sup>3</sup>, Юрков А.К.<sup>1</sup>, Дутта П.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия;

<sup>2</sup>Департамент телекоммуникации, Ядавпур Унив. 700032, Калькутта, Индия;

<sup>3</sup>Комп. Исследование предсказания землетрясений, Лос Альтос, США

Проблема прогноза землетрясений возникла одновременно со временем собственно изучения процессов подготовки и реализации землетрясений. До сих пор не потеряли своего значения работы Г.А.Гамбурцева, в которых были получены новые для того времени, необычайно интересные сведения о строении земной коры, поставлены работы по поиску различных геофизических предвестников землетрясений. В 50-х годах наиболее широко прогнозные работы были развернуты в КНР и несколько раз довольно удачно сейсмологи указывали места и примерное время землетрясений. Наибольшая удача - это предсказанное за несколько часов землетрясение в 1975 года в городе Хайчен. Однако эта удача оказалась, скорее, случайной: 26 июля 1976 года произошло непредсказуемое землетрясение с магнитудой 7 и эпицентром в 150 км к востоку от Пекина. В последующие годы успехи в прогнозах были переменными: было 2-3 более и менее удачных предсказания времени и места землетрясения в Мексике, в Китае несколько раз. Но основной процент составляют землетрясения, которые не были предсказаны [3].

### Введение

Исследования последних лет показали, что несмотря на развитие сейсмометрического оборудования, методов обработки сейсмических сигналов, развития сейсмометрических комплексов и т.д., проблема прогноза тектонических землетрясений (особенно краткосрочных прогнозов) остается нерешенной, так как используемые обычно пассивные сейсмологические сигналы не являются информативными по отношению к процессу подготовки сейсмического события. Время возникновения сейсмических сигналов до событий в зависимости от объема трещин (подготовки зоны землетрясения) слишком мало, чтобы принять какое-либо решение по защите от сейсмического события. Поэтому сейсмические сигналы для целей краткосрочного прогноза землетрясений использовать практически невозможно.

После того, как было обнаружено появление естественного радиоактивного газа радона при возникновении сейсмических событий [Имамура, 1947], начались активные поиски условий для регистрации аномальных содержаний концентрации радона (ОАР объемной активности радона), предшествующих сильным землетрясениям [Natuda, 1953]. После удачного опыта выделения аномальной ОАР в воде колодца перед землетрясением в Ташкенте [Ulmov, 1967] последовал ряд работ, детально изучающих вариации ОАР перед сильными землетрясениями [Фридман et al., 1988; Hirota et al., 1988 (Япония); Игараши et al. 1995; (Япония); Inzeozetal., 2006 (Турция);]. Изменения в поведении ОАР и гелия отмечали [Imme' et al., 2005; Морелли et al., 2012; Rastogi et al. (1987)]. Аномальные содержания радона наблюдались при землетрясении с  $M=5$  [Walia et al., 2005]. Необходимо отметить, что мониторинг ОАР, как правило, отличался от обычных данных мониторинга радона другого типа (фиксированная концентрация, числовые значения, например, электросопротивления, сейсмической активности и т.д.) тем, что фиксировалось не только количество ОАР в данной точке в данный момент времени, а изменения ОАР во времени.

Наблюдаемое время подготовки землетрясения оказалось достаточным, чтобы определить характер поведения ОАР (Outkin et al., 1999) и, соответственно, характер деформации литосферных блоков (растяжение или сжатие). Несколько механизмов и методов было постулировано различными исследователями, чтобы объяснить землетрясения, связанные с газовыми аномалиями, наиболее часто с участием тектонически индуцированного движения жидкостей земной коры [Гуфельд]. Чтобы исключить ошибки, связанные с особенностями геологического строения, и выделить для анализа чистый тектонический сигнал в регистрируемой ОАР, Геологической службой США был проведен в 1970–1980-х годах прошлого века уникальный эксперимент пространственно-временного мониторинга радона (ОАР) в пределах разлома Сан-Андреас (Северная Америка) [King, 1991]. Этот мониторинг, несмотря на ряд недостатков (например, недостаточный учет выпадающих осадков), до сих пор является единственным масштабным экспериментом радонового мониторинга, результаты которого еще не до конца оценены исследователями, хотя в более позднее время выполненные измерения мониторинга ОАР (Outkin и Юрков, 1997а, b; Outkin, 1999, 2000) подтвердили справедливость основных выводов, сделанных после изучения мониторинга радона тех лет [Уткин, Юрков, 1996]. Поэтому ревизия на современном уровне данных мониторинга радона [King, 1991] в связи с подготовкой тектонического землетрясения представляет большой интерес

### Особенности радонового мониторинга [King, 1991]



Рис.1. Карта –схема расположения станций радонового мониторинга вдоль разлома Сан-Андреас : две или более расположенных рядом станций квадратом [King,1996].

максимального количества детальной информации, то есть данных, полученных при недельной экспозиции трековых детекторов.

Выбор иллюстративных материалов в период времени с января 1979 по июнь 1980 года обусловлен тем, что в данный период имеется весь набор типичных ситуаций, характерных для всех событий, зарегистрированных с 1977

В эксперименте [King, 1991] использовалось 60 станций радонового мониторинга, размещенных вдоль разлома Сан-Андреас в полосе шириной около 50 км на протяжении почти 300 км (рис.1.) Расстояние между станциями было крайне неравномерно: минимальное составляло около 1 км, максимальное около 10 км. Станции по мере возможностей располагались вдали от водных источников. Регистрация радона осуществлялась пленочными детекторами, расположенными в специально пробуренных сухих скважинах на глубине около метра.

Всего было проанализированы данные о 25 сейсмических событиях с магнитудой от 4.0 до 5.8, произошедших в период с 1979 по 1981 годы. Основным критерием для выбора данного диапазона наблюдений было наличие

по 1981 год. События позже второй половины 1981 года подробно не анализировались, ибо в это время авторы работы [Chu-Yu-King6] перешли на длительную (месяц и более) экспозицию трековых детекторов, что привело полностью к потере короткопериодных (неделя и менее) вариаций концентрации радона.

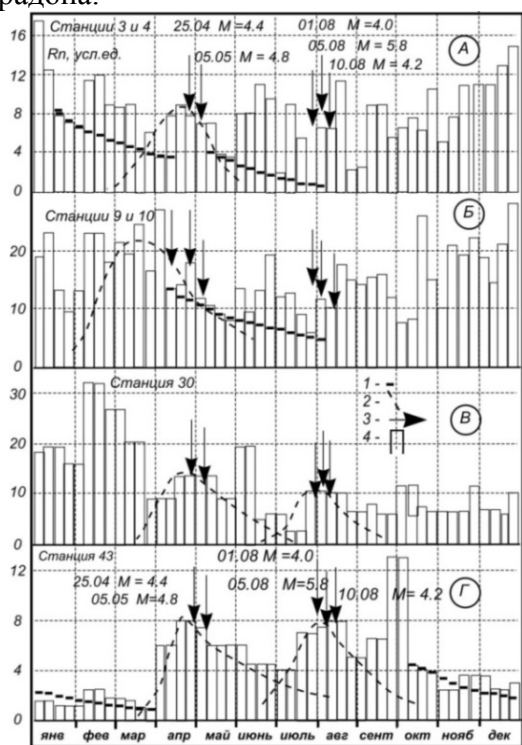


Рис.2. Графики динамических изменений концентрации радона (ОАР) в 1979 г.: А - объединённые данные по станциям 3 и 4; Б - объединённые данные по станциям 9 и 10; В - данные по станции 30; Г - данные по станции 43; 1 - гипотетическое динамическое уменьшение концентрации радона в "ближней" зоне (зоне сжатия или зоне дилатансии) в отсутствие форшоков большой энергии; 2- гипотетическое увеличение концентрации радона в "дальней" зоне (зоне растяжения); 3- момент основных сейсмических событий, по данным [Уткин, 1991, 1996].

Объединенные данные по станциям 3 и 4 (рис. 2) показывают, что в период с января по июль имеет место суперпозиция трех процессов. Во-первых, уменьшение ОАР радона, вызываемое подготовкой землетрясения от 05.05.79 и августовской серии 1979 года ("ближняя" зона); во-вторых, увеличением концентрации радона, вызванным подготовкой землетрясения от 25.04.79 года. Гипотетические изменения концентрации радона нанесены горизонтальными маркерами для "ближней" зоны и пунктирной линией для "дальней". Увеличение концентрации радона в феврале-марте и июне-июле вызваны, несомненно, форшоками, предшествующими землетрясениям.

Объединенные данные по станциям 9 и 10 (рис. 2-Б) показывают, что для серии землетрясений 25.04 и 05.05 данную точку наблюдений необходимо отнести к "дальней" зоне (увеличение концентрации радона), а для августовской серии землетрясений данная наблюдательная точка относится к "ближней" зоне (уменьшение концентрации радона). Дополнительные помехи так же вызваны форшоками, предшествующими августовским событиям.

Наблюдательная станция 30 (рис. 2-В) находится на значительных расстояниях от эпицентров сейсмических событий апреля-мая и августа ("дальняя" зона), что отражается на поведении кривых.

Наблюдательная станция 43 (рис. 2-Г) находится в "ближней" зоне по отношению к событию от 25.04 и в "дальней" зоне по отношению к землетрясению от 05.05 и августовской серии землетрясений, что четко фиксируется по изменению концентрации радона. Наблюдаемое увеличение концентрации радона в сентябре-октябре связано с афтершоками августовской серии землетрясений.

Представленные карты-схемы показывают, что даже при неоптимальной методике измерений отчетливо наблюдается пространственная зональность динамики эксхалиции ОАР, которая предшествует тектоническому землетрясению. Так как эксхалиция радона отражает в основном изменение напряженного состояния массива, полученные результаты свидетельствуют о высокой степени нелинейности пространственного распределения напряженного состояния массива перед землетрясением.

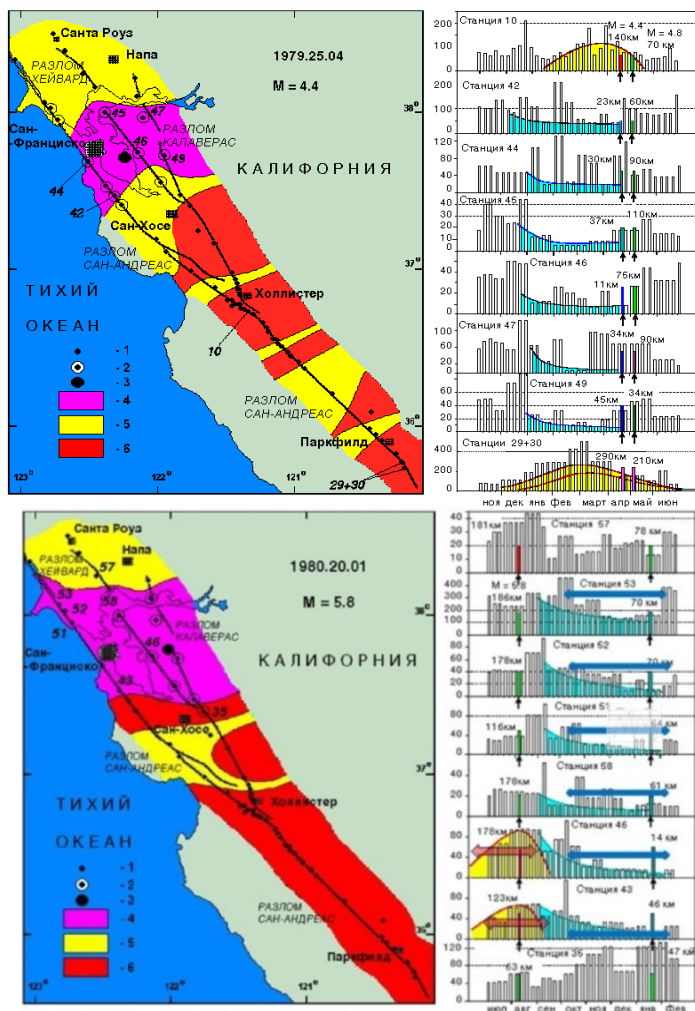


Рис.3. Схема пространственно-временных изменений ОАР при подготовке землетрясения от 05 января 1980 года и 20 января 1980 года (Уткин 1998-2000): 1- расположение станций регистрации ОАР, рядом указан номер станции по [Chi-YuKing]; 2- станции, выбранные для анализа процесса подготовки землетрясения; 3 – эпицентр землетрясения; 4 – зоны сжатия массива; 5 – зоны растяжения массива; 6 – «нейтральные» зоны (зоны без видимых признаков сжатия или растяжения). Стрелками на диаграмме показаны временные интервалы подготовки сейсмических событий.

для зон сжатия и растяжения при подготовке землетрясения **существенно различное**. В зонах сжатия идет последовательное уменьшение ОАР до

Методический интерес представляет сравнение схем пространственно – временных изменений ОАР при подготовке землетрясений различного энергетического класса: 4.4 (от 05 января 1980 года) и 5.8 (20 января 1980года) (рис.3). Схемы интересны тем, что отчетливо проявляется зависимость магнитуды события и общего объема горного массива при подготовке землетрясения: зона сжатия (зона «дилатансии) при подготовке землетрясения с M=5.8 более чем в два раза больше зоны дилатансии при подготовке землетрясения с M=4.4. [Уткин, 1991, 1996].

Статистический анализ исследованных событий показывает, что в среднем "ближняя" зона динамического уменьшения концентрации радона (зона дилатансии) ограничена расстоянием  $24 \pm 15$  км, "дальняя" зона начинается от  $110 \pm 40$  км. Причем с увеличением магнитуды будущего землетрясения эпицентральный радиус "ближней" зоны увеличивается.

Анализ схем пространственно-временного изменения ОАР при подготовке землетрясения показал, что поведение ОАР

некоторой малой величины, после чего следует разрядка напряженного состояния массива (землетрясение) (рис. 4). Это хорошо видно на диаграммах ОАР по станциям 43, 46, 51, 52, 58, 63.

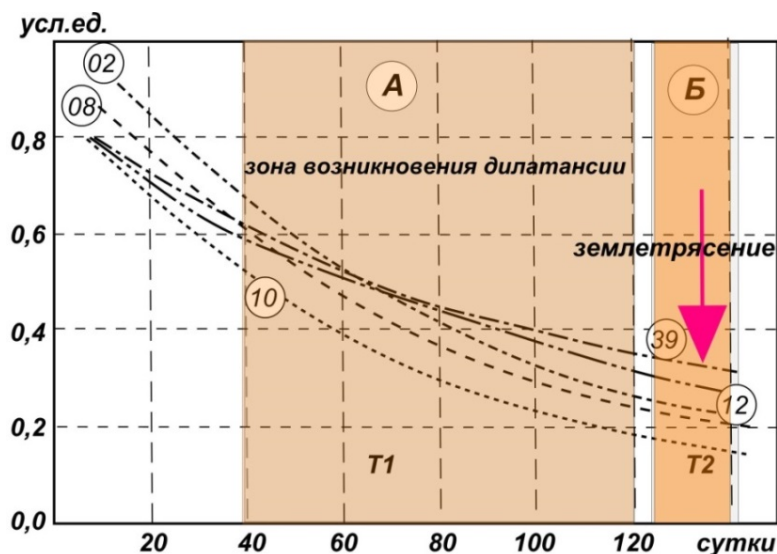


Рис. 4. Изменение во времени концентрации радона (ОАР) в условиях сжатия массива: А – зона подготовки землетрясения; Б – время T2 – зона разрушения массива.

Если станция радонового мониторинга находится в зоне сжатия массива, то изменение концентрации радона во времени представляет собой экспоненциальную кривую вида:

$$I_c = I_0 (\exp(-kt)),$$

где  $I_0$  – некоторая начальная интенсивность ОАР перед началом ее спада, который продолжается от 3 до 5 месяцев (120-150 дней);  $k$  – коэффициент уплотнения массива (название условное). Процесс сжатия оканчивается землетрясением, разрушением (изменением) структуры массива. Можно предполагать, что разрушается только структура, обеспечивающая межблочное трение, поскольку по опыту известно, что литосферные блоки остаются без изменения.

Если радоновая станция попадает в расположение зоны растяжения массива, то изменение концентрации радона (ОАР) имеет более сложный характер (станции 43 и 46 на рис.1), который хорошо описывается формулой следующего вида:

$$I_p = I_0 m \cdot t (\exp(-k \cdot t)),$$

где  $I_0$  - некоторая начальная концентрация радона;  $m \cdot t$  – коэффициент увеличения концентрации радона при растяжении массива. Кривая ОАР сначала растет (увеличение концентрации радона при растяжении массива за счет увеличения его проницаемости и т.д.), достигает максимума, а затем наблюдается сброс напряженного состояния (возможное разрушение массива), увеличение объема массива и спад концентрации радона. Типичные кривые изменения концентрации радона (ОАР) для различных измерительных станций в процессе растяжения массива, полученные в результате экспериментов по мониторингу радона [Chi-YuKing, Outkin, 1979, 2000], показаны на рис.5. Представленные результаты позволяют сделать следующие выводы: а) отражение процесса подготовки тектонического землетрясения в поле концентраций радона (ОАР) начинается за 120-150 дней до события и не зависит от типа деформации массива;

б) размер области ожидаемого события с магнитудой около 4 составляет около 40 км; события с магнитудой 5 - 50 км и магнитудой 6 - более 50 км.

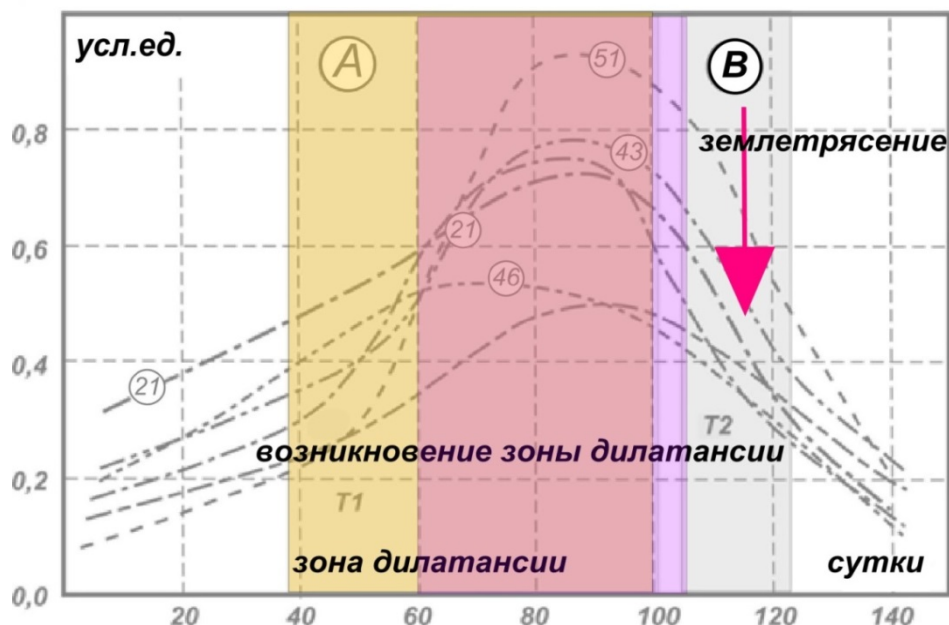


Рис.5. Изменение во времени ОАР в условиях растяжения массива: А - зона подготовки землетрясения; В - зона разрушения массива (землетрясение).

Главное отличие данных мониторинга радона от обычных данных мониторингов другого типа (фиксированных, численных величин, например, электросопротивления, сейсмической активности и т.д.) состоит в том, что регистрируется не просто величина ОАР в данной точке в данное время, а изменение ОАР во времени. В этом случае по поведению ОАР во времени можно судить об изменении напряженно-деформированного состояния среды (сжатие или растяжение).

Наблюдаемое время подготовки землетрясения вполне достаточно, чтобы определить характер поведения ОАР и, соответственно, характер деформации литосферного блока (растяжение или сжатие). Таким образом, осуществляется непрерывный контроль за изменением напряженно-деформированного состояния среды при подготовке тектонического землетрясения. Указанные изменения наглядно наблюдаются на кривых ОАР (рис. 2 и рис. 3), полученных по данным мониторинга [Chi-YuKing, Outkin].

Дальнейшее развитие образовавшейся при движении структуры (литосферных блоков и плит) идет в двух направлениях. В зоне сжатия (зона дилатансии) напряжение увеличивается до некоторой максимальной величины (минимальное наблюдаемое значение объемной активности радона - ОАР), сохраняющейся до разрушения структуры. Свободный газ выделяется в зоне разрушения и возникает газо-жидкостная субстанция в межблочном пространстве. Это приводит к резкому уменьшению межблочного трения и распаду неподвижной структуры, накопившей в процессе дилатансии достаточное количество упругой энергии. Землетрясение происходит.

Детальный анализ данных радонового мониторинга [Chu-Yu-King, 1991, Outkin, 2006] показал, что в процессе движения литосферных блоков эпицентры землетрясений располагаются в пределах деструктивной части массива.

Это означает, что в пределахдвигающегося горного массива при торможении отдельных его блоков или ансамбля блоков возможно возникновение явления дилатансии и неподвижного центра, находящегося в условиях сжатия и обеспечивающего накопление упругой энергии за счет перемещения литосферных блоков, а также зон растяжения массива.

Сброс упругой энергии приводит к событию, классифицируемому как землетрясение. После снижения межблочного трения и сброса упругого напряжения литосферные блоки получают возможность продолжить свое псевдохаотичное движение в первоначальном направлении. При этом литосферные блоки остаются практически без разрушения, но существенно изменяется конфигурация (расположение) блоков и межблочная структура. При дальнейшем движении ансамбля блоков возможно повторение описанной ситуации и возникновение землетрясения в другой части сейсмогенного района. Данная модель хорошо подтверждается результатами радонового мониторинга [Chu-Yu-King,1991, Outkin,2006] и позволяет предложить реальные способы прогноза тектонических землетрясений.

Оптимальное количество станций радонового мониторинга, которое необходимо для контроля исследуемой области, можно определить, исходя из размеров области подготовки тектонических событий. Это область радиусом 40 км для землетрясений с магнитудой около 4, радиусом 50 км для землетрясений с  $M \geq 5$  и радиусом около 50 км и более для землетрясений с  $M \geq 6$ . Таким образом, для контроля состояния литосферного блока размером 100 на 200 км при контроле сейсмического события с магнитудой 4 достаточно 10-12 станций радонового мониторинга. Для контроля событий с минимальной магнитудой равной или более 5 достаточно 6-8 станций для полигона размером 100 на 200 км. При сложном геологическом строении исследуемой области количество станций, вероятно, необходимо будет увеличить. Обязательным условием возникновения тектонического землетрясения является наличие необходимого напряжения в земной коре, которое вызывается деформированием литологического блока или литологической плиты. Достаточным условием можно считать появление некоторой внешней силы, которая спровоцирует сброс напряжения при критических уровнях напряженно-деформированного состояния массива.

Предлагаемая методика комплексирования измерений радонового мониторинга и производной скорости вращения массива условно названа – *геодинамический мониторинг (ГДМ)*, который может использоваться для решения проблем краткосрочного и среднесрочного прогноза тектонических землетрясений при минимальном использовании данных сейсмического мониторинга для оперативного решения задач прогноза.

Преимущества геодинамического мониторинга перед сейсмологическим мониторингом состоят в следующем: а) монитор радона размещен непосредственно в исследуемом блоке горных пород, что существенно повышает соотношение сигнал-шум при регистрации данных; б) сигнал радонового мониторинга позволяет судить о динамике напряженно-деформируемого состояния блока горных пород (сжатие-растяжение); в) скорость процессов динамики горных пород при подготовке землетрясения относительно невелика, что позволяет обрабатывать данные мониторинга в режиме реального времени.

Для краткосрочного прогноза крупных землетрясений, при наличии результатов радонового мониторинга, окажутся полезными результаты по изменению скорости вращения Земли. Триггерующий эффект, появляющийся при изменении скорости вращения Земли (изменении направления ускорения вращения), вызывает сброс напряжений в «подготовленных блоках» по всей



поверхности Земли, индуцирует крупные землетрясения. Поэтому предупреждение о крупных землетрясениях должно формироваться с использованием данных вариаций скорости вращения Земли.

При интерпретации данных радонового мониторинга необходимо помнить о роли радона в описываемом процессе. Дело в том, что содержание радона в подземном воздухе крайне невелико (около  $10^{-16}$  %) и влияние его концентрации на процессы сжатия-растяжения массива практически ничтожны. Ценность регистрации радона состоит в том, что вариации ОАР отражают изменение давления в межблочном пространстве, что надежно фиксируется ввиду радиоактивности радона. Поэтому вариации ОАР следует рассматривать как отражение изменения давления межблочного пространства.

Все описанные выше результаты были получены при исследовании процессов выделения радона из массива горных пород. Вместе с тем многие данные по использованию радона, как краткосрочного предвестника сейсмических явлений, были получены при регистрации динамического изменения концентрации радона, растворенного в подземных водах [Соболев]. Обычно для этих целей используют изливающиеся скважины. Анализ данных, приведенных в обзорах [Соболев], показывает, что практически во всех случаях имеют место аномалии концентрации радона, характерные для "дальней" зоны, то есть наблюдается повышение концентрации радона, растворенного в воде изливающихся скважин. Это свидетельствует о том, что перемещение грунтовых вод вызывает дополнительное (пространственное) осреднение концентрации радона и по этим данным, вероятно, невозможно выделение "ближней" зоны, в пределах которой наблюдается будущий эпицентр сейсмического события.

**Приведенные материалы позволяют сделать следующие выводы.**

1. Пространственная зональность выделения радона в зависимости от расстояния от будущего эпицентра сейсмического события свидетельствует о нелинейном характере пространственных изменений напряженно-деформированного состояния среды.
2. Эпицентры будущего землетрясения находятся, как правило, в пределах динамического уменьшения ОАР ("ближняя" зона – зона дилатансии). При этом чем больше магнитуда будущего землетрясения, тем больше эпицентральное расстояние границ "ближней" зоны (зоны дилатансии).
3. Подготовка землетрясения, фиксируемая по динамическому изменению ОАР, начинается за 3-4 месяца до сейсмического события и особенно четко проявляется за 1-2 недели до землетрясения.
4. На картах динамического изменения объемной активности радона (ОАР) отчетливо видны нелинейные пространственные процессы подготовки землетрясения, что отражается в чередовании признаков, характерных для "ближней", "дальней" и "промежуточной" зон, то есть фиксируются зоны сжатия и разгрузки верхней части массива горных пород.
5. Несмотря на все трудности при интерпретации данных по динамическому изменению ОАР, ценность их состоит в том, что они показывают возможность успешного использования динамических изменений ОАР как краткосрочного (за 3-4 месяца) предвестника землетрясений. При создании соответствующей системы мониторинга (расстояние между станциями не более 25 км, накопление данных за время не более 24 часов, снижение влияния выпадающих осадков и движения грунтовых вод), вероятно, будет возможно существенно повысить достоверность предсказания сейсмических событий даже в сложном сейсмическом районе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гир Дж., Шах Х. Зыбкая твердь. М.: Мир. 1988. 220 с.
2. Гуфельд И.Л. Геологические следствия аморфизации структуры литосферы и верхней мантии, вызванные водородной дегазацией // Геодинамика и геотектоника. Т.3. Вып. 4. 2012. С. 417-435.
3. Кейлис-Борок В.И. Повторный сильный толчок землетрясений: прогноз возможен. Наука в России. 1992. № 1. С. 60-63.
4. Моргунов В.А. Реальности прогноза землетрясений. Физика Земли. 1999. № 1. С. 79-91.
5. Новикова О.В., Ротвайн И.М. Опыт заблаговременного прогноза землетрясений с помощью алгоритма КН. Докл. РАН. 1996. Т. 348. № 4. С. 548-551.
6. Рогожин Е.А. Исторические сейсмогенерирующие структуры Северной Евразии в голоцене // ДАН. Москва. ОИФЗ. 370, 390-392. 2002.
7. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука. 1993. 313 с.
8. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон и проблема тектонических землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1997. № 4. С. 84-92.
9. Уткин В.И., Юрков А.К. Отражение сейсмических событий в поле эксхалляции радона // Геофизика. М.: ЕАГО. № 6. 1997. С.50- 56.
10. Уткин В.И., Юрков А.К. Козлова И.А. Радон как индикатор напряженного состояния массива. / Кн. Мельниковские чтения. Пермь: Горный институт УрО РАН. 1999. С. 79-82.
11. Уткин В.И., Мамыров Э., КанМ.В., Кривашеев С.В., Юрков А.К., Косякин И.И., Шишканов А.Н. Мониторинг радона при изучении процесса подготовки тектонического землетрясения на Северном Тянь-Шане // Физика Земли. 2006. № 9. С.145-155.
12. Drury, S. A.: Image Interpretation in Geology, 2nd Edn., Chapman and Hall, London, 1993.
13. Dutta, P. K., Naskar, M. K., and Mishra, O. P.: Test of strain behavior model with Radon anomaly in earthquake prone zones, Himalayan Geol., 33, 23–28, 2012a.
14. Friedmann, H., Aric, K., Gutdeutsch, R., King, C. Y., Altay, C., and Sav, H.: Radon measurements for earthquake prediction along the North Anatolian Fault Zone: a progress report, Tectonophysics, 152, 209–214, 1988.
15. Hatuda, Z.: Radon content and its change in soil air near the ground surface. Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Series B, 20, 285–306, 1953.
16. Hirota, U., Moriuchi, H., Takemura, Y., Tsuchida, H., Fujii, I., and Nakamura, M.: Anomalously high radon discharge from the Atotsugawa fault prior to the western Nagano Prefecture 25 earthquake (m 6.8) of September 14, 1984, Tectonophysics, 152, 147–152, 1988.
17. Igarashi, G., Saeki, S., Takahata, N., Sumikawa, K., Tasaka, S., Sasaki, Y., Takahashi, M., and Sano, Y.: Ground-water radon anomaly before the Kobe earthquake in Japan, Science, 269, 60–61, 1995.
18. Imamura, G.: Report on the observed variation of the Tochiomata hot spring immediately before the Nagano earthquake of July 15, 1947, Kagaku, 11, 16–17, 1947.
19. Imm` e, G., La Delfa, S., Lo Nigro, S., Morelli, D., and Patan` e, G.: Gas Radon emission related to geodynamic activity of Mt. Etna, Ann. Geophys., 48, 65–71, 2005, <http://www.ann-geophys.net/48/65/2005/>.

20. Inceoz, M., Baykara, O., Aksoy, E., and Dogru, M.: Measurements of soil gas radon in active fault systems: a case study along the North and East Anatolian fault systems in Turkey, *Radiat. Measure.*, 41, 349–353, 2006.
21. King, C.-Y.: Gas geochemistry applied to earthquake prediction: An overview, *J. Geophys. Res.*, 10 91, 12269–12281, 1986.
22. King, C.-Y., Walkingstick, C., and Basler, D.: Radon in soil gas along active faults in central California, in: *Field Studies of Radon In Rocks, Soils and Water*, edited by: Gundersen, C. S. and Wanty, R. B., US Geol. Sur. Open File Report, 77–143, 1993.
23. Mishra, O. P., Chakraborty, G. K., Singh, O. P., Kayal, J. R., and Ghosh, D.: Aftershock investigation in the Andaman-Nicobar Islands: An antidote to public panic, *Seismol. Res. Lett.*, 78, 591–600, 2007.
24. Mishra, O. P., Zhao, D., and Wang, Z.: The genesis of the 2001 Bhuj, India, earthquake (Mw 7.6): A Puzzle for Peninsular India, *J. Indian Minerals*, 61/62, 149–170, 2008.
25. Morelli, D., Imm` e, G., Altamore, I., Cammisa, S., Giammanco, S., La Delfa, S., Mangano, G., Neri, M., and Patan` e, G.: Radioactivity measurements in volcano-tectonic area for geodynamic process study, *EPJ Web of Conf.*, 24, 05009, doi:10.1016/j.epjconf.2011.01.172, 25 2012.
26. Outkin V.I., Kozlova I.F. Massif straining condition dynamics reflection in radon field // XXV General Assembly EGS, Nica, France, 2000, p.1356-1358
27. Outkin V. I., Yurkov A.K., Klimshin A.V., Kozlova I.A. Geodynamic monitoring in real times// AGU, Institute of Geophysics of Ural's Branch of RAS. Yekaterinburg, 2011. #1203407
28. Outkin, V. I. and Kozlova, I. A.: Massif was straining the reflection in the dynamics condition 30 radon field, XXV General Assembly EGS, Nica, France, 1356–1358, 2000.
29. Outkin, V. I., Yurkov, A. K., Klimshin, A. V., and Kozlova, I. A.: Geodynamic monitoring in real times, AGU 2011, USGS, S-Franc., Institute of Geophysics, AGU, 1203407, 2011.
30. Rastogi, B. K., Chadha, R. K., and Raju, I. P.: Seismicity near Bhatsa reservoir, Maharashtra, India, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 44, 179–199, 1986.
31. Sarson, G. R. and Jones, C. A.: A convection driven geodynamo reversal model, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 111, 3–20, 1999.
32. Tsukuda, T.: Radon-gas Monitoring by Gamma-ray Measurements on the Ground for Detecting Crustal Activity Changes Preliminary Study by Repeat Survey Method, *Bull. Earthq. Res.Inst.*, 83, 227–241, 2008.
33. Ulomov, V. I., Zakharov, A. I., and Ulomova, N. V. :Tashkent earthquake of April 26, 1966, and 20 its aftershocks, *Akad Nauk SSSR, Geophysic*, 177, 567–570, 1967.
34. Walia, V., Virk, H. S., and Bajwa, B. S.: Radon Precursory Signals for Some Earthquakes of Magnitude >5 Occurred in N-W Himalaya: An Overview, *Pure Appl. Geophys.*, 163, 711– 721, 2006.

## ОСОБЕННОСТИ ВАРИАЦИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗОНАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Ибрагимов А.Б.

тел. +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

В соответствии с обобщенной геолого-геофизической моделью тектоносферы Тянь-Шаня на границе орогена с платформами обнаруживаются неоднородности, ограниченные зонами пересечений глубинных разломов. В пределах гидросферы субвертикальные или субгоризонтальные системы разрывных нарушений являются связующим или экранирующим звеном [1,2]. Энергетика земных недр, с учетом только этих геолого-структурных и сеймотектонических особенностей, определяет геодинамическую обстановку как региона в целом, так и конкретной структурной единицы в частности. Гидрогеохимические и гидродинамические эффекты, связанные с процессами подготовки землетрясений, отражают характер влияния тектогенеза на изменение состояния подземной гидросферы, что выражается разнохарактерным поведением как отдельных компонентов гидрохимической системы, так и степенью «чувствительности» отдельных пунктов наблюдения на подготовку сейсмических событий [1].

Г.Ю.Азизовым и др. отмечено, что эпицентры землетрясений, накануне которых зафиксированы различные гидрогеосейсмологические аномалии, приурочены в основном к флексурно-разрывным зонам и глубинным сейсмоактивным разломам, особенно к местам их пересечения [1]. Как указано исследователями, большинство из них произошло или в пределах самой Южно-Тянь-Шанской зоны (Алайские 1974, 1978 гг.; Зап. Куньлуньские 1995, 1997 гг.; Джиргатаальское 1984 г.), или флексурно-разрывных зон, относящихся к этой группе разломов. Так, очаги Исфара-Баткенского 1977 г., Чимионского 1982 г., приурочены к Южно-Ферганской разрывной зоне, а эпицентры Папского 1984 г., Кайраккумского 1985 г., Избаскенского 1992 г. и Учкурганского 1995 г. землетрясений - к Северо-Ферганской флексурно-разрывной зоне. Именно этот факт обусловил самую высокую степень "чувствительности" пунктов наблюдения, расположенных непосредственно в этих зонах на территории Ферганского геодинамического полигона и контролирующей эту восточную орогенную область исследуемого региона. В связи с этим на таких пунктах наблюдения, как ст. Чартак, Ходжабад и Чимион, на подготовку сильных землетрясений реакция гидрогеохимической системы проявляется во всей гамме исследуемых параметров (гидродинамика, физико-химические показатели, газы, макро и микрокомпоненты) [2,3].

В последние годы накоплен огромный фактический материал по непрерывным измерениям различных гидрогеохимических параметров на прогностических станциях по территории Узбекистана. Однако до настоящего времени большая часть прогнозов сейсмической активизации осуществляется на эмпирически-интуитивной основе. Исходя из многолетнего опыта исследователи определяют возможные места и время будущего землетрясения. Это связано с тем, что по большей части на каждой прогностической станции аномалии, предвещающие землетрясения, имеют специфические, присущие только этой точке наблюдения, форму и характер изменения во времени [2,3].

Решение этой проблемы возможно путем выделения чистого информативного «сигнала» на фоне экзогенных, эндогенных и других факторов,

влияющих на параметры геофизических и других полей. Это достигается путем обработки временных рядов с целью снятия трендовой составляющей, фильтрации кратковременных «выбросов» и т.д. Самое важное – идентификация предвестниковых сигналов для различных пунктов наблюдения.

Пример «эталонных» предвестниковых сигналов геохимических показателей  $\text{CO}_2$  для трех комплексных прогностических станций «Ходжаабад», «Чимион» и «Чартак» показал, что для каждого пункта наблюдения определяются характерные особенности поведения различных геохимических параметров, изменения которых предваряют землетрясения в зонах пересечения разломов Восточной Ферганы. Опробована методика, при которой выделенный «эталонный сигнал» ретроспективно сдвигался вдоль временного ряда. При этом учитывались установленные ранее зависимости длительности и амплитуды «сигнала» от эпицентрального расстояния, азимута и магнитуды готовящегося землетрясения. Все параметры (на каждом пункте наблюдения концентрации  $\text{CO}_2$  различаются) сводились к уровню  $+1 < 0 < -1$ . В этом случае избавляемся от необходимости учитывать амплитуду аномального сигнала. При совпадении формы сигнала при сравнении сверенным рядом можно объявить тревогу первого уровня. При совпадении эталонного сигнала для нескольких пунктов регистрации объявляется тревога второго уровня. Для локализации будущего очага необходим анализ азимутальной чувствительности каждого пункта наблюдения по каждому параметру.

Для исключения ошибок в объявлении тревоги, кроме распознавания «предвестникового образа», весьма полезным является анализ синхронности проявления ряда гидрогеохимических показателей и предвестниковых аномалий на одном пункте регистрации. В этом случае можно использовать элементарный корреляционный анализ двух временных рядов с синхронным окном скольжения. Нами проанализирован пример синхронного хода аномалий состава подземных вод: синхронность вариаций фтора и хлора (А), синхронность изменения во времени концентрации  $\text{CO}_2$  и хлора на прогностической станции «Чимион» и сейсмические события в радиусе 300 км от пункта регистрации с  $K > 11$ .

По описанной выше методике был произведен ретроспективный анализ ряда гидрогеохимических параметров и определена их прогностическая информативность в отношении землетрясений.

Проведенные исследования выявили характерные признаки проявления предвестниковых вариаций различных гидрогеохимических полей в процессе подготовки и развития очага сейсмической активизации. Используемая методика анализа и обработки временных рядов позволяет с достаточной степенью надежности определять уровни тревоги (вероятности возникновения землетрясения в ожидаемый период времени) в зоне пересечения разломов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азизов Г.Ю., Зиган Ф.Г., Закиров Т.З., Султанходжаев А.Н. Закономерности проявления гидрогеосейсмологических предвестников в различных структурно-геологических и сеймотектонических условиях // Проблемы оценки сейсмической опасности, сейсмического риска и прогноза землетрясений. Труды межд. конф. Ташкент, 7-8 октября 2004 г. Ташкент: ИС АН РУз. С. 318-326.
2. Султанходжаев А.Н. Азизов Г.Ю. Гидрогеосейсмологические исследования в Восточной Фергане. Ташкент: ФАН. 1978. 188 с.

3. Азизов Г.Ю. Пространственно-временные закономерности проявления предвестников землетрясений и стратегия прогнозирования сильных землетрясений в Узбекистане. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Ташкент. 2001. 48 с.

## ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРИТАШКЕНТСКОЙ ФЛЕКСУРНО-РАЗРЫВНОЙ ЗОНЕ

Фахриддинов Ж.Ф.

тел.: +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_1@mail.ru](mailto:hamidov_1@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Район Приташкентской флексурно-разрывной зоны (ФРЗ) Чаткало-Кураминских гор является сейсмически активной зоной потому, что он находится под влиянием группы северо-восточных активных разломов западного Тянь-Шаня. В целях дальнейшего исследования характерных особенностей поля регионального напряжения и влияния, вызванного этой группой разломов, нами произведены расчеты и анализ механизмов распределения сил данного региона. Полученные результаты свидетельствуют, что преобладающая ориентация регионального напряжения, влияющего на район: север-  $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , запад-  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$ . В различных местах района, в частности в зоне разлома и вокруг нее, наблюдаются большие изменения ориентации главного напряжения.

Участки с большой средней величиной сдвигового напряжения в основном взаимно согласуются с сейсмически активными участками. Существование двух групп разломов в СВ и ВЗ направлении играли важную роль в формировании сейсмического пояса в Приташкентском ФРЗ. Полученные результаты также свидетельствуют, что за исключением известных в настоящее время сейсмически опасных мест, также следует обращать должное внимание на часть Угамского разлома, участки пересечения разлома с Приташкентской флексурно-разрывной зоной и юго-восточную часть Кумбельского разлома, как на потенциальные сейсмически опасные районы.

Для устранения косвенного влияния исследуемые участки и разломы по возможности выбирались в центральной части Приташкентской ФРЗ, и разломы рассматривались в качестве границы, где действует трение покоя с соответствующим коэффициентом трения (он изменяется от 0,4 до 0,55). На каждом выбранном участке имеются три метаморфические зоны (пояса), которые одновременно являются зонами разломов; итого насчитывается 12 разрывов. Для удобства расчетов в отношении метаморфических зон и границы сбросов производилось выравнивание их контуров без нарушения их целостности. Ширина выравнивания со сбросов принималась 1 км. Что касается других геологических формаций и тектонических явлений, как, например, структура горной породы (скалы), трещиноватость, складки, то они не принимались во внимание, что было обусловлено трудностями точного определения формы и степени влияния залегающих глубоко под землей горных пород. Что касается природных свойств горных пород, то их рассматривали как однородные во всех направлениях (элемент Гука). Аналогичным образом рассматривали и вещества в зоне сбросов, за исключением того, что принимали несколько заниженное относительное значение модуля упругости. Значение коэффициента Пуассона, по опубликованным данным, находится в пределах  $0,23 \div 0,4$ . На этой основе

рассчитаны средние касательные напряжения и деформации (табл.1) для предгорий за четвертичную эпоху, которые сходны со значениями, полученными по измерениям в штольнях Коч-Булак, Чарвак, Сумсар.

Для Кумбель-Угамской разломной зоны, пересекающей с востока Приташкентскую ФРЗ, во внимание принимается степень раздробленности трех метаморфических зон. Для них получено несколько заниженное значение модуля упругости. Сбросы в северо-западном направлении, в основном, характеризуются как скользящие сбросы; зоны разрывов отличаются рыхлой раздробленностью, поэтому для них также получены сравнительно низкие значение модуля упругости. Получилось, что это значение выше, чем значение модуля упругости, принятое для трех метаморфических зон. Выявлено, что сбросы в северо-западном направлении от этой зоны ближе к центральной части зоны Приташкентской ФРЗ и в продолжении Каржантауского разлома находятся в деформированном состоянии в условиях сжатия.

Таблица 1. Средние скорости относительных тектонических поднятий предгорий за четвертичную эпоху, выраженность трещинообразовательных процессов, средние касательные напряжения и деформации.

Эпоха	Средняя амплитуда поднятия, м	Средняя скорость, мм/год	Выраженность трещинообраз. процесса, в %	Деформации, $10^{-8}$ 1/год	Средние касательные напряжения, МПа/год
Древне-четвертичная	350	0,6	10,238	2,12	2,65
Средне-четвертичная	250	0,7	23,698	2,38	1,45
Поздне-четвертичная	80	0,9	28,473	2,96	0,65
Современная	20	2,0	37,591	6,67	0,58

Значения модуля упругости данной группы несколько меньше значения модуля упругости веществ вне зоны сбросов. В табл.2 приведены результаты определения параметров материалов для соответствующих участков.

Таблица 2.

Упругие характеристики материалов для участка Кумбель-Угамской разломной зоны.

№ пп материала	Модуль упругости $E \cdot 10^6$ МПа	Коэффициент Пуассона	Модуль сдвига $\mu$ 10кгс	Область применения
1	2,6*	0,28	128*	Пересечение разрывов
2	3,5	0,3*	163	Взбросы в СЗ направлении
3	4,3*	0,35	215*	Взбросы в ЮЗ направлении
4	8,2	0,26	254	За пределами взбросов

\*) 1-Известняки, 2-скарны, 3-глинистые сланцы, 4-диориты, 5-гранидиориты.

Учитывая среднюю глубину очагов землетрясений в данном районе, отбирали один слой на глубине 20 км, для которой произвели обработку аналогично случаю плоской деформации. Статическое давление скальной породы (520 МПа) принималось в качестве среднего напряжения. Максимальное значение напряжение принимали 620 МПа; минимальное- 420 МПа.

В зоне сбросов наблюдаются большие изменения ориентации главного напряжения. В северо-западной зоне сбросов ориентация максимального

главного напряжения- северо-восточная до северо-северо-восточной; в северо-восточной зоне сбросов- имеет северо-западное направление; в субширотной зоне сбросов - почти субмеридиональное направление.

Это показывает, что сбросы вдоль северо-западного направления характеризуются перемещением с левым вращением, а сбросы вдоль северо-восточного направления - перемещением с правым вращением, что объясняет причину, почему сбросы в направлении ВЗ подвергались сжатию. Основной зоной крупного разрывообразования можно назвать зону максимальных касательных напряжений (в зоне Приташкентской ФРЗ она составляет около 15% от всей исследуемой зоны разлома и изменяется в пределах от 80-170 МПа).

## **СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА**

Алимухамедов И.М.

тел. +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_1@mail.ru](mailto:hamidov_1@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Южный Узбекистан расположен в Юго-Западном Тянь-Шане и является составной частью шовной зоны между Евразийской и Индостанской плитами. По современным представлениям, исследуемый регион расположен в переходной зоне Туранской плиты к орогену Тянь-Шаня. Геолого-тектоническое строение исследуемого региона в докембрийском, мезозойском и кайнозойском подробно представлено во многих научных работах М.А.Ахмеджанова (1988), И.Е. Губина (1950), В.Е. Хаина (1990), Т.Н. Далимова (2005) и др.

В геологическом строении исследуемого региона участвуют осадочные морские, лагунные и континентальные образования – от протерозойских до четвертичных отложений включительно. В геоморфологическом отношении регион исследований делится на два типа рельефа. К первому типу относятся горы и предгорья с преобладанием денудационного рельефа, ко второму – депрессии (аккумулятивный тип). В целом исследуемый регион относится к Южно-Тянь-Шаньской зоне. По схеме тектонического районирования Узбекистана он входит в Каракумо-Таджикскую зону.

Геологическое строение земной коры (на примере Юго-Западного Гиссара, расположенного на северо-западном фланге Памирского синтаксиса) представляет довольно высокую (до 4000 м) горно-складчатую страну, сложенную, в основном, палеозой-, мезозой- и кайнозойскими образованиями. Разрез этого района охватывает многокилометровую последовательность пород от докембрия до квартала, включающую: архей-протерозойские метаморфические образования, каменноугольные вулканогенно-осадочные отложения (500 м), нижне-среднеюрские серые молассы (500-700 м); огромной мощности юрско-меловые - палеогеновые осадки платформенного облика (более 5 км), включающие, однако, мощные толщи кимеридж - титонских эвапоритов (до 1000 м) и красноцветных нижнемеловых моласс (400-500 м); верхнюю олигоцен-плиоценовую красноцветную молассу (2-3 км) и плиоцен-четвертичную серую континентальную молассу (до 1500 м).

При рассмотрении этапов геологического развития с раннего палеозоя по настоящее время отмечается, что режим интенсивных и контрастных палеозойских движений с проявлением складкообразования и магматизма



сменился в мезозое и особенно в палеогене тектоническим спокойствием, а в новейшее время вновь стал чрезвычайно активным.

Палеогеографическая обстановка также претерпела существенные изменения; нормальный и типично морской режим палеозоя в мезозое и палеогене изменился на прибрежно-лагунный, а с начала неогена стал типично континентальным.

В палеоген-неоген-четвертичное время нисходящие движения привели к широкой трансгрессии моря, занимавшего большую часть Центральной Азии. В раннем эоцене трансгрессия моря расширилась. Область денудации охватывала и Гиссарский хребет. Среднеэоценовое время характеризовалось развитием трансгрессии.

Первая фаза тектонических движений новейшего этапа проявилась в начале олигоцена. В юго-западных отрогах Гиссарского хребта отсутствуют отложения олигоцена, что связано с интенсивным размывом. В миоцене произошло оживление тектонической активности. Море остается в юго-западных отрогах Гиссарского хребта и Сурхандарьинской впадине. Интенсивные тектонические подвижки блоков и опускания земной поверхности начались на границе среднего и позднего плиоцена. В орогенической области Тянь-Шаня и подножия высоких гор (Юго-Западный Гиссар) в краевых частях Сурхандарьинской впадины накапливались мощные толщи крупных галечников.

Нижнечетвертичные отложения этого района представлены наиболее древними осадками кулябской свиты, развитой в Таджикской депрессии. Они часто дислоцированы. Свита слагает наиболее высокие террасы рек Сурхандарьи и Ширабаддарьи. Среднечетвертичные отложения представлены аллювиально-пролювиальными осадками ташкентской свиты. Мощность в предгорьях 30-40 м, в депрессиях до 300 м и более. Верхнечетвертичные отложения широко развиты в Южном Узбекистане и параллелизуются по аналогам со схемой Приташкентского района в голодностепскую свиту на основании геоморфологических данных. Современные отложения – сырдарьинская свита – слагают первую надпойменную террасу. Наибольшей мощностью (более 110 м) отличаются аллювиальные осадки рек Амударьи, Сурхандарьи, Ширабаддарьи. Состав – пески с прослоями гравия и галечника.

Исследованиям современной и молодой активности и определению потенциально сейсмоопасных участков земной коры геологическими, геофизическими, геодезическими, геоморфологическими методами посвящены работы многих ученых. Ими выявлены закономерности проявления новейших и современных движений в различных тектонических областях и их связи с сейсмичностью; определены морфолого-кинематические характеристики молодых нарушений, отражающих условия возникновения и вероятные механизмы очагов сильных землетрясений; разработаны принципы применения системного подхода для анализа полей тектонических напряжений и деформаций, а также приведена методика составления карт геодинамической активности на основе интегрального показателя геолого-геофизических параметров. Эти исследования служили основой при составлении карт сеймотектонического и сейсмического районирования территорий Узбекистана.

Исходя из масштабности сейсмического потенциала, глубины проникновения линеаментов и их длины предлагается выделять три категории (рангов) тектонических узлов. При этом, как показали вычисления, первый ранг соответствует очагам землетрясений с магнитудой  $M=7,5\div 8$ , второй – с  $M=7,1\div 7,5$ ; третий – с  $M=6,6\div 7$ .

Исходя из вышеизложенных позиций, нами выполнено морфоструктурное районирование территории Южного Узбекистана (в масштабе 1:500000) с выделением разноранговых линеаментов, блоков и тектонических узлов; приуроченных к ним эпицентров сильных землетрясений и вычислены геолого-геофизические показатели современной и новейшей геодинамической активности каждого блока и тектонического узла; исходя из размера блоков рассчитана их потенциальная сейсмичность.

На основе анализа геолого-геофизических факторов новейших и современных движений земной коры района исследования с построением карт их амплитуд и скоростей движений детально охарактеризованы новейшие движения следующих блоков: Гиссарского, Сурхандарьинского, Центрально-Кызылкумского, Амударьинского, Нурата-Зирабулакского.

Из анализа карты современных вертикальных движений земной коры Узбекистана, по геодезическим данным для нефтегазоносных районов Узбекистана выявлены следующие тенденции современных вертикальных движений земной коры. Юго-восточная часть Каршинской степи испытывает поднятие земной поверхности от 0 до 8 мм/год. Максимальные поднятия до 8 мм/год наблюдаются в районах населенных пунктов Талимарджан и Чарджоу. Поднятие северо-западного простирания приурочено к Амударьинскому бассейну. Гиссарский хребет характеризуется поднятием от 6 до 12 мм/год. При этом скорость вертикальных движений в пунктах Карши - более 2 мм/год; Гузар - до 3 мм/год; Шурчи - до 7 мм/год; Талимаржан - до 5,4 мм/год; в районе Мубарекской группы месторождений - 3-4 мм/год; месторождения Шуртан - до 4 мм/год. В районе эпицентральной области Камаша-Ертепинских землетрясений (M=4.2÷4.5; 1999, 2001 гг.) проявлены контрастные движения земной коры от -1,5 до +2 мм/год.

## **ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БАЙСУН-ГИССАРСКОЙ ЗОНЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**

Зиемов Б. З., Хамидов Л. А.

тел. +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

**Положительные структуры.** Туркестано-Гиссаро-Алайский мегантиклинорий – сложнопостроенная новейшая тектоническая структура. Она ограничена на севере Ферганской, а на юге Афгано-Таджикской межгорными впадинами. Преобладающее значение в его тектоническом строении принадлежит палеозойским образованиям. Мезозой-кайнозойские отложения развиты только в крупных прогибах.

В палеоген-неоген-четвертичное время нисходящие движения привели к широкой трансгрессии моря, занимавшего большую часть Центральной Азии. Продолжалось дальнейшее формирование крупных структур [1, 2]. В раннем эоцене трансгрессия моря расширилась. Область денудации охватывала и Гиссарский хребет [2, 3]. Первая фаза тектонических движений новейшего этапа проявилась в начале олигоцена. В юго-западных отрогах Гиссарского хребта отсутствуют отложения олигоцена, что связано с интенсивным размывом. В позднем олигоцене в результате продолжавшегося поднятия земной поверхности море окончательно уходит. Зарафшанский и Гиссарский хребты стали

устойчивыми поднятиями [2, 3]. В миоцене произошло оживление тектонической активности земной коры. Море остается в юго-западных отрогах Гиссарского хребта и Сурхандарьинской впадине [1]. Вспышка вертикальных движений земной коры на границе миоцена и плиоцена вылилась в новую фазу складчатости. В активные поднятия вовлекались юго-западные отроги Гиссарского хребта. В Южно-Таджикской депрессии сформировались поднятия Бабатаг, Вахшский хребет и др. [2,3]. Предплиоценовое несогласие было региональным. Оно прослеживается в отрогах Зарафшанского и Гиссарского хребтов. После краткого этапа опускания земной поверхности вновь с большой скоростью начали подниматься горы [2]. Интенсивные тектонические подвижки блоков земной коры и опускания земной поверхности начались на границе среднего и позднего плиоцена. В орогенической области Тянь-Шаня и подножия высоких гор (Юго-Западный Гиссар) в краевых частях впадин (Сурхандарьинская) накапливались мощные толщи крупных галечников. В первой половине акчагыла Юго-Западный Гиссар воздымался, и происходило накопление в неглубоких синклиналиных прогибах и межгорных впадинах (Бешкентский, Дехканабадский, Кызылчинский прогибы) озерных осадков [2,3]. Во второй половине апшерона возобновились движения земной коры различного знака. В орогенической области (Зарафшано-Гиссарской и юго-западных отрогах Гиссарского хребта) они ознаменовались подвижками блоков земной коры положительного знака. В конце позднего плиоцена и начале четвертичного времени происходили еще более мощные восходящие тектонические движения земной коры, сформировавшие близко к современному плану гидрографическую сеть [2,3].

**Четвертичные отложения.** Нижнечетвертичные отложения этого района представлены наиболее древними осадками кулябской свиты, развитой в Таджикской депрессии. Они часто дислоцированы [1]. Среднечетвертичные отложения представлены аллювиально-пролювиальными осадками ташкентской свиты, слагающими илякскую террасу и коррелятивную ей высокую предгорную покатую равнину; отложения залегают с размывом и несогласием на древнечетвертичных и более древних породах. Мощность в предгорьях- 30-40 м, в депрессиях- до 300 м и более [1]. Верхнечетвертичные отложения широко развиты в Южном Узбекистане и параллелизуются по аналогам со схемой Приташкентского района в голодностепскую свиту на основании геоморфологических данных [2,3]. Современные отложения – сырдарьинская свита (амударьинский комплекс)- слагают первую надпойменную террасу. Пролувиальные осадки свиты образуют молодые конусы выноса. Состав – супеси, суглинки, глины, как правило, загипсованы. Мощность не превышает 13 м. Наибольшей мощностью (более 110 м) отличаются аллювиальные осадки рек Амударьи, Сурхандарьи, Ширабаддарьи. Состав – пески с прослоями гравия и галечника[3].

В сложной новейшей структуре отражены особенности структурного плана, где наиболее активными являются складки и разрывы северо-восточного простирания, с которыми связаны максимальные амплитуды новейших деформаций. Например, юго-восточное крыло Лянгарского надвига поднято относительно северного почти на 4000 м. (долина Танхоздарьи). Амплитуда разрывов во внутренней части впадины также достигает 1000 м. и более. Еще одной особенностью является то, что наиболее приподнятыми в пределах района являются своды северо-восточных поднятий. Например, в районе междуречья Аксу и Кашкадарьи, в пределах северного обрамления впадины, линейные структуры северо-восточного направления в значительной степени осложнены

разрывными нарушениями северо-западного простирания, развивающимися отчасти унаследованно по древнему палеозойскому структурному плану. Продольные зоны новейших асимметричных поднятий (горст-антиклиналей) и смежных впадин (грабен-синклиналей) распадаются на четыре поперечные ступени. Первая ступень – 2000 м. - край впадины к югу от Аксуйского разлома; вторая – 2000 м, третья – 2600 м., четвертая – 3000 м. Подобные ступени наблюдаются по своду и переклинали Гиссаракского поднятия. Поперечные структуры проявляются не только в особенностях различия высот поднятий, с ними связаны также локальные изменения простирания зон, сочетающихся с проявлениями виргаций. Другими словами, поперечные структуры можно определить как зоны флексурно-разрывных нарушений.

На основании палеосейсмологических данных такие узлы по всей Гиссаро-Байсунской зоне рассматриваются как участки повышенной сейсмической активности, связанные с этим же северо-западным поднятием (водораздел - Кашкадарья и Шинга), приуроченным к пересечению его с активным разрывом северо-восточного простирания. К нему тяготеют эпицентры многих землетрясений с  $K=8-11$ , в том числе одно с гипоцентром на глубине 30-35 км.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимухамедов И.М. Морфоструктурное районирование Южного Узбекистана // Геология и минеральные ресурсы. Ташкент. 2004. № 4. С. 39-43.
2. Денисов Р.И., Ярмухамедов А.Р., Саттаров А., Алимухамедов И.М. О новой неотектонической карте Узбекистана // Строение, живая тектоника и дислокации платформ и их горно-складчатых обрамлений. М. 2003. С. 76-81.
3. Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.А., Ибрагимов О.Р. Сейсмоструктурный метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования // Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. Ташкент. Гидроингео. 2002. С. 59-75.

## КОМПЛЕКСНОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ ЛЕДНИКА СЕВЕРНЫЙ ЭНИЛЧЕК НА "ПЕРЕМЫЧКЕ" ОЗЕРА МЕРЦБАХЕРА

Шакиров А.Э., тел/факс: +996 312 555111 / +996 312 555222; [a.shakirov@caiag](mailto:a.shakirov@caiag)

Орунбаев С.Ж., тел.: 0773-004590; e-mail: [s.orunbaev@caiag.kg](mailto:s.orunbaev@caiag.kg)

Усупаев Ш.Э., тел.: 996-312-556363(222); e-mail: [Sh.usupaev@caiag.kg](mailto:Sh.usupaev@caiag.kg)

Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
г. Бишкек, Кыргызстан

**Цель** исследований заключалась в инструментальном зондировании многолетнемерзлых грунтовых толщ ледника Северный Энилчек в районе "перемычки", делящей озеро Мерцбахера на две части, а также в научном обосновании происхождения уникального высокогорного водоема и разработки модели механизма прорыва ледовой плотины озера Мерцбахера.

**Методика исследований.** В работе использовали комплекс методик исследований, состоящих из аэровизуального и наземного обследований - комплексного геофизического, сейсмического и магнитометрического зондирования толщи ледникового тела.

**Изученность района исследований.** Исследования ученых Ленинградского университета (Арапетьянц С.В., Баков Е.К, 1967 г.) с помощью аэрорадиолокационных методов позволили оценить толщину ледника Энилчек в районе озера Мерцбахера до 375 метров, в средней и верхней части ледника - от 250 до 350 метров. При этом в разрезе ледник состоял из трех слоев: 1) верхний - мощностью от 44 до 66 м; 2) средний - от 25 до 60 м; 3) нижний - от 60 до 250 м.

По данным ученых Института географии АН СССР Мачерет Ю.А., Никитина С.А., Бабенко А.Н., Веснина А.А., Боброва Л.И., Санкина Л.В. (1990 г.), на основе исследований методом радиозондирования с использованием портативных высоко- и низкочастотных локаторов мощность ледника Южный Энилчек составляет 350 - 400 м.

По данным австрийских ученых Хойслера Х., Лебер Д. и др. (2011 г.), на основе ВЭЗ, измерений по методам электрических сопротивлений и методу частотного электромагнитного зондирования был пройден продольный профиль длиной около 800 метров. Были выделены в разрезе три слоя мерзлых грунтов: 1. до глубины 3-5 м., представленный флювиогляциальными грунтами, которая в верхней части имеет увлажненный ил, а в подошве, где происходит переход во второй слой имеет волнообразное строение. Второй грунтовый слой состоит из тонких слоев льда переслаивающейся с илом, который приводится на основании обрывистого разреза с выходом исследуемого горизонта на поверхность и имеет мощность до 10 м. Указанный второй слой авторы идентифицируют с активными сезонно-талыми грунтами находящимися выше многолетье (вечно) мерзлых пород. Третий слой грунтов имеет мощность более 30 метров и относится к погребенной флювиогляциальным грунтами и мертвому льду ледника северный Энгильчек. При этом авторы в выводах рекомендуют, для более точной интерпретации данных ВЭЗ, следует пройти скважину с помощью разведочного бурения.

В отчете Торгоева И.А., Оморова Б., Торгоева А. и Burette S. (2012 г.) на основе геоэлектрических измерений (ВЭЗ-вертикальное электрическое зондирование), были пройдены поперечный и продольный профили через “перемычку” которая делит исследуемое озеро на нижнюю и верхнюю ванны. В данных исследованиях в отличие от выше описанной ВЭЗ методики применена электро-томографическая методика обработки измерений с охватом разреза на глубину до 90 метров. В результате обработки данных выделены были четыре слоя. Верхний слой мощностью до 5-10 м., второй до 12-17 м., третий более 20-23 м. и четвертый представленный мерзлым льдом ледника Северный Энгилчек [1-10].

#### **Обсуждение результатов исследований, полученных ЦАИИЗ.**

**Озеро Мерцбахера** является прорывоопасным ледниковым озером подпруженного подтипа. Температура воды в озере Мерцбахера, по данным Диких А.Н. и Кузьмиченка, в июле 1985 года находилась в пределах  $1,4^{\circ} - 2,3^{\circ}$ , а во время прорыва из-за перемешивания снижалась до  $0,5^{\circ} - 0,9^{\circ}$  С. Объем воды в озере составлял  $0,129 \text{ км}^3$ , при площади зеркала водоема  $3,81 \text{ км}^2$ . Средняя глубина составляла 34 м, максимальная у плотины - 76 м, и минимальная 0 - 5 м в северо-восточной оконечности озера. Прорывы озера Мерцбахера происходят один раз в 1-2 года. В отдельные годы это озеро прорывалось дважды. Наиболее приемлемой является гипотеза, объясняющая прорыв всплытием ледяной плотины при заполнении озера. Так, край плотины поднимается, примерно, на 18 м, а на удалении 200 м - на 8 м. После сброса воды край плотины снова понижается на 15 м.

Разгрузка озера происходит за 5-7 дней в зависимости от состояния каналов стока, озерная ванна или сразу заполняется, или образует водоем спустя некоторое время.

По данным Ерохина С.А. (2012 г.), явление смещения пика периода прорывоопасности с сентября по июль отчетливо прослеживается по датам прорыва озера Мерцбахера. По датам прорыва озера Мерцбахера установлено, что время его прорыва сместилось за 100 последних лет с октября-сентября на август-июль месяцы.

**Геофизические измерения сейсмических шумов** на леднике Южный Энилчек в районе высокогорного прорывоопасного озера Мерцбахера проведены были Орунбаевым С.Ж., Усупаевым Ш.Э., Коноковым Т. (2011, 2012 гг.).

В целях определения мощности ледника в районе озера Мерцбахера сотрудники ЦАИИЗ в июле 2011 года использовали новейшие мобильные сейсмостанции, с помощью которых провели в течение трех дней полевые съемки с записью сейсмических шумов на 22 точках измерений на четырех профилях.

Регистрация колебаний частиц в массивах моренных грунтов и ледниковой толщи проводилась сейсмостанцией Mark (сенсор MarcL3D4 и дигитайзер EDL). Время каждой записи в точках измерений сейсмических шумов составляло минимум 30 минут. Мощность ледника на поперечном левобережном профиле протяженностью 1,5 км составила 137 метра, а у малого висячего ледника (EN05) - 42,3 метра.

Геофизические (магнитометрические) съемки на леднике Южный Энилчек проводились сотрудниками ЦАИИЗ, Шакировым А.Э. (обработка полученных данных).

На карте новейшей тектоники исследуемый район прорывоопасного озера Мерцбахера расположен на ступени доорогенной поверхности выравнивания с суммарной деформацией от 5 до 6 километров. Чаши двух соединенных рекой Энилчек, нижняя и верхняя части озера Мерцбахера, с северной и южной стороны ограничены осями горст-антиклинальных складок основания. Необходимо подчеркнуть, что ледник Южный Энилчек с позиций новейшей тектоники расположен на более низкой гипсометрической отметке, где ступени суммарных деформаций доорогенной поверхности выравнивания варьируют от 3,5 до 5 километров.

На карте сейсмотектоники исследуемый район находится в зоне новейшего устойчивого поднятия, при этом сохраняются позиции расположения описанных выше на карте новейшей тектоники разломов и регионального линеамента. Особенностью сейсмотектоники также является то, что в западной части от плотины озера Мерцбахера, начиная с узла пересечения разломов и регионального линеамента, имеет место зона переходного режима в виде блока предгорного поднятия, что положительно воздействует на формирование прорывоопасной ледовой плотины исследуемого озера. Из анализа вышеприведенных трех тематических геодинамических карт следует, что они тесно коррелируются друг с другом и позволяют обосновать причину места формирования прорывоопасной плотины озера Мерцбахера.

В результате качественной и количественной интерпретаций магнитометрических наблюдений на ПР-1 и 2 было подтверждено наличие линеamentной зоны шириной 160 м, простирающейся с юго-востока на северозапад.

Выявлена скрытая под ледником разломная зона шириной 50 м, предварительная длина которой ограничивается в пределах профилей 1 и 5, выделенная на космическом снимке темно-красной линией.

В августе 2012 года ЦАИИЗом были проведены в труднодоступном районе с высадкой на вертолете инструментальные многодневные полевые съемки (Усупаев Ш.Э., Був О., Детушев А.В.) на озере Мерцбахера. Участок исследований расположен между восточным берегом верхнего озера Мерцбахера, который далее на востоке примыкает к языку ледника Северный Энилчек. Западная граница перемычки, сложенной озерными отложениями, граничит с началом чаши нижнего озера Мерцбахера, которая далее завершается подпруженной ледовой прорывоопасной плотиной, являющейся активной частью ледника Южный Энилчек.

Исследуемый объект с северной стороны контролируется разломом субширотного простирания. Указанный тектонический разлом от грунтовой перемычки уходит на восток и пересекает дно верхнего озера Мерцбахера в ее срединной части, а на востоке оконтуривает правый борт прорывоопасного озера, что свидетельствует о геофильтрационной проницаемости правого борта, контактирующего с ледовой плотиной озера Мерцбахера.

На западе от ледовой плотины за обнаруженным ранее в экспедиции 2011 года подледного, играющего роль барьера ригеля, проходит линеамент северо-западного простирания, который фиксирует окончания инверсионных блоков. При этом разломы, облекающие чашу озера Мерцбахера с северного борта водоема и субширотно пересекающие южнее подножие хребта Броненосец, пересекаются к западу в одной точке с указанным выше линеаментом. Линеамент и разлом создают благоприятные условия для формирования запрудной прорывоопасной ледовой плотины озера Мерцбахера.

На присунке 2 белым прямоугольником на космическом снимке показано местоположение грунтовой плотинной перемычки. Из рисунка видно, что с северной стороны грунтовой перемычки находится широкий и ровный боковой ледниковый трог, накапливающий в зимний сезон года снежники, быстро оттаивающие в летний период времени и дающие дополнительное питание озеру Мерцбахера.

На рисунках 1-5 представлены обработанные Шакировым А.Э. геофизические инструментальные данные, позволившие впервые составить карту изолиний магнитных аномалий (рис. 2), установленных под грунтовой толщей, представленной озерными отложениями с чередующимися с мерзлыми грунтами и ледсодержащими слоями. На карте красным цветом показаны различной интенсивности средне- и высокомагнитные породы, а также цветами синего и фиолетового оттенков - грунты с низкими, нулевыми и отрицательными значениями магнитного поля.

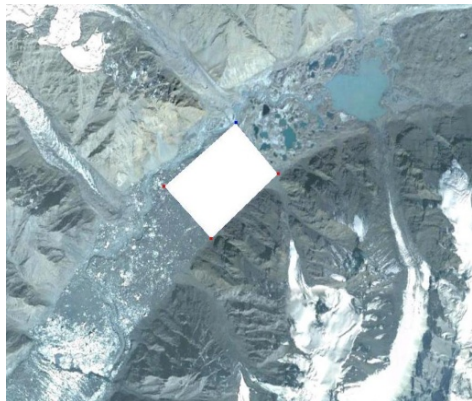


Рис. 1. «Перемычка», отделяющая верхнюю и нижнюю части озера Мерцбахера.

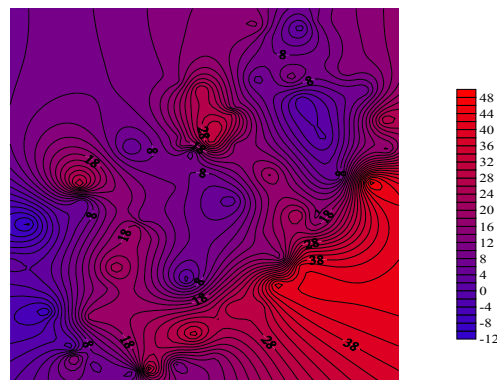


Рис. 2. Карта изолиний магнитных аномалий в районе «перемычки».



Рис. 3. Фотодокумент литологического строения фрагмента перемычки.

На рисунке 4 представлена карта рельефа поверхности грунтовой плотинной преемычки, построенной в виде блок-схемы на основе GPS-измерений. Из блок-схемы видно, что восточная часть перемычки представлена холмистым рельефом моренного материала, ограничивающего западную оконечность верхнего озера Мерцбахера. В центральной и юго-западной частях блок-схемы в рельефе имеются максимально пониженные участки, которые коррелируются с картой магнитных свойств грунтов.

В результате обработки геофизических данных была составлена объемная блок-схема, на которой видно (рис. 5), что по магнитным свойствам ложе перемычки имеет подковообразный ригельный выступ, обращенный дугой на запад, в сторону ледовой плотины озера, который ранее создавал барьер для накопления донных осадков и сформировал своеобразную грунтовую намывную плотину, способствовавшую образованию достаточно широкой границы раздела между верхней и нижней частями озера Мерцбахера.

В северной части ложа грунтовой перемычки на объемной блок диаграмме выделены породы с малыми значениями магнитного поля. Здесь, вероятно, существовал длительное время канал стока, выработавший современное русло реки северный Энилчек, что способствовало сбрасыванию запрудных вод в период наполнения водоема из верхней чаши в нижнее озеро Мерцбахера. Северный проран в грунтовой плотине сформирован между верхней и нижней чашами озера Мерцбахера и является более активным по сравнению с южной частью перемычки. Здесь протекает река Северный Энилчек с глубоким врезом, трассирующим тектонический разлом. Основная часть воды, наполняющей нижнее прорывоопасное озеро Мерцбахера, обеспечивается именно данной рекой, имеющей большой расход, позволяющий за достаточно короткие

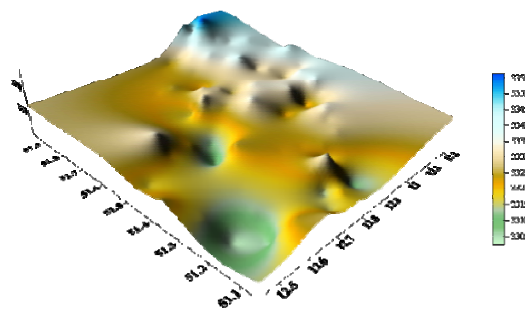


Рис. 4. Карта рельефа грунтовой плотинной перемычки между верхним и нижним озерами Мерцбахера.

сроки наполнить чашу водоема. В целом «перемычка» играет водорегулирующую роль между верхней и нижней частями озера Мерцбахера.



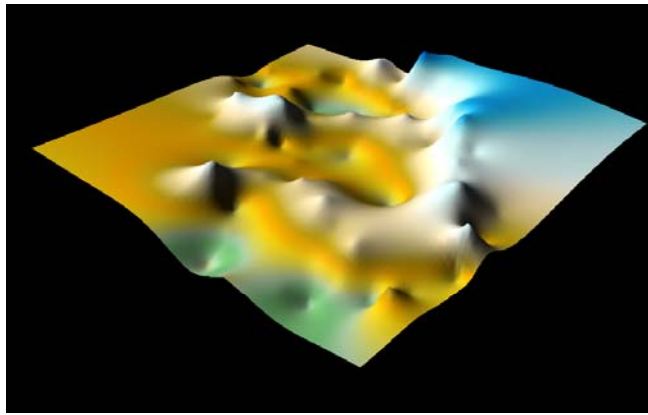


Рис. 5. Объемная блок-диаграмма строения ложа грунтовой плотинной перемычки между верхним и нижним озерами Мерцбахера.

Полевые измерения осуществлены Джуманалиевым А.Б., Буевым О, обработка записей сейсмических шумов - Орумбаевым С.Ж.(рис. 6-8).

В течение трех дней были получены записи на 22 пунктах, с продолжительностью каждой записи не менее 30 минут. Всего проведены зондирования по 48 пунктам, расположенным на 4-х профилях.

«Перемычка» имеет трехслойное строение, при этом мощность льдо-насыщенных грунтов на ней, по оценкам ЦАИИЗ, составляет более 200 м (рис. 6 б). Фактически озера Мерцбахера, его нижняя и верхняя «ванны», размещены на оттаявшей поверхности ледника северный Энилчек. Таким образом, в период существования единого озера Мерцбахера его глубина, вероятно, могла иметь глубину до 68 метров.

Измерение сейсмических микроколебаний в леднике Еныйльчек в 2012 г.



Сейсмические измерения проводились в августе, на высоте 3500 м., низкой температуре, был проведен анализ мощности ледника используя скорость поверхностных волн от 1200 м/с до 1600 м/с. Используя все информации по микроколебаниям удалось получить примерный результат мощности по профилю в леднике Еныйльчек.

Спектрограмма микроколебаний

а

б

Рис.6. Схема размещения точек измерений сейсмических шумов (а) по леднику Энгилчек, (б) на грунтовой плотинной перемычке между озерами верхний и нижний Мерцбахера.

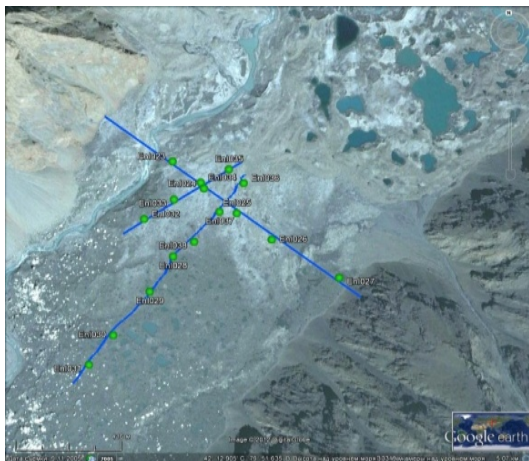


Рис.7. Пункты расположение измерений сейсмических шумов по профилю «Перемычка»: 16 пунктов, длина профиля - 1-1,2 км.

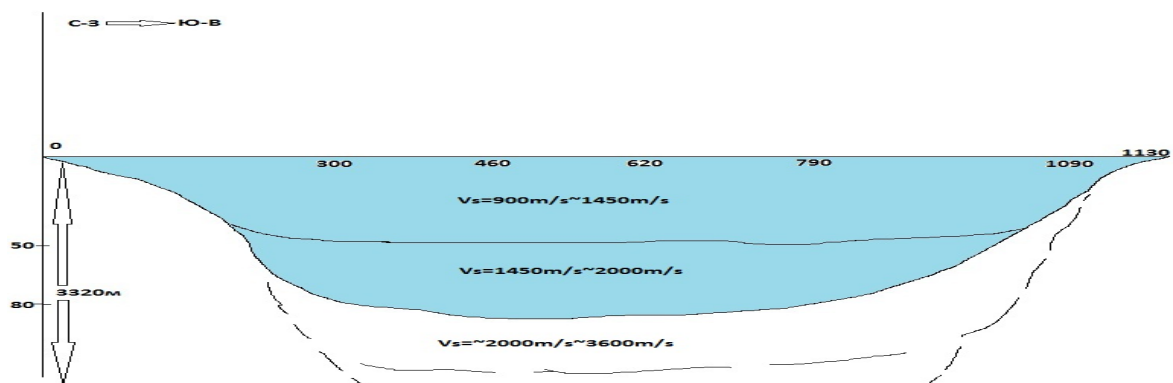


Рис. 8. Строение ледника Северный Энилчек на участке «перемычки», разделяющей озеро Мерцбахера на соединенные рекой нижний и верхний водоёмы.

Статистический анализ времени разгерметизации плотины и опорожнения накопленной в результате таяния льда воды из озера Мерцбахера, проведенный за 111-летний период времени, с 1902 по 2012 годы, свидетельствует о наличии до 115 прорывов.

В базе данных имеются зафиксированные только 74 даты, что составляет 65 % от общего массива случаев прорыва горного озера.

При этом сроки опустошения воды из озера варьируют от 15 мая до 27 декабря. Наибольшее количество прорывов ледовой плотины - 37 % приходится на август, 26 % - на сентябрь, 19 % - на июль, 16 % - на октябрь. Т.е. 63 процента открытия каналов стока ледовой плотиной просходит в августе и сентябре, а 82 % прорывов - в течение трех месяцев (июль, август, сентябрь). Именно в эти месяцы повышена солнечная радиация и высока интенсивность таяния ледника.

Из выше приведенных результатов инструментальных мультидисциплинарных исследований строения ледника Энилчек в районе прорывоопасной ледовой плотины озера Мерцбахера следует, что:

- Ледник Энилчек имеет мощность от первой сотни до 350-400 метров и состоит в разрезе из нескольких разделенных между собой слоев, которые группируются, по данным многих исследователей, в три горизонтально залегающих друг под другом слоя.
- Наиболее активным представляется вышележащий первый слой ледника Южный Энилчек, особенно на участке его крутого (на более чем 90 градусов) поворота из субширотного в меридиональное направление до слияния с концом ледника Северный Энилчек в районе формирования запрудной прорывоопасной ледовой плотины озера Мерцбахера.
- Природа формирования озера Мерцбахера заключается в приуроченности водоема к разлому, который, вследствие теплового воздействия из недр, способствует протаиванию ледника в вегетационные периоды времени.
- Таяние льда в районе озера Мерцбахера обусловлено тепловыми потоками, исходящими из активных разломов, контактирующих с правым бортом нижнего озера Мерцбахера и пересекающих подо льдом верхнее озеро Мерцбахера.

### **Выводы:**

1. Инструментальное геофизическое зондирование позволило подтвердить в разрезе слоистое строение ледника Энилчек, в том числе в исследуемом районе озера Мерцбахера.
2. Впервые инструментально установлен под толщей льда тектонический разлом шириной до 40 м, который привел к формированию подпрудного под ледником уступа в виде ригеля высотой первые сотни метров, выполняющего роль барьера для движения ледника Южный Энгилчек и образующего при этом прорывоопасную плотину озера Мерцбахера.
3. Мощность ледника Энилчек варьирует от 250 до 350 метров. При этом на участке “перемычки” между двумя частями озера Мерцбахера верхний слой имеет мощность до 48-50 м, средний слой - 43-45 м, нижний слой - 85-69 м.
4. Таким образом, прорыв ледовой плотины озера Мерцбахера представляет собой процесс и явление криогенно-физико-химической механики, связанной с отрывом и открытием ежегодно айсбергово-ледовых пробок, закрепленных льдом-цементом у входов воды в подледные каналы стока.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Айрапетьянц С.Э., Баков Е.К., Морфология ледникового озера Мерцбахера и механизм его катастрофических прорывов. Некоторые закономерности оледенения. Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим. 1971. С. 75-84.
2. Ерохин С.А., Диких А.Н. Оценка опасности действия селевых и паводковых потоков на территории Ала-Арчинского национального парка. Б. Известия НАН КР. Вып. 4. 2003. С.130-139.
3. Мачерет Ю.А., Никитин С.А., Бабенко А.Н., Веснин А.В., Боброва Л.И. Санкин Л.В. Толщина и строение ледника Южный Иньльчек по данным радиозондирования. ТрудыИГАНСССР. 1992. С.86-97.
4. Results from the 2009 geoscientific expedition to the Inylchek Glacier, Central Tien Shan (Kyrgyzstan) Häusler, H., Leber, D., Scheibz, J., Kopecný, A., Wetzel, H.-U., Ehtler, H., and Moldobekov, B., 2010. Huang, H., 2005. Kargel, J. S., Abrams, M. J., Bishop, M. P., Bush, A., Hamilton, G., Jiskoot, H., Käab, A., Kieffer, H. H., Lee, E. M., Paul, F., Rau, F., Raup, B., Shroder, J. F., Soltesz, D., Stainforth, D., Stearns, L. and Wessels, R., 2005. Khromova, T. E., Dyurgerov, M. V. and Barry, R. G., 2003. Loke, M.H., 2010.
5. Шакиров А.Э., Усупаев Ш.Э.Геофизическое зондирование ледника Южный Энилчек в районе высокогорного прорывоопасного озера Мерцбахера. В книге: Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание девятое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР. 2012. С. 671-672.
6. Орунбаев С.Ж., Усупаев Ш.Э.Геофизические измерения сейсмических шумов на леднике Южный Энилчек в районе высокогорного прорывоопасного озера Мерцбахера. В книге: Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание девятое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР. 2012. С. 672-674.
7. Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Шакиров А.Э., Орунбаев С.Ж., Дудашвили А.С., Абдрахманова Г.А., Коноков Т., Абдыбачаев У. А., Мамбеталиев Э. Геориски в бассейне реки Сары-Джаз и механизмы прорыва озера Мерцбахера. Вторая конференцияСЕЛЕВЫЕ ПОТОКИКАТАСТРОФЫ, РИСК, ПРОГНОЗ, ЗАЩИТА, посвященная 100-летию со дня рожденияС.М. Флейшмана. МГУ. Москва. 2012.

8. Усупаев Ш.Э., Шакиров А.Э. Новые результаты площадной геофизической съемки плотинной грунтовой перемычки, разделяющей на две части прорывоопасное озеро Мерцбахера на леднике Энгилчек. В книге: Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание десятое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР. 2013. С. 629 – 631.
9. Усупаев Ш.Э., Орунбаев С.Ж., Джуманалиев А.Б. Новые оценки мощности ледника Южный Энгилчек и грунтовой “перемычки” с помощью измерения сейсмических шумов в районе озера Мерцбахера. В книге: Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание десятое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР. 2013. С. 632 – 633.
10. Торгоев И.А., Оморов Б., Торгоев А., Burette S. Отчет по результатам геофизических исследований перемычки подпрудно-ледникового озера Мерцбахера. Бишкек 2012. 20 с.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОМАГНИТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ «ЛИНИИ НИКОЛАЕВА» В РАЙОНЕ ТАЛАСО-ФЕРГАНСКОГО РАЗЛОМА И ПЕРЕВАЛА ДОЛОН.**

Шакиров А.Э.

тел: +996 312 555111, факс: +996 312 555222, a.shakirov@caiaig

Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ)  
г. Бишкек, Кыргызстан

В результате магнитометрического зондирования ледника Южный Энгилчек в районе высокогорного прорывоопасного озера Мерцбахера было инструментально подтверждено наличие выявленных по геологическим признакам тектонических региональных разломов и линеаментов, расположенных под ледником, мощностью первые сотни метров. Также были обнаружены новые разломы, скрытые под толщей ледника. Уточнено положение и ширина выявленных разломов. Решена задача картирования особенностей проявления моренных отложений в магнитном поле [1].

Аналогичные магнитометрические исследования были проведены по 6 профилям в крест простирания Иссык-Атинского разлома вблизи города Бишкек. Ширина разлома в пределах исследуемого участка варьирует от 40 до 390 метров. По одному из профилей не удалось обнаружить разлом, что свидетельствует о кулисообразной форме Иссык-Атинского разлома [2].

По сравнению с геологической изученностью «Линия Николаева» инструментально геофизическими методами исследована недостаточно полно.

Целью геомагнитного исследования было уточнение расположения в плане «Линии Николаева» в центральной части Таласо-Ферганского разлома и в районе перевала Долон, а также определение ширины, глубин и характеристик залегания исследуемых региональных тектонических нарушений.

В 2008 году были проведены измерения магнитного поля в крест простирания Таласо-Ферганского разлома и «Линии Николаева» в районе Токтогульского водохранилища. Измерения проводились на максимально возможном удалении от трассы автомобильной дороги Бишкек-Ош с помощью протонного магнитометра ММП-203. Измерения магнитного поля ( $\Delta T$ ) были проведены с шагом от 500 до 700 м.

Всего по профилю выполнено 20 магнитометрических точек наблюдений (рис. 1).



Рис. 1. Космоснимок с уточненным расположением Таласо-Ферганского разлома и «Линии Николаева» в районе Токтогульского водохранилища (пунктирной линией показано расположение «Линии Николаева» по геологическим данным).

В результате обработки полученных данных и интерпретации построенного графика аномального магнитного поля (рис.2) установлена пространственная приуроченность первой знакопеременной аномальной зоны к Таласо-Ферганскому разлому (ТФР), а второй – к «Линии Николаева» (ЛН).

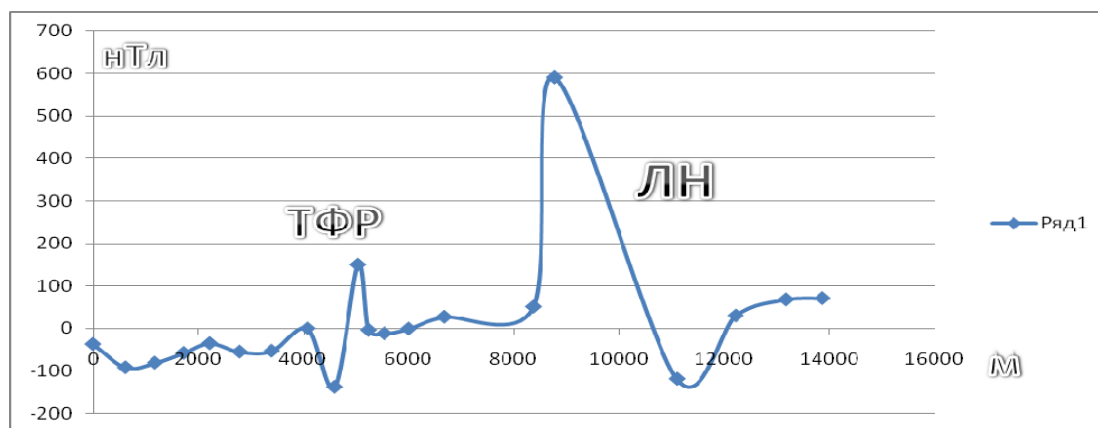


Рис.2. График изменения аномального магнитного поля ( $\Delta T$ ) нТл по профилю, пересекающему Таласо-Ферганский разлом (ТФР) и «Линию Николаева» (ЛН).

Во второй аномальной зоне с ПК 15 интенсивность магнитного поля резко возрастает до 600 нТл, затем также резко снижается до -120 нТл. Высокоинтенсивные знакопеременные аномалии являются характерными признаками разломных зон. Эта аномальная зона (ПК 15-18) пространственно приурочена к «Линии Николаева». Ширина «Линии Николаева», определенная по магнитометрическим измерениям на профиле, составляет 1000 м. Установленная

аномальная зона обусловлена наклонно залегающим пластом горных пород ограниченного распространения на глубину. Резко выраженное изменение магнитного поля на графике свидетельствует о неглубоком залегании верхней кромки геологического тела, вызывающего аномалию.

Южный борт ЛН в районе Токтогульского водохранилища представлен породами карабуриной свиты ( $R_{1-2}kb$ ) (филлиты, известковистые сланцы ( $\alpha= 0- 295 \times 10^{-6}$  ед.СГС), известняки ( $\alpha= 0- 350 \times 10^{-6}$  ед.СГС)). Северный борт представлен породами джакболотской свиты ( $Vdb$ ) (пестроцветные песчаники ( $\alpha= 0- 120 \times 10^{-6}$  ед.СГС), сланцы ( $\alpha= 0- 295 \times 10^{-6}$  ед.СГС), редко известняки ( $\alpha= 0- 350 \times 10^{-6}$  ед.СГС), порфириды и диабазы, вверху горизонт тиллитоподобных конгломератов ( $\alpha= 0- 2000 \times 10^{-6}$  ед.СГС) [3].

Возможно, существенное влияние на интенсивность аномалии оказали более магнитные интрузивные породы, расположенные на глубине.

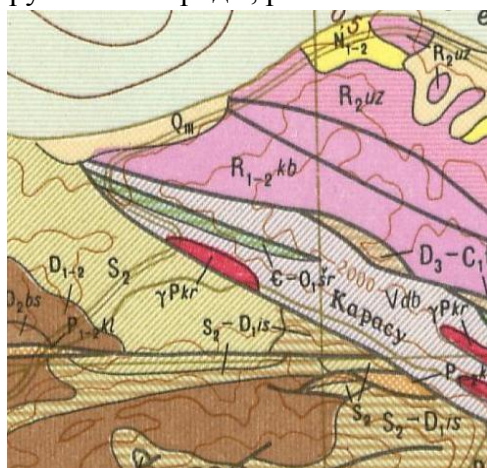


Рис. 3. Фрагмент геологической карты с «Линией Николаева» (ЛН) в районе Токтогульского водохранилища.

В 2012 году были проведены измерения магнитного поля в крест простирания «Линии Николаева» в районе перевала Долон. Измерения проводились с помощью протонного магнитометра ММП-203. Измерения магнитного поля ( $\Delta T$ ) были проведены с шагом от 300 до 900 м. Всего по профилю выполнено 17 точек наблюдений (рис. 4).

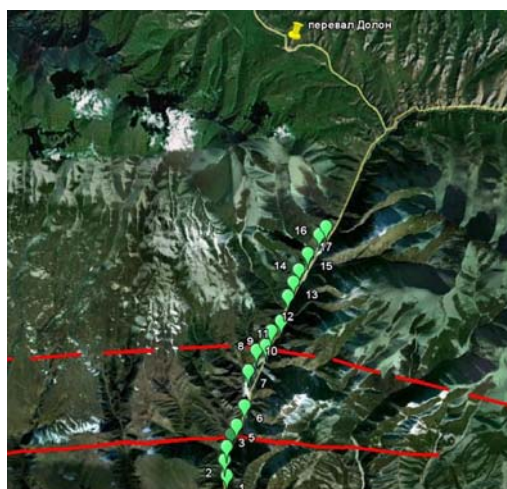


Рис. 4. Космоснимок с уточненным расположением «Линии Николаева» в районе перевала Долон (пунктирной линией показано расположение «Линии Николаева» по геологическим данным).

В результате интерпретации построенного графика аномального магнитного поля (рис.5) установлена приуроченность аномальной зоны к «Линии Николаева».



Рис. 5. График изменения аномального магнитного поля ( $\Delta T$ ) нТл по профилю, пересекающему «Линию Николаева» (ЛН) в районе перевала Долон.

Значения магнитного поля, начиная с ПК, 3 резко возрастают до 290 нТл, затем также резко снижаются до -190 нТл (ПК 6). Ширина «Линии Николаева» в районе перевала Долон составила около 800 м. Установленная аномальная зона обусловлена наклонно падающим пластом горных пород ограниченного распространения на глубину.

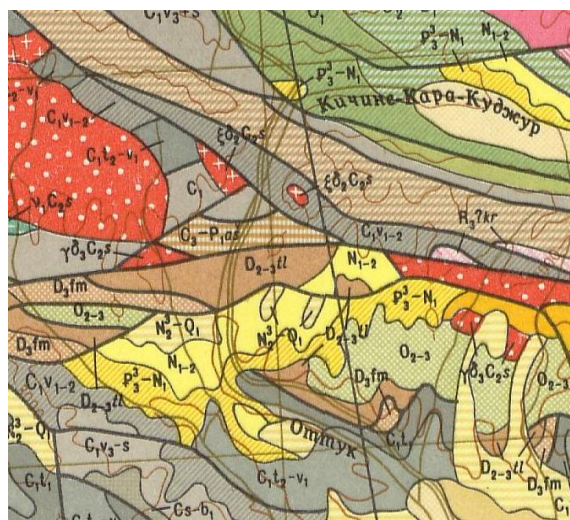


Рис.6. Фрагмент геологической карты с «Линией Николаева» (ЛН) в районе перевала Долон.

Южный борт ЛН в районе перевала Долон представлен породами ашукольторской свиты ( $C_3-P_{1as}$ ) (трахибазальтовые, дацитовые порфириды ( $\alpha= 0-650 \times 10^{-6}$  ед.СГС), липаритовые порфириды, туфы ( $\alpha= 10-3000 \times 10^{-6}$  ед.СГС), туфоконгломераты, местами песчаники ( $\alpha= 0-500 \times 10^{-6}$  ед.СГС), известняки ( $\alpha= 0-150 \times 10^{-6}$  ед.СГС), сланцы. Северный борт представлен породами тюлькубашской свиты ( $D_{2-3tl}$ ) (красноцветные песчаники ( $\alpha= 15-13000 \times 10^{-6}$  ед.СГС), гравелиты, конгломераты, прослой сланцев, редко известняков) [3].

При сравнении графиков магнитного поля над «Линией Николаева» в районе Таласо-Ферганского разлома и в районе перевала Долон (рис.2 и 5) отчетливо прослеживается их внешнее сходство. И в первом, и во втором случае аномалии вызваны наклонным пластом, ограниченным на глубину.

**Выводы:**

1. С использованием пешеходных протонных магнитометров была инструментально определена ширина развития крупнейшего регионального тектонического разлома- «Линии Николаева»- в районе Таласо-Ферганского разлома (1000 метров) и в районе перевала Долон (800 метров).
2. Несмотря на то что расстояние между профилями, пересекающими разломы, составляет 230 км, углы падения магнитовозмущающих геологических тел, вызывающих аномалии «Линии Николаева» в районе Таласо-Ферганского разлома и перевала Долон, практически совпадают.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Шакиров А.Э. Зондирование строения ложа ледника Южный Энилчек мобильными протонными магнитометрами в районе высокогорного прорывоопасного озера Мерцбахера. Интернет-журнал ВАК КР. № 1. 2012. [nakk.org:81/jurnal/](http://nakk.org:81/jurnal/)
2. Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Шакиров А.Э., Абдыбачаев У. Определение ширины активного Ыссык-Атинского разлома в южном окончании города Бишкека в целях оценки рисков бедствий и зоны влияния. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Бишкек. 2011. С. 679-681.
3. Юдахин Ф.Н. Геофизические поля, глубинное строение и сейсмичность Тянь-Шаня. Издательство Академии наук Киргизской ССР. Фрунзе. 1983. 246 с.
4. Инструкция по магниторазведке. М-во геологии СССР. Л.: Недра. 1981..263 с.
5. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Теоретические основы магнитометрического метода исследования земной коры и геомагнитные измерения. Издательство Ленинградского университета. 1963. 456 с.

**МОНИТОРИНГ И ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
РИСКОВ БЕДСТВИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ САРЫ-ДЖАЗ И В РАЙОНЕ  
ПРОРЫВООПАСНОГО ЛЕДОВОГО ОЗЕРА МЕРЦБАХЕРА**

Шаршабаева А.

тел: +996 312 0772-872726, e-mail: [a.sharshebaev@caiag.kg](mailto:a.sharshebaev@caiag.kg)

Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
г. Бишкек, Кыргызстан

Регион бассейна реки Сары-Джаз характеризуется, по сравнению с другими, наиболее изученными территориями, более слабой изученностью и требует междисциплинарных, комплексных, в том числе, инженерно-сейсмологических исследований [1-7].

Бассейн реки Сары-Джаз и одноименная впадина находятся в восточной части Центрального Тянь-Шаня, она прослеживается вдоль субширотного сегмента верховьев р. Сары-Джаз на расстоянии 41 км, при ширине 8-12 км (рис. 1).



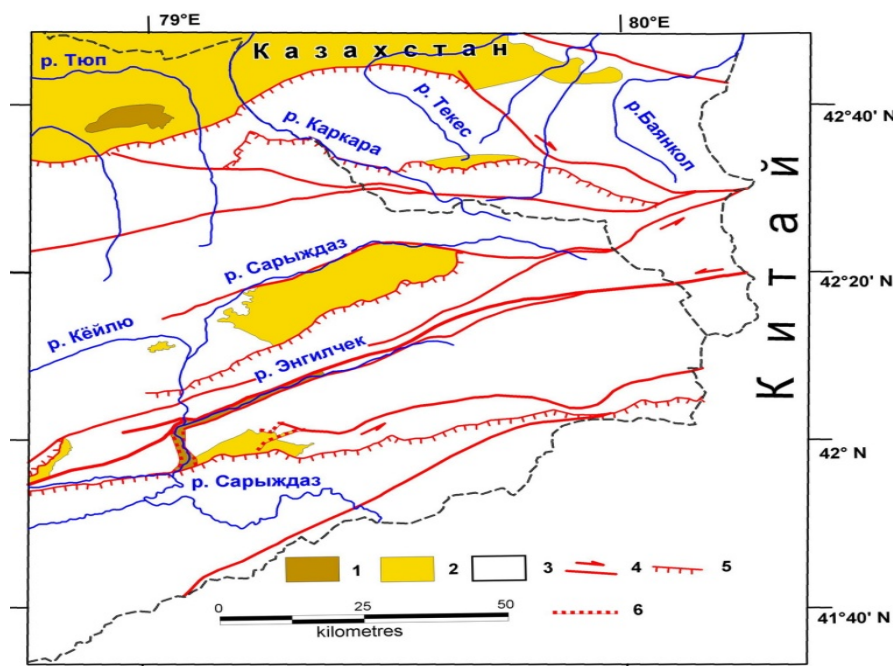


Рис. 1. Неотектоническая схема бассейна р. Сарыджаз и прилегающих территорий (Миколайчук А.В., 2008 г.): 1 – верхний плиоцен-нижний плейстоцен, 2 - мезозой - кайнозойские отложения, 3 – палеозойский фундамент, 4 – сдвиги, 5 – надвиги, взбросы, 6 – сбросы.

Днище впадины поднято на высоту 3200 м и наклонено к югу. Исследователи Центрального Тянь-Шаня относили такие структуры к односторонним грабен-синклиналям. Поскольку вышеуказанные морфоструктуры не имеют самостоятельного значения, а являются составной частью тектонических пластин, формирующих структуры пальмового дерева (palm tree structures) в обстановке транспрессии (Sylvester, 1988; Миколайчук и др., 2008), подобные межгорные впадины в структурном плане разбиваются на два типа. Это, по данным Миколайчука А.В. (2008 г.), шовные зоны (сутуры), в которых кайнозойские отложения оказываются задавленными между смежными разрастающимися зонами транспрессии, или же представляют собой сохранившиеся фрагменты кайнозойского чехла, которые оказались вкрапленными в новейшую структуру поднятий. В последнем случае выходы кайнозоя являются надежным маркером при расшифровке новейшей структуры, но не могут считаться самостоятельными тектоническими единицами.

В отношении мониторинга опасных процессов и явлений, развитых в бассейне реки Сары-Джаз и в районе прорывоопасного горного озера Мерцбахера, были проанализированы и описаны карты оценки георисков, составленные в МЧС Кыргызстана [7].

На карте прогноза сейсмической уязвимости бассейн реки Сары-Джаз характеризуется развитием территорий с второй категорией уязвимости, которая подразделяется по степеням риска на две части: более 8-ми и 8-балльные зоны. Зона с более 8-балльной степенью риска имеет субширотную направленность и южнее верховья реки Энгилчек меняет простирание на юго-западное и проходит южнее перевала Кок-Кыя и села Ак-Шийрак. Данная зона с более 8-балльной степенью сейсмического риска южнее трансгранично переходит на территорию Китая.

Севернее границы вышеописанной зоны, в субширотном направлении, протягивается зона с 8-балльной степнью сейсмического риска, которая граничит по левобережью реки Сары-Джаз с зонами расположения территории с первой категорией уязвимости по сейсмичности.

Озеро Мерцбахера - первой категории прорывоопасности, и ледники Северный и Южный Энилчек расположены в зоне с 8-балльным сейсмическим риском.

На карте среднесрочного прогноза землетрясений, составленной Мамыровым Э. и др.(2008 г.), в бассейне реки Сары-Джаз расположены три РОЗ (районы ожидаемых землетрясений). В западной части бассейна исследуемой реки расположен Куйлюкский РОЗ, который охватывает правобережный приток реки Куйлуу, и характеризуется классами ожидаемых землетрясений с  $K=12-15$ , т.е. второй категории опасности, с достаточным уровнем тревоги. Южнее Куйлюкского, в юго-западной части бассейна реки Сары Джаз расположен Ак-Шийракский РОЗ, который охватывает два правобережных бассейна притоков реки Сары-Джаз, а именно рек Уч-Кель и Ак-Шийрак. Ак-Шийракский РОЗ характеризуется ожидаемыми классами землетрясений с  $K=12-15$ , второй категорией опасности с достаточным уровнем тревоги. Третий район ожидаемых землетрясений расположен в южной части бассейна реки Сары-Джаз, это Куюккапский РОЗ. Данный РОЗ является трансграничным с территорией Китая, охватывает бассейн реки Сары-Джаз в южной части Кыргызстана. Здесь класс возможных в среднесрочном отношении землетрясений с  $K=12-15$ , имеет первую категорию опасности с достаточным уровнем тревоги.

На карте прогноза селевой опасности бассейн реки Сары-Джаз характеризуется развитием территорий второй, третьей и четвертой степеней опасности. Территории второй степени селевой опасности расположены в правобережной части верховьев рек Ак-Шийрак и Баралбас, в левобережье верховья реки Сары-Джаз, в левобережье реки Уч-Кель, в верховье реки Куюккап. Данные районы характеризуются селевой опасностью с возможным проявлением селей от 100 до 1000 куб. м. сек. Территории с третьей степенью селевой опасности характеризуются возможным проявлением селей от 10 до 100 куб. м. сек. Данные районы охватывают территорию расположения тела ледника Энилчек и среднегорные участки бассейна реки Сары-Джаз. Территории с четвертой степенью селевой опасности занимают низкогорные и долинные части реки Сары-Джаз и его притоков. Здесь возможны сели объемами до 10 куб. м. сек.

На карте прогноза лавинной опасности бассейн реки Сары-Джаз характеризуется развитием территорий со второй, третьей и четвертой степенями лавинной опасности. Сравнительно небольшие и разрозненные участки близ долины реки Сары-Джаз в районе впадения правобережного притока Куйлуу, у поселка Энилчек, вдоль правого и левого берегов реки Ак-Шийрак имеют четвертую степень лавинной опасности, где сход лавин происходит только в многоснежные годы, объемом до 500 куб.м.

Третьей степени лавинной опасности районы расположены в низко- и реже среднегорной части берегов рек Сары-Джаз, Куйлуу, Ак-Шийрак и Баралбас. Данные территории характеризуются сходом лавин менее 1 раз в 10 лет, менее 1 лавины на 1 п.км.дна долины, с максимальными объемами до 10 тыс. куб. м.

Оставшиеся средне- и высокогорные районы, исключая площади, занятые ледником Энилчек, характеризуются развитием второй степени лавинной опасности, где сход лавин происходит от 1 до 10 раз в 10 лет, от 1 до 5 лавин на 1 п.км.дна долины, с максимальными объемами от 10 до 100 тыс. куб. м

По данным Кальметьевой З.А. (2009 г), в 1949-1951 гг. вблизи исследуемого района открыто две станции – Нарын и Пржевальск, оснащенные более высокочувствительной аппаратурой для регистрации местных событий.

В 1970-1980–е годы в Киргизии проведены работы по созданию региональной сети сейсмических станций, в результате чего в исследуемом районе без пропусков регистрировались землетрясения с  $K \geq 9-10$  ( $M \geq 2.8-3.3$ ), а погрешность определения их эпицентров снизилась до 10-20 км.

Однако до 1981 года юго-восточная часть Кыргызстана рассматривалась только в общем плане, специальных исследований бассейна реки Сары-Джаз не проводилось.

В пределах Центрально-Тянь-Шаньской зоны отчетливо выделяются Сарыджазский и Иныльчекский активные участки, максимальные плотности эпицентров которых приурочены к зонам Сарыджазского и Иныльчекского разломов. Повторяемость землетрясений с  $M=6,5$  для Центрально-Тянь-Шаньской зоны составляет 150-180 лет.

Для предотвращения и снижения человеческих жертв и возможных рисков после землетрясений для службы МЧС КР необходимо быстрая, достоверная информация о произошедшей сейсмокатастрофе. Также достоверная информация во время чрезвычайных ситуаций (ЧС) необходима для гражданского населения, чтобы предотвратить распространение разных слухов и панику.

Основная цель в создании системы оперативного оповещения о землетрясении заключается в обеспечении быстрой, достоверной, необходимой информации заинтересованным организациям, как МЧС, учёным, гражданскому населению.

Для достижения этой цели была создана программа «Система быстрого оповещения о землетрясении» на базе программного обеспечения Seiscomp3, которая передаёт информацию в режиме он-лайн через электронную почту (e-mail). Эта система посредством оперативного и своевременного предоставления информации позволит сотрудникам МЧС эффективно реагировать на землетрясения и даст возможность быстро оценить возможные риски после землетрясений (рис.2).

В ЦАИИЗе, в рамках проекта “Построение модельной системы мониторинга опасных явлений в квазиреальном режиме времени”, в 2008-2009 годах были установлены 3-широкополосные сейсмические станции и организован сервер для приёма и автоматической обработки данных в режиме реального времени.

В центре сбора и обработки данных в ЦАИИЗе установлено серверное ПО SeisComP3 (рис. 2.).



Рис.2. Структура системы оперативного оповещения ЦАИИЗ о землетрясениях

SeisComP3 - пакет программ, предназначенный для сбора, автоматической обработки, хранения и обмена сейсмологическими данными в режиме реального времени с использованием Интернет-канала<sup>[2]</sup>. Таким образом, заложена основа собственной сейсмической сети ЦАИИЗ и основа для развития виртуальной сейсмологической сети ЦАИИЗ.

Для программы SeisComP3 создана подпрограмма, отвечающая за почтовую рассылку. За основу взят скрипт PierreLebellegard из Новой Каледонии. Принцип работы подпрограммы следующий: программа подключается к базе данных SeisComP3, берёт бюллетень землетрясений и отправляет сообщение адресатам.



Рис.3. Блок схема подпрограммы системы оперативного оповещения.

Для этих целей на корпоративном почтовом сервере ЦАИИЗ была открыта электронная почта [seismonitor@caiag.kg](mailto:seismonitor@caiag.kg), которая отправляет адресатам электронные письма. Был разработан алгоритм программы, который отправляет сообщение на электронную почту, если землетрясение происходит на территории Кыргызстана и на территории Центральной Азии (рис..3)

Также созданы алгоритмы по магнитудам землетрясений: если магнитуда  $\geq 7$  и происходит на данной территории, то программа отправляет всем адресатам сообщение. После землетрясения адресатам приходят письма, содержащие следующую информацию: эпицентр землетрясения, описание района землетрясения, страна, время в очаге, тип магнитуд, количество зарегистрированных станций, вероятность ошибки результата и другие.

Для теста были выбраны несколько адресатов из разных почтовых серверов, таких, как: gmail.com, mail.ru, caiag.kg. За тестовый период с 05.06.2011 по 19.12.2012 (полугодие) были получены сообщения о более чем тысячи автоматически обработанных землетрясениях, произошедших на территории Кыргызстана и Центральной Азии.

Время отправки и получение сообщение для разных землетрясений получалось разное. Например, следующее сообщения о землетрясении пришло на электронную почту в 05.02.2012 07:14(GMT), KyrgyzstanMLv=5.8 2012/02/05 07:10:21.3 41.64 N 74.78 E 23 kmFirstlocation: 2012/02/05 07:13:12(GMT)

То есть, через 40 секунд после землетрясения, первичная информация была доставлена адресату на электронное письмо.

С 5 декабря 2012 года на электронную почту оперативного дежурного МЧС КР (ОД МЧС КР) по адресу [od.mchs@mail.ru](mailto:od.mchs@mail.ru) начала поступать в тестовом режиме первичная информация о землетрясениях, произошедших на территории

Кыргызстана и Центральной Азии из системы автоматического мониторинга ЦАИИЗ.

За тестовый период с 05.12.12 по 20.12.12 информация о землетрясениях была отправлена на электронную почту ОД МЧС КР 34 раза, из них 13 землетрясений приходится на территорию Кыргызстана, остальные 21 землетрясение произошли на трансграничных территориях стран Центральной Азии.

#### **Выводы:**

1. Приведены данные о распределении георисков в бассейне реки Сары-Джаз и в районе озера Мерцбахера, для их инженерно-сейсмологической оценки которых требуется создание комплексной сети мониторинга опасных процессов и явлений.

1. Предложена и внедрена программа автоматической обработки данных для быстрого получения информации о землетрясениях на территории Кыргызстана, в среднем от 30 секунд до 4 минут в режиме реального времени, с круглосуточным автономным режимом работы без участия человека. Программу для начала можно использовать в тестовом режиме, для оперативного реагирования на ощутимые землетрясения, для первичной оценки и анализа чрезвычайной ситуации, для определения масштаба ЧС, для быстрого определения места, где произошло ЧС: район, айыл-окмоту, населённые пункты.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Шаршебаев А.К. Создание системы быстрого оповещения землетрясений на базе программного обеспечения Seiscomp. Сб. Материалов 4-й конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», г. Бишкек, КР. Международный научно-исследовательский центр –Геодинамический полигон, Научная станция РАН. 2012. С. 89-91.
2. Шаршебаев А.К., Зубович А.В., Шакиров А.Э. Сейсмическая сеть ЦАИИЗ как составная часть системы мониторинга опасных природных процессов. Сб. Материалов Четвертой международной сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», г. Обнинск, РФ. Геофизическая служба РАН, 2009. С. 226-229.
3. Исмаилахунов К.Х., Садыбакасов И. Роль современных тектонических движений в строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений в горно-складчатых областях ( на примере Киргизии // Тр. межд. сим. «Проблемы инженерной геологии в гидротехническом строительстве», Тбилиси: Мецинереба. 1979.Т.1. С.31-36.
4. Кнауф В.И (отв. редактор) Детальное сейсмическое районирование Восточной Киргизии. Фрунзе: Илим. 1988. 249 с.
5. Миколайчук А.В., Сатыбеков М.Б., Гордеев Д.В. Формирование (кинематика и становления) внутригорных впадин Тянь-Шаня. Тезисы Четвертого международного симпозиума «Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы», Бишкек, 15-23 июня, 2008. С. 70-74
6. Кальметьева З.А., Усупаев Ш.Э., Торгоев А., Абдабачаев У., Дудашвили А.С., Шакиров А. Прикладные методики управления ЧС - оперативное определение зоны максимальных разрушений от сейсмокатастроф. В кн.: Мониторинг, прогноз и подготовка к реагированию на возможные активизации опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики и приграничных районах с государствами Центральной Азии. Бишкек 2008. С. 662-665.

7. Усупаев Ш.Э. Прикладные основы теории прогноза георисков и обращения с опасными изменениями природной среды. В книге: Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание седьмое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР. 2010. С. 670-674.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЯВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ГЕОРИСКОВ НА ГЭС И ВОДОХРАНИЛИЩАХ КЫРГЫЗСТАНА**

Камчибеков О.А.  
тел: +996 312 541318

Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
г. Бишкек, Кыргызстан

Исследования различных по генезису и возрасту георисков, развитых и индуцированных в районах зон влияния водохранилищ и ГЭС, свидетельствуют об актуальности данной тематики [1-8].

Кыргызстан - единственная страна Центральной Азии, водные ресурсы которой полностью формируются на собственной территории, что дает ей определенные гидрологические преимущества перед другими странами. Кыргызстан располагает высокими потенциальными водными и гидроэнергетическими ресурсами.

Водные ресурсы оцениваются в 50 км<sup>3</sup> в год, из которых используется только 25%. Гидроэнергетический потенциал рек составляет около 174 млрд. кВт·ч, а мощность - 19,8 млн. кВт. Водные ресурсы Кыргызстана составляют не менее четверти стока двухглавных рек бассейна Аральского моря - Сырдарья и Амударья, при этом, например, река Аксу, берущая начало в Кыргызстане и входящая в систему бассейна реки Тарим, трансгранично вытекает в Китай и составляет от 70% всего стока реки Тарим.

Использование постоянно поступающих из горных территорий в долины водных ресурсов зависит от природных условий, особенностей изменения климата, зарегулированности их стока техногенезом.

В гидрологическом аспекте на территории Кыргызстана выделяются две области формирования и рассеивания стока. К первой относится горная часть с высотными отметками более 2000 м. Здесь осадков выпадает гораздо больше, чем испаряется, что способствует формированию поверхностного речного стока. Гидрографический облик этой зоны определяют ледники, озера и многочисленные реки.

По типу питания большинств рек этой зоны относится к ледниково-снеговому и снегово-ледниковому, что говорит о значительной роли ледников, "вечных" снежников и сезонных осадков, накопившихся в горах в течение холодного периода. Дождевые воды в общем объеме питания рек играют незначительную роль, но она возрастает и доминирует в формировании максимальных расходов и дождевых паводков, частоносящих селевой, разрушительный характер.

В качестве примера можно привести следующее: экспертную оценку влияния строительства Камбаратинских ГЭС нельзя давать в отрыве от работы Токтогульского гидроузла, который осуществляет сезонное регулирование

ирригационных земель Ферганской долины и обеспечивает полив 75% орошаемых земель бассейна р. Сырдарья.

Токтогульская ГЭС строилась как ирригационный объект. Осуществляемые пропуски воды в этих условиях должны были быть неравномерными, а именно: 75% годовой нормы должно было выпускаться в вегетационный период.

Ирригационный режим использования Токтогульского гидроузла проектировался в качестве основного, а энергетический - в качестве вынужденного. Каскад Камбаратинских ГЭС-1 и ГЭС-2 имеет основную цель – выработку электроэнергии для Кыргызстана, особенно в зимний период, за счет регулирования стока р. Нарын в водохранилище Камбаратинской ГЭС.

Токтогульскую ГЭС стали использовать вынуждено в энергетическом режиме, что подтверждается практикой последних лет. К примеру, режим речного стока в створе Токтогульского гидроузла за последние 93 года, показывает, что его среднемноголетняя величина в период вегетации составляла  $\sim 9 \text{ км}^3$ , или 77% от годовой нормы, а в не вегетационный период –  $2,7 \text{ км}^3$ , или 23% от величины годового стока

Начиная же с 1989 года и по 2003 год среднемноголетняя величина пропусков в период вегетации из Токтогульского водохранилища уменьшилась до  $6 \text{ км}^3$ , или до 43%, а в не вегетационный период увеличилась до  $8,0 \text{ км}^3$ , т.е. до 57%. Осуществляемый ныне в Токтогульском водохранилище режим не только не предусмотрен диспетчерскими правилами эксплуатации этого гидроузла, но и нарушает сами принципы многолетнего регулирования стока. Камбаратинские ГЭС практически не влияют на пропуски Токтогульского гидроузла и осуществляемый им режим многолетнего ирригационного регулирования.

Дефициты воды станут ежегодными, а их объем может возрасти в три раза. Чрезмерные попуски воды в зимний период для производства электроэнергии приведут, как показывает реальная практика последних лет, к затоплению больших площадей на территории Узбекистана и Казахстана и к соответствующему экономическому, социальному и экологическому ущербу.

Таким образом, не только ирригация, но и вся жизнедеятельность шести областей Узбекистана, одной области Таджикистана, трех областей Казахстана с общей численностью населения более 20 млн. человек в сегодняшних условиях уже полностью зависит от режима регулирования водного стока, осуществляемого Токтогульским гидроузлом с территории Кыргызстана.

В районе строительства и эксплуатации Камбаратинской ГЭС-1 имеется ряд геологических процессов, не позволяющих обеспечить гарантированную безопасность эксплуатации каскада гидротехнических сооружений. В горных районах Центрального Тянь-Шаня, к ним относятся:

- высокая вероятность повторения землетрясений с  $M > 7,6$ , с ( по шкале Рихтера) сейсмической интенсивностью 9-10 баллов;
- высокая активность оползней, оплывин, обвалов, осыпей;
- скальные обвалы (в десятки и более млн. м<sup>3</sup>);
- высокая скорость современных движений - свыше 10-12 мм/год.

В современной тектонической структуре региона, в зоне тектонически активных разломов находится наиболее активная Нарыно-Сонкульская зона, которая является местом встречи 2-х противоположно направленных тектонических волн: Таласо-Ферганский глубинный разлом - «линия Николаева». Поэтому Нарыно-Сонкульская зона имеет исключительно напряженную динамическую обстановку и, как следствие, наблюдается массовое развитие

обвалов и оползней. Различные гравитационные образования (оползни, оплывины, обвалы, осыпи) в Нарыно-Сонкульской обвально-оползневой зоне создают условия для широкого развития неустойчивых склонов. В районе ГЭС Камабарата -1 имеются огромные оползни.

На участке Камбаратинской ГЭС-1 имеются разрывные нарушения со следами смещений, неблагоприятно сказывающиеся на состоянии сооружений, пересекаемых этими разрывами. Современные движения земной коры территории Тянь-Шаня, подтвержденные GPS-методом, показывают, что общая современная активность Тянь-Шаня достаточно высокая и характеризуется горизонтальными скоростями смещения от 5-20 мм/год.

К Таласо-Ферганскому разлому и юго-восточным частям Тянь-Шаня приурочены аномально высокие значения скорости смещения земной коры.

Участок Камбаратинской ГЭС-1 характеризуется значениями смещения земной коры 10-12 мм/год.

Отмеченные выше смещения по разрывным нарушениям до 5 м подтверждают высокую современную тектоническую активность района исследования. Исследования (Абдрахматов К.Е., Томпсон С, Уилдон Р., 2007) палеосейсмодислокаций в разных частях Тянь-Шаня (Чуйская, Нарынская, Атбашинская впадины) показали, что сильные землетрясения с магнитудой  $M=6,9-7,4$  возникают каждые 60-70 лет.

Анализ разрывной тектоники и проявлений обвально-оползневых процессов в районе Камбаратинской ГЭС-1 позволил сделать выводы о характере современных геологических процессов и их влиянии на инженерно-геологические условия створа и трасс тоннелей, которые являются весьма неблагоприятными для возведения и эксплуатации высоконапорных плотин, как на Камбаратинской ГЭС-1.

По данным специалистов, дислокации водохранилищ в эпицентральной зоне землетрясений «проявляются в виде обвалов коренных и рыхлых пород, оползней и срыва грунтов на склонах, камнепадов, осыпей, трещин в ледниках, ледопадов, снежных и снего-каменных лавин». При заполнении водохранилища активность проявления оползней и обвалов может усилиться.

Отличительной особенностью Камбаратинских ГЭС является то, что разрушение плотины Токтогульской ГЭС происходит на отметке суммарного объема водохранилищ Камбаратинской и Токтогульской ГЭС.

При разрушении напорного фронта плотины Камбаратинской ГЭС в нижнем бьефе возникает прорывная волна с наибольшим расходом 370,2 тыс.м<sup>3</sup>/с и максимальным уровнем 1050,8 м. Полное опорожнение водохранилища наступает через 3 ч. 36 мин. Скорость движения волны (средняя по сечению) составит 26-27 м/с.

Таким образом, в результате опасных процессов и явлений природного и техногенного характера по региону Центральной Азии возможны катастрофические последствия от разрушения Камбаратинской ГЭС-1 и в последующем - Токтогульского водохранилища. Трасса прорывной волны пройдет по землям 4-х республик: Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана. На территории Кыргызстана разрушится Курпсайское водохранилище ёмкостью 360 млн.м<sup>3</sup>. Полностью будет затоплен город Ташкумыр, разрушится Учкурганская ГЭС. На территории Узбекистана будет затоплен город Учкурган, в районе города Намангана под водой окажутся прилегающие посёлки.

На территории Таджикистана разрушится Кайраккумское водохранилище ёмкостью 3,6 км.<sup>3</sup>. При этом частично затопит город Ходжент.



Далее на территории Узбекистана разрушатся: плотина Фархадской ГЭС, частично город Бекабад и полностью города Гулистан и Сырдарья.

На территории Казахстана полностью разрушится Чардарьинское водохранилище ёмкостью 5,2 км.3 и будет затоплен город Кызылорда. Из крупных магистральных каналов будут затоплены: Большой Ферганский, Большой Андижанский, Большой Наманганский, Северо-Ферганский. Общее количество затопливаемых населённых пунктов составит 476, земель - 600 тыс. га и 10 авто- и железнодорожных мостов.

Большинство плотин построены 30-40 лет назад, и они требуют проведения соответствующего объема ремонтно-восстановительных работ, т.к. увеличение срока эксплуатации объектов (сверх проектных) сопряжено повышением рисков для жизни, здоровья людей, их имущества и окружающей среды.

Разработка проекта должна осуществляться в соответствии с требованиями современных национальных и международных нормативных документов и на основе изучения природных условий участков размещения сооружений, с учетом угроз от гидрологических и геологических факторов, сейсмичности, селеопасности, оползневой опасности, т. е. на основе картирования георисков.

Разработанные проекты ГЭС должны пройти независимую международную экспертизу. На стадии строительства следует не допускать отклонения от проектных решений.

Необходимо обеспечить проведение реабилитационных работ на объектах энергетики эксплуатируемых многими десятилетиями и проводить мероприятия по ремонту, восстановлению, техническому переоснащению и модернизации.

### **Выводы**

1. В случае аварии на плотинах ГЭС и водохранилищ возникает огромная угроза трансграничного характера для населения и территории стран, расположенных ниже по течению.

2. Для гидротехнических сооружений Кыргызстана, как объектов особого назначения, необходимо создавать системы мониторинга и раннего оповещения о рисках бедствий.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. С.М. Мягков. Возможные изменения природы Центрального Тянь-Шаня к 2025 году / Вестник МГУ. Сер. География. 1981. № 5 С. 28.
2. Розова Е.А., Грин В.П. Расположение эпицентров землетрясений, происшедших на территории Киргизии. Фрунзе: Изд-во АН Кирг. ССР. 1955. 38 с.
3. Аманкулов Т.К. Очаги сильных землетрясений Средней Азии. Бишкек: Илим. 1991. 248 с.
4. Раутиан Т.Т., Халтурин В.И., Замиров М.С., Земцова А.Г. Экспериментальные исследования сейсмической коды. М. : Наука. 1981. 142 с.
5. Мамыров Э. Сейсмический момент, энергия и магнитуда землетрясений Тянь-Шаня // Наука и новые технологии. Бишкек. 1998. № 3. С. 12-24.
6. Кожоголов К.Ч., Ибатулин Х.В., Никольская О.В. Оползни Юга Кыргызстана. Бишкек: КыргызИНТИ. 1993. 46 с.
7. А.Н. Марчук, К.Б. Умралин, Ж.И. Молдобеков и др. Реакция плотин Токтогульской и Курпсайской ГЭС на многократные землетрясения. / Гидротехническое строительство. № 199. С. 26 – 30.

9. Файнберг Ф.Ф., Эсенов Э.М. Подтопление территорий: инженерно-гидрологические, сейсмологические, социально-экономические аспекты /Проблемы сейсмологии и инженерной геологии. Ташкент: ГГП«Узбекгидрогеология». 1995. С. 87 – 91.

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕОРИСКОВ ДЛЯ ГОРОДА КАРАКОЛ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА

Мазымканова А.

тел: +996 312 610779, e-mail: [mazymkanova@mail.ru](mailto:mazymkanova@mail.ru)

Институт горного дела и горных технологий им. академика У.А.Асаналиева,  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
г. Бишкек, Кыргызстан

Исследование георисков, особенно для густонаселенных пунктов, в первую очередь городов, представляется актуальной темой, т.к. именно здесь, в урбанизированной среде, с позиций инженерной геонии, проявляются во взаимодействии опасные процессы и явления природного, техногенного, экологического и социально-биологического характера, что требует разработки новых подходов в картировании [1-3].

В административном отношении исследуемая территория входит в Ак-Суйский район Иссык-Кульской области. Город Каракол и его агломерации с населением более 60 тыс. чел. - крупный хозяйственный, промышленный и транспортный узел, основной центр водопотребления. Здесь находится Каракольское месторождение подземных вод площадью около 50км.кв.

*Плиоцен-нижнечетвертичные отложения* ( $N_2-Q_{1st}$ ) в предгорной части исследуемого района распространены в предгорьях северного склона хребта Тескей-Алатоо, перекрыты четвертичными образованиями, представлены конгломератами на песчано-известковистом цементе, реже гравелитами и грубозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов и глин. Мощность порядка 200-250м.

*Четвертичные отложения* развиты повсеместно и представлены образованиями среднего ( $Q_{II}$ ), верхнего ( $Q_{III}$ ) и современного ( $Q_{IV}$ ) отделов. По генетическим признакам выделяются аллювиально-пролювиальные, озерные, ледниковые, водно-ледниковые отложения.

Из них наиболее широко развиты аллювиально-пролювиальные и озерные образования. Ими сложен конус выноса реки Каракол и приозерная равнина. По данным геофизических работ, мощность четвертичных валунно-галечников достигает до 500м.

Это подтверждает данные по скважине Л 835 глубиной 1650 м., пройденной в головной части конуса выноса р.Каракол и вскрывшей их на полную мощность на глубине 420 м. Отложения представлены валунно-галечником с песчано-глинистым заполнителем ( $арQ_{III-IV}$ ).

Приозерная равнина сложена переслаиванием глин, тонкозернистых песков и супесей ( $IQ_{II}$ ).

Пролювиальные, делювиально-пролювиальные, ледниковые и водно-ледниковые образования развиты в предгорной зоне и в верховьях речных долин. Они представлены глыбово-щебнистыми, валунно-щебнистыми и дресвяно-

щебнистыми отложениями с древесно-песчано-глинистым заполнителем. Мощность этих отложений составляет 15-100 м.

*Среднечетвертичные отложения ( $Q_{II}$ )* относятся к ледниковым, аллювиальным, озерным и проблематическим генетическим типам. Ледниковые отложения слагают долинную морену полупокровного типа, состоящую из крупных неокатанных обломков с примесью суглинка, щебня и дресвы.

Мощность их не превышает первой сотни метров. Аллювиальными осадками сложены предгорные шлейфы и второй ярус надпойменных террас реки Ирдык.

Аллювий обычно представлен валунно-галечниками с гравийно-песчаным заполнителем. Террасовые площадки покрыты суглинками с включением гравия. Общая мощность аллювиальных отложений 60-90 м.

Озерные образования слагают озерные террасы оз. Иссык-Куль. Сводный разрез их представлен мергелистыми глинами, тонкозернистыми песками, алевролитами, реже гравием и галькой. Мощность достигает до 90 м.

*Верхнечетвертичные отложения ( $Q_{III}$ )*. К ним относятся аллювиальные, аллювиально-пролювиальные валунно-галечники; пески и гравий. Слагают предгорный шлейф и надпойменные речные террасы р. Каракол и Джергалан. Мощность их достигает от 100 до 500 м.

Верхнечетвертичные – современные отложения ( $Q_{III-IV}$ ). Осадки этого возраста относятся к делювиально-пролювиальным, пролювиальным генетическим типам.

Делювиально-пролювиальные отложения слагают предгорные шлейфы и низкогорье. Представлены суглинками лессовидными, реже гравий, щебни. Мощность суглинков небольшая, порядка до 10 метров.

Пролювиальные отложения слагают пролювиальные равнины, представлены суглинками, супесью, гравием. Мощность отложений достигает 200 м.

*Современные отложения ( $Q_{IV}$ )*. По генетическим признакам выделяются пролювиальные, аллювиальные и озерные отложения.

Аллювием сложены поймы рек, I и II надпойменные террасы. В их строении принимают участие хорошо окатанные галечники, гравий, пески. В верховьях рек они обогащены крупными валунами. Мощность их достигает 15-20 метров. Пролювием сложены предгорные шлейфы и низкогорье; представлены песчанистыми суглинками, галечником, песком. Мощность достигает 50-100м.

Современные озерные осадки слагают вытянутые параллельно берегу озера песчаные возвышенности - останцы береговых валов и пляжи. Состав преимущественно песчаный, реже иловатый и галечный. Общая мощность современных озерных отложений не превышает 20 метров.

В районе работ подземные воды четвертичных отложений приурочены преимущественно к аллювиальному, пролювиальному и озерным водоносным горизонтам. Водоносный горизонт аллювиальных отложений имеет распространение в долине р. Каракол, в пределах поймы и низких надпойменных террас.

Водоносный горизонт пролювиальных отложений имеет очень широкое развитие, приурочен к предгорным шлейфам, конусам выноса и пролювиальным равнинам мелких межгорных впадин. Водоносный горизонт озерных накоплений развит в прибрежной зоне озера Иссык-Куль в виде полосы, окаймляющей залив Пржевальского.

Водоносный комплекс верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений ( $арQ_{III}$ ) имеет широкое распространение в центральной части района работ.

Отложения представлены мощной толщей валунно-галечников с песчано-гравийным заполнителем. Вскрытая мощность аллювиально-пролювиальных водовмещающих пород достигает 500 м.

Подземные воды безнапорные и в головной части конуса выноса залегают на глубине 50-90 м; по мере удаления на север глубина залегания уменьшается и в центральной части составляет 30-50 м, в периферической достигает 4-10 м.

На основе анализа описанных водоносных горизонтов следует, что наиболее перспективным в целях водоснабжения г. Каракол является водоносный горизонт верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений.

Питание водоносного горизонта осуществляется, как отмечено выше, в основном за счет поверхностных вод р.Каракол, значительная часть расхода которой теряется на инфильтрацию из русла или на полях орошения.

Многолетний среднегодовой расход реки Каракол составляет  $6,55\text{ м}^3/\text{с}$ . Удельные дебиты скважин достигают 17 л/с, фильтрационные свойства валунно-галечников характеризуются коэффициентами фильтрации в пределах 12,0-45,0 м/сут.

В отношении оценки георисков территория города Каракол и его агломераций характеризуется, по данным МЧС Кыргызстана, нижеследующими особенностями.

На карте оценки и прогноза сейсмической опасности исследуемый район расположен на территории первой степени опасности с сейсмичностью 9 баллов.

На карте среднесрочного прогноза землетрясений наиболее близко, к юго-западу от города Каракол находится Барскоунский РОЗ (район ожидаемых землетрясений) первой категории опасности с ожидаемым классом землетрясений  $K=12-15$  и достаточным уровнем тревоги.

На карте прогноза селевой опасности южная часть города Каракол представляет собой территорию с третьей степенью селевой опасности с возможными проявлениями селей от 10 куб.м./сек до 100 куб.м/сек.

На карте прогноза высокого подъема уровня грунтовых вод северная часть города Каракол характеризуется проявлениями процесса подтопления территорий.

На карте прогноза возможного воздействия селе-паводковой массы на территорию и население города Каракол от прорыва плотины горного озера заслуживает внимания озеро Уюнтор-западное, второй категории прорывоопасности, расположенное на высоте 3700 метров в верховье реки Каракол.

Также в связи с инфильтрацией подрусловых вод из реки Каракол в зоне их формирования имеется потенциальный риск загрязнения месторождения подземных вод, которое располагается в замкнутой, внутригорной озерной впадине на высотных отметках от 1000 м (урез озера) до 2000 м (предгорный шлейф).

Расположенные в южной части города Каракол склоны хребтов, обращенные вогнутой стороной к озеру, крутые, снижаются от 5200-4500 м (в гребневой части) до 2500-2800 м, что создает благоприятные условия для развития георисков в виде интенсивной эрозионной деятельности водных потоков.

Глубина вреза русла р.Каракол в приозерной равнине неодинакова на различных участках, при этом русло в разной степени дренирует водоносные горизонты. Например, в приозерных участках из-за высокого подъема подземных вод развиты опасные процессы подтопления и заболачивания территории.

Река Каракол при выходе из горного ущелья протекает в рыхлообломочных галечниковых отложениях собственного конуса выноса. Русло неустойчиво, подвержено значительной деформации, во время прохождения высоких паводковых расходов воды, которые нередко носят селевой характер. В это время разрушаются, подмываются берега, русло перерабатывается и перестраивается в очень значительной степени.

В целях объединения вышеприведенных мультирисков для дальнейших исследований предлагается использовать разработанную инженерно-геономическую 12-мерную шкалу оценки и прогноза георисков (Усупаев Ш.Э., 2006 г.) для составления единой ИГН-карты оценки и прогноза георисков.

В методическом отношении ИГН-шкала состоит из генетически взаимоуязвимых между собой трех категорий уязвимости (КУ), шести степеней риска (СР) и двенадцати уровней опасности (УО). По иерархической зависимости КУ имеет наиболее высокий ранг при оценке и прогнозе георисков и указывает на местоположение и масштаб источника опасностей. При этом до 60% объема информативности отдается координатам и величине зоны георисков. До 40 % информационного поля указывает на интенсивность (силу, энергию) и время ожидаемого проявления опасностей. Каждая категория уязвимости расположена в ИГН-шкале по уменьшению георисков в следующей последовательности: Бедствия-Кризисы-Дискомфорт.

Каждая из трех КУ, в свою очередь, делится на две части по степени риска (СР). Степень риска до 60 % по информативности указывает на интенсивность (силу) ожидаемой опасности, а на оставшиеся 40 % информирует о масштабе катастрофы в тесной увязке с соответствующей категорией уязвимости.

Уровень опасности (УО), является третьей по иерархии составной частью ИГН-шкалы оценки и прогноза георисков. Каждая из выделенных категорий уязвимости, состоят из двух степеней риска и соответственно четырех уровней опасностей. При этом уровень опасности на 60 % информационного поля показывает на ожидаемое время активизации катастрофы, а на оставшиеся 40 % содержит информацию о категории уязвимости, т.е. коррелируется с координатами и масштабами ЧС и данных о степени риска (т.е. увязывается с силой и энергией ЧС).

ИГН-шкала позволяет закрашивать на карте участки для оперативного реагирования и принятия практических действий и мер на ЧС-геориски, по принципу светофора - в направлении уменьшения (красный-желтый-зеленый). По ИГН-методике, чем больше геориск, тем интенсивнее цвет окраски уязвимости и опасности на одноименной карте.

### **Выводы**

1. Территория города Каракол и его агломерации подвержены воздействию множества георисков и требуют проведения мониторинговых комплексных исследований для снижения рисков бедствий.
2. Предлагается в качестве новой использовать для оценки и картографического прогноза многоступенчатых георисков методологию инженерной геономии.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Усупаева Ш.Э. (общая редакция), Молдобеков Б.Д., Айталиев А.М., Сарногоев А.К., Мелешко А.В., Ерохин С.А., Ибатулин Х.В. и др. Основы

- инженерной геологии и катастрофологии. Бишкек: изд-во «ДЭМИ». 2006. 662 с.
2. Усупаев Ш.Э., Абдрахманова Г.А., Узакова Ш.Н., Бердалиева Г., Смайылова А., Мазымканова А. ИГН-карты и модели оценки георисков от селей и прорывоопасных горных озер на примере территорий Кыргызстана и Таджикистана. Вторая конференция СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ, КАТАСТРОФЫ, РИСК, ПРОГНОЗ, ЗАЩИТА, посвященная 100-летию со дня рождения С.М. Флейшмана. МГУ. Москва. 2012.
  3. Молдобеков Б.Д., Усупаев Ш.Э. Мониторинг окружающей среды и снижение георисков в регионе Центральной Азии. Восьмая международная научно-практическая конференция по проблемам снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК – 2012». Москва. 2012.

### **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ, РИСКА И ОПАСНОСТИ (АСПЕКТЫ КАТАСТРОФОВЕДЕНИЯ)**

Сваров М.Х.

тел: +996 312 556363 (222), e-mail: [msvarov@mail.ru](mailto:msvarov@mail.ru)

Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики,  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ)  
г. Бишкек, Кыргызстан

В настоящее время отсутствуют универсальные методы оценки и прогнозирования ущерба от сильных землетрясений для Кыргызской Республики и стран СНГ, доведенные до практических применений.

В целях восполнения недостатков и решения проблемы были использованы методологические базы исследования, приведенные и обоснованные в работах Родкина М.В., Писаренко В.Ф., Мирмовича Э.Г., Мамырова Э.М., Усупаева Ш.Э. и др. [1-6].

В качестве требований к методологиям исследований сейсмической уязвимости, риска и опасности выбраны были следующие критерии оценки:

-разработанность научно-методического аппарата прогнозирования ущерба от редких сейсмических событий;

-работоспособность модели прогнозирования ущерба от РСС;

- совершенство системы мониторинга и прогнозирования ЧС.

Проведенный анализ чрезвычайных ситуаций для территорий Кыргызской Республики, особенно в области предупреждения сильных сейсмических событий, возможности прогнозирования их последствий по величинам ущерба на основе современных информационных технологий, показал недостаток необходимой информации для оценки величин ожидаемого ущерба.

Использование методик восполнения недостающих данных и формирования базы данных по ущербу, с привлечением данных по странам, схожими с КР по уровню сейсмичности, плотности населения и социально-экономическим условиям, на базе использования информационного пакета MatLab, с применением технологии численного моделирования, позволили осуществить долгосрочный прогноз на 30 лет от землетрясений, а также получить сравнительные оценки по величинам ущерба при изменении социально-экономических условий в стране.

Для сейсмических катастроф, происходящих на территории Кыргызской Республики, характерен очень широкий диапазон масштабов, при этом редкие сильнейшие события приносят ущерб, сравнимый с суммарным ущербом от всех других (более слабых) землетрясений. Распределения, обладающие такой особенностью, называются распределениями с «тяжелым хвостом». Такого рода случайные события описываются степенными законами (законом Парето).

Также использовался научно-методический аппарат получения эмпирических данных (каталога) сейсмических событий для КР по величинам ущерба на основе привлечения мировых баз данных по иным регионам, аналогичным по своим природным и социально-экономическим условиям с КР. По полученному каталогу на основе информационной технологии MatLab разрабатывалась статистическая модель численного бустреп-метода моделирования изменения величин ущерба от РСС со временем.

Для оценок значений периода повторяемости землетрясений различной магнитуды на территории КР использована база данных сейсмических событий с 1965 года и с 1900 года по настоящее время с  $M \geq 5$ . При этом для получения графика повторяемости в области событий средней силы, использованы данные, начиная с создания устойчивой сети сейсмических наблюдений в КР с 1965 года прошлого века. Для оценки режима повторяемости редких сейсмических событий использованы данные по сейсмическому режиму с начала XX-го века.

Для оценки доли событий приводящих к ущербу применена база данных редких сейсмических событий, произошедших на территории КР начиная с 1970 года с  $M \geq 5,8$ . Всего за этот период зафиксировано 40 событий. Для расчета ожидаемых величин ущерба были рассмотрены землетрясения с магнитудой  $M \geq 5,8$ .

Магнитуды в интервале 5,8 – 6,4 соответствуют 8 баллам интенсивности в эпицентре по используемой в России и странах СНГ шкале MSK-64, по принятой в США Модифицированной шкале Меркалли (MM) и по Европейской макросейсмической шкале (EMS). Из определения шкалы балльности можно ожидать, что заметный ущерб может быть связан только с землетрясениями с интенсивностью не менее 8 баллов, т.е., с магнитудами  $M \geq 5,8$ .

Величины ущерба от землетрясений принято характеризовать тремя параметрами: безвозвратными потерями (числом погибших), числом раненых и величиной прямого экономического ущерба. Полная информация такого рода имеется в мире только по небольшому числу землетрясений. Подобного рода сведения для территории КР носят отрывочный характер, и в ряде случаев явно не точны. По имеющимся данным за анализируемый период с 1970 года, из общего числа 40 событий с  $M \geq 5,8$ , по числу погибших- 4 случая достоверных данных; по числу раненых- 3 случая и по прямому экономическому ущербу- 2 случая.

Для выяснения характера статистической связи между силой землетрясения и значениями величин ущерба для территории КР были использованы мировые данные по ущербам от землетрясений, происшедших на территориях с близкими сеймотектоническими и социально-экономическими условиями и плотностью населения.

Наиболее полные мировые данные об ущербе от землетрясений доступны на сайте Национального центра данных геологической службы США (Significant Earthquakes: <http://www.neic.cr.usgs.gov/neis/eqlists>). Эта сводка представляет собой компиляцию данных о жертвах и экономических потерях от землетрясений, собранную из многочисленных источников.

Для пополнения базы данных были отобраны сведения о величинах ущерба, где плотность населения должна была отличаться не более чем в 1,5 раза, а

требуемый интервал допустимых различий среднегодового валовой внутренней продукт (ВВП) (не более 2-х раз) достигался в большинстве случаев использованием данных по ущербу за прошлые годы. При этом как характерные для территории КР были использованы следующие значения плотности населения и ВВП на душу населения: плотность населения Кыргызстана составила в период с 1970 года по настоящее время в пределах 20 –27 чел/ км<sup>2</sup>, а среднегодовое ВВП составило 1000 долларов США (2008 г.).

По соответствующим критериям были отобраны мировые данные по величинам ущерба для таких стран, как: государства бывшего СССР: Азербайджан, Армения, Грузия, Казахстан, Молдавия, Россия, Таджикистан и Узбекистан, без сдвига по времени; страны южной Америки: Венесуэла, Колумбия, Перу, Чили и Эквадор со сдвигом на 20 лет; США - на 40 лет.

Всего указанным выше способом были отобраны данные по 134 случаям с известным числом жертв, 116 случаев с известным числом раненых и 155 значений прямого экономического ущерба. Эти данные были объединены в единый файл с имеющимися единичными определениями величин ущерба по территории КР (большинство из этих значений отвечает относительно недавнему прошлому, и могут трактоваться как соответствующие современному уровню социально-экономического развития КР).

Согласно имеющимся данным, среди землетрясений с  $M \geq 5,8$ , произошедших на территории Кыргызстана, число событий, для которых отмечается причинение ущерба, составляет:

по числу погибших – для 5 из 40, т.е. для 12% случаев; по материальному ущербу – 14 из 40 (35% случаев); по числу раненых – 6 из 40 (15% случаев).

Для получения независимой оценки доли событий, вызывающих ущерб, применялся метод экспертной оценки. Для чего были опрошены эксперты, перед которыми ставился вопрос о том, какова, по их мнению, вероятность событий с магнитудой  $M \geq 5,8$  приведет к безвозвратным потерям, появлению раненых, какому-либо материальному ущербу (информация об экспертах приведена в диссертационной работе).

Ответы экспертов в среднем оказались близки к нижеследующим: по числу погибших – 20%; по материальному ущербу – 45%; по числу раненых – 25%.

Экспертные оценки оказались выше приведенных ранее на основе имеющихся данных каталогов по ущербам от землетрясений на территории КР.

При этом в обоих вариантах максимальна доля событий, приводящих к материальному ущербу, и минимальна – приводящих к жертвам, а доля событий, приводящих к появлению раненых, выше доли землетрясений со смертельными исходами, то есть оценки качественно схожи.

В целом оценка доли приводящих к ущербу землетрясений на основе данных представляется заниженной и напротив, оценка экспертов, чаще более опасаящихся занизить уровень опасности, может оказаться завышенной.

В приводимых далее расчетах использовались осредненные оценки доли приводящих к появлению ущерба землетрясений. Эти оценки таковы:

- по числу погибших – 16%;
- по материальному ущербу – 40%;
- по числу раненых – 20%.

**Модель прогнозирования ущерба от редких сейсмических событий для территории Кыргызской Республики.** Полученный прогноз представляется обоснованным на срок около 50 лет. Характерными особенностями режима роста величин ущерба от землетрясений являются большой (на порядки от величины)



разброс значений возможного ущерба и нелинейный режим роста величин ожидаемого ущерба (различных его квантилей) на протяжении первых 10–20 лет.

С увеличением времени прогноза (более 10 – 20 лет для мировых данных), когда начинает сказываться ограниченность максимально возможных величин ущерба, характер распределения меняется; соответственно с этим накопленный ущерб начинает расти линейно со временем.

Впрочем, такое заключение вполне ожидаемо. Так, Кеминское землетрясение 1911 года резко выделяется среди других землетрясений по числу жертв и является единственным подобным событием на интервале времени до 150 лет; отсюда видно, что период повторяемости сильнейшей (по числу жертв) сейсмической катастрофы на территории КР заведомо больше 50 лет.

Редкие сейсмические события (РСС), к которым отнесены землетрясения интенсивностью более 8 баллов, действительно создают постоянно большие риски и приводят к гибели людей, одновременно нарушая их жизнедеятельность, и которые, как правило, сопровождаются значительными по величине материальными ущербами.

На рис. 1 приведена разработанная Усупаевым Ш.Э. (2010-2012 гг.), инженерно-геономическая универсальная 12-мерная шкала оценки и прогнозирования потенциала угроз, адаптированная к блоку оценки землетрясений и сейсмостойкого строительства, для населенных пунктов и их инфраструктуры.

ИГН индикаторы	КАТЕГОРИИ УЯЗВИМОСТИ (КУ)																			
	I. БЕДСТВИЙ				II. КРИЗИСА				III. ДИСКАМФОРТА											
	I. СТЕПЕНИ РИСКА (С Р)																			
	1. Катастрофически большая				2. Бедственно-большая				1. Кризисно-большая				2. Предельно-большая				1. Дискампортно-большая		2. Дискампортно-малая	
	II. УРОВНИ ОПАСНОСТИ (УО)																			
а.	в.	с.	д.	а.	в.	с.	д.	а.	в.	с.	д.									
Катастрофически высокий	Бедственно-высокий	Уничтожающе-высокий	Опустошительно-высокий	Кризисно-высокий	Разрушительно-высокий	Очень высокий	Высокий	Средний	Умеренный	Низкий	Регистрируемо-низкий									
МНТКС	МСН--Межгосударственные нормы и правила категорий опасности природных процессов, с дополнениями и изменениями Усупаева Ш.Э.(2009г.)																			
КОД-2	З Е М Л Е Т Р Я С Е Н И Я																			
01 01																				
Наименование землетрясения	необыкновенно катастрофическое	катастрофическое	уничтожающее	опустошительное.	разрушительное	очень сильное	сильное	значительное	чувствительное	Умеренное	слабое	неощутимо-слабое								
МСК-64 J-баллы, интенсивность	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
М-магнитуда по шкале Рихтера (пределы и средние значения)	8,8-8,2 8,5	8,2-7,6 7,9	7,6-7,0 7,3	7,0-6,4 6,7	6,4-5,8 6,1	5,8-5,2 5,5	5,2-4,6 4,9	4,6-4,0 4,3	4,0-3,4 3,7	3,4-2,8 3,1	2,8-2,2 2,5	2,2-1,6 1,9								

Е, дж. ( 10 18- 17- 16- 15- 14- 13- 12- 11- 10- 9- 8- 7-  
в сте-пени 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6  
от 1 до п)  
-энергия  
землетрясе  
нии  
(пределы  
степеней).

Рис.1.Инженерно-геономическая (игн)унифицированная 12 мерная шкала оценки и прогнозирования стихийных бедствий на примере землетрясений (по Усупаеву Ш.Э, 2010 г.)

На разработанной ИГН-12-мерной шкале оценки и прогнозирования ожидаемых угроз представлены следующие необходимые характеристики как по измерениям сейсмичности, так и по сейсмостойкости объектов учета и паспортизации: 1) МСК-64 J-баллы, интенсивность землетрясений; 2) М-магнитуда по шкале Рихтера; 3) энергетический класс землетрясений.

Также в работах Усупаева Ш.Э. и Джуманалиева А.Б (2012 г.). разработанная ИГН- классификационная шкала увязана с классификациями зданий по потенциалу угроз их разрушения от землетрясений различной интенсивности а) высокочастотные,  $T=0,5-1.0$  Гц; б). низкочастотные,  $T=0,1-0.3$  Гц, ; с уровнем повреждения зданий в зависимости от интенсивности землетрясений: А- из рваного камня; Б - кирпичных, В - панельных и каркасных; с характером повреждения зданий; с -максимальными смещениями грунта (по Аптикаеву, 1999) - пределы и средние значения.

Таким образом, в целях оценки и прогнозирования уязвимости, риска и опасности от сейсмических бедствий предлагается использовать вышеприведенные разработки с учетом оценки потенциальных потерь и ущербов от сильных землетрясений.

#### **Выводы:**

1. Разработан научно-методический аппарат прогнозирования ущерба от редких сейсмических событий для Кыргызской Республики.
2. Приведена разработанная инженерно-геономическая методика оценки и прогнозирования уязвимости, риска и опасности от землетрясений.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Сваров М.Х. Прогнозирование величин ущерба на долгосрочной основе от землетрясений на территории Кыргызской Республики / М.Х. Сваров// Вестник КРСУ. Бишкек: КРСУ. 2010. Т.10. № 5. С. 160-165.
2. Сваров М.Х. Оценка ожидаемых величин ущерба от землетрясений для территории Кыргызской Республики / М.В. Родкин, М.Х. Сваров // геофизическое исследование. М.: ИФЗ РАН. 2010. № 5.
3. Сваров М.Х. Применение новых информационных технологий при прогнозировании чрезвычайных ситуации / М.Х. Сваров // Мат-лы XIX Межд. научно-практич. конф. научно-педагогического состава и обучающихся: ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. СПАСЕНИЕ. ПОМОЩЬ (современность и инновации). 7 апреля 2009 года. Химки: АГЗ МЧС России. Ч. 3. 2009. С. 136 - 142
4. Сваров М.Х. Оценка возможности применения нейросетевых технологий к прогнозированию чрезвычайных ситуаций / М.Х. Сваров // Сборник докладов X-го научного симпозиума Вьетнамской научно-технической Ассоциации в РФ. 9.11.2008 г. – Москва: изд. Творчество. – 2008. С. 222 - 227

5. Усупаев Ш.Э.- Прикладные основы теории прогноза георисков и обращения с опасными изменениями природной среды. В книге: Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание седьмое с изменениями и дополнениями), Б.: МЧС КР, 2010,- с.670-674..
6. Усупаев Ш.Э., Джуманалиев А.Б. О повышении потенциала защиты и снижение рисков для населенных пунктов и объектов социально-культурного назначения от угрозы чрезвычайных ситуаций. В книге: Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (издание 9-ое с изменениями и дополнениями). Б.: МЧС КР. 2012.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ МЕТОДОМ МЕЖКОМПОНЕНТНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ**

Орунбаев С. Ж.

тел.: +996-312-55-63-63 (221), +996-312-555-222; e-mail: [s.orunbaev@caiaig.kg](mailto:s.orunbaev@caiaig.kg)  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
Бишкек, Кыргызстан

С первой декады XXI века методы по оценке грунтов набирают обороты в исследованиях при сейсмическом микрорайонировании на всем постсоветском пространстве. Развитие резонансных явлений в слоистой осадочной толще является одним из существенных эффектов, вызывающих изменения интенсивности сейсмических колебаний [1-4]. Возникновения значительных резонансных эффектов можно ожидать, когда слой или пачка слоев относительно слабо консолидированных осадков с пониженными значениями скоростей сейсмических волн залегает на толще (полупространстве) пород с более высокими скоростями сейсмических волн [5]. Влияние резонансного эффекта проявляется, прежде всего, в увеличении амплитуды горизонтальной составляющей колебаний.

В последние годы все большее распространение получает подход к выявлению резонансных эффектов грунтов по записям фоновых микроколебаний (микросейсм), заключающийся в анализе величин межкомпонентного спектрального отношения, представляющего собой отношение амплитудного спектра горизонтальной составляющей записи колебаний к спектру ее вертикальной составляющей, обозначаемое обычно как  $H/V$  [6-11]. Сейсмической сетью для регистрации землетрясений была полностью охвачена территория г. Бишкека, с учетом приграничных новостроек. В нашем исследовании проведена регистрация слабых землетрясений на всех основных грунтовых комплексах, регистрация микросейсм, использован метод сайт-эффект. Получена карта резонансно-частотных характеристик грунтов. Вышеуказанные полевые работы, анализ и обработка данных, построение карты амплитудно-частотных характеристик грунтов выполнены за период с 2008 по 2010 гг.

Для определения максимумов  $H/V$ -отношения, соответствующих частотам резонансных мод колебаний слоистых грунтов, оцениваются средние величины спектрального отношения  $H/V$  и их стандартные (среднеквадратичные) отклонения (СКО).

Практика показывает, что резкие пики на графиках  $H/V$ -отношения наблюдаются довольно часто. Эти пики можно было бы принять за проявление

резонансных эффектов, однако, сравнение графиков средних значений  $H/V$ -отношений с графиками СКО величин  $H/V$ -отношения показывает, что максимумы на этих графиках часто совпадают. Следовательно, появление таких пиков может быть связано не с резонансными эффектами (систематически проявляющимися на определенных частотах), а с увеличением разброса величин спектрального отношения  $H/V$  на данных частотах.

**Методы анализа межкомпонентных спектральных отношений.** Для выделения характерных частот максимумов  $H/V$ -отношения могут быть использованы различные подходы. Целью этих подходов является обеспечение надежного выделения максимумов величин  $H/V$ -отношения на фоне шума. Уменьшение характерного отношения сигнал/шум определяет использование более сложных методов выделения максимумов межкомпонентного спектрального отношения.

Для выявления характеристических частот сейсмических колебаний, предположительно связанных с резонансными эффектами, мы использовали три взаимодополняющих метода. Совместное применение этих методов позволяет не только повысить надежность выявления резонансных частот, но и составить представление о природе наблюдающихся максимумов  $H/V$ -отношения.

В рамках первого, обычного подхода рассчитывается среднее (по совокупности имеющихся записей шумов (микросейсм)) значение спектрального отношения в зависимости от частоты (рис. 1).



Рис. 1. Пункты проведения записей сейсмических микроколебаний.

В рамках второго подхода рассчитываются СКО спектрального отношения небольших землетрясений. Сеть было записано всего 56 землетрясений. Были

определены  $H/V$ -отношения соответствующих компонент двух станций, одна из которых установлена в скальном массиве (рис. 2).

Третий подход- измерение микросейсм в небольшой площади- нацелен на определение скорости поперечной упругой волны. Измерения проводилась в разных геологических условиях.

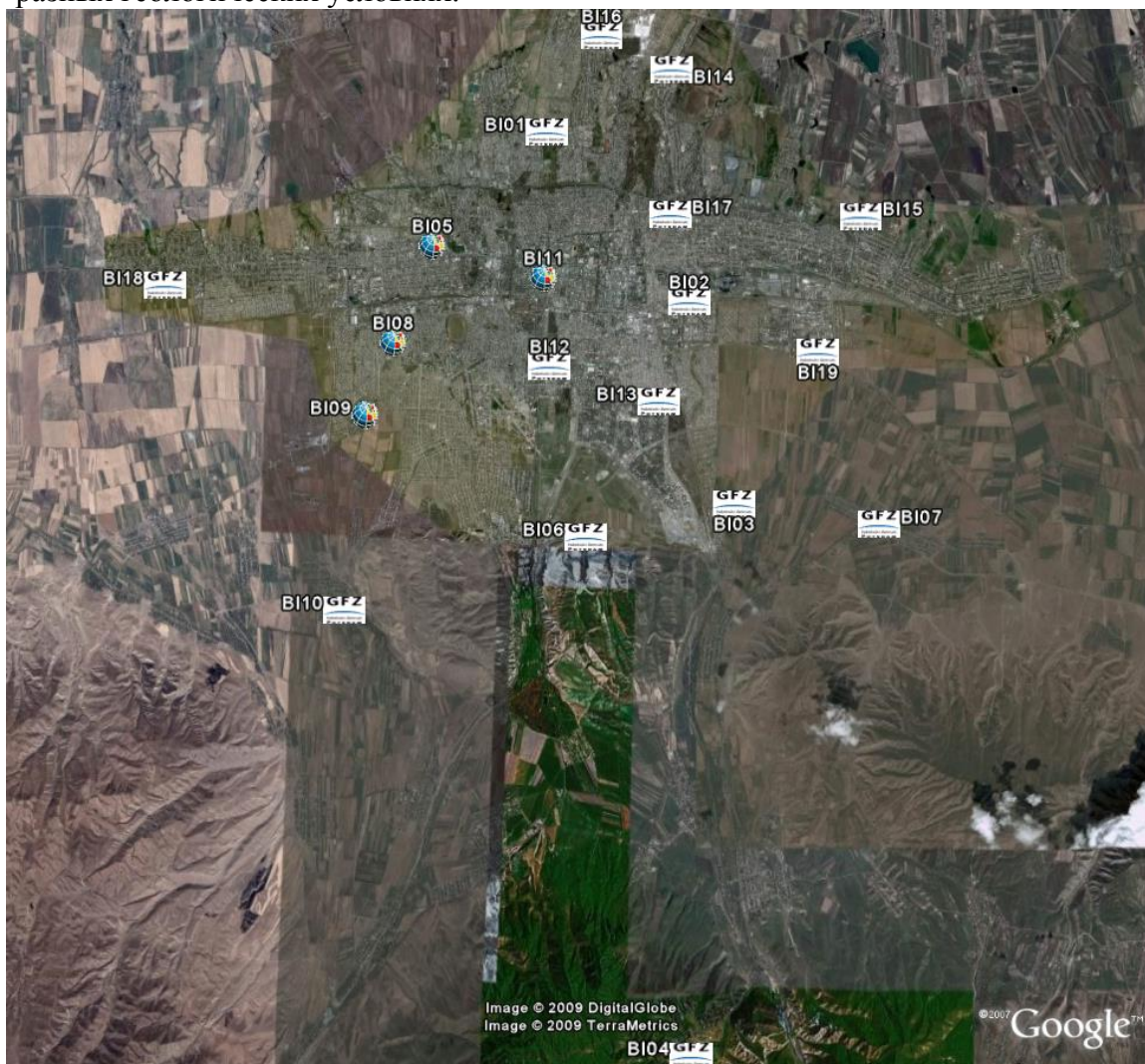


Рис. 2. Сейсмическая сеть, установленная на территории г. Бишкек.

Для каждой точки спектра в каждой записи проводится процедура сравнение разных анализов, в результате которой определяется число максимумов, соответствующих данному значению частоты.

**Анализ резонансных свойств грунтов.** Для площадок городских территорий следует ожидать также наличия систематических техногенных компонент в сейсмическом сигнале, не связанных с резонансными свойствами грунтов. Наконец, в отличие от модели, реальное строение грунтов не одномерно, а может существенно изменяться по площади.

Для анализа резонансных свойств грунтовой толщи использовались спектры записей близких сейсмических событий ( $\Delta < 300$  км) от первого вступления до выхода коды на уровень фона (или отдельные участки записи, отвечающие поперечным S- и/или поверхностным L-волнам), а также записи фоновых микроколебаний (микросейсм, шумов). Это обычный набор сейсмических данных, используемых для расчета приращений балльности при составлении карт сейсмического микрорайонирования. Присутствие в анализируемой записи

сейсмического события и продольных Р-волн, не несущих информации о резонансных характеристиках грунтовой толщи, практически не искажает результатов исследования резонансных эффектов вследствие относительной малости амплитуд Р-волн (по сравнению с S- и L-волнами) и, соответственно, малого вклада Р-волн в значения  $H/V$ -отношения спектра полной записи близкого сейсмического события.

На рисунке 3 представлены различные типы спектральных отношений, вычисленных для сейсмических станций, установленных в г. Бишкек. Первая колонка- спектральное отношение горизонтальной составляющей к её вертикальной компоненте (HVSR) S-wave по компоненте восток - запад; вторая колонка-  $H/V$  отношение регистрации микросейсм (NHVSR); третья колонка- стандартные спектральные отношения (SSR) между спектром S-волны EW (вычисляется на каждой станции) и соответствующим спектром на станции, установленной в скальной породе (BI04); четвертая колонка- то же самое, как и в третьей колонке, но для вертикальной компоненты. В первых, третьих, и четвертых колонках серые точки представляют спектральные отношения, вычисленные при частотах, когда сигнал к шумовому отношению больше 3-х, в то время как кривая черного цвета - среднее квадратичное отношение. Во второй колонке показано отношение  $\pm$  одно стандартное отклонение (три графика). Пунктиром показаны величины стандартного отклонения средних значений  $H/V$ . Видно также, что максимумы величин среднего значения спектрального  $H/V$ -отношения сопровождаются значительным ростом погрешности определения этого среднего значения.

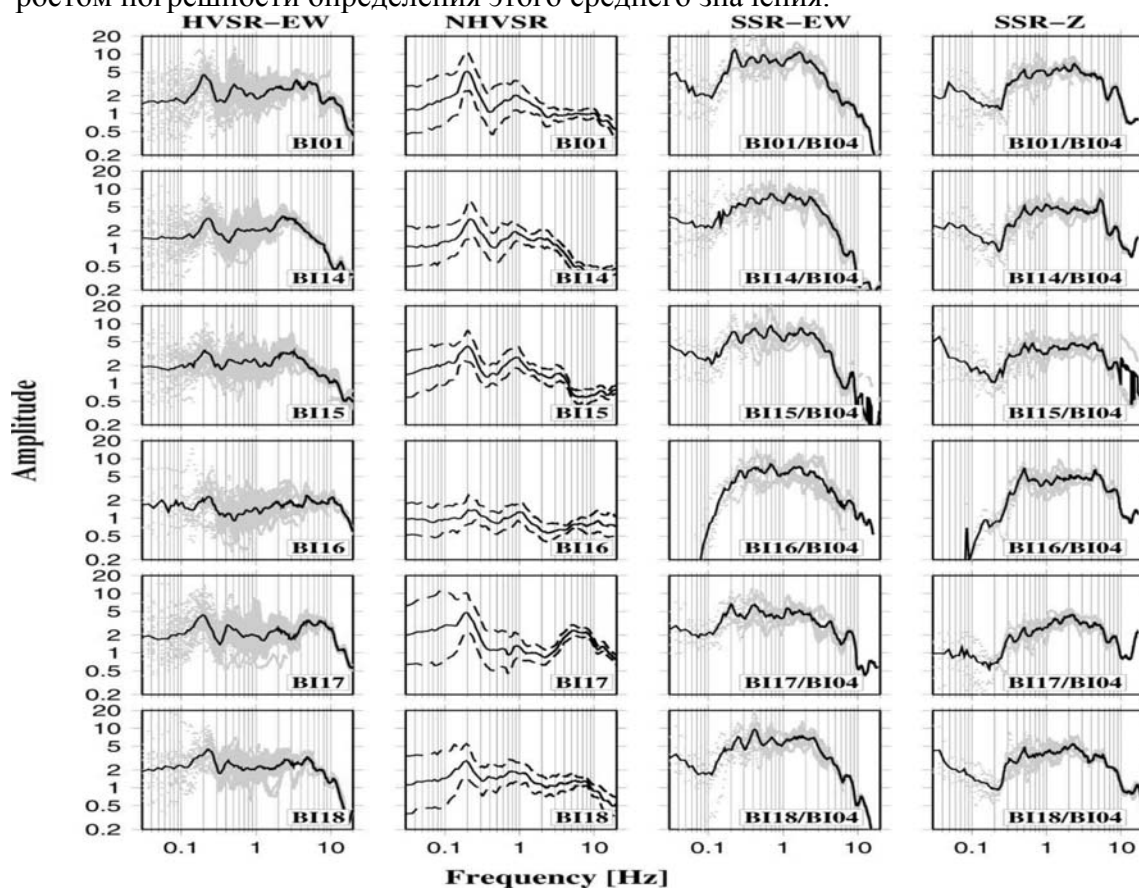


Рис. 3.  $H/V$ -отношение полученных сейсмических записей.

Для горизонтального слоя в полупространстве основная резонансная частота  $f$ , оцениваемая по частоте максимума спектрального отношения  $H/V$ , равна

$$f = nV_S/4h, \quad (3)$$

где  $V_S$  и  $h$  – скорость поперечных волн в слое и мощность слоя. Кроме основной частоты, соответствующей  $n=1$ , возбуждаются и обертона, однако их амплитуда обычно существенно меньше. Для пачки горизонтальных слоев при определении частот основных мод резонансных колебаний используется соотношение

$$1/f = (4 \times \Sigma(h_i/V_{Si})), \quad (4)$$

где  $i$  – номер слоя в изучаемой слоистой толще, а  $V_{Si}$  и  $h_i$  – скорость поперечных волн и толщина  $i$ -го слоя.

На рисунке 3 приведены результаты расчетов функции вероятности  $F$  по данным анализа поля микросейсм и по записям сейсмических событий. Там же приведены значения резонансных частот. Видно существенно лучшее согласие большинства максимумов функции вероятности  $F$  с ожидаемыми значениями резонансных частот колебаний грунтов.

Обобщение данных по совокупности пунктов наблюдения позволяет выявить структуру резонансных колебаний осадочной толщи достаточно полно. На том же рисунке приведено распределение частот максимумов  $H/V$ -отношения, выявленных описанными выше методами. Из рисунка видно хорошее согласие частот максимумов характерных значений  $H/V$ -отношения со значениями резонансных частот. Соответствие лучше выражено в низкочастотной области и несколько хуже для участка спектра с частотой более 7-8 Гц. Худшее согласие в высокочастотной области является, в значительной степени, естественным следствием площадных вариаций локальных значений мощности верхних, маломощных слоев грунта относительно усредненной сейсмической модели грунтовой толщи. Отметим, что резонансная структура колебаний в низкочастотной области (менее 1 Гц) лучше выявляется по результатам анализа наблюдений микросейсм.

Продемонстрированное выше достаточно хорошее согласие значений резонансных частот, получаемых по осредненной сейсмической модели грунтовой толщи со значениями максимумов величин  $H/V$ -отношения, дает основание для постановки обратной задачи. А именно, представляется возможным уточнять модели сейсмического строения грунтовой толщи исследуемых территорий по данным изменения значений максимумов  $H/V$ -отношения на разных участках площадки. При решении этой задачи скорости сейсмических волн можно предполагать известными и соответствующими средней сейсмической модели грунтов площадки, а положение опорных горизонтов уточнять по формуле (4) на основе выявляемых различий частот максимумов  $H/V$ -отношения в разных пунктах наблюдений.

В случае средних и, особенно, высоких резонансных частот сейсмических колебаний (для частот в интервале от 2 Гц и выше) их изменения в решающей степени зависят от локального строения приповерхностных (возможно, техногенно-измененных) слоев грунта. При построении соответствующих карт линейные модели использовать, как правило, не корректно. Опыт построения карт изменения высокочастотных резонансных мод для территорий городов ЦА показывает, что такие карты часто характеризуют степень изменения грунтов в процессе освоения площадки (в результате снятия верхних слоев природного грунта и/или подсыпки перемещенных или техногенных грунтов).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев С.В. «Инженерная сейсмология». М.: Госстройиздат. 1962 г. 284 с.

2. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию РСМ-73. Сб.: Влияние грунтов на интенсивность сейсмических колебаний (Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 15). М.: Наука. 1973. С. 6-34.
3. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. М.: Госстрой СССР. 1985 г. 72 с.
4. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. М.: Наука. 1988. 224 с.
5. Stefano Parolai; Sagynbek Orunbaev; Dino Bindi; Angelo Strollo; Sheyshenaly Usupaev; Matteo Picozzi; Domenico Di Giacomo; Paolo Augliera; Ezio D'Alema; Claus Milkereit; Bolot Moldobekov; Jochen Zschau, Site effect assessment in Bishkek (Kyrgyzstan) using earthquake and noise recording data, Bulletin of the Seismological Society of America, Submitted to BSSA 17.02.2010
6. Bugaevsky A.G., Rodkin M.V. Probabilistic approach to determination of resonant properties of soils from transfer H/V spectral ratio values: method and results. XXVIII General Assembly of ESC, 1-6 September 2002, Genoa, Italy, p. 129 & CD-ROM compilation of full papers
7. Nakamura Y. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, 1989, v.30, 25-33.
8. Ghayamghamian M.R., Kawakami H., Mogi H. 1995. Microtremor data analysis for seismic microzonation in north of Tehran. Proc. of 1st Int. Conf. on Earth. Geot. Eng.: Japan, 1995: 561-566
9. Kobayashi H., Vidal F., Feriche M.D., Evaluation of dynamic behavior of building structures with microtremors for seismic microzonation mapping. //In Proceedings of the 11th World Conference of Earthquake Engineering. Mexico., Acapulco, Abstr., 1996
10. Tokimatsu K., Arai H., Asaka Y. Three-dimensional soil profiling in Kobe area using microtremors. //In Proceedings of the 11th World Conference of Earthquake Engineering. Mexico., Acapulco, Abstr., 1996
11. Fah D., Kind F., Giadini D. A theoretical investigation of average H/V ratio. Geophys. J. Int., 2001, v.145, 535-549.
12. Leblanc, G.S.J., Truncated crustal transfer function and fine crustal structure determination. Bull. Seismol. Soc. Am., 1967, v.57, 719-733
13. Parolai, S. (2009). Denoising of seismograms using the S transform, Bull. Seismol. Soc. Am. 99, 226–234.
14. Parolai, S., and S. M. Richwalski (2004). The importance of converted waves in comparing H/V and RSM site response estimates, Bull. Seismol. Soc. Am. 94, 304–313.
15. Parolai, S., D. Bindi, and P. Augliera (2000). Application of the generalized inversion technique (GIT) to a microzonation study: Numerical simulations and comparison with different site-estimation techniques, Bull. Seismol. Soc. Am. 90, 286–297.

## **КОМПЬЮТЕРНО-КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ГЕОРИСКОВ НА СТАДИИ ПРОВЕРКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОГНОЗОВ ЧС В КЫРГЫЗСКОМ ТЯНЬ-ШАНЕ**

Коноков Т.

тел: +996 312 555111; факс: +996 312 555222; e-mail: [t.konokov@caiajg.kg](mailto:t.konokov@caiajg.kg)  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
г. Бишкек, Кыргызстан

С января 2010 года налажено ежедневное поступление из МЧС КР оперативных данных в ЦАИИЗ в отдел Геодинамики и георисков. Полученные



данные переносятся на космические снимки для оценки достоверности прогнозов. В данной статье приведены примеры анализа и оценки данных оперативного характера, поступившие в течение 2010-2012 гг. [1-3].

При картировании данных за 2010 год получено следующее. На карте распределения землетрясений за 2010 г. на территории Кыргызстана и трансграничных с ней стран Центральной Азии из 20 разрушительных и ощутимых сейсмических событий 17 приходится на территорию Кыргызстана.

В сравнительном отношении, из 17 землетрясений, произошедших в 2010 году, 8 произошло южнее и 9- севернее Таласо-Ферганского разлома. При этом 10 землетрясений приурочены к горным сооружениям, а 7- к придолинным территориям.

Достоверность эпицентров произошедших землетрясений, проверенных на основе карты РОЗ, составленной Институтом сейсмологии (Мамыров Э., Маханькова В.А.), составляет более 80 %.

Землетрясения приурочены к разломной сети, а также предрасположены к тектоническим блокам, испытывающим постоянное поднятие, а также находящимся на границе сочленения инверсионных блоков с положительным знаком и равнинных территорий, имеющих отрицательные знаки постоянного погружения межгорных депрессий. Из 17 землетрясений, произошедших в 2010 году, 6 (т.е. 35 %) приходится на Нарынскую область, которая относится к наиболее асейсмичным зонам.

На втором месте находится южная граница Ошской области, где произошло 4 землетрясения (24 %) на линии надвигания гор Памира на Алайский хребет. Произошедшие сейсмические события 2010 года на 80 % подтвердились согласно закономерности их ежегодной сезонной активизации, а именно в уменьшающемся по количеству активизации порядке в следующих месяцах года: 1) март-апрель; 2) январь-февраль; 3) июль-август; 4) ноябрь; при этом 52% землетрясений произошли в северном, а 42% - в южном регионах страны

Согласно карте распределения оползней, на территории Кыргызстана в течение 2010 года, 75% из них (27 оползней) произошли южнее Таласо-Ферганского разлома, а 25% (9) - севернее указанного регионального разлома. При этом 47% оползней зафиксированы в Ошской, 44% - в Джалал-Абадской областях.

Оползни, в соответствии с картами фонового и участкового их прогнозирования Департамента мониторинга МЧС КР, произошли в указанных, ожидаемых районах. Во временном отношении, оползни фиксировались с февраля по ноябрь, а 81 % - активизировались с апреля по июнь месяцы 2010 года.

Согласно карте распределения селей, на территории Кыргызстана в течение 2010 года, 78% селей (173 события) произошло в южных и 22% (47 событий)- в северных регионах страны. Селевые процессы и явления распределились по административным областям в уменьшающемся порядке соответственно: 38%- Ошская, 36%- Джалал-Абадская, 11%- Баткенская, 6%- Нарынская, 5%- Чуйская, 3%- Таласская и 1%- Иссык-Кульская области.

Селевые процессы и явления, в соответствии с картами фонового и участкового их прогнозирования Департамента мониторинга МЧС КР, произошли в указанных, ожидаемых районах. Время схода- с февраля по сентябрь; 83% - май-июнь (в т.ч. 68 % в июне) 2010 года.

На карте распределения лавин на территории Кыргызстана в течение 2010 года 59% лавин (25 событий) приходится на южные и 41% (18 событий)- на северные регионы страны.

Лавины, по административным областям, распределились в уменьшающемся порядке соответственно: 40%- Ошская, 19%- Джалал-Абадская, 19%- Иссык-Кульская, 14%- Чуйская и 9%- Нарынская области.

Лавины, в соответствии с картами фонового и участкового их прогнозирования Департамента мониторинга МЧС КР, произошли в указанных, ожидаемых районах с февраля по апрель, а 92 % - в феврале-марте (соответственно 52% и 40 %) 2010 года.

На картах проверки достоверности прогнозов ЧС за 2011 год получено следующее. На представленных картах приведены данные мониторинга наиболее распространенных опасных процессов и явлений, произошедших в Кыргызстане в течение 2011 года.

На карту вынесены красными кружочками различного размера произошедшие в течение 2011 года землетрясения (рис.1) различной интенсивности. Всего представлены эпицентры 29 землетрясений интенсивностью от 3 до 6.5 балла, из которых 66% активизировались в южном и 34% в северном районах Кыргызстана. Причем 41% землетрясений произошел в Ошской области.

При сравнительном анализе с нанесением эпицентров на карты районов ожидаемых землетрясений, разработанном Институтом сейсмологии НАН КР (Мамыров Э., и другие), достоверность прогноза по ожидаемому местоположению и силе проявления составляет до 75-80 %. В отношении прогнозирования времени ожидаемых землетрясений- наблюдается сезонный характер активности: 35 % в зимний период (январь-февраль), 28 % в весенний период (март-апрель) и 28 % в летний период (июль август) месяцы.

К наиболее активным сейсмогенерирующим разломам, где зафиксированы до 60 % землетрясений, относятся Южно-Ферганский-36 % и Заалайский- 24 % от всех произошедших сейсмических событий на территории Кыргызстана.

На рисунке 2 представлена карта произошедших сходов снежных лавин в Кыргызстане. В геобазу данных, которая составляется на основе ежедневного поступления оперативной информации из СЧС КР, занесены были характеристики 19 сходов лавин. Снежные лавины проявились вдоль автодорог, которые проходят на лавиноопасных участках, размещенных в четырех административных областях Кыргызстана. При этом сход лавин имеет по два района их активизации- в южном и северном регионах страны. В отношении сезонов года, 69 % лавин сошли в феврале-марте, причем 53 % из них- в феврале месяце. По месту проявления, объемам сошедших снежных масс достоверность прогнозов составляет 90-95 %, а по времени их активизации- до 85% и более.

На рисунке 3 представлена карта расположения сошедших в течение 2011 года оползней, где видно, что все 13 событий получили активизацию в период с февраля по июль месяцы. При этом 46 % схода оползней приходится на май и июнь месяцы 2011 года. С прогностических позиций, достоверность места активизации оползней составляет до 90 %, а объем и ожидаемое время варьируют от 80 до 85 %.

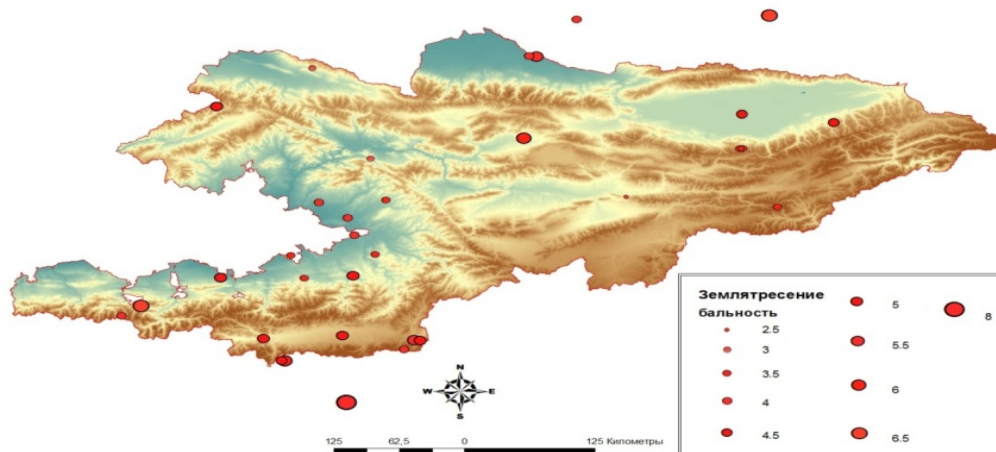


Рис. 1. Карта произошедших в течение 2011 года землетрясений на территории Кыргызстана и трансграничных районов с государствами Центральной Азии.

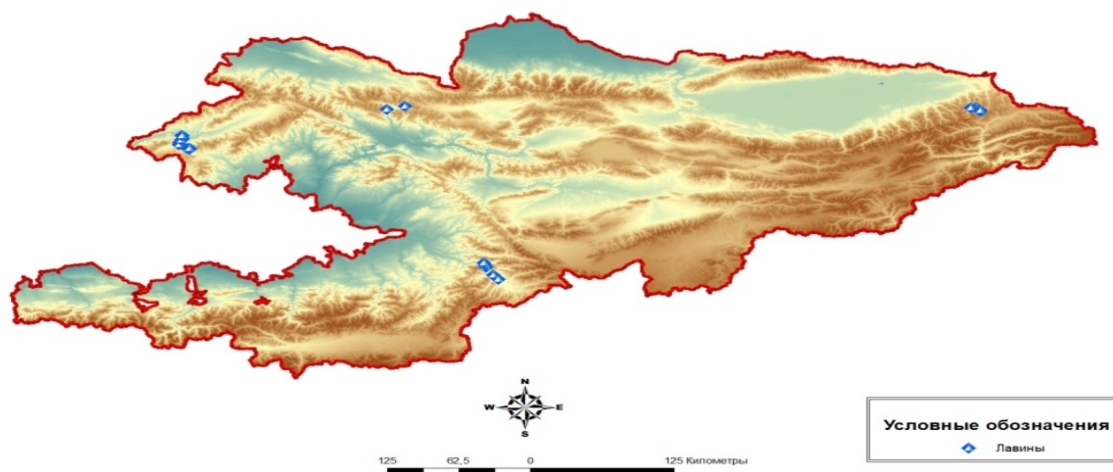


Рис. 2. Карта сошедших в течение 2011 года снежных лавин на территории Кыргызстана.

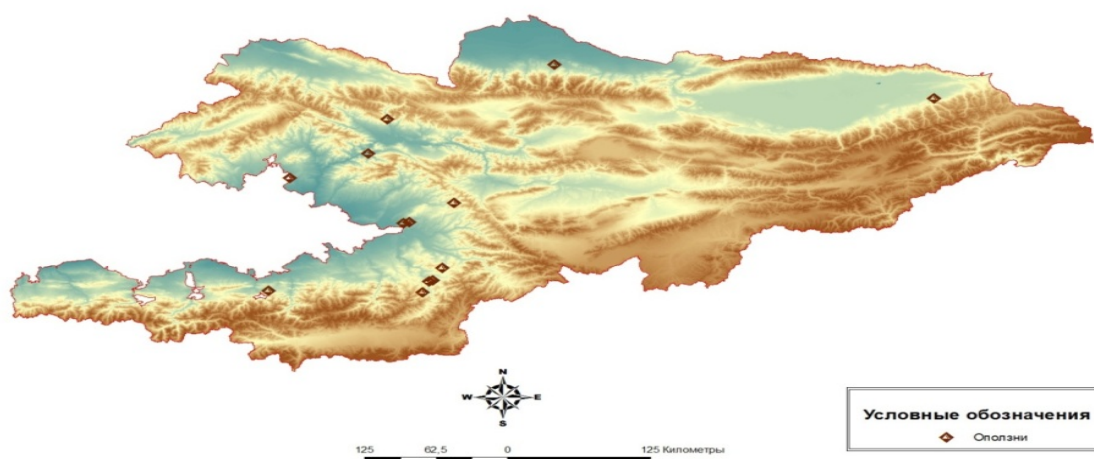


Рис. 3. Карта произошедших в течение 2011 года оползневых процессов и явлений на территории Кыргызстана.

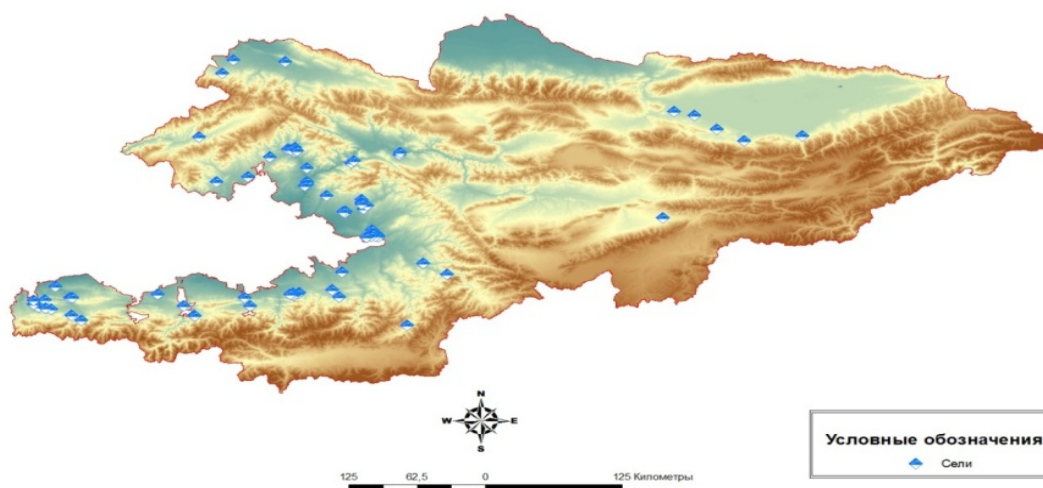


Рис. 4. Карта произошедших в течение 2011 года селевых процессов и явлений на территории Кыргызстана.

На карте представлены проявления селевых процессов и явлений (рис.4) в течение 2011 года, которые в базу данных ЦАИИЗ занесены по ежедневным оперативным информациям, полученным из МЧС КР. Зафиксированы всего 56 проявлений селей, которые наблюдались с марта по август месяцы. При этом 82% селей проявились в течение мая и июня, в том числе 52 % - в июне месяце 2011 года.

В отношении достоверности прогноза селей, по месту прохождения селевых потоков достоверность составляет до 95 %. Ожидаемые объемы и время активизации селей по точности составляют до 80-85%.

В целом анализ полученной информации из ежесуточных оперативных данных МЧС КР за весь период 2011 года показывает, что из 117 рассматриваемых ЧС (землетрясения, лавины, оползни, сели), 48% приходится на сели, 25%- на землетрясения, 16%- на лавины и 11%- на оползни.

По статистическим количественным соотношениям проявившихся опасных процессов и явлений, а также вышеприведенным предварительным оценкам точности прогнозов, последние являются достаточно удовлетворительными по достоверности.

Тем не менее предлагаем для повышения точности прогнозирования стихийных бедствий и катастроф усилить потенциал мониторинговых сетей наблюдения за опасными изменениями в природной и техногенной средах, а для комплексной и взаимосвязанной оценки уязвимости, рисков и опасности - разработать новые, более эффективные по достоверности методологии оценки и снижения рисков бедствий.

При анализе данных о ЧС за 2012 год получено следующее. В 2012 году, на основе усиления выше указанных мониторинговых возможностей, в ЦАИИЗе получены и обработаны 480 записей ощутимых и сильных землетрясений, произошедших в пределах Кыргызстана и прилегающих стран Центральной Азии.

SeisComP3 автоматически определяет эпицентр и силу землетрясения в режиме реального времени, составляет каталог зарегистрированных событий и создает архив волновых форм сейсмических записей.

При сравнительном анализе с нанесением эпицентров на карты районов ожидаемых землетрясений, разработанном Институтом сейсмологии НАН

КР(Мамыров Э. и другие), достоверность прогноза по ожидаемому местоположению и силе проявления составляет до 70-80 %.

В отношении прогнозирования времени ожидаемых землетрясений наблюдается сезонный характер пиков их активностей в зимний период (январь-февраль), весенний период (март-апрель) и в летний период (июль август). К наиболее активным сейсмогенерирующим разломам относятся Южно-Ферганский, Заалайский и ряд других разломов на севере страны.

#### **Выводы:**

1. В целом анализ полученной информации из ежесуточных оперативных данных МЧС КР за весь период 2012года показывает, что рассматриваемые ЧС (лавины, оползни, обвалы и камнепады, сели, береговая эрозия, подтопление) по статистическим количественным предварительным оценкам обладают 85-90 %-ой точностью прогнозов и являются достаточно удовлетворительными по их достоверности.

2. В целях повышения потенциала оценки и прогноза георисков целесообразно создавать новые и модернизировать устаревшие сети мониторинга ЧС, а также создавать систему раннего оповещения о рисках для населения на территории Кыргызстана и трансграничных районов со странами Центральной Азии.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Инструкция по подготовке местных госадминистраций, органов самоуправления к обучению населения правилам обследования, правильного поведения и применения классификации чрезвычайных ситуаций и критериев их оценки в Кыргызской Республики. Коллектив авторов. Бишкек. 2004. 66 с.
2. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Департамент мониторинга. Бишкек. Изд. дом «Салам». 2009. 680 с.
3. Мониторинг оползней Кыргызстана / Ибатулин Х.В. Бишкек. 2011. 145 с.

### **МОНИТОРИНГОВАЯ ОЦЕНКА ГЕОРИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТОКМОК И ЕГО АГЛОМЕРАЦИЙ В ЧУЙСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА**

Смайылова А.М.

тел: +996 312 612306; e-mail: mazymkanova@mail.ru

Институт горного дела и горных технологий им. академика У.А. Асаналиева,  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
г. Бишкек, Кыргызстан

В исследовании георисков, несущих угрозу для городов, особое место занимает система мониторинга. При этом анализ состояния сети мониторинга, позволяющей наблюдать за опасными изменениями природной и техногенной среды для крупных населенных пунктов на примере города Токмок, находится в неудовлетворительном состоянии [1-3].

Для оценки и прогноза георисков в городе Токмок и его агломераций необходимо в первую очередь обновить карту сейсмического микрорайонирования, а также провести мероприятия по понижению уровня

подземных вод в целях устранения опасных участков подтопления, приводящих при землетрясениях к эффекту приращения балльности.

Необходимость мониторинговой оценки георисков для густонаселенных пунктов, к которым относится город Токмок, заключается в том, что на картах оценки и прогноза опасностей, по данным МЧС Кыргызстана, город Токмок и его агломерации находятся в нижеследующих условиях.

1. На карте прогноза сейсмической опасности город Токмок расположен на территории с первой степенью сейсмической опасности и находится в зоне вероятных землетрясений интенсивностью 9 баллов.

2. На карте среднесрочного прогноза землетрясений исследуемый район расположен в поле воздействия двух РОЗ (районов ожидаемых землетрясений): с запада - Кант-Масанчинский РОЗ и с востока - Кастек-Боролдойский РОЗ.

Указанные РОЗ имеют вторую категорию опасности с ожидаемыми классами землетрясений  $K=12-15$  и достаточным уровнем тревоги.

3. На карте прогноза селевой опасности территория города Токмок подвержена паводкам и селе-паводковой опасности в случае прорыва плотины Орто-Токойского водохранилища.

4. На карте прогноза высокого поднятия уровня грунтовых вод исследуемый район находится в условиях непосредственного активного воздействия опасных процессов подтопления территорий.

Всего по республике подтоплению подвержены 185 населенных пунктов, в том числе города: Бишкек, Токмок, Талас, Кара-Балта, Кант, Балыкчи.

Более 15 тыс. домов находятся в зоне интенсивного подтопления, где проживают около 60 тыс. человек.

Наиболее сильно процессам подтопления подвержена Чуйская область, где подтоплено около 1700 квадратных километров, или 25% равнинной территории и 74 населенных пункта.

На подтопленных территориях в пределах населенных пунктов происходит деформация и разрушение жилых домов, зданий, сооружений, инженерных коммуникаций, ухудшаются санитарно-гигиенические условия, повышается сейсмическая опасность.

На сельхозугодиях наблюдается деградация земель, заболачивание и засоление почв, что приводит к значительному снижению урожайности.

В результате непродуманных решений и бесхозяйственного отношения к нормально функционировавшим коллекторно-дренажным сетям, разобщенности ведомственных интересов, иждивенческого подхода создается чрезвычайная ситуация.

В городе Токмок в 2003 году, как и в городах Кыргызстана, находящихся в зонах подтопления, была зафиксирована чрезвычайная ситуация вследствие изменения гидрогеологических условий застройками, капитальными зданиями без учета мероприятий отвода близко залегающих грунтовых вод, засыпки существующих дренажей, в результате расширения территорий частной застройки, которые привели к нарушению режима уровня грунтовых вод, поднявшегося на 2-3 и более метров.

Министерство чрезвычайных ситуаций вынуждено было экстренно выдавать предписания на отселение аварийных жилых домов в зонах подтопления, число которых ежегодно увеличивается.

Например, в 2002 году в республике предписано к отселению 132, в 2003 году – 276, в 2004 – 475, в 2005 году – 176 жилых домов.

Фактически численность населения, проживающего годами в сырых домах с неблагоприятными санитарно-гигиеническими условиями гораздо больше, чем численность отселенных жителей из аварийных домов, которые, наблюдая за их медленным разрушением, в то же время не имеют возможности даже возделывать приусадебные участки.

По данным Минсельводхоза, в настоящее время только для ремонта и восстановления рабочего состояния существующих коллекторно-дренажных сетей необходимы средства в объеме 807 млн. сомов: в том числе 102 млн. сомов - для КДС Минсельводхоза и 705 млн. сомов - для КДС органов местного самоуправления.

Для выполнения всех мероприятий по понижению уровня грунтовых вод, улучшения мелиоративного состояния полей, обеспечения жильем пострадавшего от подтопления населения, восстановления разрушенных школ и других социально-культурных объектов, инженерно-коммуникационной инфраструктуры сел и городов потребуются миллиарды сомов.

При создании сети мониторинга опасных процессов и явлений, несущих риски бедствий для густонаселенных пунктов на примере города Токмок и его агломераций, необходимо в оценке учитывать следующие позиции и критерии оценки:

- определить поражающие факторы для жизни и здоровья населения от подтопления и индуцированных ими опасных процессов и явлений;
- разработать и осуществлять меры предупреждения от процессов подтопления и других опасностей;
- охарактеризовать и ввести в практику действий признаки угрозы подтоплений и иных опасностей;
- создать систему прогнозирования подтоплений территорий и иных опасных изменений природной среды;
- разработать и применять меры защиты от подтопления и иных сопутствующих рисков бедствий;
- разработать сценарии, как подготовиться к опасностям, как действовать во время активизации процесса и как действовать после прохождения подтоплений и иных сопряженных опасностей.

Таким образом, подобно имеющимся мониторинговым сетям и картам оценки опасностей существующих в городах Бишкек и Ош, необходимо разработать аналогичные сети наблюдений и карту оценки и прогноза георисков для города Токмок и его агломераций.

#### **Выводы**

1. В целях кардинального решения проблемы оценки и прогнозирования георисков, несущих угрозы для крупных населенных пунктов, необходимо создание комплексных сетей мониторинга за опасными изменениями природной и техногенной среды урбанизированных территорий для города Токмок и его агломераций.

2. Целесообразно разработать и внести с соответствующие инстанции законопроект «Об обязательном страховании жилья и жизни людей от многоступенчатых и наиболее распространенных в Кыргызстане стихийных бедствий»

## ЛИТЕРАТУРА

1. Усупаев Ш.Э. (общая редакция), Айталиев А.М., Мелешко А.В. и др. «Инструкция по подготовке к реагированию населения и местных сообществ, школьников и студентов к стихийным бедствиям». Бишкек: изд-во «ДЭМИ», 2006. 94 с.
2. Усупаев Ш.Э., Абдрахманова Г.А., Узакова Ш.Н., Бердалиева Г., Смайылова А., Мазымканова А. ИГН-карты и модели оценки георисков от селей и прорыво-опасных горных озер на примере территорий Кыргызстана и Таджикистана. Вторая конференция СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ КАТАСТРОФЫ, РИСК, ПРОГНОЗ, ЗАЩИТА, посвященная 100-летию со дня рождения С.М. Флейшмана. МГУ. Москва. 2012.
3. Усупаев Ш.Э. (общая редакция), Айталиев А.М., Мелешко А.В., Абдрахманова Г.А., Брежнева В.А., Аманова М. Программа действий по подготовке к чрезвычайным ситуациям и реагированию на риски стихийных бедствий (землетрясений, оползней, подтоплений, прорыво-опасных высокогорных озер и радиационно-экологической безопасности) в Кыргызстане и трансграничных районах с государствами Центральной Азии. Бишкек. 2006. 498 с.

### **КАРТИРОВАНИЕ ГЕОРИСКОВ ОТ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КЫРГЫЗСКОМ ТЯНЬ-ШАНЕ**

Атыкенова Э.Э.

тел.: +996 312 610779; e-mail: [elita\\_kg@mail.ru](mailto:elita_kg@mail.ru)

Институт горного дела и горных технологий им. академика У.А. Асаналиева,  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли  
(ЦАИИЗ), г. Бишкек, Кыргызстан

Целью данной работы является оценка комплексного влияния гидрогеохимических аномалий и отходов горной промышленности на население и территорию Кыргызстана для выработки мер по защите и снижению рисков бедствий.

Методика исследования включает инженерно-геономическое (ИГН) картографирование, объединяющее аналитические карты гидрогеохимических аномалий, радиационной нагрузки, размещения радиоактивных и токсичных хвостохранилищ и горных отвалов с составлением совмещенной новой карты ИГН-оценки георисков; применение ГИС-технологий при оцифровке карт ИГН-георисков.

Изученность территории представлена в трудах:

- гидрогеологическая: в работах Григоренко П.Г., Прессмана Э.Д., Мангельдина Р.С., Лагутина В.И., Матыченкова В.Е., Мамырова Э., Тарасова С.А., Левченко В.Ф., Стрельцова Е.А., Иманкулова Б.И., Морозова А.И., Талиповаа М.А., Галанина В.В., Оролбаевой Л.Э., Оролбаева Э.Э., Суюнбаева М.Н., Мандычева А.Н., Бондарь Н.И., Катаевой Н.И., Толстихина Г.М., Атыкеновой Э.Э.;



- гидрологическая: в работах Ильёсова А.Т., Большакова М.Н., Маматканова Д.М., Позмогова В.Л., Музакеева М.А., Эргешова А.А., Карамолдоева Ж.Д., Аламанова С.К. и др.;

- геологические и радиологические исследования представлены в работах: Чалова П.И., Осмонбетова К.О., Карпачева Б.М., Менг С.В., Савченко Г.А., Тузовой Т. В.;

- геоэкологические исследования проводились Айтматовым И. Т. Айтматовой Ж.И., Торговым И. А., Алешиним Ю. Г., Быковченко Ю.Г., Быковой Э.И., Айтиалиевым А.М., Нурабаевым А.А., Боконбаевым К.Дж., Грошевым А.К., Детыненко Л.А., Кожобаевым К.А., Амановым К.А.;

- инженерно-геологические исследования экзогенных и эндогенных опасных процессов и явлений проводились Григоренко П.Г., Мамыровым Э., Овдиенко О.П., Зайцевым Н.В., Турдукуловым А.Т., Блохманом Г.З., Матыченковым В.Е., Кожобаевым К.А., Абдрахматовым К.Э., Усупаевым Ш.Э., Молдобековым Б.Д., Чаус А.К.[1-4].

По проведенным нами оценкам на территории Кыргызстана за время эксплуатации опасных объектов неоднократно происходили разрушения дамб хвостохранилищ, приведшие к следующим экологическим авариям:

1. В 1958 г., с 9 по 14 декабря, вследствие землетрясения и одновременного выпадения сильных ливневых осадков, по р. Майлу-Суу был выброшен трансгранично на территории Кыргызстана и далее в Узбекистан, на протяжении более 40 км, радиоактивный селевой поток объемом 600 тыс.м<sup>3</sup>.

2. В результате землетрясения интенсивностью 5 баллов и в связи с водонасыщенностью дамбы Актюзского радиоактивного хвостохранилища № 2, по реке Кичи-Кемин 15 апреля 1964 года по течению, трансгранично на территорию Кыргызстана, затем и Казахстана, из разрушенной дамбы сошло около 680 тысяч кубических метров торийсодержащего песка и ила, покрывших более 50 квадратных километров земель слоем от 5 до 60 сантиметров.

3. В 1959 году была размывта дамба радиоактивного хвостохранилища в районе г. Кара-Балта. Радиоактивные вещества попали в ирригационные сети и орошаемые поля.

На оцифрованной автором гидрохимической карте-схеме Малышева А.Ф. (1989 г.) на территории Кыргызстана, в пределах 15-ти гидрохимических зон было выделено 142 аномальных участка.

**Чуйская впадина.** К одним из опасных, при наличии 1-2-х элементов, содержащих  $\geq 10$  ПДК, по микрокомпонентному составу с позиции риска для населения, относятся Центральная часть Чуйской впадины и ее южное горное обрамление. Максимальные значения суммарного показателя загрязнения составляют: 376 единиц- в района города Бишкек и 184 единиц- в районе села Спартак, в междуречье Молотовар – Чыкырсу.

**Иссык-Кульская впадина.** Здесь выделено 11 гидрохимических аномалий по результатам анализов сухих остатков водных проб, отобранных при бурении гидрогеологических скважин. Максимальное значение суммарного показателя загрязнения составляет 155 единиц и отмечено в центральной части северного берега озера Иссык-Куль.

**Таласская впадина.** В пределах впадины и низких предгорий выявлены четыре гидрохимические аномалии. Максимальное значение суммарного показателя загрязнения составляет 109 единиц в юго-восточной части области.

**Нарынская впадина.** Здесь выделено пять участков гидрохимических аномалий. Максимальные значения суммарного показателя загрязнения составляют 134 единиц и размещены в юго-западной части впадины.

**Ферганская впадина.** Выделена 21 гидрохимическая аномалия. Максимальное значение суммарного показателя загрязнения составляет 625 единиц в районе села Советское, т.е. на юго-западной краевой части впадины.

При составлении новой карты оценки и прогноза георисков автор использовал инженерно-геономическую методологию. В основу метода исследований положена разработанная ИГН-шкала оценки и прогноза георисков (Усупаев Ш.Э., 2006 г.). На основе ГИС-совмещений следующих оцифрованных тематических карт: гидрогеохимических аномалий; природной дозовой радиационной нагрузки по гамма-излучению; размещения токсически опасных и радиоактивных отходов горного производства; границ бассейнов стока рек; меридиональных зон нарушений и активной сейсмичности с использованием вышеуказанной шкалы составляется единая ИГН-карта оценки и прогноза георисков.

В методическом отношении ИГН-шкала состоит из генетически взаимоуязванных между собой трех **категорий уязвимости (КУ)**, шести **степеней риска (СР)** и двенадцати **уровней опасности (УО)**. По иерархической зависимости КУ имеет наиболее высокий ранг при оценке и прогнозе георисков и указывает на местоположение и масштаб источника опасностей. При этом до 60% объема информативности отдается координатам и величине зоны георисков. До 40 % информационного поля указывает на интенсивность (силу, энергию) и время ожидаемого проявления опасностей. Каждая категория уязвимости расположена в ИГН-шкале по уменьшению георисков в следующей последовательности: **Бедствия-Кризис-Дискомфорт.**

Каждая из трех **КУ**, в свою очередь, делится на две части по степени риска (**СР**). Степень риска на 60 % по информативности указывает на интенсивность (силу) ожидаемой опасности, а на оставшиеся 40 % информирует о масштабе катастрофы в тесной увязке с соответствующей категорией уязвимости.

Уровень опасности (**УО**) является третьей по иерархии составной частью ИГН-шкалы оценки и прогноза георисков. Каждая из выделенных категорий уязвимости состоит из двух степеней риска и соответственно четырех уровней опасности. При этом уровень опасности на 60 % информационного поля показывает на ожидаемое время активизации катастрофы, а на оставшиеся 40 % содержит информацию о категории уязвимости, т.е. коррелируется с координатами и масштабами ЧС и данных о степени риска (т.е. увязывается с силой и энергией ЧС). ИГН-шкала позволяет на карте закрашивать территории для оперативного реагирования и принятия практических действий и мер на ЧС-геориски, по принципу светофора - в направлении уменьшения (красный-желтый-зеленый).

Далее автором для ИГН-картирования была использована карта гидрохимических аномалий территории Кыргызстана, составленная Малышевым А.Ф. (1989 г.). По данным полевых съемок и результатам анализов сухих остатков водных проб из гидрогеологических скважин и фондовых материалов были откартированы 15 гидрохимических зон, в пределах которых на территории Кыргызстана выделено 142 аномальных участка. На карте гидрохимических аномалий показаны районы загрязнения в ПДК: красным- более 300, оранжевым- 150-300, зеленым- 50-150, синим- 1-50.

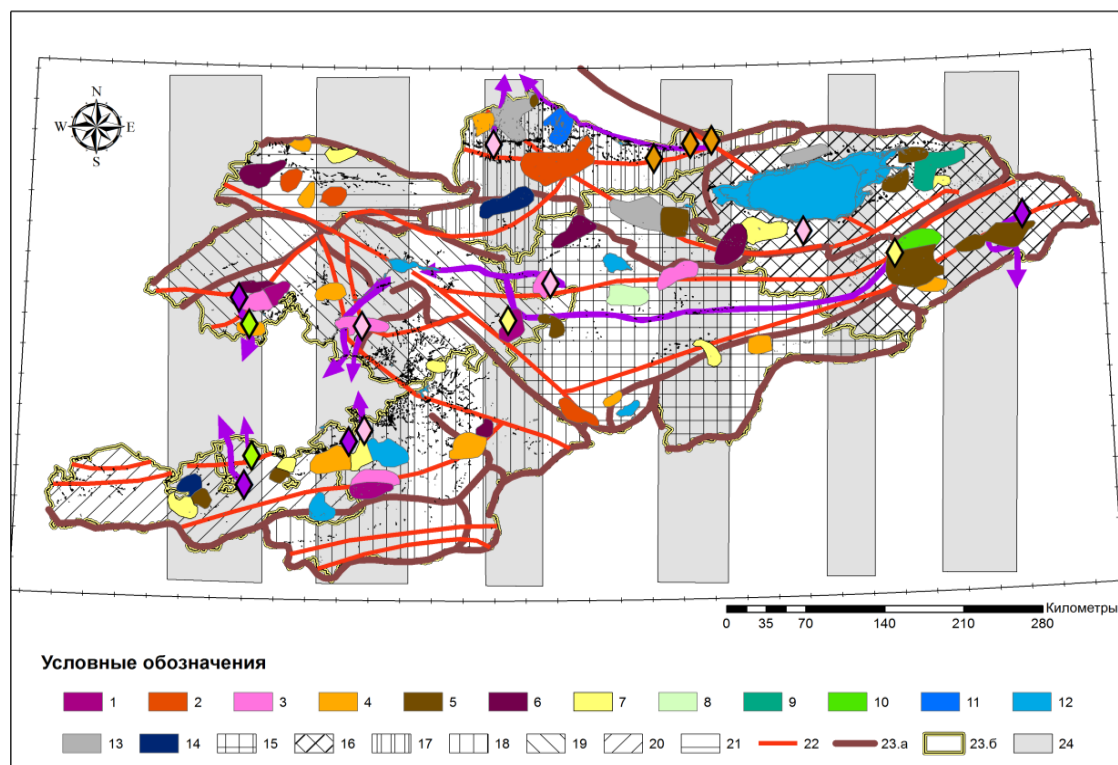


Рис.1. Инженерно-геономическая карта оценки и прогноза георисков от гидрогеохимических аномалий на территории Кыргызстана.

На инженерно-геономической карте оценки и прогноза георисков различными цветами выделены районы с суммарным загрязнением от опасных веществ, представленные по мере возрастания ПДК (превышение указано в количестве раз) : 1- >1-2 раз; 2- > 2-3 раз; 3- >3-5 раз; 4- >5-8 раз; 5- >8-13 раз; 6- >11-15 раз; 7- >15-20 раз; 8- >20-30 раз; 9- >30-50 раз; 10- >50-80 раз; 11- >80-110 раз; 12- >110-150 раз; 13- >150-300 раз; 14- >300 раз (рис 1.).

На инженерно-геономической карте штрихами выделены области с прогнозируемыми ИГН-георисками от гидрогеохимических аномалий в уменьшающемся порядке: 15- Нарынская; 16- Иссык-Кульская; 17- Чуйская; 18- Ошская; 19- Джалал-Абадская; 20- Баткенская; 21- Таласская; 22- региональные глубинные разломы; 23- а) границы водоразделов бассейнов стока рек, б) границы административных областей; 24- меридиональные скрытые рудоконцентрирующие сейсмоактивные системы нарушений.

К ИГН-закономерностям при оценке георисков относятся взаимодействующие в природной среде вертикальные и горизонтальные особенности миграции вещества из гидрогеохимических аномалий (ГХА),

районов концентрации дозовых нагрузок естественного гамма-излучения (ДНГИ), участков размещения отходов горного производства (ОГП).

Автором на основе инженерно-геономической методики объединены на основе ГИС серии тематических и аналитических карт Кыргызстана масштаба от 1:500 000 до 1:1 000 000: “Карта гидрохимических аномалий” Малышева А.Ф.1989 г., “Карта дозовых радиационных нагрузок естественного гамма-излучения” Менг С.В. 2002 г., а также “Карты размещения хвостохранилищ и горных отвалов” МЧС КР 2006 г., “Карты меридиональных сквозных рудо-контролирующих зон дислокаций и нарушений” Фаворской М.А, Баскова В.А., Шилина Л.Н., Виноградова Н.В. и др. 1983 г.; и составленная единая ИГН-карта оценки и прогноза георисков для территории Кыргызстана.

На инженерно-геономической карте оценки и прогноза георисков в связи с мультидисциплинарным подходом использованы полученные закономерности, выявленные Фаворской М.А., Басковым В.А., Шилиным Л.Н., Виноградовым Н.В. и др. 1983 г. Указанными авторами была разработана на основе дешифрирования космоснимков карта системы сквозных трансрегиональных рудоконтролирующих разломов скрытого типа, которые на территории Кыргызстана представлены шестью (6) ориентированными с севера на юг структурами с шириной зон в км с запада на восток: I-более 80 км; II- 100 км; III- 50 км; IV-77 км; V-41 км; VI-83 км.

**Первая зона** нарушений имеет ширину более 80 км и выражена на КФС комплексом следующих геологических аномалий: повышенной сейсмичностью, развитием узлов пресечения разломов, эпицентрами глубокофокусных землетрясений, линеаментами, коленообразными изгибамим речных долин, что свидетельствует о значительной глубине заложения скрытой системы нарушений. Хвостохранилища и горные отвалы Сумсар, Шекафтар, Хайдаркан, Кадамжай расположены в в пределах влияния описанной выше меридиональной сквозной зоны.

**Вторая зона** меридиональных сквозных нарушений имеет ширину 100 км. и характеризуется повышенной сейсмичностью. Данная зона наиболее выдержана и прослеживается от Гималаев. Здесь с востока на запад происходит смена юрских, меловых и палеогеновых отложений. Зона насыщена магматическими образованиями и выходами гипербазитов.Здесь наблюдается погружение осей складок,проявлены эпицентры глубокофокусных землетрясений, что свидетельствуют о значительной глубине заложения зоны.В сфере влияния данной сквозной меридиональной зоны находятся хвостохранилища района города Майлу-Суу, Кан и Советское.

**Третья система** нарушений имеет ширину 50 км. и характеризуется выходами сиенитов, узлами пересечения разломов и повышенной сейсмичностью. В области влияния данной зоны расположены хвостохранилища Кара-Балта, Казарман, а на восточной ее границе- радиоактивные отходы района п.г.т. Минкуш.

**Зона меридиональная четвертая** имеет ширину 77 км. В данной зоне дислокаций находятся узлы пересечения разломов, повышена сейсмичность, приурочены эпицентры глубокофокусных землетрясений. В сфере влияния данной зоны нарушений подпадают хвостохранилища радиоактивные Ак-Тюза, Боорду и Кашка.

**Пятая зона** меридиональных нарушений имеет ширину 41 км. и проявлена слабее, чем остальные зоны. Характеризуется эрозионно-тектоническими уступами, линеаментами выражены в виде непротяженных прямолинейных отрезков долин, здесь происходит разворот меридионально герцинских

складчатых структур. Западнее области влияния зоны дислокаций находится хвостохранилище Каджи-Сая, а восточнее данной зоны размещено цианидсодержащее хвостохранилище Кумтора.

**Зона шестая** меридиональных сквозных дислокаций имеет ширину 83 км. Здесь характерны выходы щелочных интрузивов, наблюдается множество фрагментарных линеаментов и узлов пересечения разломов. В восточной части сферы влияния данной меридиональной зоны находятся отходы месторождения Атжайляу.

Сравнительный анализ представленных на ИГН-карте меридиональных сквозных сейсмоактивных зон нарушений, с долгосрочной картой районов ожидаемых землетрясений (РОЗ), составленной в Институте сейсмологии НАН КР Мамыровым Э., Омуралиевым М. и др. (1994 г.), показал, что из установленных 62 РОЗ до 70 % входят составной частью в шесть зон меридионального направления. При этом опасные хвостохранилища связаны с РОЗ и находятся в пределах и области влияния меридиональных зон.

Отходы размещены, как правило, в пределах меридиональных шести (6) сквозных систем нарушений (см. ИГН-карты георисков), где сейсмичность повышена, поэтому здесь в прогнозном отношении ожидаются проявления в песчаных шламах опасных процессов дилатансии, в суглинках и глинах-тиксотропии, а также в целом потери коэффициента устойчивости дамбы начиная с 6 баллов от  $K=1,2$  до  $K=1,15$ ; при 7 баллах- от  $K=1,15$  до  $0,93$ ; при 8 баллах- от  $K=0,93$  до  $0,71$ ; при 9 баллах- от  $K=0,71$  до  $0,54$  и менее.

В целях эффективного снижения георисков также рекомендуется использовать достижения инженерной геологии в области «Технической мелиорации грунтов», которая позволит создавать искусственные грунты с заданными свойствами, а также в результате вторичной переработки отходов извлекать полезные компоненты (рис. 2).

**К первой группе способов получения искусственных грунтов** относятся:

1. Метод разубоживания радиоактивных и токсично опасных отходов нейтрализующими грунтами, гасящими риски (каменная соль, известь, биогенные и глинистые грунты и т.д.) до безопасной дозовой нагрузки гамма-излучения.
2. Способ силикатизации и сплавления отходов с грунтами с заданной не вредной для здоровья нагрузкой гамма-излучения.
3. Способ предельно сверхтонкого измельчения горных отходов за счет высокой энергии электронов в реакторах диспергации грунтов, для извлечения полезных компонентов и последующего получения строительных изделий и брикетов с заданными свойствами.

**Вторая группа способов** получения искусственных грунтов связано вторичным извлечением полезных компонентов из отходов и последующего их преобразования по выше приведенным методам:

1. Способ многократного замкнутого цикла вымывания высокоочищенной дистиллированной водой и мало- или безотходного извлечения полезных компонентов.
2. Метод циклического вымораживания воды с концентратом извлеченных полезных компонентов из раствора.

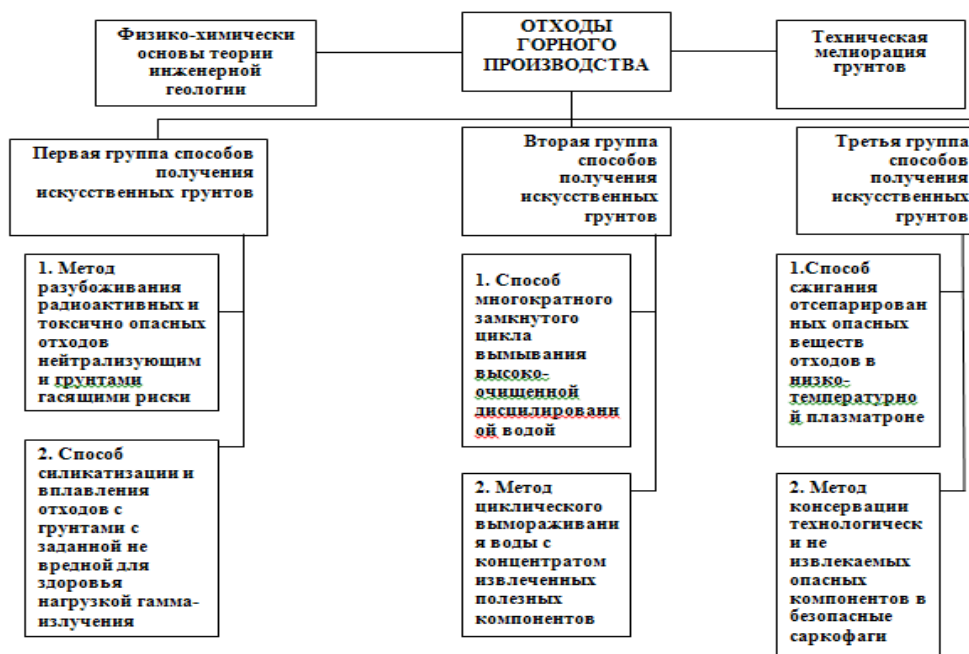


Рис. 2. Принципиальная схема возможного преобразования отходов горного производства в искусственные грунты с заданными свойствами на основе методов технической мелиорации грунтов в инженерной геологии.

**Третья группа методов** снижения георисков связана с консервацией и сжиганием опасных ингредиентов:

1. Способ сжигания отсепарированных опасных веществ отходов в низкотемпературной плазме.
2. Метод консервации технологически неизвлекаемых опасных компонентов в безопасные саркофаги.

В Кыргызстане в настоящее время специалистами Кара-Балтинского горнорудного комбината Савченко Г.А. и др. (2006 г.) предложен способ извлечение урана и тяжелых металлов из отходов горного производства до уровня их природных кларков. Расчеты свидетельствуют, что себестоимость получения редких металлов из отходов горного производства на 60 % ниже, чем с извлечением их из промышленных руд.

При учете всех положительных эффектов (технологического, медицинского, социального, экологического, экономического, политического) предлагаемые способы получения искусственных грунтов с заданными полезными свойствами в сочетании с мало- или безотходной вторичной переработкой отходов с извлечением урана, тория, редкоземельных и других полезных компонентов в перспективе становятся самоокупаемыми и прибыльными.

**Выводы.** На основе завершения инженерно-геологических, гидрогеологических и инженерно-геономических исследований получены следующие результаты:

1. Выявлены особенности влияния гидрогеологических, гидрогеохимических и инженерно-геологических условий на формирование георисков, несущих угрозу радиоактивного заражения и токсичного загрязнения территории Кыргызстана.
2. Составлена впервые на основе ГИС-объединения и оцифровки аналитических и тематических схем ИГН-карта оценки и прогноза георисков, позволяющая повысить потенциал безопасного проживания населения на

территории Кыргызстана и трансграничных районов с государствами Центральной Азии.

3. Предложены рекомендации принципиальной возможности получения из отходов горного производства искусственных грунтов с заданными полезными свойствами, сопряженной с методами мало- или безотходного вторичного извлечения полезных компонентов из техногенных месторождений Кыргызстана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атыкенова Э.Э. Горнодобывающие промышленности и их влияние на окружающую среду /Э.Э. Атыкенова // Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной международному Году Гор. Бишкек, 2002. С. 233-236.
2. Государственный кадастр отходов горной промышленности Кыргызской Республики (хвостохранилища и горные отвалы) / Усупаев Ш.Э., Карпачев Б.М., Менг С.В., Атыкенова Э.Э. и др. // Бишкек. 2006. 290 с.
3. Единый порядок составления государственного кадастра отходов на территории Кыргызской Республики. Система нормативных документов / Ш.Э. Усупаев, Б.М. Карпачев, С.В. Менг, Э.Э. Атыкенова и др. // Бишкек. 2006. 27 с.
4. Атыкенова Э.Э. К основам геоэкологического и эколого-гидрогеологического районирования территории Кыргызстана / Э.Э. Атыкенова // Наука и новые технологии. № 6. Бишкек. 2010. С.65-69.

#### **О ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СЕЛЕ-ПАВОДКОВЫХ ЯВЛЕНИЯХ И МЕРАХ БОРЬБЫ С НИМИ В КЫРГЫЗСКОМ ТЯНЬ-ШАНЕ**

Абдрахманова Г. А.

тел.: +996 312 541318, e-mail.: g.abdrahmanova@caiaig.kg

Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ)

г. Бишкек, Кыргызстан

Преобладающая часть территории Кыргызстана ежегодно, в весенний и осенний сезоны, находится под негативным воздействием селевых и паводковых процессов. Более 95% населенных пунктов были застроены непосредственно вблизи водных источников, преимущественно вдоль русел рек, что предопределяет повышенные риски к бедствиям водного характера.

Половодье и максимальные расходы рек способствуют формированию селей и паводков различного генезиса. При этом селевые процессы и явления подразделяются на: 1) ледниково-снеговые; 2) снегово-ледниковые; 3) снеговые [1-4].

**Сели.** Практически вся территория Кыргызской Республики является селеопасной – всего насчитывается 3103 селевые реки. Наибольшее их количество имеется в бассейнах р. Чу – 479, р. Талас – 254, р. Нарын – 789, р. Кара-Дарья – 666, в бассейне озера Иссык-Куль – 375.

По данным статистических исследований МЧС КР, сели и паводки, связанные с ними затопления и береговая эрозия вызывают 29,6% от всех чрезвычайных ситуаций. Сели и паводки максимально проявляются в Джалал-

Абадской (35%), Ошской (24%), Баткенской (23%) областях. В Таласской, Чуйской, Иссык-Кульской областях они составляют от 6% до 4%.

Селевые угрозы также создаются при прорывах в водораздельных зонах, у языков ледников около 2200 горных озер, 200 из которых относятся к прорывоопасным.

На рисунке 1 представлена «Карта оценки селевой опасности и риска территории Кыргызстана».

За прошедшие более чем 50 лет на территории Кыргызстана произошло около 70 случаев прорыва горных озер, что нередко приводило к чрезвычайным ситуациям. При прорыве плотин горных озер формируются экстремальные по объему массы воды, образующие вместе с вовлеченной в поток грунтовой составляющей грязе- и водо-каменные селевые потоки.

Например, в мае 1998 года селевой поток, возникший на территории Кыргызстана вследствие прорыва плотины горного озера на реке Шахимардан, распространился на трансграничную территорию Узбекистана. В Кыргызстане пострадали жители населенных пунктов с. Кызыл-Булак, с. Учкун, с. Пульгон, п. Кадамжай, с. Жийделик. В Узбекистане селевой поток, внезапно пришедший из горного Кыргызстана, разрушил многочисленные строения, расположенные в пойме реки Шахимардан. В связи с расположением непосредственно вблизи русла реки Шахимардан домов отдыха, пионерского лагеря, чайханы, количество жертв было значительным.

К факторам активизации селевых процессов, наряду с прорывами неустойчивых плотин высокогорных озер, относятся: накопление запасов снега в высокогорной зоне в зимний период времени, повышение температуры, приводящее к весеннему снеготаянию, а также выпадение ливневых дождей.

В настоящее время, по данным МЧС КР, в зонах селевых угроз находятся более 300 населенных пунктов.

По результатам оценки, количество участков, подверженных максимальному выпадению ливневых осадков по бассейнам рек, составляет: 1) по бассейну реки Нарын-32 % от общего числа участков; 2) по бассейну реки Кара-Дарья - 21 %; 3) по бассейну реки Тарим - 17 %; 4) по бассейну бессточного озера Иссык-Куль - 13 %. 5) по бассейну реки Чу - 12,5 %; 6) по бассейну реки Амударья- 4,5 %; 7) по бассейну реки Или-0,3 %.

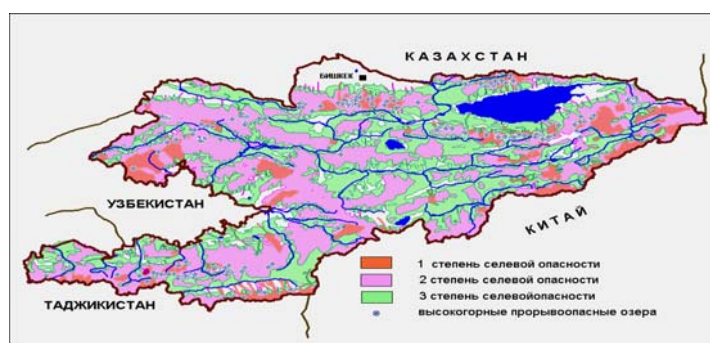


Рис.1 . Карта оценки селевой опасности и риска территории Кыргызстана.

По количеству выпадающих ливневых дождей административные области расположились в следующем порядке: Нарынская - 28 %, Иссык-Кульская - 23 %, Жалал-Абадская - 12,2 %, Баткенская - 12 %, Ошская - 11 %, Чуйская - 10%, Таласская область - 4%.



При анализе роли ливневых осадков, интенсивно выпадающих на территории Кыргызстана, селе-паводковые явления и процессы распределены, согласно многолетним статистическим данным, в следующей последовательности:

1. В бассейне реки Нарын 78% участков интенсивной ливневой деятельности приходится на правобережную часть, т. е. здесь имеется зона повышенного риска от селевой активности. Населенные пункты, находящиеся в данной части исследуемого бассейна реки, а также населенные пункты левобережья, компактно расположенные на вышеуказанных участках, соответственно характеризуются повышенными показателями риска от селей и паводков.

2. В бассейне реки Чу до 91 % участков с интенсивным выпадением ливневых осадков находятся на левобережной части исследуемого бассейна реки, соответственно и населенные пункты данной зоны более подвержены селевой и паводковой угрозам.

3. В бассейне реки Талас до 78% таких участков размещены в левобережной части исследуемого речного бассейна, в связи с чем здесь имеются более высокие, чем на правобережье исследуемой реки, риски для населенных пунктов, расположенных вблизи русел, от воздействия селей и паводков.

4. В бассейне реки Кара-Дарья левобережная ее часть имеет до 68 % участков интенсивного, по статистическим данным, выпадения ливневых осадков, что представляет повышенные риски для населенных пунктов, расположенных в указанной части бассейна реки.

5. В бассейне реки Амударья до 75 % территории левобережья представлено участками интенсивного формирования ливневых осадков, в связи с чем расположенные здесь и ниже по руслу населенные пункты подвержены селевым и паводковым рискам бедствий.

Для более эффективного принятия мер по снижению рисков от селей и паводков необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- выделение земельных участков органами местного самоуправления производилось в потенциально-опасных зонах;
- недостаточная работа органов местного самоуправления по строительству и очистке арычной сети и селеотводных каналов, проведению берегоукрепительных работ;
- использование селеотводящих каналов для хозяйственных нужд;
- строительство внутрихозяйственных мостов ашарным способом, не обеспечивающим прохождение селевых потоков;
- неисполнение предписаний, выданных МЧС КР, по приведению в соответствие защитных и селепропускных сооружений и отселению населения из потенциально опасных зон;

Территория Кыргызской Республики в значительной мере подвержена воздействию селевых и паводковых процессов.

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.

Половодье на них охватывает теплую часть года - с апреля по октябрь. Наибольшие расходы наблюдаются в июле-августе, в период наибольшей интенсивности таяния ледников и высокогорных снегов.

По данным Кыргызгидромета, в период с января по февраль 2012 г. повышенный сток, 121-196% нормы, отмечался на реках Чуйского бассейна,

реках: Жыргалан, Чангет, Зергер, Донгуз-Тоо, Тар, Араван Сай, Шахимардан, Кызыл-Суу, Нарын и в верховьях рек Чу, Талас.

Водность остальных рек республики была в пределах средних многолетних значений. Ледовые явления в виде заберегов наблюдались на реках Чуйского бассейна (в третьей декаде января на реках Ала-Арча и Сокулук отмечался забор льда), на реках: Падыша-Ата, Узун-Акмат и Чычкан; в виде заберегов и шуги - на реке Нарын и в верховьях реки Талас (2,6 км ниже устья р.Уч-Кошой).

Ледостав отмечался в верховьях рек Нарын и Талас (Ак-Таш). Забор льда отмечался на реке Джергалан.

В весенний период повышенный температурный фон в конце марта и в апреле обусловил интенсивное снеготаяние в предгорной зоне республики.

Водность большинства рек республики была в пределах средних многолетних значений. Повышенный сток, 121-171% нормы, отмечался на реках Жыргалан, Чон Ак Суу, Аламедин, Ала-Арча, Сокулук, Узун-Акмат, Чычкан, Куршаб, Араван-Сай, Шахимардан и Кызыл-Суу. Пониженный сток, 40-76% нормы, наблюдался на реках Яссы, Донгуз-Тоо и Ак-Буура.

Ливни как фактор селеобразования играют основную роль в формировании селей - 70-80% селей имеют ливневое происхождение.

Области формирования гляциальных селей - это территории, связанные с современным оледенением и моренами и распространенные выше 3000-3500 м.

Наиболее вероятный период прохождения паводков, возникших в результате прорыва высокогорных озер, - июль-август, в зависимости от условий года он может продлиться до середины сентября.

Наиболее вероятные периоды прохождения селевых потоков связаны с периодом снеготаяния в горной зоне и периодом ливневых осадков в апреле - июне.

Активизация селевых и паводковых процессов возможна при интенсивном снеготаянии на отдельных участках, выпадении большого количества ливневых осадков в весеннее и летнее время, а также в случае прорывов высокогорных озер. Областью рассеивания и аккумуляции селевых потоков являются предгорные шлейфы межгорных впадин и подгорных равнин. Наиболее мощные сели могут проходить через эту область транзитом, достигая областей, которые не подвержены селевой деятельности.

**Прорывоопасные высокогорные озера.** В настоящее время, по данным Кыргызской комплексной гидрогеологической экспедиции, в перечень прорывоопасных включено 314 озер, из них 16 озер отнесено к первой категории, 34 - ко второй категории, 264 озера - к третьей категории опасности. Наибольшую угрозу представляют озера моренно-ледникового типа (47% от общего количества прорывоопасных озер), ледниковые (1%), моренные (14%), моренно-ригельные (26%), завальные (12%).

Основные рекомендации по снижению рисков бедствий от селе-паводковых процессов заключаются:

- в осуществлении аэровизуального и наземного обследований областей формирования селей, с учетом бассейнов рек с развитием высокогорных прорывоопасных озер;
- в проведении мониторинга плотин ГЭС и водохранилищ;
- в возведении инженерных защитных селеотводящих дамб и защитных плотин.

## **Выводы**

1. В целях обеспечения прогнозирования селевых и паводковых процессов и прорыва высокогорных озер необходимо дополнить и переработать "Порядок определения зон паводкового и селевого поражения при прорывах горных озер на территории Кыргызской Республики" (СПКР 22-102:2001) в качестве системы нормативных документов.
2. Необходимо проведение стационарных гидрометеорологических наблюдений на постах и станциях аэродистанционной снегомерной съемки и обследование состояния прорывоопасных высокогорных озер.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ерохин С.А. Мониторинг прорывоопасности горных озер Кыргызстана. Диссертация. НАН КР, ИВПиГЭ. Бишкек. 2012. С.120.
2. С.А.Ерохин, Д.М. Маматканов, Т.В. Тузова. Мониторинг Киргизских озер для уменьшения риска от прорывов // Международный симпозиум по водным потокам и современные методы контроля и измерений. Тбилиси: GWMPI-80. 2009. С. 130-147.
3. Порядок определения зон паводкового и селевого поражения при прорывах горных озер на территории Кыргызской Республики. СП КР 22-102:2001. /С.А. Ерохин, Ш.Э. Усупаев, Б.Д. Молдобеков и др. Бишкек. 2001. 17 с.
4. Малый атлас прогнозирования чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики /А.М. Айтиалиев, А.В. Мелешко, Ш.Э. Усупаев, А.Б. Джуманалиев, Е.П. Кравченко, Г.А. Абдрахманова, В.А. Брежнева при участии Б.Д. Молдобекова, А.К. Сарногоева, С.А. Ерохина / Бишкек. 2003. 51с.

## **ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИНДУЦИРОВАННЫЕ ГЕОРИСКИ ОТ ПРОЦЕССА ПОДТОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОШ-КАРАСУЙСКОГО ОАЗИСА КЫРГЫЗСТАНА**

Дудашвили А. С.

тел: +996 312 555111; факс: +996 312 555222; e-mail: [a.dudashvili@caiaig.kg](mailto:a.dudashvili@caiaig.kg)  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований земли (ЦАИИЗ)  
г. Бишкек, Кыргызстан

Интенсивное освоение территории в течение последних 70 лет, техногенная нагрузка, связанная с орошением, массовой застройкой, водоотбором активизировали процессы подтопления и заболачивания земель, триггерно ослабили инженерно-геологические свойства грунтов, снизили сейсмическую их устойчивость и усилили загрязнение природных вод. На основании данных Департамента мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций МЧС КР, процессы подтопления создали дискомфорт для жителей более 270 населенных пунктов, в том числе в исследуемом оазисе, а жилые дома, пришедшие в аварийное состояние, приходится отселить на безопасные участки [1-4].

**Методика исследований** заключается в комплексном полевом обследовании зон высокого подъема уровня грунтовых вод и подтопления территорий; обработке режимных мониторинговых материалов; проведении корреляционно-регрессионного анализа; дешифрирования космических снимков; применении метода оценки водного баланса расчленением гидрографа рек.

Впервые использован метод инженерно-геономической оценки и прогноза георисков на примере территорий подтопления на основе географических информационных систем MapInfo -10 и ArcGis.

С начала 50-х годов режимные изучения подземных вод проводятся комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической станцией Управления геологии Киргизской ССР, находящейся в городе Джалал-Абаде, которая в 60-ых годах была преобразована в Тахтекскую, а затем и в Ошскую гидрогеологическую партию (ГПП). Значительный вклад в изучение режима подземных вод внесли: Н. Лютаева, В. Е. Матыченков, А. М. Булдакова, А. Кардаманов, С. А. Малышев, З. С. Биденко и другие. Предварительной разведкой подземных вод с целью водоснабжения занимались В. Е. Матыченков, Х. В. Ибатулин, А. И. Заболотный, А. В. Синицын. Исследования по гидрогеохимии, а также изучение новейшего структурно-тектонического строения Ош-Карасуйского оазиса проведены В. Е. Матыченковым.

Режимным отрядом Ошской ГПП описывались участки подтопления и выяснялись причины их увеличения. Позднее проводились разведочные работы по подсчёту запасов подземных вод для водоснабжения промышленных объектов и частного сектора. Непосредственно исследованиям причин подтопления и количественному анализу интенсивного подъёма уровней грунтовых вод в Ош-Карасуйском оазисе посвящены работы Р.Г. Литвака (2009 г).

Исследования автора показали, что в период развития 11-летней тёпло-сухой фазы, продолжавшейся до 2002 г., происходило интенсивное сокращение ледников высокогорной зоны Алайского хребта, что связано с увеличением среднегодовой температуры в высокогорном поясе. После 2012 г. начнётся внутривековая тёпло-сухая фаза, которая продлится до 2045 г. Эта фаза является более определяющей по силе влияния на климатические изменения, и в связи с этим тенденция водоотдачи ледников сохранится на устойчивом уровне на прогнозный период до 2020 г.

В связи с вышеприведенными выводами, которые были основаны на полученных графиках зависимости подъема УГВ, в прогностическом отношении после 2012-2014 гг. кривые имеют тренд в восходящем направлении, т. е., в наблюдательных скважинах по прогнозу ожидается подъём уровня грунтовых вод.

По характеру связей между факторами, а также в результате анализа режима УГВ – периодов его спада и подъёма, следует, что режим УГВ в оазисе определяется изменением в режиме климатических факторов, который достаточно четко совпадает с ходом кривой климатических циклов, разработанной А.В. Шнитниковым.

Состояние максимального положения уровня грунтовых вод, которое может привести к расширению площадей подтопления в изучаемом регионе, будет продолжаться вплоть до 2025 г.

В результате, граница зоны выклинивания будет постепенно сдвигаться гипсометрически выше современного положения, а подтопленные участки будут расширяться как в широтном, так и в меридиональном направлении.

Скорости подъёма УГВ изменяются соответственно от зоны формирования (русловая фация QII-III-(R)) до зоны выклинивания (застойная фация QII-III – (Z)) и составляют от 1,5 м/г до 0,3 м/г.

С использованием инженерно-геономической шкалы оценки и прогноза георисков Усупаева Ш.Э. (2006 г.), с дополнениями и изменениями автора разработаны условные обозначения и составлены карты инженерно-

геологической оценки и прогнозирования процессов подтопления территорий масштаба 1:50 000. на 2025 год (рис.1) на примере Ош-Карасуйского оазиса.

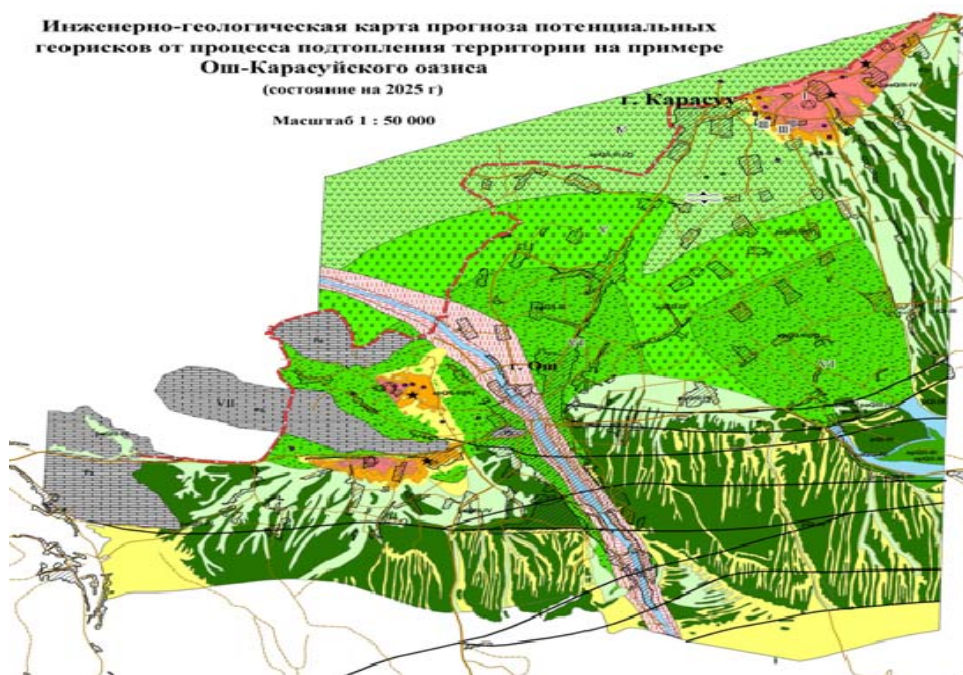







Рис. 1. Инженерно-геологическая карта оценки и прогноза георисков от процесса подтопления территорий Ош-Карасуйского оазиса на 2025 г. Масштаб 1:50 000.



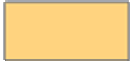


УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ  
ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ГЕОРИСКОВ ОТ ПРОЦЕССА ПОДТОПЛЕНИЯ  
ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ ОШ-КАРАСУЙСКОГО ОАЗИСА

А. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ГЕНЕЗИС И ВОЗРАСТ ГРУНТОВ

	<p>Rz Карачатыр-Ошское антиклинальное поднятие, сложенное в литологическом отношении известняками палеозойского возраста в виде останцевых массивов «Ошские горки», мощностью до 1500 м.</p>
	<p>P<sub>1</sub> Молассовые отложения, литологически представленные переслаиванием глин, песчаников, известняков нерасчленённого эоцен-олигоценового возраста, мощностью от 50 до 150 м.</p>
	<p>P<sub>2-3-N1</sub> Массажетская серия отложений, литологически состоящая из красноцветных песчаников и глин нерасчленённого олигоцен-миоценового возраста, мощностью до 250 м.</p>
	<p>N<sub>2-QI</sub> Отложения бактрийского яруса зоны адыров, литологически представленные конгломератами, гравеллитами с прослоями глин плиоцен-нижнечетвертичного возраста. Четвертичные отложения адырной зоны сложены лёссовыми породами.</p>
	<p>pQI-II Четвертичные пролювиальные отложения адырной зоны, литологически сложенные лёссовидными суглинками, выполняющие чехол мощностью до 50 м.</p>

	арQI-III Четвертичные пролювиальные отложения литологически сложены валунно-галечниками, песчаниками и глинами и представляют собой первую надпойменную террасу адырной зоны.
	арQII-III (R) Четвертичные аллювиально-пролювиальные отложения, литологически сложенные из валунно-галечников, галечников с линзами песков, конгломератов и глин, составляющие русловую фацию конусов выноса верхне-четвертичного беловодского возраста.
	арQII-III (V) Четвертичные аллювиально-пролювиальные отложения, литологически сложенные переслаивающимися суглинками и галечниками, составляющими веерную фацию конусов выноса верхне-четвертичного беловодского возраста.
	арQII-III – (Z) Четвертичные аллювиально-пролювиальные отложения, литологически сложенные лёссами, представляющие собой застойную фацию конусов выноса верхне-четвертичного беловодского возраста.
	раQIII-IV Четвертичные отложения адырной зоны, представленные лёссовидными суглинками, выполняющие чехол мощностью до 50 метров.
	QIV Четвертичные аллювиальные отложения, литологически сложенные гравийно-галечником с песчаным заполнителем, слагающие русловой аллювий голоценового терекского возраста.

**Б. КАТЕГОРИИ УЯЗВИМОСТИ И СТЕПЕНИ ГЕОРИСКОВ ОТ ПРОЦЕССА ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ**





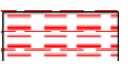
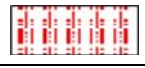

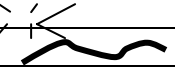
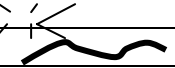
<b>Первая категория уязвимости</b>	
	① <b>Очень высокая</b> степень геориска, при глубине уровня грунтовых вод от 0 м. до 1,0 м.
	② <b>Высокая</b> степень геориска, при глубине уровня грунтовых вод от 1,0 м. до 3,0 м.
<b>Вторая категория уязвимости</b>	
	① <b>Средняя</b> степень геориска, при глубине уровня грунтовых вод от 3,0 м. до 5,0 м.
	② <b>Умеренная</b> степень геориска, при глубине уровня грунтовых вод от 5,0 м. до 10,0 м.
<b>Третья категория уязвимости</b>	
	① <b>Низкая</b> степень геориска при глубине уровня грунтовых вод от 10,0 м до 15,0 м

**В. ПРИРАЩЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БАЛЛЬНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И СОСТАВА ГРУНТОВ (по Медведеву С.В.)**

VII	Известняки, песчаники – от 0 до 1,3 балла.
VI	Галечники, гравийники – от 1,0 до 1,6 баллов.
V	Пески, лёссы – от 1,2 до 1,8 баллов.
IV	Глинистые грунты – от 1,3 до 2,1 баллов.

III	Насыпные грунты от 2 до 3 баллов.
II	Обводнённые рыхлые грунты от 1,7 до 4 баллов.
I	Обводнённые насыпные и заболоченные грунты от 3,3 до 4 баллов.

Г. ТРИГГЕРНЫЕ (ИНДУЦИРОВАННЫЕ) ГЕОРИСКИ, ВЫЗВАННЫЕ ПРОЦЕССОМ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

	Просадка (внизу) и сейсмическая просадка (вверху)
	Дилатансия (пески)
	Тиксотропия (глинистые грунты)
	Эффект приращения сейсмической балльности
	Зона затопления при высоте прорывной волны 5 м
	Зона затопления при высоте прорывной волны 9 м
	Засоление грунтов
	Заболачивание территории
	Тектонические разломы

На карте показаны площади с различными уровнями подъема подземных вод и представлены выявленные за период исследований геориски, связанные с индуцированными от процесса подтопления территорий активизировавшимися инженерно-геологическими процессами и явлениями.

На карте прогноза георисков территории с различной степенью подтопления имеют довольно большие площади, табл. 1,2.

Таблица 1.  
Площади подтопления территорий в Ош-Карасуйском оазисе на 2011 год в км<sup>2</sup>.

Степень риска	Характеристика	При глубине залегания УГВ	Район 1	Район 2
1	Очень высокая	0-0,3 м	19,6	24,4
2	Высокая	0,3-1 м	20,2	24,9
3	Средняя	1-3 м	21,9	26,3
4	Низкая	3-5 м	23,6	27,8
5	Очень низкая	5-10 м	27,6	31,3
6	Сверх низкая	более 10, до 15 м	32,1	35,6

Таблица 2.

Прогноз площадей подтопления территорий в Ош-Карасуйском оазисе в км<sup>2</sup> до 2025 г.

Подъём УГВ, м	Степень риска	Характеристика	При глубине залегания УГВ (согласно классификации МЧС КР)	Район 1	Район 2
при подъёме УГВ на 1 м	1	Очень высокая	0-0,3 м	22,5	25,8
при подъёме УГВ на 2 м	2	Высокая	0,3-2 м	23,5	25,9
при подъёме УГВ на 5 м	3	Средняя	2-5 м	24,4	26,9
при подъёме УГВ на 11 м	4	Низкая	5-10 м	26,9	29,5
при подъёме УГВ более 11-15 м	5	Сверх низкая	более 10, до 15 м	36,5	37,2

Учитывая полученные прогнозы, необходимо принимать меры по предупреждению ЧС на обозначенных на картах участках с различной степенью георисков.

По составленной с помощью ГИС карте произведён подсчёт площадей с различной степенью подтопления территорий. При этом в Ош-Карасуйском оазисе выделяются два наиболее опасных участка с наибольшей площадью подтопления:

- район 1 – участок Савай, расположенный в северо-восточной, наиболее гипсометрически низкой части оазиса, где, по полученным оценкам, основная роль подъёма УГВ принадлежит грунтовым водам техногенного генезиса;

- район 2 – Керме-Тоо, расположенный в юго-западной части оазиса к западу от центра города Ош, который охватывает северную часть микрорайона «Западный» и село Керме-Тоо, окаймляя восточную оконечность горного массива Чиль-Майрам, где, по полученным оценкам, основная роль подъёма УГВ принадлежит к грунтовым водам природного генезиса;

В табл. 1. представлены полученные автором количественные данные размеров площади с различной степенью подтопления на 2012 г. В табл. 2. представлены прогнозные количественные данные размеров площади с различной степенью подтопления при подъёме УГВ с выявленной тенденцией до 2025 г.

Данные в таблицах 1 и 2 представляют собой пространственный прогноз подтопления грунтовыми водами выделенных на карте площадей. На основе полученных карт рекомендуется осуществлять прогноз георисков по отношению к жилым домам, объектам соцкультбыта и инфраструктуре населённых пунктов, расположенных в выявленных опасных участках.

Сравнительный анализ карт показал, что при подъёме уровня в среднем на 1,5 м/г, происходит расширение подтопленных территорий, что обуславливает возникновение различных негативных процессов и явлений, таких, как: заболачивание, засоление, просадка, тиксотропия, дилатансия, приращение сейсмической балльности по различным грунтовым условиям и иным индуцированным георискам.

Таким образом, на основании выше проведенных исследований:



- выявлены закономерности пространственно-временной изменчивости динамики грунтовых вод на основе комплексного анализа факторов природного и техногенного характера, вызвавшие развитие опасных инженерно-геологических процессов подтопления на территории Ош-Карасуйского оазиса;

- установлено (на основе балансовых расчетов) негативное воздействие на гидрогеологические и инженерно-геологические условия увеличения водных ресурсов, сформировавших техногенное месторождение подземных вод на исследуемой территории;

- впервые составлены электронные инженерно-геологические карты оценки и прогноза георисков с использованием ГИС на период до 2025 г. для целей инженерных изысканий, планирования и принятия превентивных защитных мер.

### **Выводы**

В результате проведенных исследований были получены следующие выводы:

1. Поднятие уровня грунтовых вод в Ош-Карасуйском оазисе вызвано изменением климата, деградацией ледников и антропогенной деятельностью человека.

2. Интенсивное инженерно-хозяйственное освоение территории привело к изменению режима природных вод, ускорившему развитие процессов подтопления.

3. Проведена оценка баланса природных вод, связанного с удлинением сроков половодья в паводковые периоды, вызывающего региональный подъем уровня грунтовых вод.

4. Подъем уровня грунтовых вод увеличивает площади подтоплений и изменяет инженерно-геологические свойства грунтов, что вызывает геориски разрушения жилых домов, объектов соцкультбыта и инфраструктуры населенных пунктов.

5. Установлен тренд подъема УГВ после 2012 года, связанный с началом внутривекового тепло-сухого цикла, на основании которого построена карта прогноза роста площадей подтопления до 2025 года.

6. Составлена инженерно-геологическая карта оценки и прогноза георисков от процессов подтопления территорий для перспективного планирования и строительства инженерных сооружений и разработаны рекомендации по снижению рисков бедствий на период до 2025 года.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Дудашвили А.С. Прогноз гидрогеологических условий на территории Ош-Карасуйского оазиса (Тянь-Шань) / Дудашвили А.С. // Минералогия техногенеза УО РАН, г. Миасс, 2006. С. 364-370.
2. Молдобеков Б.Д. Прогноз стихийных бедствий на территории Кыргызской Республики / Молдобеков Б.Д. Сарногоев А.К. Усупаев Ш.Э. ... Дудашвили А.С. и др. Бишкек: АЛЛ-Пресс. 1997. 172 с.
3. Дудашвили А.С. ГИС-технологии в изучении процессов подтопления на примере Ош-Карасуйского оазиса / Дудашвили А.С., Жантаев М.М. // Проблемы автоматизации и управления. 2007 / Институт автоматизации. НАН КР. Бишкек: Илим С. 114-123.
4. Дудашвили А.С. Возможность прогнозирования процессов подтопления на основе анализа изменения гидродинамических условий с применением ГИС

технологий / Дудашвили А.С.,Жантаев М.М. / Мониторинг, прогноз и подготовка к реагированию на возможные активизации опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики и приграничных районах с государствами Центральной Азии. (издание четвёртое с изменениями и дополнениями). 2007. МЧС КР. С. 663-670.

## ОПАСНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОРИСКОВ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА КАЗАРМАН ДЖАЛАЛ- АБАДСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА

Мамбеталиев Э.Д.

тел. 0312 555-454 (203), факс 0312 555-222, e-mail: [e.mambetaliyev@caiag.kg](mailto:e.mambetaliyev@caiag.kg).  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли  
(ЦАИИЗ), г. Бишкек, Кыргызстан

**Введение.** Территория Джалал-Абадской области, куда входит описываемый район, была образована в 1990 году, расположена на юго-западе Кыргызской Республики и занимает площадь 33,7 тыс. км<sup>2</sup>. На юге, юго-западе граничит с Республикой Узбекистан, на севере- с Таласской областью, на востоке- с Нарынской и на юге с Ошской областью Кыргызской Республики. Область делится на 8 административно-территориальных районов: Аксыйский, Ала-Букинский, Базар-Коргонский, Ноокенский, Сузакский, Тогуз-Тороуский, Токтогульский и Чаткальский (рис. 1). Тогуз-Тороуский район образован в 1935 году. Район занимает площадь 3962 км<sup>2</sup>, что соответственно составляет 11,77% площади области[1].



Рис. 1. Карта-схема административно-территориального деления Джалал-Абадской области.

Общая численность постоянного населения по итогам переписи населения 2009 года в области составляет 1 009 889 человек, из них 22 136 человек проживает в Тогуз-Тороуском районе, при средней плотности 5,6 человек на 1

км<sup>2</sup>. Административный центр района – поселок Казарман с постоянным населением 9 486 человек.

В данной статье показываются количественные природные опасности, свойственные Тогуз-Тороускому району Кыргызской Республики. Перечислены геориски, представляющие потенциальную угрозу не только району, но и хвостовому хозяйству района - ЗДК «Макмал».

**Краткая характеристика природных условий.** Тогуз-Тороуская впадина, в пределах которой находится район, вытянута в широтном направлении, имеет длину порядка 70 км при ширине до 30 км. С севера впадина ограничена хребтом Молдо-Тоо, с юго-запада, юга и юго-востока – Ферганским, Чаарташским и Западно-Акшийракским поднятиями, имеющими абсолютные отметки от 1150 м до 4351 м над уровнем моря. Рельеф описываемой территории отличается резкими контрастами и большим разнообразием форм. Горные хребты (геологические массивы) представляют собой области питания подземных вод артезианских бассейнов, приуроченных к межгорным депрессиям. Основными реками района являются реки: Нарын (расход 1604 м<sup>3</sup>/сек), Кек-Ирим (максимальный расход 227 м<sup>3</sup>/сек) и ряд других притоков реки Нарын. Реки снегово-ледникового питания. Начало паводкового периода – март-апрель. Климатические условия района характеризуются следующими данными. Средняя годовая сумма атмосферных осадков долиной части составляет 300 мм, в горах – до 800 мм. Минимальная температура воздуха – 45<sup>0</sup>С, максимальная +40<sup>0</sup>С. Наибольшая скорость ветра в долине – 35 м/сек, в горах – 42 м/сек.

**Опасные природные процессы по области.** Опасные природные процессы и явления, зависящие от климата, рельефа, литологических особенностей горных пород, интенсивности проявления новейшей тектоники имеют широкое развитие в области. В их распространении и развитии существует определенная зональность, обусловленная тектоническими и климатическими факторами.

**Землетрясения.** На карте-схеме сейсмической опасности (рис. 2), более 50% территории Джалал-Абадской области отнесено к первой степени сейсмической опасности с интенсивностью возможных землетрясений 9 баллов и более. Тогуз-Тороуский район же большей частью относится к территории 2-й степени сейсмической опасности, которая равна 8-ми и более баллам.

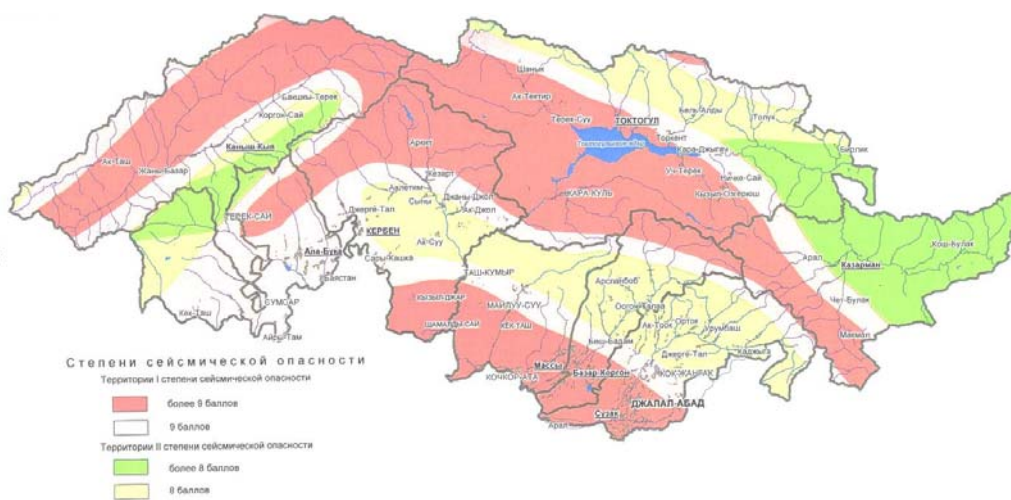


Рис. 2. Карта-схема сейсмической опасности Джалал-Абадской области.

*Оползни.* Оползневые территории Тогуз-Тороуского района сосредоточены преимущественно на периферии: в низкогорьях и на переходах в низкогорные зоны (рис. 3). Важным региональным прогнозом оползневой активности является анализ суммарного количества атмосферных осадков за период с октября по март. При выпадении осадков до 120% от среднегодовой нормы образование и активизация оползней маловероятно, от 120% до 140% от среднегодовой нормы происходит средняя активация оползней и образование малого количества. При впадении атмосферных осадков более 140% от среднегодовой нормы происходит массовое образование и активизация всех существующих и образование множества новых оползней. Таким образом, активизация оползней в районе поселка и хвостохранилища связана с переувлажнением склонов, сложенных лессовыми суглинками.

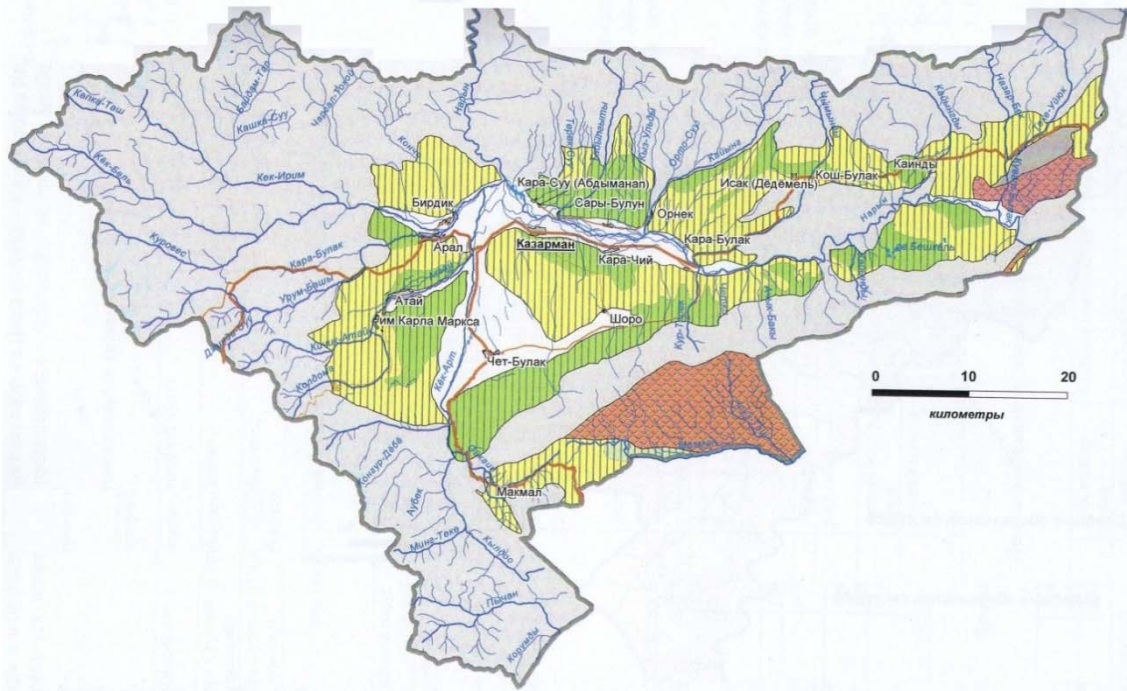


Рис. 3. Карта-схема типологического районирования и прогнозирования оползневой опасности Тогуз-Тороуского района.

*Сели и паводки.* Территория в представляемой статье относится к 4-ой степени селевой и паводковой опасности (рис. 4). Наибольшее количество опасных зон возникновения процессов приходится на высокогорные районы, где возможны проявления нивально-гляциальных селей. В районе поселка Казарман рельеф представлен низкогорными и предгорно-долинными участкам, где возможны проявления селей с расходом до 10 м<sup>3</sup>/сек. Повторяемость ливневых селей для всего района составляет от 1-го и более раз в год. Причиной их образования являются атмосферные осадки с интенсивностью от 30 до 80 мм в сутки. Во время выпадения интенсивных (на водосборах- до 10 км<sup>2</sup>) атмосферных осадков могут проявляться сели ливневого характера и участки ливневого затопления. Предгорная часть Макмальского ЗДК является именно такого типа водосборным бассейном. Так как такого типа осадки крайне редки, то данный вид геориска не представляет существенной угрозы району.

*Подтопления.* Поселок Казарман относится к участку с высоким уровнем грунтовых вод, приуроченных к днищам долин и низким террасам рек. Причиной

подтопления является поднятие уровня грунтовых вод, который связан с уровнем реки Нарын. Сезонный подъем уровня рек отмечается в весенне-летний период. Для понижения уровня грунтовых вод необходимо провести восстановления коллекторно-дренажной системы.

Также наиболее подверженными подтоплению являются места в районе поселка Казарман. Сюда попали такие объекты, как жилые дома в самом поселке, объекты жизнеобеспечения, а также взлетно-посадочная полоса ныне не функционирующего аэродрома.

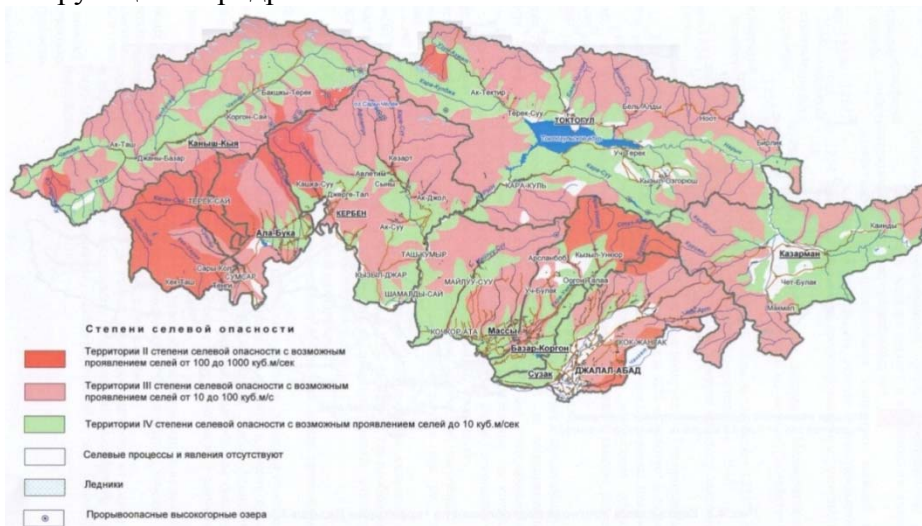


Рис. 4. Карта-схема прогноза селевой опасности на территории Джалал-Абадской области.

*Камнепады и обвалы.* Они обусловлены крутизной и формой склонов, трещиноватостью горных пород, расчлененностью рельефа и сейсмичностью рельефа. На рисунке показаны участки возможной активизации камнепадов и обвалов (рис. 5). В зону риска попадает автодорога, связывающая город Джалал-Абад и поселок Казарман на перевале Урумбаш.

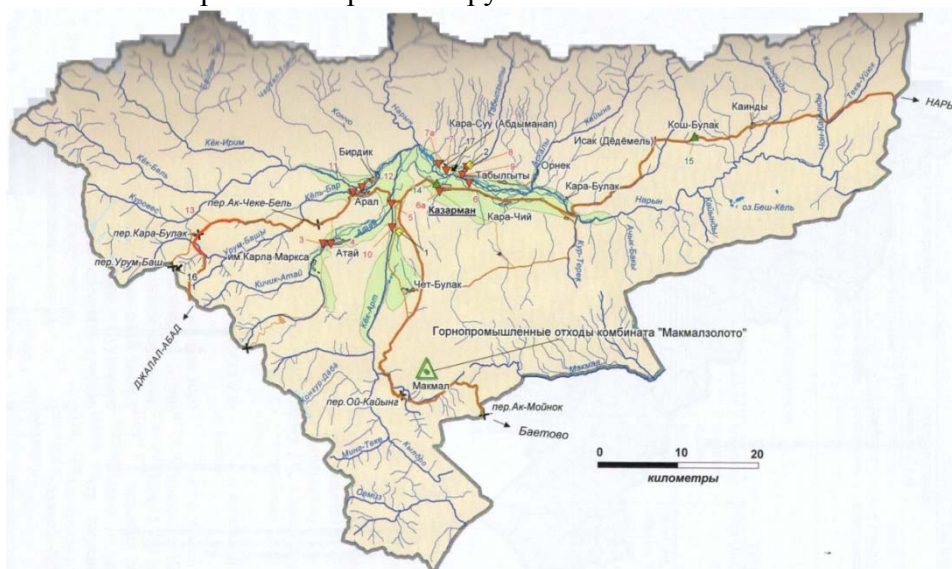


Рис. 5. Карта-схема прогнозирования чрезвычайных ситуаций на территории Тогуз-Тороуского района.

Хвостохранилище месторождения «Макмал» с загрязняющим веществом-цианидом натрия, общим объемом 2 700 000 м<sup>3</sup>, относится к 4-ой группе опасностей и подвергается таким видам опасности, как оползни, обвалы на склонах карьера и землетрясения.

**Выводы:**

- район хвостохранилища и поселка Казарман относится к территории со 2-ой степенью сейсмической опасности (8 баллов и более);
- активизация оползней в районе поселка и хвостохранилища связана с переувлажнением склонов, сложенных лессовыми суглинками при среднемноголетнем показателе от 120% и выше;
- территория относится к 4-ой группе селевой опасности, причиной образования которых являются атмосферные осадки с интенсивностью от 30 до 80 мм в сутки;
- причиной подтопления является высокий сезонный подъем уровня рек, отмечающийся в весенне-летний период.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (Изд. 8-е с изм. и доп.). Бишкек: Изд-во МЧС КР. 2011. 718 с.
2. Гидрогеология СССР. Киргизская ССР. Том XL. М.: Изд-во «Недра». 1971. 488 с.

**ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ  
ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ  
СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ**

Хамидов Х.Л.

тел.: +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

В отличие от вязкого разрушения твердых тел, где этому процессу предшествует образование «шейки» малого сечения, хрупкое разрушение возникает после малой пластической деформации или вообще без нее. Такое разрушение наблюдается у неметаллов или у металлов при очень низких температурах. Оно должно происходить в идеальном случае в результате мгновенного разрыва межатомных связей по плоскости, перпендикулярной действующему нормальному напряжению.

Существует несколько возможных механизмов зарождения трещины при приложении к твердому телу механического напряжения. Один из них - дислокационный. На пути движения дислокация встречает препятствие (граница зерен, места пересечения плоскостей скольжения). Если процесс происходит при низкой температуре, то головная дислокация у препятствия остановится. Следующая дислокация «наваливается» на нее, и головная испытывает давление. Оно растет по мере подхода следующих дислокаций. Напряжение может оказаться таким большим, что вблизи головной дислокации возникает клиновидная трещина. Она представляет собой объединение ближайших к препятствию

дислокаций. На прочность штукатурных материалов большое влияние оказывает состояние их поверхности.

На основании проведенного Т.У.Артиковым, Ф.Ф.Зияудиновым, А.Джураевым, Н.М.Джураевым, М.Т.Усмановой, У.А.Нурматов, Л.А.Хамидовым эпицентрально-визуального макросейсмического обследования были оценены последствия Каннского (11 июля 2011 года) землетрясения в южной части Ферганской долины. По этим данным эпицентр землетрясения расположен на территории Кыргызстана, в 10 км к юго-востоку от поселка Канн. Это землетрясение сильно проявилось в юго-западной части Ферганской долины, особенно в сооружениях населенных пунктов: Риштан, Каптут, Олтиарик, Чимион, Вуадил, Сох и др. Рекогносцировочное макросейсмическое обследование населенных пунктов, расположенных в южной части Ферганской долины, дало возможность судить о характере повреждения зданий, трещинообразований в штукатурных материалах, где использованы как старые методы укладки, так и современные технологии. Трагические последствия Каннского землетрясения, в основном, связаны с обрушениями айванов, пристроенных к жилым домам. Здесь наружный конец балки покоится на поперечных балках на стойках, а другой конец балки айвана ложится на ниже сделанную кирпичную кладку (перпендикулярно к поперечным балкам), выше балки дома. Часто для придания уклона (перекрытию айвана) между балками дома и айвана вставляют обрезок длиной 20-30см. Тем самым создается лишний шарнир, ослабляющий и без того слабую конструкцию айвана. Конструкции айванов при статике, т.е. без сейсмического воздействия, не обрушатся, а при динамике, т.е. при сейсмическом воздействии в 6 и выше баллов, могут обрушиться. Такой случай ранее авторы наблюдали при обследовании последствий Чимионского землетрясения 06.05.1982г. ( $M=5,7$ ;  $H=18$ км;  $I_0=7-8$  баллов; эпицентрально-расстояние – 24км) в кишлаке Хуррамабад.

Сейсмическое воздействие при Каннском землетрясении на вышеописанные населенные пункты было около 7 баллов. Поэтому случаев обрушения айванов наблюдалось больше. На карте изосейст данного землетрясения г. Ташкент располагается в 4-х балльной зоне. Интенсивность сотрясений в г. Ташкенте, как и от других многих землетрясений Ферганской впадины, ощущалась выше исходной балльности территории на 0,5-1,0 балла.

При многократном нагружении серьезно начинают портиться условия комфорта во всех комнатах жилых помещений и офисов, что приводит к непредвиденным расходам для обновления штукатурных материалов в целом. В табл.1 мы показали наши предварительные определения плотности распределения трещин от длительности колебаний в постройках Южной Ферганы, в которых визуальное - аналитические съемки нами сделаны 21 июля 2011 года, феврале 2012 года и мае 2012 года.

Таблица 1.

Плотности трещин в зависимости от длительности колебаний  
в постройках Южной Ферганы

№	Вид конструктивного элемента(Суммарная длительность колебаний от всехафтершоков+транзитных землетрясений $\Sigma\Delta t_i \approx 1830$ сек).	Количество трещин на 1 м <sup>2</sup> при сейсмических нагрузках в J=7, 6, 5 и 4 балльных зонах при Каннском землетрясении 11 июля 2011 года.					
		Чимион 25 км.	Лянгар 20км	Вуадил 40 км.	Багдад 40 км.	Риштан 30 км.	Фергана 60 км
1	водозадерживающие штукатурки	1,3	1,5	0,8	1	1	0,5
2	штукатурки для наружных работ с повышенной прочностью	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
3	стенные и потолочные штукатурки для внутренних работ	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,3
4	Штукатурка	2,0	2,5	1,5	1,7	2,0	0,8
5	Алебастровое покрытие с песком 50 на 50%	0,2	0,2	0,03	0,05	0,05	0,01
6	Цементно-алебастровое покрытие 50 на 50%	0,06	0,06	0,03	0,04	0,04	0,02
7	Глинобитный покров с резаной соломой 50 на 50%	5,3	6	3,2	4,5	5,0	1,5
8	Плитки композит	0,03	0,05	0,02	0,04	0,04	0,01

Они показали, что большому количеству плотности трещин подвергаются, в основном, частные постройки. В них не полностью учтены Строительные Нормы для сейсмически активных зон Узбекистана. В будущем предстоит определение полосы высокочастотных колебаний от местных сильных землетрясений и низкочастотных транзитных землетрясений.

Сейсмические волны, воздействующие на конструкцию здания, сопровождаются спонтанными изменениями конфигурации равновесных полей напряжений в стенных проемах и штукатурных покрытиях. При этом увеличивается участки отраженных упругих волн в зонах местной локализации напряжений. Спонтанное повышение микроразрушений свойственно ослабленным зонам и зонам с повышенным градиентом поля напряжений, а понижение - монолитным (стабильным) участкам материала. Проведенный анализ трещиноватостей для условий материалов на территории построек Риштана, Олтиарика, Лянгара и Ферганы показали, что уязвимость на микроразрушение тела материалов пропорциональна сейсмической интенсивности и в основном изменяется за счет условий сейсмического нагружения.



## ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГИССАРАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Артиков Ф. Р.

тел. +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Территория водохранилища Гиссарак расположена в среднем и нижнем течении реки Аксударя - наиболее многоводной составляющей р.Кашакадарья, и приурочена к крупной межгорной впадине в системе северо-западных отрогов Гиссарского хребта. Питание р. Аксу осадко- и снего-ледниковое. Минимальный расход воды отмечается в декабре-январе и составляет 4,3 м<sup>3</sup>/с (XII.1953 г. и I.1954 г.), максимальный - в мае-июне, достигает 340 м<sup>3</sup>/с (1943 г.). Площадь водосбора 1800 км<sup>2</sup>. Часть бассейна р. Аксу, где эксплуатируется водохранилище, имеет протяженность 17 км [1, 2].

Территория водохранилища расположена в зоне высокой сейсмичности и сложности сеймотектонической обстановки. Сеймотектоническая обстановка такова, что основная Гиссаро-Кокшаальская зона, к которой примыкают разломы Аксударья и Танхоздарья, проходит субмеридионально (на территории Таджикистана) и затем поворачивает на юго-запад (территория Узбекистана). Кроме того, имеется множество ответвлений местных сейсмогенных зон. Ширина этих зон в районе более 30 км, и зона влияния водохранилища частично приближается к этой зоне. Вблизи этой зоны находится очаг разрушительного 9-балльного Каратагского землетрясения. Расстояние от Гиссаракской плотины до очагов Каратагского землетрясения 55 и 65 км. В пределах исследуемой площади произошло более 10-ти сильных землетрясений с магнитудой  $M \geq 5,5$ . Ближайшими сейсмическими станциями к Гиссаракскому водохранилищу являются: «Пачкамар», «Картаг», «Самарканд» и «Агалык». С помощью этих станций определялись эпицентральные данные землетрясений. Пространственно-временное распределение землетрясений по площади исследований водохранилища показывает, что через Гиссарак проходит цепочка эпицентров северо-восточного направления [3]. Сильные землетрясения в эти периоды в районе не происходили. Можно предположить, что сильные Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг. повлияли в целом на сейсмическую обстановку в регионе, сняли часть накопившейся энергии.

Инженерно-сейсмологическая обстановка зоны влияния Гиссаракского водохранилища изучалась путём организации и проведения инженерно-сейсмометрических наблюдений на участке ближе к линии створа строящейся плотины. Основной задачей инженерно-сейсмометрических наблюдений в данный период строительства водохранилища является осуществление инженерного сейсмомониторинга, т.е. осуществление на инструментальной основе постоянного учета, слежения и контроля инженерно-сейсмологического состояния основания гидроузла, бортов каньона и по возможности тела плотины при землетрясениях, а также систематическое накопление качественного фактического материала (регистрацией землетрясений до 9 баллов) [2].

Амплитудный уровень воздействий или оценка динамических параметров колебаний в пунктах наблюдений производились по записям, полученным сейсмостанциями, работающими в ждущем режиме. В отобранных записях землетрясений, в первую очередь, определялась длина анализируемого участка сейсмограммы [4, 5]. Эта длина определялась с момента вступления *S*-волны до

момента, когда амплитуда колебания равнялась примерно 1/3 максимальной амплитуды и в среднем составляла от 5 до 10 (редко до 15) секунд.

Изучение спектров и их параметров показывает, что кривые спектра для левого и правого бортов в целом однородны по форме и выделяются один или два четко выраженных максимума  $S$ . С увеличением эпицентрального расстояния положение максимума  $S_{max}$  на всех компонентах перемещается в область низких частот. Значения параметров спектральных кривых в пунктах, расположенных на левом и правом бортах, отличаются. Так, преобладающая частота фаз (по смещению и скорости) для правого борта всегда больше, чем для левого борта и основания каньона: по смещению  $f_{рез}$  - от 0,64 до 3,1 Гц по скорости, по горизонтальным компонентам - от 0,3 до 5,9 Гц. Ширина спектра на уровне  $0,72 S_{max}$  составляет от 0,32 до 2,91 Гц для правого борта и от 0,44 до 4,1 Гц - для левого борта. Коэффициент крутизны ( $\gamma$ ) правого борта от - 0,41 до - 6,23 и левого — 0,27 до - 2,46. Расчет соотношений  $S_{max(пр)}/S_{max(ле)}$  по 12 данным по компоненте «х» составляет в среднем 3,1, а по компоненте «у» - в среднем 3,54, т.е. амплитудный уровень и ордината  $S_{max}$  на правом борту выше, чем на левом. Эти значения в обоих бортах по сравнению с основанием составляют от 1,3 до 2,2, т. е. в бортах происходит усиление сигнала. Резонансные частоты на бортах каньона ниже, чем в основании. Возможно, это связано с гипсометрической отметкой и формой рельефа. Изучение синхронности колебаний бортов и основания плотины показывает следующие: от землетрясений, происходящих в северной и южной частях участка, колебания бортов и основания происходят с небольшим опозданием правого борта от основания и от противоположного борта; от землетрясений, расположенных восточнее объекта, отставание правого борта от основания происходит значительно заметнее, чем от противоположного борта; с увеличением магнитуды землетрясений разница прихода фаз волн увеличивается, но не превышает более чем 1,3 с; установленные изменения знака колебаний одноименных фаз в пункте 1 по сравнению с другими пунктами (2 и 3) наблюдаются в 11 случаях из 20. Перемена знака колебаний одноименных фаз пока не объясняется различием таких параметров, как эпицентральное расстояние, магнитуда, азимут прихода волны и другие.

В заключение следует отметить, что сделанные выводы основаны на записи слабых землетрясений, зарегистрированных на участке. Для большей надежности материалов необходим набор достаточного количества таких же записей по сильным землетрясениям (более 6 баллов), происшедших в потенциально опасных очаговых зонах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артиков Ф.Р. История и современная сейсмичность района Гиссаракского водохранилища// Современные техника и технологии в научных исследованиях. Мат-лы 4-й конференции молодых ученых и студентов 25-26 апреля 2012 года в г. Бишкек. Бишкек: НС РАН в г. Бишкеке. 2012. С. 79-81.
2. Lutfulla Hamidov, Local Seismicity of Reservoir Areas Based on Digital Seismometric Observations // IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”, September 12-14, 2012. Vol.III.-Baku, Azerbaijan. P.85-89.
3. Хамидов Л.А., Шукуров М.А., Шукуров З.Ф., Джумабаев И.М., Ядигаров Э.М. Ўзбекистондаги йирик сув омборлари жойлашган худудларнинг умумий сейсмик ҳолати // Экологический Вестник Узбекистана. 2012. № 3. С.17-26.

4. Курилиш меъёрлари ва коидалари. Зилзилавий худудларда курилиш. (КМК 2.01.03-95). Расмий нашр / УзР Давархитекткурулишқум. Тошкент. Ибн-Сино номли ТНМБ.1995.59с.
5. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях единой системы сейсмических наблюдений СССР. М. Из-во: Наука.1981. 272 с.

## **ЛОКАЛИЗАЦИЯ МЕСТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗОНАХ ВЫСОКОНАПОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ**

Джумабаев И.М.

тел. +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Изучению сейсмичности территорий расположения водохранилищ посвящены многие публикации [1,2]. Проблема выявления связей сейсмичности с внутренними геосиловыми полями в объектах интенсивно эксплуатируемых водохранилищ, на наш взгляд, осложнена двумя важными обстоятельствами. Известно, что характер эксплуатации водохранилищ оказывает влияние на интенсивность трещинообразования в породных массивах [3]. Для детального изучения района расположения, например, Гиссарского водохранилища проведены следующие объемы работ, связанные со сбором натурального материала: в крест простирания разломов, проходящих через зону влияния, проведены измерения в двух направлениях, на которых в 34-ти точках сделаны соответствующие замеры мелкой трещиноватости.

Определено главное направление напряжений с падением на северо- восток, под углом  $65^{\circ}$ - $85^{\circ}$ . В зоне разлома с нескольких точек сняты и произведены замеры основных параметров мелкой трещиноватости. По наиболее четко фиксируемым визуально зонам разломов составлены геологические разрезы с измерением параметров мелкой трещиноватости (20 точек) и зеркал скольжения (16 точек). Расставлены эпицентры землетрясений, обозначены участки проведенных тектонофизических съемок и определены механизмы для участков, где проводились исследования, куда включена и зона влияния Гиссарского водохранилища [4].

Изучено состояние напряжений и виды деформации в обследованных местах, причем деформации определены путем обследования целевых участков и считывания нивелирных данных по материалам КИА управления эксплуатации Гиссарского водохранилища. В табл.1 показано сравнение расчетных значений напряжений в ближней зоне Гиссаро-Кокшалинского разлома в пересечении с продольным простиранием водохранилища (инструментальные и эмпирические данные). Эти же расчеты проведены для центральной части Южного Гиссара. На основании указанного выше сравнения данных видно, что когда ориентация действующих напряжений в регионе получается под определенным углом к северо-западу, тогда в большинстве случаев наблюдается совпадение измеренных данных с расчетными, и поэтому только ориентация движения в северном направлении, как указано в [4], видимо, является недостаточной.

Анализ тенденции показывает, что когда суперпозируется ориентация главного напряжения (которая направлена на север) по каждому обнажению, тогда можно получить более точные расчетные значения основного направления.

В данном случае получается, что ориентация напряжений, влияющих на район расположения Гиссаракского водохранилища и разломов Гиссарских гор, является север-северо-западной.

Это так же подтверждается данными геодинамических исследований [5] и данными тектонофизических исследований [6]. При анализе отличительных признаков поля напряжения в районе исследований принимались во внимание следующие три фактора: ориентация максимального главного напряжения; районы с различными значениями напряжения сдвига; распределение напряжений вблизи зоны слияния разломов. Вблизи зоны расположения водохранилища наблюдаются большие вариации значений касательного напряжения.

Таблица 1. Сравнение расчетных значений напряжений и их направлений с инструментальными и эмпирическими данными (зона Гиссаракского водохранилища).

№	Название участков	Модельные расчетные значения в МПа	Осреднение по эмпирическим формулам и по разлому, в МПа	Средние механизмы очагов по простиранию	Направления главных напряжений
1	СВ	68	53	Сброс-сдвиг :→ С	северо-запад
2	Левый борт	76	59	Сброс-сдвиг: → СЗ	северо-запад
3	Правый борт	96	77	Надвиг: → ЮВ	юг
4	р. Аксу СЗ	51	58	Надвиг: → С	северо-запад
5	с/с Шабада	85	92	Взбросы: → СЗ	северо-запад
6	Пос. Мираки	45	48	Надвиг: → СЗ	север

Они отличаются большой амплитудой изменений расчетных параметров перемещений с нечетко выраженной закономерностью. Совмещая карту эпицентров землетрясений района Гиссаракского водохранилища за 1996-2006 гг. с  $K \geq 8$ , построенную Тимбековым Э.Х. и Джураевым Н. [7], с картой напряженности, можно выделить участки существенной вариации касательных напряжений. Они согласуются с участками скопления эпицентров с  $K \geq 8$ . Таким образом, механизмы тектонофизических оценок напряжений достаточно удовлетворительно согласуются с участками максимальной сейсмичности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хамидов Л.А., Шукуров М.А. Оценка локальной сейсмичности в зоне влияния Гиссаракского водохранилища // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Мат. III Межд. сейсм. школы, 20-24 октября 2008 г., Кисловодск. М.: ГС РАН, ИФЗ РАН. Обнинск. 2008. С.211-215.
2. Зияудинов Ф.Ф., Махмудова В.И., Умурзаков Р.А., Ахмедов А.Б. О сейсмичности и характере сейсмических воздействий района Чарвакского водохранилища // Изв. Узб. Географ. Общ. 1999. № 20. С. 105-107.
3. Хамидов Л.А., Зияудинов Ф.Ф., Джураев Н., Хамидов Х.Л., Фахриддинов Ж.Ф., Шукуров М.А. Сейсмичность зон деформационного влияния водохранилищ Узбекистана // Материалы 11 Сергеевских чтений, Москва, 23-24 марта 2009 г. -С. 236-240.

4. Хамидов Л.А., Шукуров З.Ф., Джумабаев И.М., Ядгаров Э.Я. Сейсмичность зон водохранилищ и элементы их связи с сеймотектоническими напряжениями // Вестник Национального университета Узбекистана. 2012. № 4. С. 16-22.
5. Хамидов Л.А., Зияудинов Ф.Ф. Оценка сейсмической опасности переходной зоны от Туранской низменности к Таджикской депрессии и ее история // Сб. Междун. конф. «100-летие Каратагского землетрясения и современные проблемы сейсмостойкого строительства и сейсмологии», г. Душанбе, 19-20 октября., 2007. С. 76-83.
6. Безродный Е.М., Туйчиев Х.А. Механизмы очагов сильных землетрясений Узбекистана. Ташкент: Фан. 1987. 143 с.
7. Тимбеков И.Х., Джураев Н.М., Туйчиева М.А. О достижениях комплексных инженерно-сейсмологических исследований, проведенных в районе предстоящего строительства гидротехнических сооружений в сейсмоактивных зонах Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. Ташкент: «Янги авлод». № 3. 2006. С. 54-63.

## **ВЛИЯНИЕ ТРАНЗИТНЫХ И МЕСТНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА КОЛЕБАНИЕ ПЛОТИН**

Ядигаров Э.М.

тел.: +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_1@mail.ru](mailto:hamidov_1@mail.ru)

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

В комплексе исследований, способствующих повышению безопасности и эффективности эксплуатации водохранилищ, новым направлением стал цифровой сейсмический мониторинг. Путем обработки получаемых сейсмических записей оцениваются характеристики процессов разрушения – их положение в пространстве, выделившаяся сейсмическая энергия, неупругая деформация в очаговой области. Сегодня получен ряд новых, интересных результатов для подобного типа наблюдений. Такие исследования поставлены в нескольких средненапорных водохранилищах узбекистана [1,2].

Например, инженерно-сейсмометрические оценки по временной схеме представлены цифровыми записями в 6-ти измерительных точках (ИТ) на одном из средненапорных водохранилищ Южного Узбекистана. При переходе на постоянную схему инженерных сейсмометрических наблюдений количество ИТ увеличено до 8-трехканальных. Из них 2 ИТ - в противоположных бортах и в основании - остались в прежнем положении. Чувствительность регистрационных каналов сейсмостанции в ждущем режиме установлена для записи скорости слабых колебаний грунта от 1 до 5 баллов ( $V_x = 10$  с) и для более сильных - от 5 до 9 баллов ( $V_x = 1$  с). В качестве сейсмоприемников применялись С - 5 -С с  $T_s = 4,5$  с ( $D_s = 0,6$ ;  $D_{so} = 0,02$ ), а гальванометров- ГБ – IV с  $T_g = 0,008$  с ( $D_g = 0,7$ ). На сейсмограммах режимно измеряются максимальные амплитуды скорости колебаний -  $A_{max}$  (мм/с) и соответствующие им периоды колебаний, длительность колебаний. Произведен также и расчет относительного изменения интенсивности колебаний  $\delta_i = A_{max(i)} / A_{ma}$ , где  $i$ -номер ИТ. 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 с анализом микросейсм. Метод регистрации землетрясений малых энергий использовался для количественной оценки относительных изменений сейсмической интенсивности на участках с разными физико-механическими свойствами крупнообломочных массивов.

Измерения проведены на 8 пунктах регистрации в теле плотины. Зарегистрированы 32 землетрясения на расстояниях от 20 до 500 км. В анализ включены записи 21 землетрясения, наиболее характерно отражающих динамические смещения как низкочастотных, так и высокочастотных колебаний. 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 обломочного массива [2]. Для определения скорости поперечных волн  $V_s$  использовано выражение [3]:  $T = 4h/V_s$ , где  $T$  – резонансный период для каждого типа массива пород;  $h$  - мощность каждой части пород;  $V_s$ - скорость поперечных волн. Для проверки справедливости уравнений был проведен анализ сейсмограмм с трехкомпонентных сейсмометров, расположенных в разных местах в теле плотины, при одновременной записи. Результаты расчетов показывают диапазон изменений  $V_s$  в пределах 564-655 м/с. Так как плотина состоит из частей крупнообломочных консолидированных и мелкообломочных, менее консолидированных массивов, были проведены специальные измерения на нетронутым массиве. Здесь приращение интенсивности колебаний составило 1,2. Ниже в табл.1. приведены результаты расчетов.

Таблица 1.

Приращение интенсивности  $\Delta J$  и максимальные ускорения  $g$

ИТ №	$f_0$	$H, m$	$V_s, m/s$	$L_k$	$\Delta J$	$g, m/c^2$
1	0.76	35	655	9.3	+0.45	0.23
2	0.71	145	630	17.0	+0.73	0.29
3	0.71	152	586	33.7	+1.20	0.34
4	0.67	155	564	25.4	+1.03	0.31

Здесь  $f_0$  – резонансная частота массива;  $H$ - мощность крупнообломочного слоя;  $V_s$ - скорость поперечных волн;  $L_k$  - коэффициент сейсмического разжижения массива; приращение интенсивности-  $\Delta J$ ; максимальные ускорения-  $g, m/c^2$ .

Также был рассчитан коэффициент разжижения мелкообломочных массивов, доведенных до состояния всесторонне сжатого при циклическом воздействии:  $K_s=A_p^2/F_p$ , где  $A$  – отношение  $H/V$ ,  $F_p$ – основная частота крупнообломочного массива. Были использованы данные мощности по типам обломленности пород, рассчитаны акселерограммы для пунктов регистрации наиболее различающихся по физико-механическим условиям блоков [2,3].

Результаты инструментальных сейсмометрических исследований показывают, что максимально возможные сейсмические ускорения находятся в пределах 0,24-0,32  $g$ , или в диапазоне 8,0-9,0 баллов. Необходимо отметить, что тело плотины покрыто насыпным рыхлым материалом с плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>, мощность которого не превышает 3,0 метров. Специально проведенные измерения на неизмененных массивах, в их естественном состоянии показали приращение балльности +0,5 (+0,3g). С учетом того, что под объекты насыпной зоны будет удалены, можно принять максимально возможную интенсивность сейсмических воздействий  $I=8,5$ ; а максимальные ускорения - 0,27  $g$ . Количество землетрясений за последние 2008-2012 годы уменьшилось и, возможно, это

связано с продолжением сейсмического затишья в данном районе. В результате анализа сейсмограмм установлено следующее: на гребне плотины сейсмические колебания обогащаются гармониками, связанными с резонансными явлениями. На гребне плотины значения скоростей смещения по сравнению с основанием плотины в среднем в 9-11 раз выше при слабых землетрясениях. При сильных сейсмических воздействиях это отношение не превышает 2,8.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хамидов Л.А., Шукуров М.А. Локальная сейсмичность зоны деформационного влияния Гиссаракского водохранилища // Материалы III-Межд. сейсмолог.школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», Кисловодск, 20-24-октября 2008 г. С. 211-216.
2. Lutfulla Hamidov, Local Seismicity of Reservoir Areas Based on Digital Seismometric Observations // IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics”, September 12-14, 2012.Vol.III. Baku, Azerbaijan. P.85-89.
3. Ибрагимов А.Х. и др. Сейсмометрические оценки колебаний Чарвакской плотины // Проблемы снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК – 2012». Восьмая международная научно-практическая конференция, 15-19 октября 2012, Москва. М.: Российский университет дружбы народов. 2012. Т.1. С. 247-251.

#### ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ПЛОТИНЕ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ибрагимов А.Х., Хамидов Л.А.  
тел.: +99871- 241-51-71; e-mail: [hamidov\\_l@mail.ru](mailto:hamidov_l@mail.ru)  
Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан

Плотина Чарвакского водохранилища (Ташкентская область, Восточный Узбекистан) находится в узловой зоне примыкания Чаткальского, Пскемского и Коксуйского рек Приташкентского геодинамического полигона западного Тянь-Шаня. От створа плотины практически начинается, сливаясь с рекой Угам, река Чирчик, которая является основным источником пресной воды всей орошаемой и городской зоны Ташкентской долины. В этой зоне происходили сильные землетрясения с  $M \geq 5$ : Буручмуллинское (1956), Ташкентское (1966), Денапское (1974), Таваксайское (1977), Назарбекское (1980), Ташкентское (2008). Зона по сейсмичности оценена как 8-9 балльная по шкале MSK-64 [1,2].

Инженерно-сейсмометрические оценки по временной схеме представлены цифровыми записями в 20-ти измерительных точках (ИТ) плотины. При переходе на постоянную схему инженерных сейсмометрических наблюдений количество ИТ увеличено до 24- трехканальных. Из них 12 ИТ в противоположных бортах и в основании остались в прежнем положении. Чувствительность регистрационных каналов сейсмостанции в ждущем режиме установлена для записи скорости слабых колебаний грунта от 1 до 5 баллов ( $V_x = 10$  с) и для более сильных - от 5 до 9 баллов ( $V_x = 1$  с). В качестве сеймоприемников применялись С-5-С с  $T_s = 4,5$  с ( $D_s = 0,6$ ;  $D_{so} = 0,02$ ), а гальванометров- ГБ-IV с  $T_g = 0,008$  с ( $D_g = 0,7$ ). На сейсмограммах режимно измеряются максимальные амплитуды скорости

колебаний -  $A_{max}$ (мм/с) и соответствующие им периоды колебаний, длительность колебаний [2].

Произведен также и расчет относительного изменения интенсивности колебаний  $\delta_i = A_{max(i)}/A_{ma}$ , где  $i$ -номер ИТ. Определение сейсмических свойств мелкообломочных и крупнообломочных массивов в зоне плотины Чарвак (как экспериментальный материал при разных нагрузках и объемах воды) выполнялось несколькими методами: записью слабых далеких землетрясений; изучением спектральных характеристик грунтов (анализируя микросейсмы) и методом Накамуры (HVSР) [7]. Для обработки данных использовались программы JSESAME и GEOPSY (в среде MATLAB 8.0). Метод регистрации землетрясений малых энергий использован для количественной оценки относительных изменений сейсмической интенсивности на участках с разными физико-механическими свойствами крупнообломочных массивов.

На основе метода Накамуры, который основан на эллиптичности релеевских волн, и по результатам измерений трехкомпонентными сейсмометрами природных микросейсм определены характеристики разнообломочных горных массивов и связанных грунтов вплоть до уровня разжиженного грунтового состояния. Измерения произведены на 12 пунктах регистрации в теле плотины. Зарегистрировано 28 землетрясений на расстояниях от 10 до 550 км.

В анализ включены записи 17 землетрясений, наиболее характерно отражающих динамические смещения как низкочастотных, так и высокочастотных колебаний. Расчеты мощности слоя от крупнообломочных массивов до мелкообломочных пород производились с использованием следующих эмпирических уравнений:  $h = 156 f_0^{-1,08}$ , где  $h$ - мощность слоя насыпных горных пород;  $f_0$  – резонансная частота каждой части обломков массива [1,2]. Для определения скорости поперечных волн  $V_s$  использовано выражение [3]:

$$T = 4h/V_s;$$

где  $T$  – резонансный период для каждого типа массива пород;  $h$  - мощность каждой части пород;  $V_s$ - скорость поперечных волн.

Для проверки справедливости уравнений был проведен анализ сейсмограмм с трехкомпонентных сейсмометров, расположенных в разных местах в теле плотины при одновременной записи. Результаты расчетов показывают: диапазон изменений  $V_s$  - в пределах 627-647 м/с. Так как плотина состоит из частей крупнообломочных консолидированных и мелкообломочных, менее консолидированных массивов, были проведены специальные измерения на нетронутом массиве. Здесь приращение интенсивности колебаний (HVSР) составило 1,8.

Также рассчитан коэффициент разжижения мелкообломочных массивов, доведенных до состояния всесторонне сжатого при циклическом воздействии:  $K_s = A_p^2/F_p$ , где:  $A$  – отношение  $H/V$ ;  $F_p$  – основная частота крупнообломочного массива. Были использованы данные мощности по типам обломленности пород, полученные методом HVSР, рассчитаны акселерограммы для пунктов регистрации наиболее различающихся по физико-механическим условиям блоков [2,3]. С использованием метода Накамуры, физико-механических характеристик по зарегистрированным данным и технологии HVSР (метод Йошито Накамуры) построена скоростная модель тела плотины.

Результаты инструментальных сейсмометрических исследований показывают, что максимально возможные сейсмические ускорения находятся в пределах 0,24-0,32 g, или в диапазоне 8,0-9,0 баллов. Необходимо отметить, что тело плотины покрыто насыпным рыхлыми материалами с плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>, мощность которого достигает 3,0 метров.



Специально проведенные измерения на неизменных массивах в естественном состоянии показали приращение балльности +0,5 (+0,3g). С учетом того, что на объекте насыпная зона удалена перед эксплуатацией (т.е. полностью консолидирована), можно принять максимально возможную интенсивность сейсмических воздействий  $I=8,5$ , а максимальные ускорения-  $0,27g$  [2].

Количество землетрясений за последние 2008 и 2012 годы достаточно мало, и, возможно, это связано с продолжением сейсмического затишья в данном районе. Лишь Ташкентское землетрясение 22 августа 2008 года ( $M=4,5$ ;  $I=6-7b$ ) в зоне Чарвакского водохранилища отражалось 3-4-балльным колебанием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хамидов Л.А., Шукуров М.А. Локальная сейсмичность зоны деформационного влияния Гиссаракского водохранилища // Материалы III-Международной сейсмологической школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных». Кисловодск, 20-24-октября 2008 г.С. 211-216.
2. Lutfulla Hamidov, Local Seismicity of Reservoir Areas Based on Digital Seismometric Observations // IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI2012), September 12-14, 2012.-vol.III.- Baku, Azerbaijan. P.85-89.
3. 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.

#### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ФОРМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ СИЛЬВИНИТА

Пантелеев И.А., Уваров С.В., Наймарк О.Б.

тел.: 7 342 2378312, 7 342 2378487; e-mail: pia@icmm.ru

Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь, Россия

Геомеханическая оценка устойчивости очистных и подготовительных выработок при добычи калийных солей, как правило, базируется на результатах лабораторного определения механических свойств соляных пород, полученных при одноосном сжатии и растяжении. Технические трудности, связанные с прямыми испытаниями соляных пород на растяжение, вследствие низкой контактной прочности, привели к разработке ряда косвенных методов (метод раскалывания, «бразильский» метод), результаты которых трудно сопоставимы между собой и, зачастую, существенно различаются. В последнее время появились технологические решения, обеспечивающие проведение прямых испытаний на растяжение образцов квазипластичных пород различных размеров с возможностью одновременного использования методов неразрушающего контроля [1,2]. Ранее в работах [3,4] было показано, что пластическое течение ряда горных пород при квазистатическом сжатии на всем протяжении кривой деформирования вплоть до разрушения протекает локализовано, при этом формы макролокализации определяются законами деформационного упрочнения, действующими на соответствующих стадиях процесса, и не отличаются от определенных ранее для щелочно-галоидных кристаллов [4]. На образцах

сильвинита экспериментально удалось наблюдать только одиночную зону локализованной деформации, перемещающуюся по образцу со скоростью порядка  $10^{-5}$  м/с (при скорости деформирования  $6 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ ) и соответствующую стадии линейного упрочнения. При этом регистрация дальнейшей эволюции форм макролокализации невозможна ввиду растрескивания образцов и отслоения породы с боковых граней. Это обстоятельство послужило толчком к настоящему исследованию, направленному на установление эволюции пространственно-временных форм макролокализации деформации при квазистатическом растяжении сильвинита в течение всего времени деформирования вплоть до образования магистральной трещины.

Механические испытания проводились на призматических образцах сильвинита Верхнекамского калийного месторождения длиной 90 мм и поперечным размером  $30 \times 30$  мм, средний размер кристаллитов составлял 0.5 мм. В опытах на прямое растяжение образцы испытывались при 300К на электромеханическом прессе «Zwick/Z250» в специальном реверсивном приспособлении, позволяющем преобразовывать усилия сжатия в напряжения растяжения (рис. 1). Для исключения погрешности, связанной с изгибом образца в реверсивном устройстве, измерение продольных (осевых) деформаций осуществлялось на поверхности образца с помощью двух датчиков консольного типа, располагаемых симметрично относительно центра образца. Скорость перемещения подвижного захвата составляла  $1.6 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$  ( $\approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ ). Регистрация полей перемещений и деформации в процессе нагружения осуществлялась цифровой оптической системой LaVisionStrainMaster, алгоритм работы которой основан на методе корреляции цифровых изображений (digitalimagecorrelation). Съемка поверхности образцов проводилась на прямоугольной области размерами  $54.5 \times 29$  мм с частотой 10 Hz.

Анализ эволюции распределения компонент тензора деформации на боковой поверхности образца сильвинита в процессе деформирования показал,



Рис.1. Испытательное реверсивное устройство с подготовленным образцом

что деформирование протекает неоднородно с самого начала нагружения. Неоднородность деформирования проявляется в виде системы эквидистантно расположенных зон локализованной деформации, ориентированных к оси нагружения под углом около  $\pm \pi/4$ . Зоны локализованной деформации формируются с самого начала растяжения и с течением времени нагружения

остаются неподвижными. На рисунке 2 представлено распределение компоненты  $\varepsilon_{xx}$  (ось  $x$  направлена вдоль оси растяжения) на боковой грани образца сильвинита при общей деформации 0.25%.

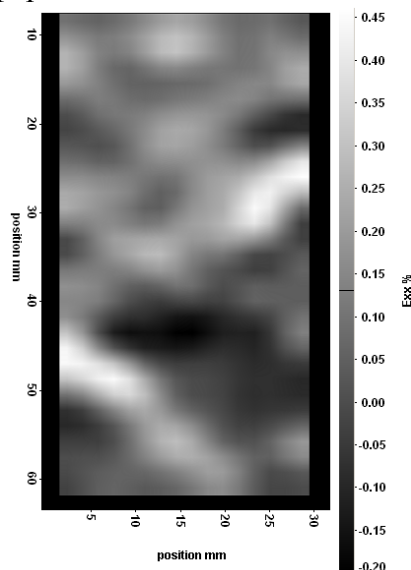


Рис.2. Распределение продольной деформации на боковой грани образца сильвинита при общей деформации образца 0.25%.

Из рисунка видно, что области материала, расположенные вне зон локализации, находятся в недеформированном состоянии, тогда как деформация внутри некоторых зон локализации достигает уровня 0.47%. В зонах локализации деформация может быть как деформацией растяжения, так и деформацией сжатия, что отчетливо видно, например, на зависимости продольной деформации от времени, построенной для средней линии образца (рис. 3.). Пространственный период расположения зон локализованной деформации при этом составляет 13.6 mm.

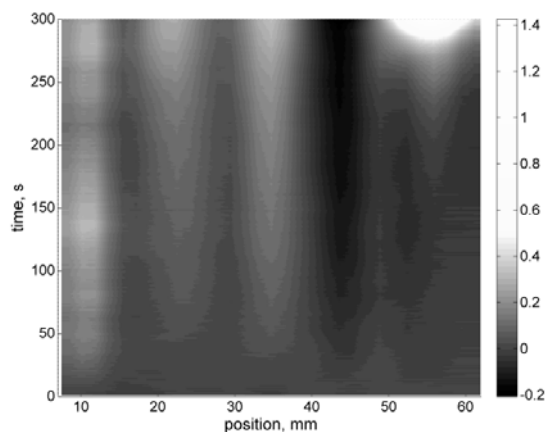


Рис.3. Эволюция продольной деформации для средней линии образца

Локализация деформации в виде эквидистантно расположенных зон протекает вплоть до момента, когда регистрируемое напряжение достигает своего максимума. В этот момент происходит смена формы макролокализации: процесс деформирования продолжается только в одной из зон локализации и заканчивается разрушением, тогда как в других зонах деформирование полностью

останавливается (см. рис. 3.). Таким образом, следуя терминологии, введенной в работе [4], при квазистатическом растяжении образцов сильвинита процесс деформирования реализуется в виде двух последовательно следующих форм пространственно-временной локализации: системы эквидистантно расположенных стационарных очагов локализованной деформации и одиночной стационарной диссипативной локализованной структуры, деформация внутри которой растет лавинообразно и заканчивается макроразрушением. В отличие от ранее полученных результатов для ряда горных пород, металлов и сплавов [2-4], реализация каждой из форм макролокализации при растяжении сильвинита не определяется соответствующей стадией кривой пластического течения (линейного деформационного упрочнения, параболического деформационного упрочнения, стадии предразрушения).

Проведенные экспериментальные исследования позволили подтвердить теоретические предположения о реализации пространственно локализованного деформирования материалов с дефектами в виде двух последовательно следующих форм (периодических стационарных очагов и одиночной диссипативной структуры). Эти предположения впервые были высказаны в работе [5] и получили свое развитие в работах [6-8], посвященных развитию статистико-термодинамической модели поведения среды с дефектами в поле приложенных напряжений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 11-05-96005-р\_урал\_а, № 12-05-00670-а) и гранта Президента РФ по государственной поддержке молодых Российских ученых-кандидатов наук (МК-6741.2013.1).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асанов В.А., Паньков И.Л., Евсеев В.С. Оценка прочностных и деформационных свойств соляных пород при растяжении // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2010. № 12. С. 65-66.
2. Баранникова С.А., Горбатенко В.В., Надежкин М.В., Зуев Л.Б. Медленные волновые процессы при сжатии образцов горных пород и щелочно-галоидных кристаллов // Вестник ПНИПУ. Механика. 2012. № 2. С. 7-19.
3. Баранникова С.А., Надежкин М.В., Зуев Л.Б., Жигалкин В.М. О неоднородности деформации при сжатии сильвинита // Письма в ЖТФ. 2010. Т. 36. № 11. С. 38-45.
4. Зуев Л.Б. Автоволновая модель пластического течения // Физическая мезомеханика. 2011. Т.14. № 3. С. 85-94.
5. Наймарк О.Б. О деформационных свойствах и кинетике разрушения твердых тел с микротрещинами. Преп. О термодинамике деформирования и разрушения твердых тел с микротрещинами. Свердловск. 1982. С. 3-34.
6. Наймарк О.Б. Неустойчивости в конденсированных средах, обусловленные дефектами // Письма в ЖЭТФ. 1998. Т. 67. № 9. С. 751-757.
7. Наймарк О.Б. Коллективные свойства ансамблей дефектов и некоторые нелинейные проблемы пластичности и разрушения // Физическая мезомеханика. 2003. Т. 6. № 4. С. 45.
8. Пантелеев И.А., Плехов О.А., Наймарк О.Б. Некоторые автомодельные закономерности развития поврежденности при квазихрупком разрушении твердых тел // Вычислительная механика сплошных сред. 2011. Т. 4. № 1. С. 90-100.

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧУ

Байсабаева Айгерим  
тел.:(0 312) 555454, (0 557) 244121; e-mail: [a.baysabaeva@caiag.kg](mailto:a.baysabaeva@caiag.kg)  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли  
(ЦАИИЗ), г. Бишкек, КР

«Вода, у тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое».

(Антуан де Сент-Экзюпери)

Водные ресурсы Кыргызстана являются одним из главных национальных богатств, играющих важнейшую роль в жизнедеятельности человека, формировании животного и растительного мира, развитии производительных сил не только нашей республики, но и ряда районов Узбекистана, Казахстана, Таджикистана и Китая.

На территории Кыргызстана насчитывается около трех тысяч естественных водотоков, относящихся, в основном, к четырем водным бассейнам: рек Чу, Талас, Сыр-Дарьи и озера Иссык-Куль.

После обретения независимости Центрально-Азиатскими странами в 90-е годы XX века основные речные бассейны региона стали трансграничными, а их межгосударственное использование потребовало нового правового регулирования и управления. Решение этой проблемы требует принципиально новых подходов к региональной политике совместного использования трансграничных рек, в том числе реки Чу, покрывающей 62 500 км<sup>2</sup>, из которых 35 900 км<sup>2</sup> приходится на территорию Казахстана и 26 600 км<sup>2</sup> - на Кыргызскую Республику.

Высотные условия хребтов определяют условия питания и характер распределения стока внутри года, а также в значительной мере и водоносность рек Чуйского бассейна, режим которой не одинаков. До Орто-Токойского водохранилища реки формируются в одних климатических условиях, после неё — в других. В остальных частях Чуйского бассейна, а также в других бассейнах, техногенное воздействие не приведет к существенным изменениям структуры потоков и связанным с этим изменениям окружающей среды.

Если вспомнить прошлые периоды, так с 1992 по 2007 гг. система мониторинга состояния и использования водных ресурсов бассейнов, в том числе и Чуйского бассейна, значительно деградировала и ныне состояние ее организационной и технической базы оценивается, как неудовлетворительное. В зоне формирования водного стока на Кыргызской территории число гидрометеорологических постов резко сократилось. Например, в Чуйском бассейне из пяти основных постов к середине 2007 г. действовал лишь один. Закрытие крупных наблюдательных станций «Алабель» и «Тоо-Ашуу-Северная» привело к заметному ухудшению качества прогнозов речного стока. Полностью были прекращены систематические наблюдения за состоянием ледников, снежников и озер в горно-предгорной и равнинной зонах, а также работы по разведке и определению запасов пресных подземных вод, а численность скважин наблюдательной сети на подземных водных месторождениях и в зонах неблагоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель сократилось более, чем наполовину.

Не стоит забывать и том, что река Чуй является основной водной артерией Чуйской области, которая обеспечивает всех водопользователей и водопотребителей. В Чуйской области имеется 320,82 тыс.га орошаемых земель, из них 229,7 тыс.га обеспечены инженерными оросительными системами, общее количество которых составляет 6518,2 км. На оросительной сети находится 17681 гидротехнических сооружений (1468 из них относится к межхозяйственной сети), из них в рабочем состоянии 13544, 4258 требуют ремонта.

Природные условия и хозяйственное использование воды реки Чуй на отдельных ее участках резко различны. В экономике бассейна решающую роль играет сельское хозяйство. Более двух третей общего объема сельскохозяйственного производства приходится на орошаемые земли, поймы и пастбища. Переработка сельскохозяйственной продукции, строительство и горное дело составляют основу промышленности.

Что же касается управления водных ресурсов реки Чуй и построение взаимовыгодных водохозяйственных отношений, то это было актуально во все времена. Остаются приоритетными задачами и в настоящее время. Существует множество международных и межгосударственных институтов, занимающихся данным вопросом, однако, в каждом регионе в силу множества отличий различного генезиса имеются проблемы, характерные сугубо этому региону.

В этом отношении главная проблема водных ресурсов страны заключается в том, что в связи с ежегодным недофинансированием объемных мероприятий и прохождением паводковых и селевых вод по ирригационным системам происходит их частичное разрушение из-за несоответствия и устарелости, а также из-за отсутствия надлежащего ухода за ними. Эту проблему можно отнести и к региональной, так как 80% водных ресурсов Кыргызстана используются соседними странами.

А на полное восстановление средств не хватает. Для поддержания всего ирригационного фонда в технически исправном состоянии ежегодно необходимо затрачивать 81 млн.сом. С 1998 г. в Чуйской долине на техническое обслуживание ирригационных объектов и их реабилитацию было затрачено 209601,3 тыс. сом. В результате только за счет этих мероприятий увеличилась пропускная способность каналов, головных водозаборных сооружений, повысились водообеспеченность и урожайность сельскохозяйственных культур.

В течение 2008-2011 гг. в рамках межгосударственного сотрудничества по управлению водными ресурсами трансграничных рек выполнен ряд работ по автоматизации ирригационной инфраструктуры Чуйской долины. Делению подлежат все водные ресурсы бассейна реки Чуй, независимо от района формирования и использования и составляющие 6,6 млн. м<sup>3</sup> - 42% Казахстан, 58% Кыргызстан.

Имели место и казахстанско-киргизские противоречия по водной проблеме. Некоторые представители в правительстве Казахстана в свое время призывали «всеми возможными силами воспрепятствовать строительству Камбаратинской ГЭС на территории Киргизии», введение которой в строй «неминуемо нарушит хрупкий баланс в электро- и водоснабжении всего региона». Правда, в итоге Бишкек и Астана пришли к согласованию своих водно-энергетических потребностей. В качестве позитивного примера может служить работа экспертных групп и специальной комиссии двух стран по водопользованию рек Талас и Чуй. Казахстан согласился на совместной основе финансировать (в размере \$20 млн. в год) эксплуатацию гидротехнических объектов в Кыргызстане.

Исторически сложилось, что водные ресурсы в бассейнах рек Чуй, Талас и Сыр-Дарьи распределены между Кыргызской Республикой и соседними странами. Вода становится предметом политической торговли между странами региона. Водная проблема используется в некоторых случаях как метод давления на ту или иную страну для разрешения конфликтных ситуаций.

Для повышения эффективности управления и использования трансграничного водного бассейна реки Чуй необходимо решить следующие задачи:

- обеспечить гарантированное финансирование орошения земель в Кыргызской Республике;
- повысить водообеспеченность орошаемых земель до 20%;
- сократить потери поливной воды при транспортировке до 15–20%;
- сократить площадь неблагоприятных в мелиоративном отношении земель до 6%;
- укрепить инфраструктуры отрасли ирригации;
- учитывая стратегическую важность воды, провести ряд совместных мер с приграничными государствами по совершенствованию системы транспортировки и рациональному использованию воды реки Чуй, а также по предотвращению загрязнения поверхностных и подземных вод Чуйской области.

В заключение можно сказать, что на сегодняшний день необходимо усилить роль и повысить статус единого межгосударственного органа по управлению водным хозяйством, учитывая стратегическое значение водных ресурсов в межгосударственных отношениях, а также необходимость регулируемого расхода воды и ее оплаты.

В целях решения проблем комплексного сбалансированного рационального использования богатейших водных ресурсов КР необходимо постоянно поддерживать согласованный режим межгосударственного распределения водных ресурсов на основе взаимовыгодного сотрудничества Центрально-Азиатских государств в рамках развивающегося в этом регионе рынка водных ресурсов.

Прогнозируемый рост социально-экономического развития в регионе на период 2010-2020гг. может привести к снижению уровня водообеспеченности и даже к дефициту воды, что уже сейчас поднимает жизненно-важный вопрос о необходимости планирования и реализации мер по защите ресурсов бассейнов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Годовой технический отчет за 2000–2007 гг. Департамента водного хозяйства Министерства сельского и водного хозяйства, перерабатывающей промышленности КР.
2. Универсальная энциклопедия «Чуйская область». Главная редакция Кыргызской Энциклопедии. Бишкек. 1994.
3. Абылгазиев Б.А. Водные ресурсы Киргизии и их охрана. Кыргызстан, 1975.
4. Каримов Т.Х. Анализ водных ресурсов Кыргызской Республики и методы их обработки и управления: Монография. Бишкек. 2004.
5. Костюк А.В., Бейшекеев К.К. Современное состояние водных ресурсов и вопросы межгосударственного сотрудничества в области водных отношений // Практика управления: Проблемы и решения. Бишкек. 2001.

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАК ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИХ ГОСУДАРСТВ

Байсабаева Айгерим

тел.:(0 312) 555454, (0 557) 244121; e-mail: [a.baysabaeva@caiaig.kg](mailto:a.baysabaeva@caiaig.kg)  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли  
(ЦАИИЗ), г. Бишкек, КР

«Вода - это самое мягкое и самое  
слабое существо в мире, но в  
преодолении твердого и крепкого она  
непобедима, и на свете нет ей равного»  
(Дао Дэ Дзин)

В данной статье описаны взаимоотношения стран Центральной Азии через проблему распределения водных ресурсов между государствами региона: выявление нерешенных вопросов; трудностей, тормозящих интеграционный процесс; отображение объективного стремления государств к многостороннему сотрудничеству. В качестве важнейшего фактора показано углубление сотрудничества в экономической и политической сферах, в частности,- аспект возможного разрешения противоречий в сфере распределения водных ресурсов и построения единого водохозяйственного комплекса.

Как известно, конфликтный потенциал в Центрально-Азиатском регионе достаточно высок. Однако следует заметить, что одним из наиболее серьезных потенциальных конфликтов в Центральной Азии является борьба за жизненно необходимые ресурсы и в первую очередь- за водные ресурсы, а данный конфликт, в свою очередь, может переплетаться с проблемами растущей бедности, экстремизма, борьбы за лидерство в регионе и спорами о границах и т.д.

Вода в истории всегда имела стратегическое значение. В настоящее время вопрос рационального использования водных ресурсов стал глобальной проблемой, особенно в аридных и полуаридных районах. Мировая потребность в пресной воде стремительно возрастает из-за глобального потепления, роста численности населения и экономического развития.

Исследования водных ресурсов проводились не только такими международными организациями, как ООН, ЮНЕСКО, ПРООН, но и региональными исследователями, особенно в странах Центральной Азии, Ближнего Востока и Северной Африки.

В отношениях между государствами владение водными ресурсами всегда обозначает реальный баланс власти между сторонами. Пресная вода не просто незаменима, она жизненно необходима, именно поэтому за нее ведется борьба во всем мире.

Существуют некоторые принципиальные отличия в использовании водных ресурсов Центрально-Азиатскими странами, но всех их объединяет одно – пресная вода играет огромную роль в их экономике и социальной сфере. Это вызвано тем фактом, что страны Центральной Азии находятся в полупустынной и пустынной зонах, где земледелие практически невозможно без орошения. Большая часть населения этих стран занята в сельскохозяйственном секторе, и число этих работников растет почти во всех странах данного региона. Продовольственная безопасность этих стран в большой мере зависит от



сельскохозяйственной продукции, в то время как население региона быстро растет.

Необходимо учитывать тот факт, что водопользование влияет на национальный доход государства; будь то орошение в сельскохозяйственной отрасли или гидроэнергетика, ни одна страна не сможет восполнить ресурсы речной системы. Нерациональные механизмы совместного водопользования и растущая потребность в воде могут привести к острому дефициту, что может стать препятствием развитию экономики Центрально-Азиатских стран и угрозой их национальной безопасности.

В вопросе развития водного хозяйства в прошлом имели место некоторые противоречия между Центрально-Азиатскими странами; возможно, наиболее серьезные противоречия существовали между Кыргызстаном и Узбекистаном. Таким образом, мы можем констатировать, что неустойчивое водное хозяйство может быть причиной серьезной экономической и социальной деградации, поэтому это может быть причиной локальных и межгосударственных конфликтов.

Возьмем, к примеру, водные ресурсы Чуйского бассейна в Кыргызстане, которые распределяются между Казахской и Кыргызской республиками в соответствии с «Положением о делении стока в бассейне реки Чу», утвержденным Министерством мелиорации и водного хозяйства. Ниже представлена таблица по вододелению в бассейне реки Чу.

Республика	Размерность	Вегетационный период (IV-IX месяцы)	Вневегетационный период (X-III месяцы)	В год
Казахстан	млн.м <sup>3</sup>	1540	1250	2790
	%	34	60	42
Кыргызстан	млн.м <sup>3</sup>	3017	833	3850
	%	66	40	58
Всего	млн.м <sup>3</sup>	4557	2083	6640
	%	100	100	100

Заключенное в 2000 г. «Соглашение между Правительством Республики Казахстан и Правительством Кыргызской Республики об использовании водохозяйственных сооружений межгосударственного использования на реках Чу и Талас» обеспечило правовую основу для формирования двусторонней Комиссии, призванной регулировать совместную водохозяйственную деятельность на территориях указанных бассейнов.

Недостаток регионального сотрудничества является, пожалуй, наибольшей опасностью для водных ресурсов Центральной Азии, лежащих в основе политических разногласий. Вот, к примеру, неспособность справиться с этой проблемой привела к самой крупной экологической катастрофе – исчезновению Аральского моря, а также вызвала отрицательные политические и экономические последствия для стран региона.

Необходимо показать и определить водохозяйственную проблему Центральной Азии в политическом, экономическом и экологическом аспектах и выявить влияние использования водных ресурсов на процесс интеграции и дезинтеграции в регионе в целом. Для чего следует решить некоторые проблемы, а именно: 1) рассмотреть историческую эволюцию современного состояния управления водными ресурсами; 2) доказать, как управление водными ресурсами в международных речных бассейнах и связанные с этим потенциальные конфликты относятся к политике безопасности страны; 3) проанализировать противоречия между интересами стран

Центральной Азии в отношении международного управления водными ресурсами на реках Сырдарья и Амударья; 4) показать, как недоверие в отношениях между государствами отражается на управлении водными ресурсами в Центральной Азии; 5) рассмотреть вклад международных и региональных организаций в вопросах управления водными ресурсами в Центральной Азии; 6) определить эффективность совместного управления водными ресурсами в регионе на основе интеграции комплекса и проблем безопасности Центрально-Азиатских государств.

К сожалению, отношение к управлению водными ресурсами в наши дни изменилось незначительно, что представляет собой серьезную проблему для экономической, политической, экологической и социальной безопасности всех Центрально-Азиатских государств. В то же время мы можем видеть некоторые деструктивные тенденции и растущий конфликтный потенциал между странами Центральной Азии, что может помешать рациональному управлению водными ресурсами в регионе. В настоящее время нет механизма, который позволял бы управлять или координировать эти вопросы внутри секторов на региональном уровне. Руководство водохозяйственного сектора не может решить проблемы регионального сотрудничества в одиночку, здесь необходим совместный подход.

Когда несколько стран разделяют речной бассейн, их должен интересовать вопрос выгоды от регионального сотрудничества. Жизнеспособное развитие в бассейне может быть достигнуто с помощью решения проблем политики по управлению региональными и государственными водными ресурсами; распределения воды в бассейне; управления водными ресурсами региона, которые принимают во внимание объединяющий характер бассейна. Когда потребители воды находятся в разных странах, они должны решить проблему распределения воды между собой, чтобы достигнуть целей совместного управления.

Кроме того, вода в конфликтных зонах, кроме собственного жизненно-важного значения, может использоваться в качестве политического инструмента. Один из таких инструментальных способов применения воды в качестве политического оружия - это использование воды как средства для достижения других целей, таких, как власть в других регионах. Даже ощущение того, что доступ к пресной воде может быть использован другой нацией как политический инструмент, может привести к агрессии. Это значит, что нехватка водных ресурсов может явиться причиной политического конфликта и его последствий.

Для предотвращения международных конфликтов, связанных с окружающей средой, в нашем случае конфликтов, связанных с водными ресурсами, за последние годы были предприняты соответствующие меры по улучшению развития в области трансграничного водного хозяйства.

Кыргызстан развивает управление водными ресурсами более сдержанными темпами: рыночные принципы хозяйствования сопровождаются определенной поддержкой государственной сферы содержания и реабилитации водохозяйственных сетей на районном и областном уровнях. В связи с этим к концу 2001 г. был введен «Водный кодекс Кыргызской Республики», призванный урегулировать на законодательном уровне организационные и правовые проблемы водного хозяйства.

Во всех странах вода - это незаменимый ресурс, прежде всего по причине климатических характеристик региона. Все страны стремятся обеспечить едой постоянно растущее население путем увеличения орошаемых площадей, в результате использования водных ресурсов. Другой способ водного использования, особенно практикующийся в Кыргызстане и Таджикистане, - это

водные ресурсы, которые сформировались на их собственной территории, для производства электроэнергии.

Таким образом, мы должны исследовать многие параллельные тенденции: пустынный и полупустынный климат с вероятным значительным изменением в недалеком будущем, рост населения и экономики, увеличение потребления воды, увеличение орошаемых площадей, стремление всех стран к полной самодостаточности, выпуск сельскохозяйственной продукции, увеличение потребления электроэнергии и т.д.

Управление водными ресурсами и их распределение невольно стали региональными вопросами, отражающими глубокую взаимозависимость между республиками в отношении водных ресурсов. В целом такие аспекты, как поддержание гидротехнических сооружений, гидроэлектростанций, ирригационной инфраструктуры и качества воды, оказываются слишком сложными и дорогостоящими для решения их на уровне только одной страны.

Следовательно, сотрудничество может стать не только методом решения непосредственных проблем водоснабжения и избежания конфликтов из-за водных ресурсов на государственном и межгосударственном уровнях, но также может усилить взаимозависимость на взаимовыгодных условиях.

В целях решения проблем комплексного, сбалансированного, рационального использования богатейших водных ресурсов Кыргызстана необходимо постоянно поддерживать согласованный режим межгосударственного водораспределения на основе взаимовыгодного сотрудничества Центрально-Азиатских государств в рамках развивающегося в этом регионе рынка водных ресурсов.

По-настоящему важным шагом для Центрально-Азиатских республик является изменение их взглядов на взаимоотношения между странами. Им необходимо осознать, что прежние отношения – конкуренция, соперничество, подозрительность – не создали ни мира, ни условий для стабильного экономического развития и не могут соответствовать современным требованиям глобализации.

В заключение можно сказать, что Центрально-Азиатские страны остаются наедине с очень серьезными проблемами, такими, как экстремизм, проблемы границ, сепаратизм и др. Хотя, вероятно, наиболее серьезной проблемой для всех стран Центральной Азии остается управление и распределение водных ресурсов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рысбеков Ю.Х. Трансграничные ресурсы Центральной Азии: политические и правовые аспекты бесконфликтного использования.
2. Географические проблемы экологически сбалансированного развития стран Центральной Азии. А.Г. Бабаев, Х.М. Мухаббатов, А.С. Салиев, Х.У. Умаров, А.А. Эргешов. 2008 г.
3. Усубалиев Т.У. Вода – дороже золота /Т.У.Усубалиев. Бишкек. 2002.
4. Гончаренко А. Использование ресурсов трансграничных вод: состояние и перспективы // Мировая экономика и международные отношения. 2002.
5. Духовный В.А., Соколов В.И. Интегрированное управление водными ресурсами, опыт и уроки Центральной Азии.

## СОДЕРЖАНИЕ ЦИАНИДОВ И РОДАНИДОВ В ГРУНТОВЫХ ВОДАХ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО КОМБИНАТА «МАКМАЛ»

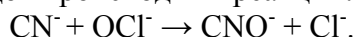
Мамбеталиев Э.Д.

тел. 0312 555-454 (203); факс 0312 555-222; e-mail: [e.mambetaliyev@caiaig.kg](mailto:e.mambetaliyev@caiaig.kg)  
Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли (ЦАИИЗ),  
г. Бишкек, Кыргызстан.

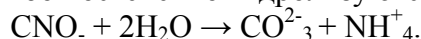
Макмальский золотодобывающий комбинат, где была необходимость провести исследование содержания цианидов и роданидов в грунтовых водах, находится в западной части Внутреннего Тянь-Шаня, в предгорной части хребта. Административно комбинат расположен в Джалал-Абадской области Тогуз-Тороуского района, в 12 км на юг от поселка Казарман. Абсолютная отметка 1300 метров над уровнем моря. Район отнесен к зоне с сейсмичностью 9 баллов. Хвостохранилище комбината эксплуатируется с 1986 года и является действующим.

По проектным данным объем хвостохранилища составляет 4,3 млн.м<sup>3</sup>, занимаемая площадь составляет 30 тыс.м<sup>2</sup>. Основным загрязняющим элементом при добыче золота методом цианидного выщелачивания является цианид натрия. По технологической схеме переработки руды после всех процедур отходы производства в виде пульпы поступают по пульпопроводу на хвостохранилище, но предварительно она подвергается процессу обеззараживания. Очистка сточной пульпы от цианистых соединений основана на разных физико-химических свойствах. Обезвреживание жидким хлором, известью, применяемое на комбинате, относится к методу окисления цианидов, т.к. цианид-ион при этом окисляется до цианата, который полностью разрушается при транспортировке пульпы к хвостохранилищу. Достоинство этого метода в том, что при его использовании вторичное загрязнение воды раствора пульпы цианидами практически невозможно. Хлорная известь имеет формулу CaOCl<sub>2</sub> и диссоциирует в воде: CaOCl<sub>2</sub> → Ca<sup>2+</sup> + OCl<sup>-</sup> + Cl<sup>-</sup>.

При воздействии хлорной извести на цианистую пульпу окисление простых растворимых ядовитых цианидов происходит в реакции:



Образуются цианаты CNO<sup>-</sup> либо постепенно гидролизуются по уравнению:



Либо могут быть окислены до элементарного азота и двуокиси углерода CO<sub>2</sub> введением избыточного количества хлора. В этом случае окисление цианатов протекает по формуле:



Оптимальные условия протекания реакции окисления цианидов обуславливаются величиной pH, которая должна быть не менее 10-11.

При окислении комплексных растворимых ядовитых цианидов Cu(CN)<sup>3</sup>Zn(CN)<sup>4</sup> хлорной известью образуются цианаты и гидраты окисей меди и цинка, выпадающие в нерастворимый нейтральный осадок (роданиты).

В качестве окислителя простых и комплексных цианидов меди и цинка применяется также гипохлорид кальция Ca(OCl)<sub>2</sub>. Протекающие при этом реакции окисления описываются аналогичными уравнениями.

При контроле за полнотой обезвреживания (окисления) цианидов определяется содержание активного хлора в пульпе перед сбросом в хвостохранилище [4].

За весь период эксплуатации хвостохранилища аварийных ситуаций не было. На данный момент хвостохранилище в удовлетворительном состоянии и заполнено на 2/3 объема. С 2004 года на комбинате прекращена добыча золота открытым способом, в настоящее время ведется разработка запасов золотосодержащей руды подземным способом. На хвостохранилище есть необходимость мониторинга качества подземных вод. Согласно Кадастру хвостохранилищ, данное хвостовое хранилище комбината относится к четвертому классу, т.е. к классу с низким и малоопасным уровнем воздействия [2].

Для оценки влияния цианидов натрия на грунтовые воды, в период с сентября по октябрь 2012 на объекте хвостового хозяйства ЗДК «Макмал» был выполнен ряд работ. Был проведен отбор проб воды с наблюдательных скважин и родников, расположенных в нижнем бьефе хвостохранилища, на содержание цианидов и роданидов общим количеством 18 проб (см. рис. 1). Пробы отбирались согласно общепринятой методике отбора проб воды на цианиды с подкислением пробы (2 г NaOH на 1 литр пробы) с последующим хранением их в холодильной камере. Максимальный срок хранения проб при таком методе составляет 1 месяц [1]. Отбор проб проводился в период с 15 по 20 октября 2012 года.

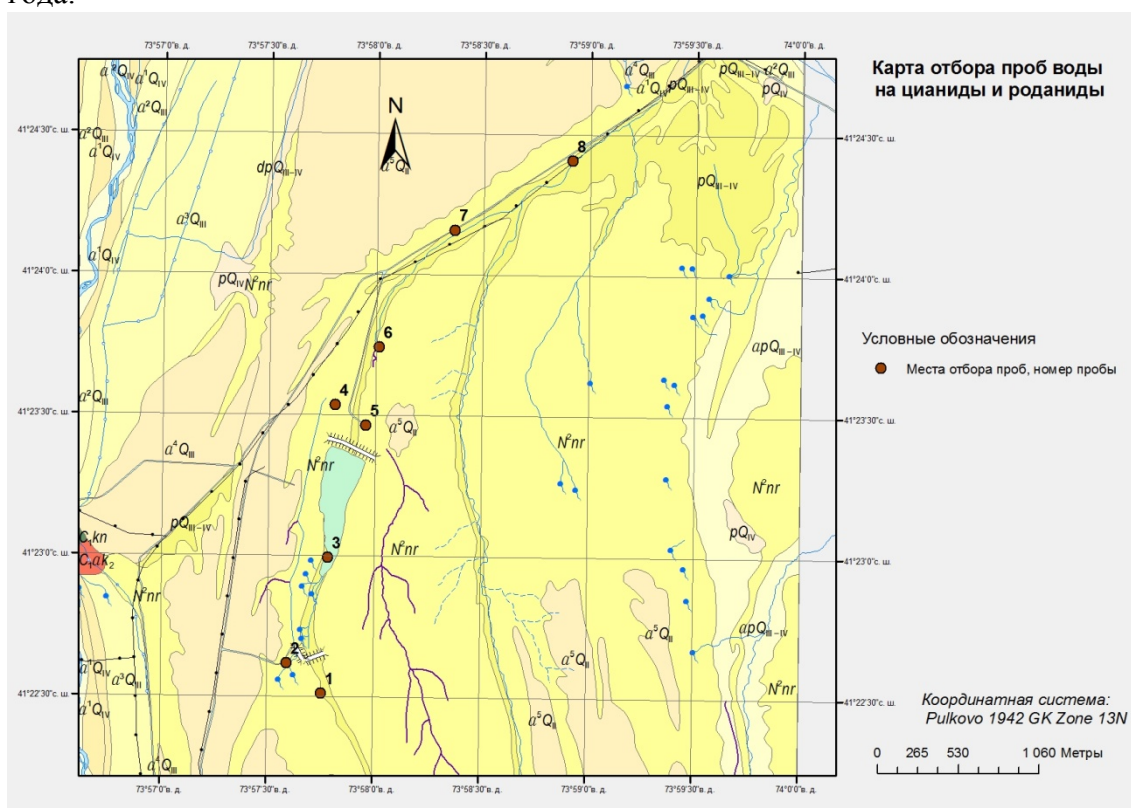


Рис.1. Карта отбора проб воды на цианиды и роданиды.

Анализы были отобраны в соответствии с методикой отбора проб для этих компонентов. Для дальнейшей обработки они были переданы в международную лабораторию “StewartAsseyandEnvironmentalLaboratoriesLLC”. Анализы проб воды не показали присутствия содержания элементов выше предельно допустимой концентрации. Единственный завышенный показатель с превышением ПДК цианида был получен с самого хвостохранилища (см. табл.1) [2].

Таблица 1.

№	Sample ID	CN <sub>tot</sub> , mg/L	SCN, mg/L
1	1\1a	<0.005	<0.05
2	1\2a	<0.005	<0.05
3	1\3a	0.046	10
4	1\4a	0.010	0.010
5	1\5a	0.009	<0.05
6	1\6a	0.010	<0.05
7	1\7a	0.006	<0.05
8	1\8a	0.006	<0.05
9	1\9a	<0.005	<0.05

Пробы 1, 2 и 9 имеют значение ниже уровня чувствительности. Пробы были отобраны в родниках выше хвостового хозяйства и в пойме реки Нарын соответственно.

В заключение отметим следующее. Как показывают результаты анализов в грунтовых водах, отобранных в нижнем бьефе дамбы хвостохранилища, содержание цианидов и роданидов ниже установленного ПДК<sub>цианиды/роданиды</sub> = 0,035/0,1 (мг/л). Пробы с завышенным результатом были отобраны с пульпы хвостохранилища, в 20-30 метрах ниже дамбы (пробы 3-6). В остальных пробах ниже дамбы хвостохранилища значений, превышающих ПДК, не выявлено. Следовательно, содержание цианидов и роданидов находится в пределах нормы [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51592-2000 «Государственный стандарт Российской Федерации. Вода. Общие требования к отбору проб». М. 2000.
2. Государственный кадастр отходов горной промышленности Кыргызской Республики (хвостохранилища и горные отвалы). Бишкек. 2006.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.689-98. Минздрав России. Москва. 1998.
4. Арнс В.Ж.. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. М.: Недра. 1975.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК ТАР, КУРШАБ И КЫЗЫЛ-СУУ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Ершова Н.В., Караваева Н.А., Шевченко Д.В.

[natasha-er@yandex.ru](mailto:natasha-er@yandex.ru), [ninylya\\_1991@mail.ru](mailto:ninylya_1991@mail.ru), [kiovr.sh.d@mail.ru](mailto:kiovr.sh.d@mail.ru)

Кыргызско-Российский Славянский университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Бишкек, Кыргызстан

Исследование особенностей гидрологического режима проводилось в рамках адаптационно-исследовательского проекта «Водно-энергетический потенциал Памиро-Алайского региона», финансируемый программой PALM

(Устойчивое землепользование в Памиро-Алайском регионе). Основная часть проводимых исследований была сосредоточена в 4-х наиболее уязвимых регионах Памира-Алая: Кашка-Суйского, Джошолунского, Ленинского, Алайкууского районах. Целью статьи является оценка водного режима рек и распределения среднегодового расхода воды по длине. Однако рассматриваемые реки гидрологически малоизучены, поэтому в работе отдельные гидрологические характеристики были рассчитаны косвенными методами по топографическому материалу с использованием аппарата ГИС.

Исследуемые районы принадлежат бассейнам трех рек: р.Тар (Алайкууский район), р.Куршаб (Джошолунский и Ленинский районы) и р.Кызыл-Суу (Кашка-Суйский район) (рисунок 1). Река Куршаб и левые притоки реки Тар формируются на Алайском хребте и протекают преимущественно с юга-запада на северо-восток.



Рис.1. Карта Кыргызстана с расположенными на ней исследуемыми бассейнами.

Однако бассейн р.Кызыл-Суу, имея общую границу с бассейном р.Куршаб, сильно отличается от этих бассейнов. Река Кызыл-Суу формируется на Южном склоне Алайского хребта и Северном склоне Заалайского хребта, река протекает по высокогорной Алайской долине с востока на запад. Особенности орографии и рельефа оказывают большое влияние и на формирование водного режима исследуемых рек. Основные морфометрические характеристики рек Тар, Куршаб и Кызыл-Суу приведены в таблице 1.

Таблица 1.  
Основные морфометрические характеристики рек Тар, Куршаб и Кызыл-Суу.

<i>Наименование рек, створ</i>	<i>Коэффициент оледенения, %</i>	<i>Площадь оледенения, км<sup>2</sup></i>	<i>Площадь водосбора, км<sup>2</sup></i>	<i>Ср. высота водосбора, м</i>
р. Тар – кишл.Чолма	2	76,8	3840	2810
Куршаб – с.Гульча	1	20,1	2010	3010
Кызыл-Суу – с.Дараут-Курган	4	527,2	5680	2620

Изучение водности рек и водного режима произведено по данным Кыргызгидромета. Основные гидрологические характеристики рек приведены в таблице 2.

Таблица 2.  
Основные гидрологические характеристики рек  
северного склона Кыргызского хребта [2].

Наименование река-створ	Объем годового стока, млн.м <sup>3</sup>	Модуль годового стока, л/(с·км <sup>2</sup> )	Многолетние средние расходы воды, м <sup>3</sup> /с			Максимальный срочный		Максимальный среднегодовой	
			Зимний	Летний	Годовой	Расход, м <sup>3</sup> /с	месяц, год	Расход, м <sup>3</sup> /с	год
р. Тар – с.Чалма	1542	12,7	18,3	79,2	48,9	492	05.1969	83,7	1987
Куршаб – с.Гульча	561	8,9	7	28,7	17,8	138	05.1969	23,6	1988
Кызыл-Суу – с.Дараут-Курган	1224	6,8	30,3	47,3	38,8	195	04.1967	49,1	1994

Годовой цикл водного режима рек можно разделить на несколько характерных периодов, называемых фазами водного режима. Характерные особенности этих фаз и их продолжительность определяется условиями питания, изменениями этих условий в течение года, что в свою очередь зависит от климата речных бассейнов.

На рисунке 2 видно, что в годовом цикле режима рассматриваемых рек отчетливо выделяются два фазово-однородных периода: межени и снегово-дождевого половодья. Период половодья для всех рассматриваемых рек подобный и составляет 190-170 дней (таблица 3). Однако все остальные характеристики различны из-за различной доли составляющих стока в питании рек. Так как в стоке реки Кызыл-Суу большую долю занимает подземные воды, то объем стока половодья у этой реки меньше (46% ), чем у реки Тар и Куршаб (81% р.Тар, 71% р.Куршаб,), в питании которых большую долю занимают снеговые и ледниковые воды. Даты наступления и окончания половодья для конкретного года сильно отличаются и определяются метеорологическими условиями года. В среднем половодье начинается в начале марта, а заканчивается в конце сентября. Период половодья совпадает с жарким периодом года и наибольшей потребностью воды на орошение, что очень благоприятно для сельского хозяйства.

Наступление половодья определяется началом активного таяния снега, накопившегося за холодный период. Таяние снеготаяния в горах происходит постепенно, что связано с уменьшением температуры воздуха с высотой. Поэтому нижняя граница снега постепенно поднимается в течение весеннего периода, достигая наивысших высот бассейна (3100 м) к середине мая. Однако от года к году даты полного схода снега сильно отличаются (от конца апреля до начала июня), что зависит от количества снега, накопленного в зимний период, и температурного режима весеннего периода. Наибольшие расходы воды на реках наблюдаются в период окончания снеготаяния.

Период половодья сопровождается довольно частыми паводками от 8 до 15, особенно сильные паводки наблюдаются на р. Тар (рисунок 2). Паводки характеризуются интенсивным, обычно кратковременным, увеличением расходов и уровней. Генезис паводков различен. Паводки могут возникать при интенсивном снеготаянии или когда на интенсивное снеготаяние накладываются дожди или ливни. Нередко летом паводки могут сопровождаться образованием селей, при этом подъем уровней в реке приобретает стремительный характер.



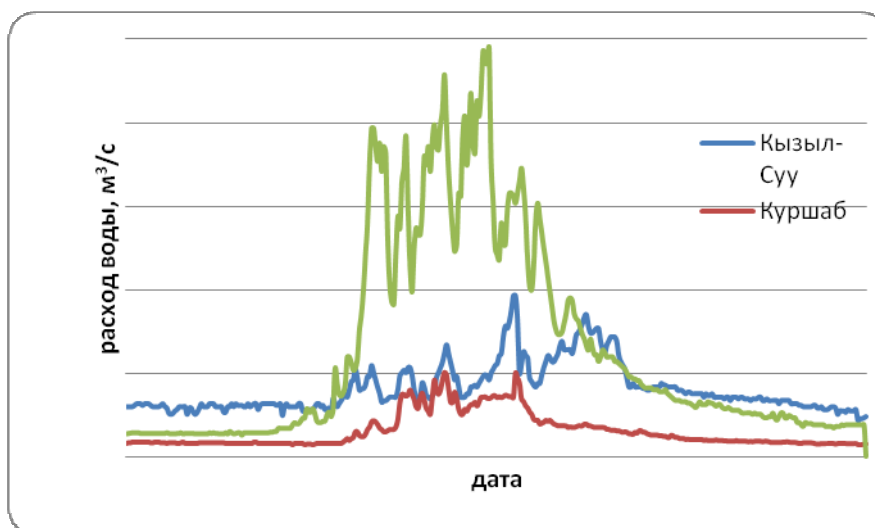


Рис. 2. Гидрографы рек Кызыл-Суу, Куршаб, Тар за 1995 г.

Таблица 3.

Характеристики стока половодья [2].

Дата начала половодья	Дата наибольшего расхода половодья	Дата окончания половодья	Продолжительность половодья, сут	Наибольший расход половодья, м³/с	Сток за половодье в % от годового
р. Тар – кишл.Чалма (за период с 1940 по 1980гг.)					
25.03	11.06	28.09	188	258	81
р. Куршаб-с.Гульча (за период 1940 по 1980 гг.)					
10.04	12.06	28.09	171	68,1	71
р. Кызыл-Суу-кишл.Дарут-Курган (за 1985 г.)					
25.05	10.07	26.09	121	96,5	46

Прохождения селей сопровождаются выносом большого количества наносов, деформацией берегов, русла, а иногда и переустройством всего дна долины. Эти явления приносят значительный ущерб населенным пунктам и народному хозяйству – смывают посевы, разрушают ирригационные каналы, вододелители, сносят проезжие мосты, размывают грунтовые, шоссейные и железные дороги.

В период межени речной сток формируется в основном водами, аккумулированными активной поверхностью водосборов, в первую очередь подземными водами. Достаточно значительная доля межени в годовом стоке говорит о хорошей аккумуляционной способности поверхности водосбора, к такому водосбору относится р. Кызыл-Суу; доля межени стока составляет 54%.

Следующим этапом работы была оценка стока воды по длине рассматриваемых рек. Существующие фактические данные позволяют вычислить сток только для изученных створов рек, однако сток знать необходимо по всей длине реки для выбора места размещения ГЭС. Методика расчета стока по длине реки для территории Кыргызстана была разработана Большаковым М.Н.[1]. В основу этой методики легла закономерность высотного распределения модуля стока от средневзвешенной высоты водосбора.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков М.Н. Водноэнергетические ресурсы Киргизской ССР. Фрунзе: Издательство Академии наук Киргизской ССР. 1960. 256 с.
2. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Государственный водный кадастр. Том XI. Киргизская ССР. Л.: Гидрометеиздат. 1987. 452 с.

### **УДАР УПРУГИМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ БОЙКОМ ПО СТЕРЖНЮ, ОПИРАЮЩЕМУСЯ НА ПЛАСТИНУ**

Ню В.В.

тел.: 0 (555) 099095; e-mail: [vniu14@yandex.com](mailto:vniu14@yandex.com)

Кыргызско-Российский Славянский университет

г. Бишкек, Кыргызская Республика

Во многих отраслях промышленности возникает необходимость очистки поверхностей от отложений различного рода. Например, при очистке стенок котлов и бункеров, внутренних поверхностей труб золошлакопроводов, кузовов транспортных средств и т.д. Практика показала, что виброударный способ очистки является одним из наиболее эффективных.

До настоящего времени этот способ реализовывался с помощью кривошипно-коромысловых и пневматических виброударных машин. Суть виброударного способа очистки поверхностей заключается в следующем. На обрабатываемую поверхность устанавливается инструмент, по которому наносятся удары бойком ударной машины. При этом в инструменте генерируются продольные волны деформации, которые, воздействуя на обрабатываемый объект, приводят к колебаниям его поверхности и возникновению в слое отложений знакопеременных напряжений. Напряжения, в свою очередь, становятся причиной разрушения и отделения отложений от поверхности объекта.

Совершенствование виброударного способа очистки поверхностей и реализующих эту технологию машин потребовало разработки и исследования соответствующих моделей данного виброударного процесса. В предшествующие годы была разработана модель взаимодействия пневматических и кривошипно-коромысловых ударных машин с обрабатываемым объектом, выявлены основные закономерности процесса виброударной очистки и разработаны рекомендации по выбору рациональных параметров машин.

В последние годы широкое применение получили гидравлические виброударные машины, имеющие перед пневматическими ряд преимуществ и уже практически вытеснившие их в горной и строительной практике. Исследования, проводимые в Кыргызско-Российском Славянском университете, показывают, что машины с гидравлическим приводом должны быть более эффективны и при виброударной очистке поверхностей.

Гидравлические виброударные машины отличаются от пневматических большим коэффициентом полезного действия, лучшими эргономическими и экономическими показателями. Конструкции ударных систем гидравлических машин более совершенны, по сравнению с конструкциями пневматических и кривошипно-коромысловых машин. В ударных системах пневматических и кривошипно-коромысловых машин боек 1 (рис. 1а) представляет собой жесткое тело с податливым сферическим торцом, инструмент 2 имеет вид упругого

стержня, взаимодействующего с обрабатываемой поверхностью 3. В ударных системах с гидравлическим приводом (рис. 1б) боек имеет вид упругого стержня с плоским ударным торцом. Его длина приблизительно равна длине инструмента, а диаметр равен диаметру инструмента или несколько превышает его. Местные контактные деформации бойка пренебрежимо малы по сравнению с общими.

Исследования показали, что жесткий боек с податливой ударной поверхностью формирует в инструменте волну деформации 4 по форме, близкую к синусоидальной (рис. 1а). В свою очередь волна деформации, формируемая в инструменте упругим бойком гидравлической машины, имеет прямоугольную форму (рис. 1б) и при тех же максимальных напряжениях, что и синусоидальная волна, обладает существенно большей энергией. Этот факт является положительным с точки зрения производительности машины.

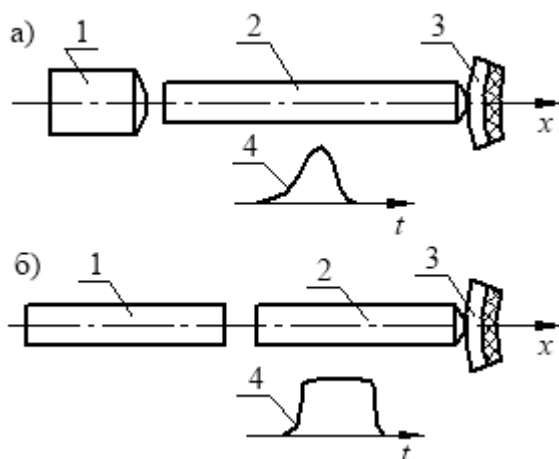


Рис. 1.

Отмеченные различия в конструкциях ударных систем пневматических и гидравлических машин не позволяют использовать существующие модели процесса виброударной очистки поверхностей и установленные с их помощью закономерности для оценки эффективности гидравлических виброударных машин. Это определило необходимость проведения исследований процесса виброударной очистки поверхностей гидравлическими виброударными машинами с целью обоснования их рациональных параметров и

разработки методик расчета.

В математической модели рассматриваемой системы (рис. 1б) движение сечений обоих стержней описывается одномерными волновыми уравнениями:

$$\frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u_j}{\partial x^2} = 0, \quad (1)$$

где  $u_j = u_j(x, t)$  – перемещения сечений бойка ( $j=1$ ) или инструмента ( $j=2$ );  $x$  – координата сечения;  $t$  – время;  $a$  – скорость распространения волны деформации в бойке и инструменте:

$$a = \sqrt{E/\rho},$$

$E, \rho$  – модуль упругости и плотность материала элементов ударной системы.

Решением волновых уравнений в соответствии с методом Даламбера является функция:

$$u_j(x, t) = f_R(at - x) + \varphi_R(at + x), \quad (2)$$

где  $f_R(at - x), \varphi_R(at + x)$  – функции, описывающие перемещения сечений в волнах деформации, распространяющихся в стержнях соответственно в положительном и отрицательном направлениях оси  $x$ . Вид этих функций находится из граничных условий задачи.

Граничные условия для контактного сечения бойка с инструментом имеют вид:

$$E_1 S_1 \frac{\partial u_1(0, t)}{\partial x} = E_2 S_2 \frac{\partial u_2(0, t)}{\partial x}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial u_1(0,t)}{\partial t} = \frac{\partial u_2(0,t)}{\partial t}, \quad (4)$$

$$u_1(0,t) = u_2(0,t), \quad (5)$$

где  $S_1, S_2$  – площади поперечного сечения бойка и инструмента соответственно.

Начальные условия:

$$u_1(0,0) = u_2(0,0) = 0, \quad \dot{u}_1(0,0) = \dot{u}_2(0,0) = V_0. \quad (6)$$

Граничное условие на свободном торце бойка записывается в виде:

$$E_1 S_1 \frac{\partial u_1(-l,t)}{\partial x} = 0, \quad (7)$$

где  $l$  – длина бойка.

В начальный момент удара в бойке прямых волн  $f_1$  нет, а в инструменте нет отраженных волн  $\varphi_1$ . С учетом этого перемещения сечений бойка и инструмента в начале удара будут описываться функциями

$$u_1(x,t) = V_0 t + \varphi_{11}(a_1 t + x), \quad (8)$$

$$u_2(x,t) = f_{21}(a_2 t - x). \quad (9)$$

Подставляя эти функции в граничные условия (3), (4), можно найти вид функции  $f_{21}$  и  $\varphi_{11}$ , а затем – скорости и усилия в сечениях, охваченных этими волнами.

Известно, что при ударе по инструменту упругим бойком, ударная жесткость которого больше ударной жесткости инструмента, в последнем формируется волна деформаций ступенчатой формы (рис. 2) с длительностью каждой ступени  $T = 2l/a$  и амплитудой усилий, определяемой по формуле

$$P_{2n} = P_{21} q^{n-1}, \quad (10)$$

где  $n$  – номер ступени,  $P_{21}$  – амплитуда первой ступени волны,

$$P_{21} = -\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} V_0. \quad (11)$$

$c_1, c_2$  – ударные жесткости бойка и инструмента,

$$q = \frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2} = \frac{r_{12} - 1}{r_{12} + 1}, \quad r_{12} = \frac{c_1}{c_2},$$

$V_0$  – скорость удара.

Функция  $f_2$  связана с усилиями  $P_2$  соотношениями

$$f_{2n}'(at - x) = -\frac{P_{2n}}{E_2 S_2}. \quad (12)$$

Волна, описываемая функцией  $f_{2n}(at - x)$ , достигая обрабатываемого объекта, отражается от него в виде волны,

описываемой функцией  $\varphi_{2n}(at + x)$ . С этого момента перемещения в сечениях, охваченных волнами  $f_{2n}$  и  $\varphi_{2n}$ , описываются функцией

$$u_{2n}(x,t) = f_{2n}(at - x) + \varphi_{2n}(at + x).$$

В этом решении функция  $f_{2n}$  известна, а функция  $\varphi_{2n}$  находится из граничных условий в контакте инструмента с обрабатываемой поверхностью. Если за начало оси  $x$  принять контактное сечение, то граничные условия запишутся так:

$$E_2 S_2 \frac{\partial u_2(0,t)}{\partial x} + P_k(t) = 0, \quad (13)$$

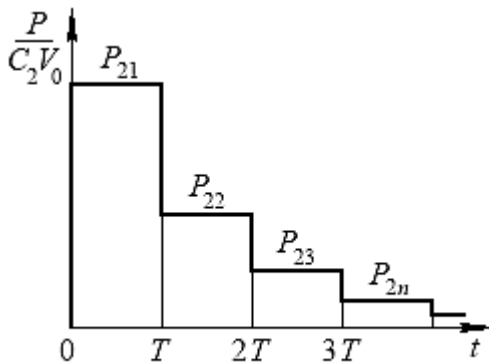


Рис. 2.

где  $P_k$  – усилия в контактном сечении инструмента и пластины, зависящие от контактной характеристики.

В данной работе в качестве обрабатываемой поверхности рассматривается поверхность пластины. При этом контактная характеристика инструмента и пластины при сферическом торце инструмента имеет вид [1]:

$$P_k(t) = c[u_2(0, t) - w(t)], \quad (14)$$

где  $w(t)$  – прогиб пластины в точке контакта с инструментом;  $c$  – приведенный коэффициент жесткости, определяемый по формулам, выведенным в работе [1].

Подстановка выражений (9), (14) в граничное условие (13) приводит к дифференциальному уравнению [1]:

$$\Psi'_{2n}(\xi) + s\Psi_{2n}(\xi) = \Phi'_{2n}(\xi) - (b - \beta)\Phi_{2n}(\xi), \quad (15)$$

где

$$\xi = at, \quad \Phi_{2n}(\xi) = f'_{2n}(\xi), \quad \Psi_{2n}(\xi) = \varphi'_{2n}(\xi),$$

$$b = \frac{c}{ES}, \quad \beta = \frac{c}{8a\sqrt{Dm_0}}, \quad D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}, \quad m_0 = \rho\delta,$$

где  $\delta$  – толщина пластины.

Из выражения (12) следует

$$\Phi_{2n}(\xi) = -\frac{P_{2n}}{E_2S_2}, \quad \Phi'_{2n}(\xi) = 0,$$

тогда уравнение (15) принимает вид

$$\Psi'_{2n}(\xi) + \Psi_{2n}(\xi) = -(b - \beta)\frac{P_{2n}}{E_2S_2}, \quad (16)$$

Решением этого уравнения является функция

$$\Phi_{2n} = A e^{-s\xi} - \frac{b - \beta}{(b + \beta)} \frac{P_{2n}}{E_2S_2}$$

Для первой ступени начальной волны деформации  $f_{21}(\xi)$ , распространяющейся по инструменту в сторону пластины, постоянная  $A$  находится из начальных условий:

$$P_{k1}(0) = 0,$$

$$E_2S_2[-\Phi_{21}(0) + \Psi_{21}(0)] = 0,$$

$$A = -\frac{P_{21}}{E_2S_2} \frac{2b}{(b + \beta)},$$

Между  $b$  и  $\beta$  существует следующая взаимосвязь:

$$\beta = b\chi v^2, \quad \chi = \frac{\pi}{16}\sqrt{3(1-\mu^2)}, \quad v = \frac{d}{\delta}$$

Для стали с коэффициентом Пуассона, равным 0,3, можно принять:  $\chi = 0,3244$ . С учетом этого решение принимает вид:

$$\Psi(at) = \frac{P_{21}}{E_2S_2} \left( \frac{1 - \chi v^2}{1 + \chi v^2} - \frac{2}{1 + \chi v^2} e^{-sat} \right).$$

Усилия в отраженной волне определяются зависимостью

$$P_{om} = E_2S_2\Psi(at) = \frac{P_{21}}{1 + \chi v^2} (1 - \chi v^2 - 2e^{-sat}), \quad (17)$$

а усилия в контакте инструмента с пластиной:

$$P_k = P_{om} + P_{21} = \frac{2P_{21}}{1 + \chi v^2} (1 - e^{-sat}). \quad (18)$$

Графики функций (17), (18) в безразмерном виде показаны на рис. 3.

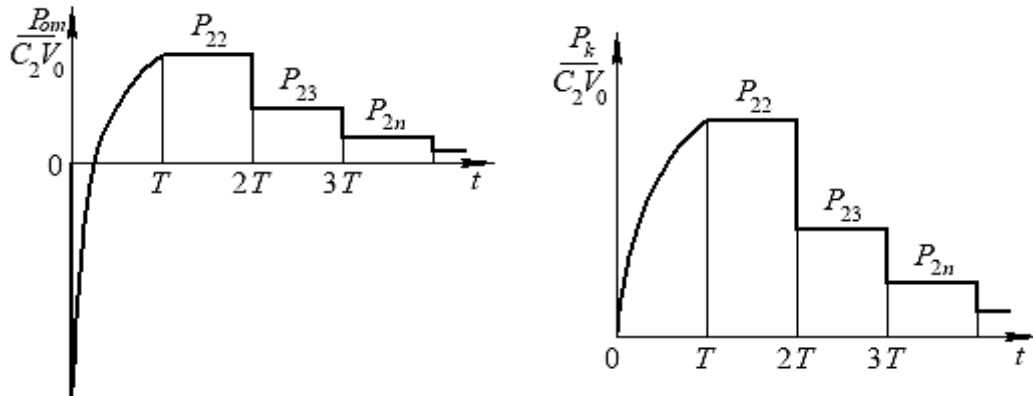


Рис. 3.

Из уравнения (17) следует, что при  $t = 0$ , т.е. в начальный момент времени волна отражается от пластины с противоположным знаком, при этом  $P_k = 0$ .

В конце действия на пластину первой ступени волны ( $t = T$ ) усилие в контактном сечении

$$P_k(T) = \frac{2P_{21}}{1 + \chi v^2} (1 - e^{-\chi v^2 T}). \quad (19)$$

Из работы [1] следует, что при толщине пластины меньше 12,5 мм и диаметре инструмента меньше 50 мм выполняется условие  $saT > 6$  и экспоненциальным членом в выражении (19) можно пренебречь. Тогда максимальное значение контактной силы после действия на пластину первой ступени волны будет равно:

$$P_k = \frac{2P_{21}}{1 + \chi v^2}. \quad (20)$$

Для того чтобы передача энергии удара в пластину при действии второй ступени волны не происходила, необходимо выполнение условия

$$P_k \geq 2P_{22}.$$

После подстановки в это условие соответствующих функций оно приводится к виду

$$r_{12} \leq \frac{2 + \chi v^2}{\chi v^2}. \quad (21)$$

Энергия в прямой и отраженной волнах находится из следующих соотношений

$$A_{np} = \frac{F_{21}^2 T}{C_2}, \quad A_{отн} = \frac{1}{C_2} \int_0^T F_{отн}^2 dt,$$

а коэффициенты передачи энергии бойка в инструмент  $\eta_1$  и из инструмента в пластину  $\eta_2$  определяются по формулам:

$$\eta_1 = A_{np}/A_0, \quad \eta_2 = (A_{np} - A_{отн})/A_{np} = 1 - A_{отн}/A_{np},$$

где  $A_0$  – кинетическая энергия бойка в начальный момент удара,  $A_0 = mV_0^2/2$ ,  $m$  – масса бойка;  $V_0$  – скорость удара.

Подставляя в эти формулы соответствующие выражения, пренебрегая экспоненциальными членами ввиду их малости, получим:

$$\eta_1 = \frac{4r_{12}}{(r_{12} + 1)^2}, \quad \eta_2 = \frac{4\chi v^2}{(1 + \chi v^2)^2} \left[ 1 - \frac{2\chi v^2 - 1}{4\chi v^2 bl(1 + \chi v^2)} \right]. \quad (22)$$

Общий коэффициент передачи энергии бойка в пластину определится как:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2.$$

Напряжения в инструменте определяются по формуле

$$\sigma_2 = \frac{P_{21}}{S_2} = \frac{r_{12}}{(r_{12} + 1)} \rho a V_0. \quad (23)$$

Из полученных соотношений следует, что максимальные напряжения в инструменте определяются только отношениями ударных жесткостей бойка и инструмента, а коэффициент передачи энергии бойка в пластину зависит как от отношения ударных жесткостей бойка и инструмента, так и от отношения диаметра инструмента к толщине пластины. Выведенные соотношения (21) – (23) позволяют выбирать рациональные параметры ударной системы, обеспечивающие высокий коэффициент передачи энергии от машины в обрабатываемый объект при напряжениях в инструменте, не превышающих допускаемые по условию его прочности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Еремьянц В.Э. Динамика ударных систем. Моделирование и методы расчета. Palmariumacademicpublishing. Саарбрукен. Германия. 2012. 586 с.

## СОБСТВЕННЫЕ ФОРМЫ И ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ КОРОМЫСЛОВОЙ УДАРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СВЯЗЯХ БОЙКА С КОРОМЫСЛОМ

Колесников Н.А.

тел.: 0 (554) 262444; e-mail: [nkolesnikov14@yandex.com](mailto:nkolesnikov14@yandex.com)

Кыргызско-Российский Славянский университет,

г. Бишкек, Кыргызская Республика

В Инженерной академии Кыргызской Республики разработан механический генератор ударных импульсов высокой мощности ГУИМ–1, предназначенный для глубокого уплотнения грунтов под различные строительные конструкции, подготовки основания железных и автомобильных дорог, а также для генерирования колебаний почвы с целью повышения эффективности добычи нефти и газа. Энергия единичного удара для данной машины при частоте ударов 0,3–0,5 Гц принята равной 18–30 кДж [1].

Ранее было проведено исследование динамических параметров молота, но прочностного расчета отдельных элементов конструкции не делалось. На основании этого была сформулирована задача, заключающаяся в исследовании напряженного состояния коромысла механизма ГУИМ-1, выполненного в виде балки из швеллеров с бойком на конце.

В качестве ударного механизма используется кривошипно-коромысловый механизм, геометрические размеры элементов которого создают условия для возникновения особых положений, когда все четыре звена механизма располагаются на одной линии[2].

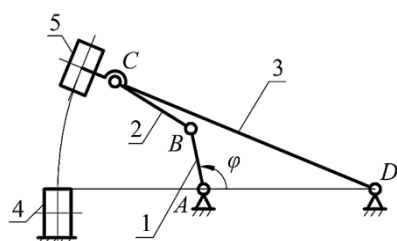


Рис. 1. Кинематическая схема кривошипно-коромыслового механизма ГУИМ–1.



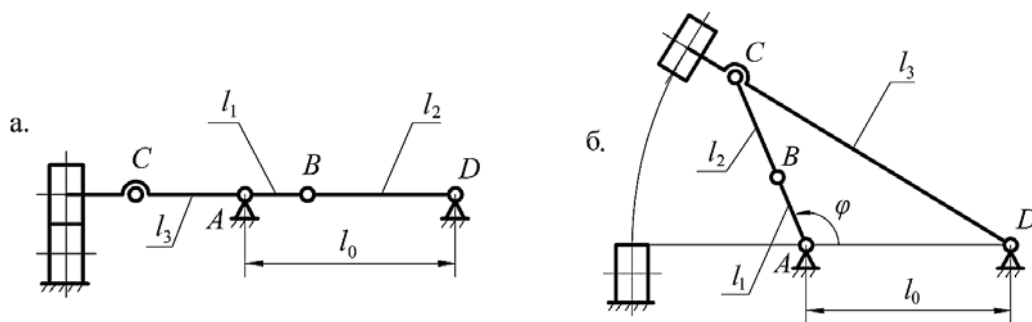


Рис. 2. Особое (а) и крайнее (б) положения механизма.

В соответствии с технической теорией изгиба уравнение движения однородной балки постоянного сечения при свободных изгибных колебаниях имеет вид:

$$EI \frac{\partial^4 x}{\partial z^4} + m_0 \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = 0. \quad (1)$$

Решение этого уравнения принимается в виде произведения двух функций:

$$x(z, t) = u(z) \cdot \cos(pt + \varphi). \quad (2)$$

Подставляя его в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение относительно амплитудных функций:

$$u^{IV}(z) - \alpha^4 \cdot u(z) = 0, \quad (3)$$

где

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{m_0 p^2}{EJ}}.$$

Решение этого уравнения записывается через функции Крылова в виде:

$$u(z) = C_1 K_1(\alpha z) + C_2 K_2(\alpha z) + C_3 K_3(\alpha z) + C_4 K_4(\alpha z).$$

На первом этапе принято допущение, что точка крепления коромысла к бойку совпадает с центром тяжести, и моментом сил инерции ударной массы можно пренебречь.

В таком случае, граничные условия представляются в следующем виде:

$$\begin{aligned} u(0) = 0, u''(0) = 0, \\ m_2 p^2 u'(0) = -EI_2 u'''(0) + cV(0), u'''(0) = 0. \end{aligned}$$

Из первых двух условий на основании свойств функций Крылова следует  $C_1 = 0; C_3 = 0$ , тогда решение уравнения примет вид:

$$u(z) = C_2 K_2(\alpha z) + C_4 K_4(\alpha z). \quad (4)$$

Для уменьшения числа параметров введены безразмерные коэффициенты:  $k_m$  – отношение масс бойка и коромысла,  $k_c$  – отношение жесткостей бойка и коромысла.

$$k_m = \frac{m_2}{m_0 l}, \quad k_c = \frac{c}{c_2}. \quad (5)$$

Составляя на основе оставшихся граничных условий систему уравнений и приравнивая ее определитель к нулю, получили уравнение для отыскания собственных частот колебаний балки:

где  $\lambda = \alpha l$ .

Формы колебаний балки описываются зависимостью

$$u_k = K_2(\alpha_k z) - B_k K_4(\alpha_k z), \quad (6)$$

где

$$B_k = \frac{K_4(\lambda_k)}{K_2(\lambda_k)},$$

Решение уравнений движения коромысла записывается через главные координаты и разлагается по собственным формам и частотам.

Так как колебания коромысла свободные с начальными условиями  $x(z, 0) = 0$ ,  $\dot{x}(z, 0) = \omega_0 z$ , то главные координаты выражаются через гармонические функции:

$$q_k(t) = C_k \cos(p_k t + \varphi_k), \quad (7)$$

$$\dot{q}_k(t) = -C_k p_k \sin(p_k t + \varphi_k), \quad (8)$$

где  $C_k$  и  $\varphi_k$  – постоянные, которые находятся из начальных условий.

$$C_k = \frac{1}{m_k p_k} \left\{ \frac{m_0 \omega_0}{2} \left[ \frac{(1 - B_k) l}{\alpha_k} \left( c h(\lambda_k) - \frac{1}{\lambda_k} s h(\lambda_k) \right) + \frac{1 + B_k}{\alpha_k^2} (\sin(\lambda_k) - \lambda_k \cos(\lambda_k)) \right] + m_2 \omega_0 l u_k(l) \right\} \varphi_k = -\frac{\pi}{2}$$

Решение уравнения движений балки представляется в виде ряда:

$$x(z, t) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(z) q_k(t).$$

Изгибающий момент в сечениях балки определяется из выражения

$$M(z, t) = EJ \frac{\partial^2 x(z, t)}{\partial z^2}. \quad (9)$$

Напряжения в сечениях балки:

$$\sigma(z, t) = \frac{M(z, t)}{W}.$$

На втором этапе решения рассматриваемой задачи математическая модель была усложнена. Принималось, что боек жестко связан с коромыслом. Это привело к необходимости учета его момента инерции.

В таком случае граничные условия принимают вид:

$$\begin{aligned} u(0) = 0, u''(0) = 0, \\ m_2 p^2 u'(l) = -EI u'''(l) + cu(l), \\ Ip^2 u'(l) = EI u''(l), \end{aligned} \quad (10)$$

Для уменьшения числа параметров введены безразмерные коэффициенты:  $k_i$  – отношение моментов инерции бойка и коромысла,  $\xi$  – отношение длин бойка и коромысла.

$$k_i = 1 + \frac{I_p}{I_s}, \quad \xi = \frac{l}{l_s} = 1 + \frac{R}{l}. \quad (11)$$

С помощью преобразований, описанных ранее, получена функция для определения частот колебаний балки:

$$\begin{aligned} & \left[ \left( k_m \lambda - 3 \frac{K_0}{\lambda^3} \right) K_2(\xi \lambda) + K_3(\lambda) \right] \left[ k_i \frac{\lambda^3}{3} K_3(\lambda) - K_2(\lambda) \right] \\ & - \left[ k_i \frac{\lambda^3}{3} K_1(\lambda) - K_4(\lambda) \right] \left[ \left( k_m \lambda - 3 \frac{K_0}{\lambda^3} \right) K_4(\xi \lambda) + K_1(\lambda) \right] = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Графики, отображающие формы колебаний коромысла по всей длине, изображены на рис. 3: для математической модели системы с шарнирной связью бойка и коромысла (рис. 3а) и для второй модели, когда боек жестко связан с коромыслом (рис. 3б). Здесь кривая 1 показывает форму колебаний, соответствующую первой и низшей частоте колебаний коромысла, и далее порядковые номера кривых относятся с формами колебаний для частот с соответствующими порядковыми номерами.

Из графика для первой модели, когда боек имеет возможность свободно поворачиваться относительно своей оси, видно, что первая форма колебаний описывает почти полную полуволну синусоиды. Все последующие формы колебаний описываются полными синусоидами, принимающими нулевое значение как в шарнире, так и в закреплении бойка. Таким образом, на изогнутую линию коромысла при ударе фактически влияет только форма колебаний при низшей частоте.

Первая форма колебаний, соответствующая низшей частоте во второй модели, описывает только четверть полуволны синусоиды. Последующие три формы колебаний для этой модели также не равны нулю в креплении бойка к коромыслу, но приобретают форму волн синусоиды. Основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод, что вид закрепления в значительной мере влияет на собственные формы колебаний. Это влияние отобразится и на последующих величинах изгибающих моментов и напряжений в коромысла, что обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований.

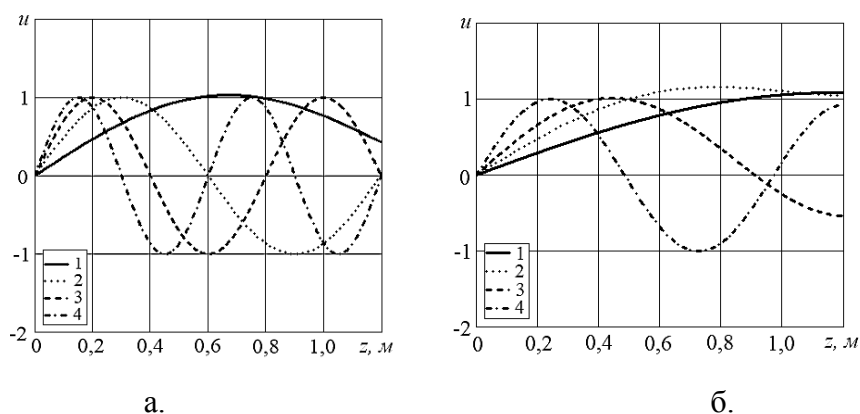


Рис. 3. Формы колебаний балки коромысла для модели: а) с шарнирной связью бойка с коромыслом; б) с жесткой связью бойка с коромыслом.

В табл. 1 приведены значения частот колебаний коромысла для обеих моделей в зависимости от формы колебаний.

Табл. 1.

Значение частот колебаний, $\rho_k, \text{с}^{-1} \cdot 10^{-3}$	Порядковый номер формы колебаний			
	1	2	3	4
При подвижной связи бойка и коромысла	3,282	15,262	34,143	60,700
При жесткой связи бойка и коромысла	1,203	3,383	7,173	23,260

Сравнивая значения первых частот видно, что для второй модели оно почти в три раза меньше, чем для первой. Отсюда следует, что жесткое закрепление бойка уменьшает частоту колебаний. Интервал между значениями частот во второй модели значительно меньше, чем в первой, что связано с большой силой инерции бойка, которая на различных частотах оказывает различное влияние на поведения коромысла.

Анализ полученных результатов показал, что жесткое закрепление бойка и коромысла значительно влияет на формы колебаний последнего. Сходимость рядов, описывающих прогибы, изгибающие моменты и напряжения в коромысле значительно ухудшилась, что приводит к существенному усложнению проведения расчетов. Для обеспечения допустимой в инженерных расчетах точности, необходимо учесть около 50 членов ряда, описывающего прогибы коромысла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. Бишкек: Илим. 2005. 196 с.
2. Еремьянц В.Э. Построение и анализ динамических моделей механизмов. Ч. 5. Динамические модели машин с плоскими шарнирно-рычажными механизмами: Учебно-методическое пособие. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2007. 56 с.

## НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСНАЩЕННОГО СТЕРЖНЯ ПРИ УДАРЕ ПО ЖЕСТКОЙ ПРЕГРАДЕ

Дроздова И.С.

e-mail: [drozdova92@gmail.com](mailto:drozdova92@gmail.com)

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Рассматриваемая в данной работе задача связана с необходимостью совершенствования процесса виброударного отделения отливок от литниковых стержней при литье по выплавляемым моделям [1]. После заливки металла в оболочковую форму и охлаждения литейный блок представляет собой центральный литниковый стержень 1 (рис. 1а), к которому с помощью питателей 2 присоединены мелкие отливки 3. В одном блоке может находиться до 12 рядов отливок, а в каждом ряду до 10 и более отливок. На рис. 1б показан пример конструкции питателя при отливке головок торцовых гаечных ключей.

При виброударном способе отделения отливок по стержню наносятся удары с помощью ударного механизма. В результате этого в стержне возникают продольные волны деформации, которые приводят к колебаниям сечений стержня и расположенных на стержне отливок. При колебаниях в питателях действуют знакопеременные напряжения, приводящие к разрушению питателей и отделению отливок от стержня.

Для того чтобы при отделении отливок на них не оставалось остатков питателей, на питателе у отливки делают пережим 4, который играет роль

концентратора напряжений. Разрушение питателя происходит в сечении с пережимом.

Для повышения производительности и снижения энергоемкости процесса виброударного отделения отливок необходима разработка и исследование модели литейного блока при ударном нагружении с целью выбора рациональных параметров ударной нагрузки и способов её реализации.

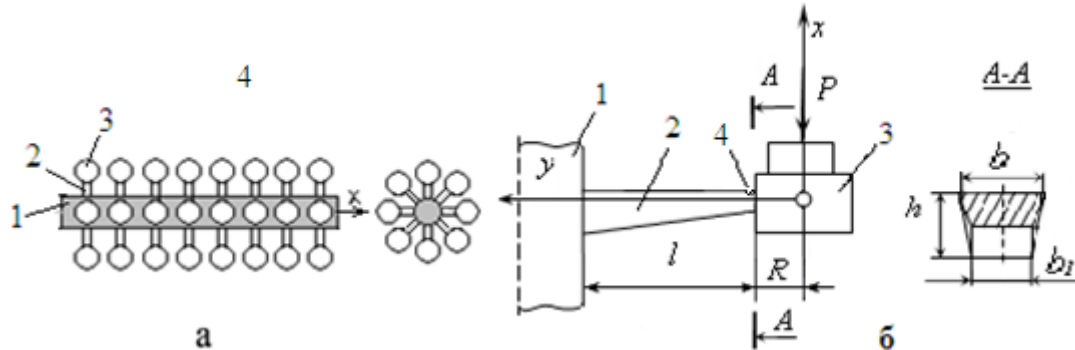


Рис. 1. Конструкция литейного блока (а) и питателей (б).

Литейный блок можно представить как оснащенный стержень. Под оснащенный стержнем понимается стержень, к которому с помощью упругих элементов присоединены сосредоточенные массы. Исследованию процесса ударного нагружения оснащенных стержней посвящена монография [2]. В ней на основе результатов экспериментальных и теоретических исследований разработаны модели отдельных элементов оснащенного стержня и в первом приближении решены задачи колебаний оснащенных стержней, несущих небольшое количество сосредоточенных масс. В последующей работе [3] предложены более общие модели оснащенных стержней с конечным числом степеней свободы и стержней с распределенными параметрами.

Модель с распределенными параметрами показана на рис. 2. В ней  $u_1(x, t)$  – перемещение сечений стержня;  $u_2(x, t)$  – перемещение сосредоточенной массы;  $x$  – координата сечения, отсчитываемая от левого конца стержня;  $t$  – время;  $m$  – масса единицы длины центрального стержня;  $m_0$  – распределенная масса отливок (масса, приходящаяся на единицу длины стержня);  $c$  – жесткость всех упругих связей, расположенных на единичной длине стержня.

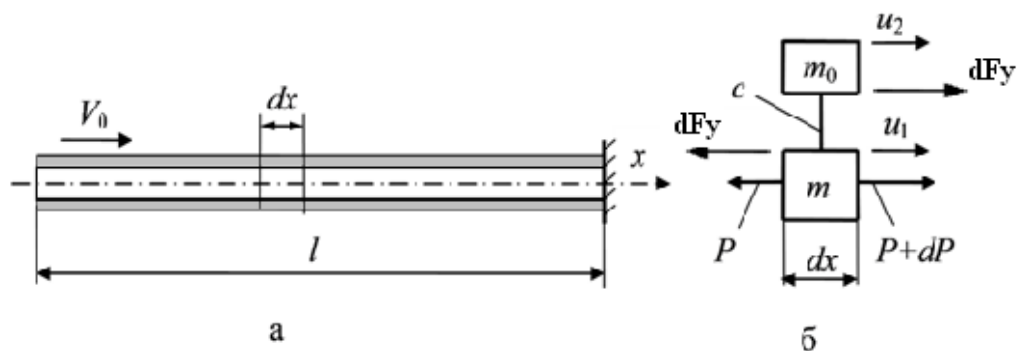


Рис. 2. Модель оснащенного стержня с распределенными параметрами.

Если масса самого стержня –  $m_1$ , величина одной сосредоточенной массы –  $m_2$ , а жесткость одной упругой связи сосредоточенной массы со стержнем –  $c_0$ , то параметры модели связаны с параметрами оснащенного стержня соотношениями:

$$m = m_1/l - \rho S, \quad m_0 = m m_2/l, \quad c = m c_0/l, \quad c_0 = 3EJ/E^{\lambda},$$

где  $\rho$  – плотность материала стержня;  $S, l$  – площадь поперечного сечения и длина стержня;  $n$  – количество сосредоточенных масс;  $E$  – модуль упругости материала

стержня;  $J$  – момент инерции поперечного сечения питателя;  $L$  – расстояние от центра масс отливки до стержня.

С использованием модели стержня с распределенными параметрами в [4] решена задача определения усилий, возникающих в сечениях стержня и в упругих связях отливок со стержнем при ударе стержнем по жесткой преграде. Формулы для определения усилий в питателях  $F_y(x, t)$  и в сечениях стержня  $P(x, t)$  имеют вид

$$F_y(x, t) = \frac{2cV_0}{l} \sum_{s=1}^{\infty} B_s(1 - \lambda_{s1}) \cos \beta_s x \left[ \sin p_{s1} t - \frac{p_{s1}}{p_{s2}} \sin p_{s2} t \right], \quad (2)$$

$$P(x, t) = -\frac{2ma^2V_0}{l} \sum_{s=1}^{\infty} B_{s1} \beta_s \sin \beta_s x \left[ \sin p_{s1} t - \frac{p_{s1}}{p_{s2}} \sin p_{s2} t \right]. \quad (3)$$

где  $p_{s1}$ ,  $p_{s2}$  – собственные частоты колебаний стержня;  $a$  – скорость распространения волны деформации в стержне;  $V_0$  – скорость удара.

$$p_{s1, s2} = [g \pm (g^2 - a^2 \beta_s^2 k_0^2)^{1/2}]^{1/2}, \quad a = \sqrt{E/\rho},$$

$$g = 0,5[a^2 \beta_s^2 + (k_0^2 + k^2)], \quad \beta_s = (2s - 1)\pi/2l, \quad s = 1, 2, 3 \dots \infty.$$

$$B_{s1} = [(-1)^{s-1} (a^2 \beta_s^2 - p_{s2}^2)] / [\beta_s p_{s1} (p_{s2}^2 - p_{s1}^2)],$$

$$B_{s2} = [p_{s1} (a^2 \beta_s^2 - p_{s1}^2)] / [p_{s2} (a^2 \beta_s^2 - p_{s2}^2)],$$

$$\lambda_{s1} = 1 + [(a^2 \beta_s^2 - p_{s1}^2) / k^2], \quad k^2 = c/m, k_0^2 = c/m_0.$$

Знак минус перед правой частью уравнения (3) показывает, что в сечениях стержня действуют усилия сжатия.

Данная работа является продолжением работ по исследованию оснащенных стержней. В её задачи входит определение напряжений, возникающих в стержне и в питателях при ударе стержнем по жесткой преграде, и определение скорости удара, при которой будет происходить отделение отливок без разрушения литникового стержня.

Задача решалась на примере блока отливок торцовых гаечных ключей № 14, который имел следующие параметры: масса стержня –  $m_1 = 3,292$  кг; длина стержня –  $l = 0,37$  м; диаметр стержня –  $d = 38$  мм; масса отливки –  $m_2 = 0,06$  кг; плотность материала стержня –  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>; модуль упругости –  $E = 20,7 \cdot 10^{10}$  Па; размеры питателя в сечении с пережимом –  $b \times h = 9 \times 6$  мм; длина питателя  $l_1 = 13,3$  мм; расстояние от центра масс отливки до пережима  $l_2 = 12,5$  мм; расстояние от центра масс отливки до стержня –  $L = 0,025$  м; количество рядов отливок – 8; количество отливок в ряду – 8; материал стержня – сталь 50ХНЛ.

С использованием этих данных по формулам (1) подсчитано:

$$c_0 = 6,438 \cdot 10^6 \text{ Н/м}; \quad m = 8,898 \text{ кг/м}, m_0 = 10,378 \text{ кг/м},$$

$$c = 11,136 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2, \quad c_1 = 0,515 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2.$$

В работе [2] показано, что при данной форме питателя максимальные напряжения возникают в сечении рядом с отливкой и помимо этого в этом сечении есть концентратор напряжений. Поэтому расчет изгибных напряжений проводился для сечения питателя с концентратором напряжений. Координата этого сечения  $y = 12,5$  мм.

Напряжения в питателях определялись по формуле

$$\sigma_1 = F_y l_2 / W_y, \quad (4)$$

где  $W_y$  – момент сопротивления изгибу поперечного сечения питателя.

В общем случае момент сопротивления изгибу поперечного сечения питателя, имеющего форму трапеции (рис. 1б), находится по формуле

$$W_y = \frac{h^2(6b_1^2 + 6b_1b_2 + b_0^2)}{12(3b_1 + 2b_0)},$$

где  $b_1$  – длина нижнего основания трапеции;  $b_1 + b_0 = b$  – длина верхнего основание трапеции;  $h$  – высота трапеции.

Последнюю формулу можно записать в виде

$$W_y = \frac{b_1 h^2}{6} \cdot \left( \frac{1 + b_0/b_1 + b_0^2/6b_1^2}{1 + 2b_0/3b_1} \right). \quad (5)$$

В рассматриваемом примере размеры сечения питателя в месте пережима следующие:  $b_1 = 9$  мм,  $b = 10$  мм,  $h = 6$  мм. При этом  $b_0 = 1$  мм и формула (5) принимает вид:

$$W_y = 1,0364 \cdot \frac{h^2 b_1}{6}.$$

Отсюда следует, что с погрешностью, не превышающей 4%, можно принять

$$W_y = h_1 h^2 / 6.$$

Напряжения в сечениях стержня определялись по формуле

$$\sigma_2 = P/S. \quad (6)$$

При расчетах начало оси  $x$  располагалось на левом торце стержня. Расчеты проводились для трех сечений стержня с координатами, соответствующими крайним рядам отливок ( $x = 0,041$  м,  $x = 0,328$  м) и среднему ряду ( $x = 0,164$  м). При расчете скорость удара принималась равной 1 м/с.

При решении в разложении (2), (3) учитывалось 8 первых гармоник ( $s = 1 \dots 8$ ), поскольку расчеты показали, что последующие гармоники не оказывают существенного влияния на результаты расчета.

Результаты расчетов напряжений в питателях ( $\sigma_1$ ) и в центральном стержне ( $\sigma_2$ ) блока отливок показаны на рис. 3.

Как видно на рис. 3, несмотря на то что уравнения движения (2), (3) не волновые, на полученных графиках прослеживается волновой характер распространения возмущений. Например, в сечении с координатой  $x=0,328$  м, расположенном у опоры, напряжения возникают практически в начальный момент удара, в сечении с координатой  $x = 0,164$  м – через время, примерно равное 32 мкс, а в сечении с координатой  $x = 0,041$  м – через время, равное 65 мкс. Это время, необходимое для распространения возмущений от опоры до рассматриваемого сечения.

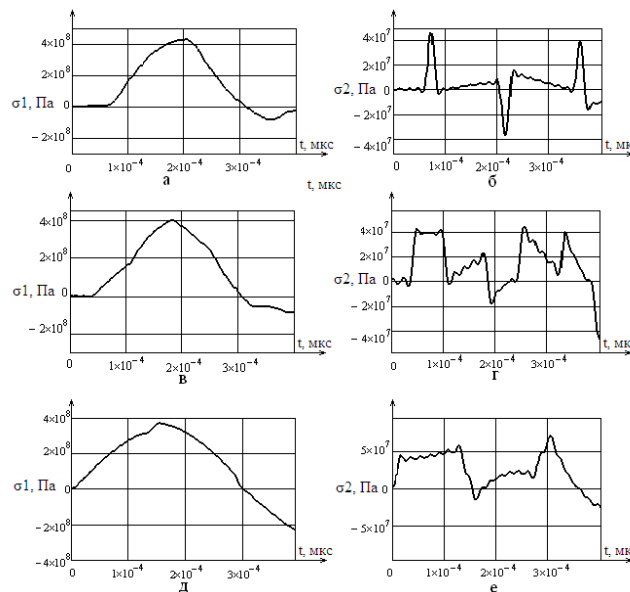


Рис. 3. Графики зависимости напряжений в питателях блока отливок (а, в, д) и в сечениях центрального стержня (б, г, е) от времени.

а, б –  $x=0,041$  м; в, г –  $x = 0,164$  м; д, е –  $x = 0,328$  м.

Заметим, что амплитуды напряжений в сечениях стержня при  $x = 0,041$  м,  $0,164$  м и  $0,328$  м равны соответственно 46, 45 и 71 МПа, а амплитуды напряжений в упругих связях в этих же сечениях составляют 435, 400 и 375 МПа. Отсюда следует, что максимальные значения напряжений в упругих связях на порядок выше значений напряжений в самом стержне.

Предел прочности стали 50ХНЛ лежит в пределах 500...600 МПа и зависит от условий охлаждения отливок. Исходя из этих значений, можно найти, что минимальная скорость удара, при которой будет происходить отделение отливок от блока, составляет:

$$V_{\min} = 600/435 = 1,4 \text{ м/с.}$$

Максимальная скорость удара, ограниченная прочностью центрального литникового стержня, равна:

$$V_{\max} = 500/71 = 7 \text{ м/с.}$$

Принимая для стержня коэффициент запаса прочности равным 1,4, можно рекомендовать для данного блока отливок скорость удара 5 м/с. При этом будет происходить эффективное отделение отливок без разрушения стержня.

В работе рассмотрен случай непосредственного удара стержнем по жесткой опоре. Задачей дальнейших работ в этом направлении является исследование напряженного состояния блока отливок при ударе по стержню бойком ударного механизма, при различных параметрах бойка и различной жесткости опорного устройства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Еремьянц В.Э., Невенчаный Ю. В., Харченко А.К., Фесенко А.В. Виброударное отделение отливок от литниковых систем при литье по выплавляемым моделям //Литейное производство. 1991. № 1. С. 33-35.
2. Еремьянц В.Э., Невенчаный Ю.В., Писаренко Н.Г. Ударное нагружение оснащенных стержней. Фрунзе: Илим. 1987. 164 с.
3. Еремьянц В.Э., Дроздова И.С., Муктарбекова Г.М. Расчет собственных форм и частот колебаний оснащенного стержня, описываемого различными моделями /Современные проблемы механики сплошной среды. Труды Международн. научн. конф. Бишкек: Илим. 2012. С. 374 – 378.
4. Дроздова И.С. Колебания оснащенного стержня при ударе по жесткой преграде /Наука. Техника. Инновации. Материалы Российской научной конференции молодых ученых. Новосибирск. НГТУ. 2012. С. 198 – 202.

#### **ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА ОТБойНОГО АГРЕГАТА НА МАКСИМАЛЬНОЕ УСИЛИЕ ПРИЖАТИЯ МОЛОТА К ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Муктарбекова Г.М.

Тел.: 0773 69-68-01; e-mail: [gulmir101@mail.ru](mailto:gulmir101@mail.ru).

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

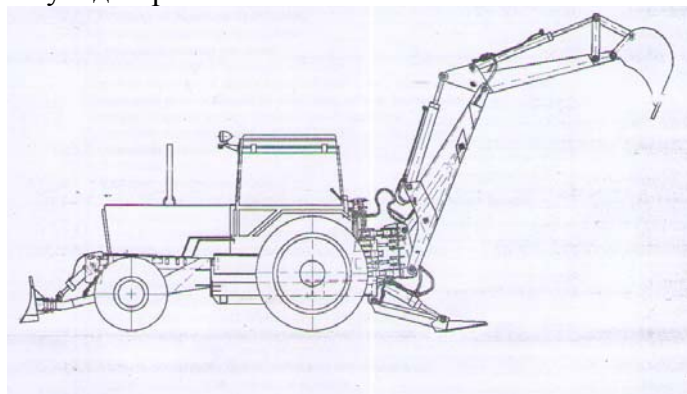
В строительстве широкое применение получили гидравлические молоты для разрушения бетонных конструкций, твердых покрытий, мерзлых грунтов. Эти молоты навешиваются на манипулятор базовой машины и подключаются к ее



гидросистеме. В качестве базовой машины чаще всего используют экскаваторы. Тип базовой машины определяется исходя из массы молота, его ударной мощности и возможностей манипулятора и гидросистемы машины.

Практика показывает, что использование молота в качестве навесного оборудования снижает срок службы манипулятора базовой машины из-за действия на него реактивных ударных нагрузок. В то же время исследования, проведенные различными авторами в предшествующие годы, показывают, что динамические нагрузки на элементы манипулятора зависят, кроме прочих факторов, от усилий прижатия молота к обрабатываемой поверхности. В связи с этим одной из актуальных задач является исследование взаимосвязи динамических нагрузок в манипуляторе отбойных машин от усилия прижатия молота с целью разработки рекомендаций по их уменьшению. Для решения этой задачи в данной работе определялись максимальные усилия прижатия молота к обрабатываемой поверхности при различных положениях манипулятора.

Отбойный агрегат состоит из кривошипно-коромыслового молота МО-100, навешиваемого вместо ковша на манипулятор экскаватора-бульдозера 702ЕВ (рис. 1). Молот имеет энергию удара 1200-1400 Дж при частоте ударов 2,5–3 Гц. В качестве базового шасси экскаватора используется трактор МТЗ-82 «Беларусь». Масса трактора составляет 6200 кг, габаритные размеры: длина 7700 мм, ширина 2300 мм, высота в транспортном положении 3800 мм. В передней части трактора установлен отвал бульдозера.



Для определения максимального усилия прижатия молота необходимо знать массы отдельных звеньев манипулятора и положения их центров тяжести. Эти параметры рассчитывались по результатам непосредственных измерений

Рис. 1. Экскаватор – бульдозер МТЗ-82 «Беларусь».

размеров звеньев. В результате расчетов были получены: масса колонки - 120 кг, рукояти - 120 кг, стрелы - 170 кг, гидроцилиндра стрелы экскаватора - 76,5 кг, гидроцилиндра поворота - 33 кг, гидроцилиндра стрелы погрузчика - 52,3 кг, гидравлического молота - 450 кг. Общая масса манипулятора с молотом составляет 1020 кг, а сила тяжести  $G_{об}$  равна 10000 Н. Были определены координаты центров масс составляющих манипулятора и общего центра масс манипулятора.

Определение координаты общего центра масс манипулятора производилось по формуле:

$$x_c = \frac{\sum_{j=1}^n x_j m_j}{\sum_{j=1}^n m_j},$$

где

$x_j$  – координата центра инерции  $j$  – того элемента.

Значения координат  $x_c$  центра масс для различных положений манипулятора, отсчитываемых от поворотной колонки, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Положение	1	2	3	4	5
$x_c, \text{мм}$	1860	2128	2300	2600	2700

Наибольшее усилие прижатия молота обеспечивается, когда агрегат опирается только на заднюю опорную точку (отвал) и на молот. Это усилие, в свою очередь, зависит от положения стрелы манипулятора. При работе в непосредственной близости от шасси это усилие больше, а в удалении от него меньше. Были определены максимальное и минимальное положения манипулятора в зависимости от вылета стрелы манипулятора (рис. 2, 3). В дальнейшем расчеты проводились для пяти промежуточных положений.

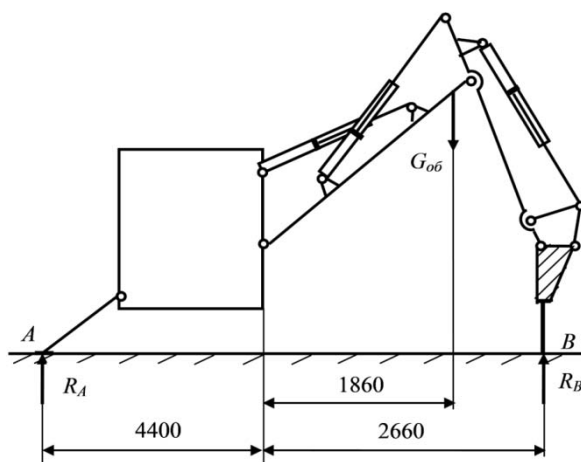


Рис. 2. Схема отбойного агрегата при минимальном вылете стрелы манипулятора

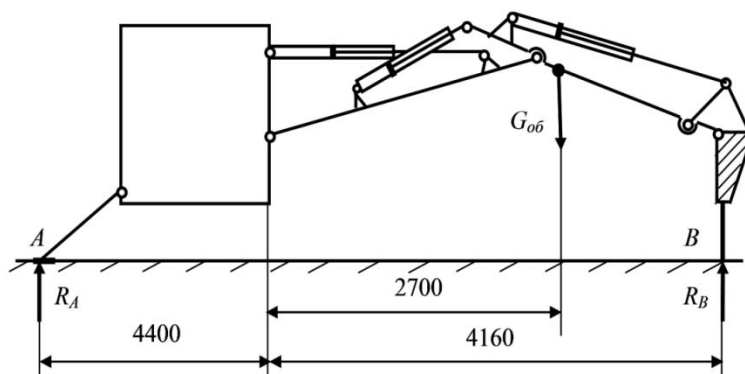


Рис. 3. Схема отбойного агрегата при максимальном вылете стрелы манипулятора

При известных параметрах, каждое положение манипулятора рассматривалось как статическая система и с помощью обычных уравнений статики находилось усилие прижатия молота к обрабатываемой поверхности. Полученные результаты приведены в табл. 2. На рис. 3 показана диаграмма распределения максимальных усилий прижатия молота в зависимости от

положения манипулятора. По оси абсцисс на этом рисунке отложена координата положения молота в метрах, отсчитываемая от колонки манипулятора, а по оси ординат - максимальные усилия прижатия молота в ньютонах.

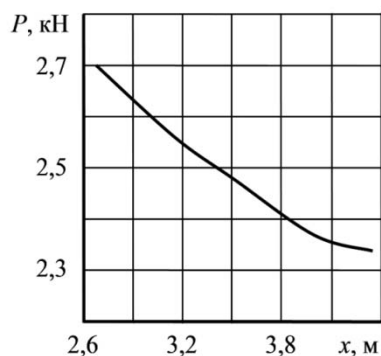


Рис. 4. Диаграмма зависимости максимального усилия прижатия молота от положения манипулятора.

Таблица 2

Положения молота, мм	2660	3160	3480	4000	4160
$P$ , Н	2685	2556	2480	2370	2340

Расчеты показали, что максимальное усилие прижатия молота к обрабатываемой поверхности может изменяться от 2680 Н при минимальном вылете стрелы манипулятора, до 2340 Н при максимальном вылете, т.е. всего на 14%. Исходя из этого, можно сделать заключение, что положение манипулятора не оказывает существенного влияния на максимальное усилие прижатия.

Задачами дальнейших исследований является определение реакций в шарнирах манипулятора и давления в гидроцилиндрах его привода для различных положений манипулятора; определение необходимого минимального усилия прижатия молота исходя из его динамики и минимизация реакций в элементах манипулятора.

## КОСОЙ УДАР МАЯТНИКОМ ПО УПРУГОЙ ПОВЕРХНОСТИ

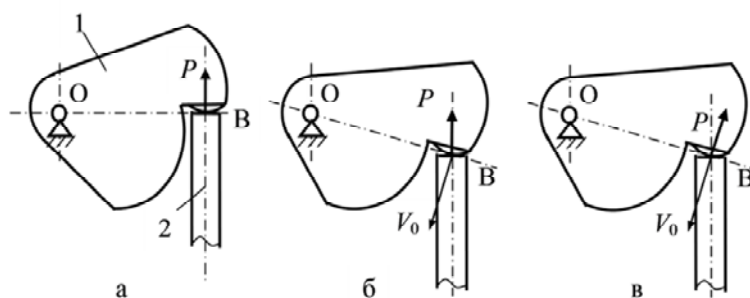
Васильков Р.Е.<sup>1</sup>, Еремьянц В.Э.<sup>2</sup>

Тел.: 0543 90-05-27; <sup>1</sup>e-mail [termex21@mail.ru](mailto:termex21@mail.ru), <sup>2</sup>e-mail [eremjants@inbox.ru](mailto:eremjants@inbox.ru)

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

В настоящее время широкое применение получили кривошипно-коромысловые ударные механизмы, используемые для разрушения камней, асфальто-бетонных покрытий, фундамента и так далее. Принцип действия этих механизмов состоит в том, что коромысло 1 (рис. 1), вращаясь, ударяет по инструменту 2, который взаимодействует с обрабатываемым объектом. При проектировании механизмов за нормальное положение инструмента принимается такое, когда продольная ось инструмента перпендикулярна линии, соединяющей контактную точку В с осью вращения коромысла О, и вектор скорости контактной точки коромысла направлен вдоль продольной оси инструмента (рис.

1а). В этом случае в системе реализуется прямой центральный удар и в инструменте не возникает поперечных сил.



При разрушении обрабатываемого объекта инструмент смещается относительно нормального положения вниз (рис. 1б), а коромысло в этот момент

Рис. 1. Схема коромысловой ударной системы, при нормальном положении инструмента (а) и при смещенном положении инструмента (б, в).

наносит по нему удар. В этом случае вектор скорости контактной точки коромысла направлен под углом к продольной оси инструмента, т.е. в системе реализуется косой удар.

В предшествующих работах, посвященных исследованию кривошипно-коромысловых механизмов, рассматривались различные способы описания косоугольного удара коромыслом по инструменту. Например, в работе [1] предполагалось, что поверхность инструмента идеально гладкая, её местные контактные деформации пренебрежимо малы и реакция от ударной силы направлена перпендикулярно поверхности торца инструмента (рис. 1.б). В работе [2] учитывались местные контактные деформации соударяющихся поверхностей. При этом предполагалось, что при косом ударе эти деформации происходят как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, и считалось, что реакция от ударной силы направлена противоположно вектору скорости контактной точки коромысла (рис. 1в). Очевидно, что правда лежит между этими двумя рассмотренными случаями.

В связи с этим в данной работе была поставлена задача оценки соответствия результатов, полученных по двум рассмотренным методам описания косоугольного удара. Для решения этой задачи была принята наиболее простая с математической точки зрения модель, состоящая из математического маятника длиной  $l$  и массой  $m$  с податливой ударной поверхностью, наносящего удар по горизонтальной плоскости под некоторым углом атаки  $\psi$  (рис. 2).

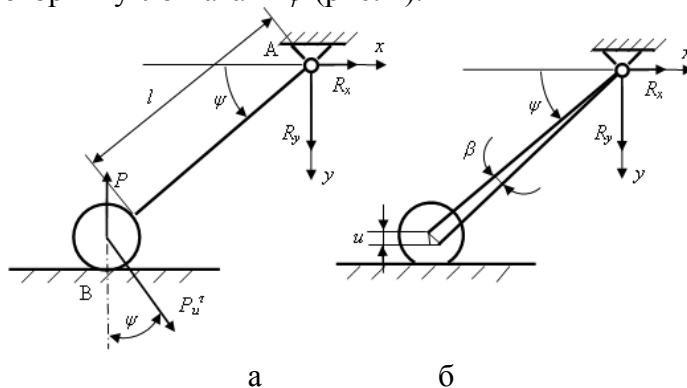


Рис. 2. Расчетная модель коромысловой ударной системы, когда сила направлена перпендикулярно поверхности.

Допустим вначале, что ударная сила  $P$  направлена перпендикулярно поверхности (рис. 2а). При решении задачи примем следующие допущения: стержень маятника абсолютно жесткий, угол атаки  $\psi$  не превышает  $15^\circ$ , в контакте массы с поверхностью происходят упругие контактные деформации, описываемые законом Герца  $P = Ku^{3/2}$ , где  $u$  – местная контактная деформация;

$$K = \frac{2E}{3(1-\mu^2)}\sqrt{r},$$

$r$  – радиус контактной поверхности;  $E$  – модуль упругости;  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

Вследствие местной контактной деформации центр шара смещается в вертикальном направлении на величину  $u$  (рис. 2б), равную:

$$u = \beta l \cos \psi,$$

а стержень при ударе поворачивается на угол  $\beta$ , который связан с деформацией соотношением:

$$\beta = u / l \cos \psi. \quad (1)$$

При повороте стержня на массу действует инерционная сила, которую можно разложить на тангенциальную  $P_u^t$  и нормальную  $P_u^n$ . При этом:

$$P_u^t = -m\dot{\beta}l, \quad P_u^n = -m\dot{\beta}^2l. \quad (2)$$

Пренебрегая нормальной составляющей силы инерции вследствие малых значений  $\dot{\beta}$  во время удара, запишем уравнения кинестатики:

$$\begin{aligned} \sum X &= P_u^t \sin \psi + R_x = 0, \\ \sum Y &= P_u^t \cos \psi + R_y - P = 0, \\ \sum M(A) &= -P_u^t l + Pl \cos \psi = 0. \end{aligned}$$

Заменяя в этих уравнениях  $P_u^t$  выражением (2) и учитывая (1) после преобразований, получим:

$$R_x = m\dot{\beta}tg\psi, \quad (3)$$

$$R_y = P + m\ddot{u}, \quad (4)$$

$$m\ddot{u} + P \cos^2 \psi = 0. \quad (5)$$

В соответствии с линеаризованной характеристикой Герца [2] запишем:

$$P = cu, \quad (6)$$

где  $c$  – приведенный коэффициент жесткости контактной характеристики, определяемый по формуле:

$$c = 1,25K^{2/3}P_m^{1/3}, \quad (7)$$

$P_m$  – максимальное значение контактной силы.

Подставляя выражение (6) в (5), получим:

$$\ddot{u} + \lambda^2 u = 0, \quad (8)$$

где  $\lambda = \cos \psi \sqrt{c/m}$  – собственная частота колебаний.

Решением этого уравнения является функция

$$u = A_1 \sin \lambda t + B_1 \cos \lambda t,$$

Постоянные интегрирования  $A_1$  и  $B_1$  находим из начальных условий  $u(0) = 0$ ,  $\dot{u}(0) = V_0^n = V_0 \cos \psi$ , где  $V_0 = \omega_0 l$ .

Из первого условия следует  $B_1 = 0$ , а из второго  $A_1 = V_0^n / \lambda$ , тогда

$$u = \frac{V_0^n}{\lambda} \sin \lambda t, \quad P = cu = V_0 \sqrt{cm} \sin \lambda t. \quad (9)$$

Максимальное значение ударной силы соответствует моменту времени  $t_m = \pi/2\lambda$ , и равно:

$$P_{m1} = V_0 \sqrt{cm}.$$

Подставляя это значение в формулу (7), найдем

$$c = (1,25)^{1,2} K^{0,8} V_0^{0,4} m^{0,2}.$$

При этом формула для определения максимального значения ударной силы примет вид

$$P_{m1} = 1,25^{0,6} K^{0,4} m^{0,6} V_0^{1,2}, \quad (10)$$

Из двух последних формул можно сделать вывод, что коэффициент жесткости  $c$  и максимальная сила удара  $P_{m1}$  не зависят от угла атаки и определяются только предударным значением скорости.

Из формулы (9) следует, что время удара

$$\tau = \frac{\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{\cos \psi} \sqrt{\frac{m}{c}}.$$

Время удара зависит от угла атаки и с увеличением этого угла возрастает.

В момент окончания удара скорость массы

$$\dot{u}(\tau) = V_0 \cos \lambda \tau = -V_0^n.$$

В данном случае скорость отскока массы равна предударной скорости. Это и следовало ожидать, поскольку модель Герца упругая и потерь энергии в системе нет.

Подставляя полученное решение в соотношения (3), (4), найдем реакции в опоре. Так как

$$\ddot{u} = -V_0 \lambda \sin \lambda t = -V_0 \sqrt{c/m} \cos \psi \sin \lambda t,$$

то

$$R_x = -V_0 \sqrt{cm} \sin \psi \sin \lambda t,$$

$$R_y = (V_0 \sqrt{cm} \cos \psi - V_0 \sqrt{cm} \cos \psi) \sin \lambda t = 0.$$

Из полученного решения следует, что при малых значениях угла атаки  $\psi$ , не равных нулю, реакция  $R_y$  равна нулю, а реакция  $R_x$  не равна нулю. При  $\psi = 0, R_x = 0, R_y = 0$ . Точка В в этом случае является центром удара. При этом  $\lambda = \sqrt{c/m}$ , что является частным случаем прямого центрального удара. Если угол атаки  $\psi$  отрицательный, то при постоянной начальной скорости удара собственная частота системы и величина силы  $P$  не меняется, а реакция  $R_x$  изменяется по знаку.

Рассмотрим теперь ту же задачу, но будем считать, что сила  $P$  направлена в сторону, противоположную скорости соударения  $V_0$ , то есть под углом  $\psi$  к нормали к поверхности (рис. 3). Но при этом соотношение (1) сохраняется и

выполняется условие

$$P^n = cu,$$

где  $P^n$  – нормальная составляющая ударной силы.

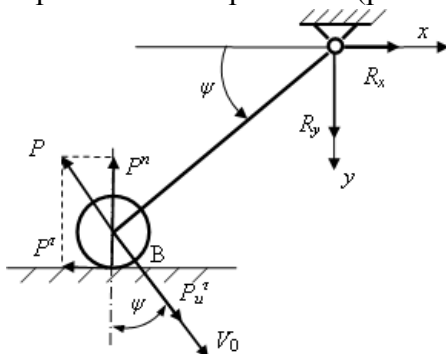


Рис. 3. Расчетная модель коромысловой ударной системы, когда ударная сила направлена против направления скорости массы.

Составляя уравнения кинестатики аналогично предыдущему, получим:

$$R_x = mtg\psi(\ddot{u} + \lambda^2 u), \quad (11)$$

$$R_y = m(\ddot{u} + \lambda^2 u), \quad (12)$$

$$\ddot{u} + \lambda^2 u = 0. \quad (13)$$

где  $\lambda = \sqrt{(c/m)}$ .

Из уравнений (11), (12) следует, что в рассматриваемом случае в силу (13) при малых углах атаки реакции в опоре равны нулю и точка В является центром удара.

Уравнение (13) отличается от уравнения (8) только значением  $\lambda$ , которое в данном случае меньше на  $\cos\psi$ . Решение этого уравнения при начальных условиях  $u(0)=0$ ,  $\dot{u}(0)=V_0^n = V_0 \cos\psi$  имеет такой же вид, как и решение уравнения (8), но с другим значением собственной частоты  $\lambda$ :

$$u = \frac{V_0 \cos\psi}{\sqrt{(c/m)}} \sin \lambda t,$$

при этом нормальная составляющая ударной силы определится как

$$P^n = cu = V_0 \sqrt{cm} \cos\psi \sin \lambda t.$$

Максимальное значение нормальной силы и время удара теперь будет равно:

$$P_{m2}^n = V_0 \sqrt{cm} \cos\psi, \quad \tau = \pi / \lambda = \pi \sqrt{m/c}. \quad (14)$$

Если принять, что при малых углах  $\psi$  коэффициент жесткости  $c$  определяется по-прежнему формулой (7), то после подстановки (14), в формулу (7) получим:

$$c = (1,25)^{\frac{6}{5}} K^{\frac{4}{5}} V_0^{\frac{2}{5}} m^{\frac{1}{5}} \cos^{\frac{2}{5}} \psi. \quad (15)$$

В данном примере коэффициент жесткости уже зависит от угла атаки и с увеличением этого угла коэффициент жесткости уменьшается.

Подставляя (15) в первую формулу (14) запишем:

$$P_{m2}^n = (1,25)^{0,6} K^{0,4} m^{0,6} V_0^{1,2} \cos^{1,2} \psi. \quad (16)$$

Это максимальное значение нормальной составляющей ударной силы. Максимальное значение касательной составляющей определится как

$$P_{m2}^r = P_{m2}^n tg\psi,$$

а максимальное значение полной ударной силы  $P_{m2}$ , направленной по касательной к траектории движения массы, будет равно:

$$P_{m2} = P_{m2}^n / \cos\psi = (1,25)^{0,6} K^{0,4} m^{0,6} V_0^{1,2} \cos^{0,2} \psi.$$

Сравнивая его со значением  $P_{m1}$  в предыдущем случае (10), можно сделать вывод, что во втором случае максимальное усилие несколько меньше, чем в первом на величину  $\cos^{0,2}\psi$ . При  $\psi = 15^\circ$   $\cos^{0,2}\psi = 0,993$ . То есть при углах атаки, не превышающих  $15^\circ$ , максимальные значения сил, полученных по различным моделям, отличаются не более чем на 0,7%.

Нормальная составляющая ударной силы во второй схеме, показанной на рис. 3, меньше нормальной составляющей силы в первой схеме на величину  $\cos^{1,2}\psi$ . При  $\psi = 15^\circ$  эта различие составляет 4%. Но в этом случае появляется и тангенциальная составляющая ударной силы  $P^r = P^n tg\psi$ , при  $\psi = 15^\circ$   $P^r = 0,268P^n$ .

Таким образом, проведенный анализ показал, что при изменении угла атаки в пределах  $15^\circ$  результаты, полученные для двух рассмотренных схем, по максимальным силам отличаются не существенно, менее 1%.

Отличие двух схем заключается в том, что в первой схеме в опоре возникает горизонтальная реакция, равная нормальной силе, умноженной на синус угла атаки. При угле атаки  $15^\circ$  эта реакция составляет 0,259 от нормальной составляющей силы удара.

Во второй схеме возникает тангенциальная составляющая силы удара, равная 0,268 от нормальной составляющей силы удара, но в опоре реакций не возникает. Для ответа на вопрос какая из схем более близка к реальности необходимо проведение экспериментальных исследований реакций, возникающих в опоре маятника.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. Бишкек: Илим. 2005. 195 с.
2. Еремьянц В.Э. Динамика ударных систем. Учебное пособие в 2-х частях. Часть 1. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2011. 324 с.

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ УДАРНОГО МЕХАНИЗМА МО-10

Алишер Арстанбек, Еремьянц В.Э.

Тел.: 0543 90-05-27; e-mail: [alisherarstanbek@mail.ru](mailto:alisherarstanbek@mail.ru), [eremjants@inbox.ru](mailto:eremjants@inbox.ru)

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

В данной работе исследуется кривошипно-коромысловый ударный механизм, использованный в виброударных машинах для очистки труб золошлакопроводов и ликвидации налипания угольной мелочи на внутренних стенках приемных угольных бункеров Бишкекской ТЭЦ [1]. Механизм состоит из кривошипа 1 (рис. 1а), шатуна 2 и коромысла 3. Длины звеньев механизма удовлетворяют условию

$$l_1 + l_2 = l_0 + l_3, \quad (1)$$

где  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  – соответственно длины кривошипа, шатуна и коромысла;  $l_0$  – длина стойки механизма (расстояние между опорами). Для рассматриваемого механизма  $l_1 = 24 \text{ мм}$ ;  $l_2 = 75 \text{ мм}$ ;  $l_3 = 60 \text{ мм}$ ;  $l_0 = 39 \text{ мм}$ .

При выполнении этого условия в момент удара коромыслом по инструменту все шарниры механизма располагаются на одной линии, и механизм занимает особое положение. Это положение характеризуется тем, что при вращении кривошипа по часовой стрелке, коромысло может выходить из него, вращаясь как по часовой стрелке, так и против неё.

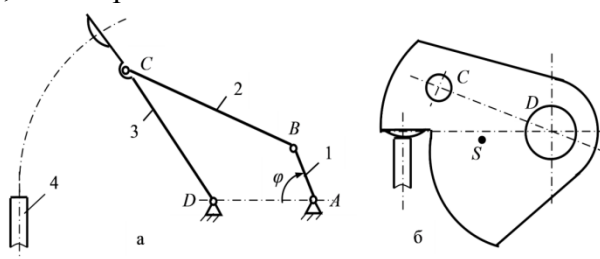


Рис. 1. Кинематическая схема механизма (а) и конструкция коромысла (б).



Если при движении коромысла по часовой стрелке оно встречает в особом положении ограничитель, в данном случае рабочий инструмент машины 4, то, ударяя по нему, коромысло отскакивает в противоположную сторону. Таким образом, при постоянном вращении кривошипа коромысло совершает возвратно-качательные движения с периодическими ударами по инструменту.

Основной задачей данной работы являлось определение реакций в его кинематических парах с целью последующей разработки рекомендаций по совершенствованию параметров механизма. Решение этой задачи требовало знания инерционных характеристик звеньев механизма: их массы, моментов инерции, координат центров тяжести, а также знания кинематических параметров: скоростей и ускорений звеньев и точек механизма.

Звенья исследуемого механизма имеют сложную конфигурацию. Например, коромысло имеет вид, представленный на рис. 2. Для определения инерционных характеристик звеньев они разбивались на простые элементы: цилиндры, цилиндрические сектора, параллелепипеды, призмы, находились инерционные параметры каждого элемента, а затем и общие параметры всего звена. Полученные при этом результаты представлены в табл. 1. В ней момент инерции кривошипа указан относительно его оси вращения  $A$  (рис. 1а), момент инерции шатуна - относительно точки  $B$  и момент инерции коромысла - относительно точки  $D$ . Ось  $x$  располагалась вдоль продольной оси звена, а ось  $y$  - перпендикулярно ей.

Таблица 1.

Инерционные характеристики звеньев механизма

Наименование звеньев	Инерционные параметры			
	$m$ , кг	$J_0 \cdot 10^3$ , кгм <sup>2</sup>	$x$ , мм	$y$ , мм
Кривошип	3,127	0,915	0	0
Шатун	1,634	2,633	10,9	0
Коромысло	3,820	16,140	41,0	6,7

В дальнейших расчетах в первом приближении принималось, что вся масса шатуна сосредоточена в шарнире  $C$  соединения шатуна с коромыслом. Это позволило в динамической модели учитывать только инерционные силы, действующие на коромысло, с учетом сосредоточенной массы шатуна в точке расположения шарнира  $C$ .

Для определения инерционных сил, действующих на коромысло, были построены кинематические передаточные функции первого и второго порядков.

Передаточные функции первого порядка:

$$u_{21} = \omega_2/\omega_1, \quad u_{31} = \omega_3/\omega_1,$$

где  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  - угловые скорости соответствующих звеньев.

Расчет проводился по формулам, приведенным в работе [2]:

$$u_{21} = \frac{1}{d^2} \left[ 1 - \lambda_0 + 2\lambda_0 \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \frac{[\lambda_3(\lambda_0 - 1) - 2\lambda_0 \sin^2 \frac{\varphi}{2}] \cos \frac{\varphi}{2}}{\sqrt{\frac{\lambda_2 \lambda_3}{\lambda_0} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}} \right],$$

$$u_{31} = \frac{1}{d^2} \left[ 1 - \lambda_0 + 2\lambda_0 \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \frac{[2\lambda_0 \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \lambda_2(\lambda_0 - 1)] \cos \frac{\varphi}{2}}{\sqrt{\frac{\lambda_2 \lambda_3}{\lambda_0} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}} \right].$$

где  $\varphi$  - угол поворота кривошипа;  $\lambda_0, \lambda_2, \lambda_3$  безразмерные длины звеньев:

$$\lambda_0 = l_0/l_1, \quad \lambda_2 = l_2/l_1, \quad \lambda_3 = l_3/l_1,$$

$$a = \sqrt{1 + \lambda_0^2 - 2\lambda_0 \cos\varphi}.$$

Передаточные функции второго порядка находились как:

$$u'_{21} = \frac{du_{21}}{d\varphi}, \quad u'_{31} = \frac{du_{31}}{d\varphi},$$

При наличии ограничителя хода коромысла цикл движения соответствует углу поворота кривошипа, равному  $2\pi$ , и при переходе от одного цикла к другому передаточная функция имеет разрыв первого рода. Это обстоятельство можно учесть, приняв, что в каждом цикле движения аргумент  $\varphi$  в передаточной функции изменяется от 0 до  $2\pi$ .

Графики изменения передаточных функций  $u_{21}$ ,  $u_{31}$ ,  $u'_{21}$ ,  $u'_{31}$  приведены на рис. 2.

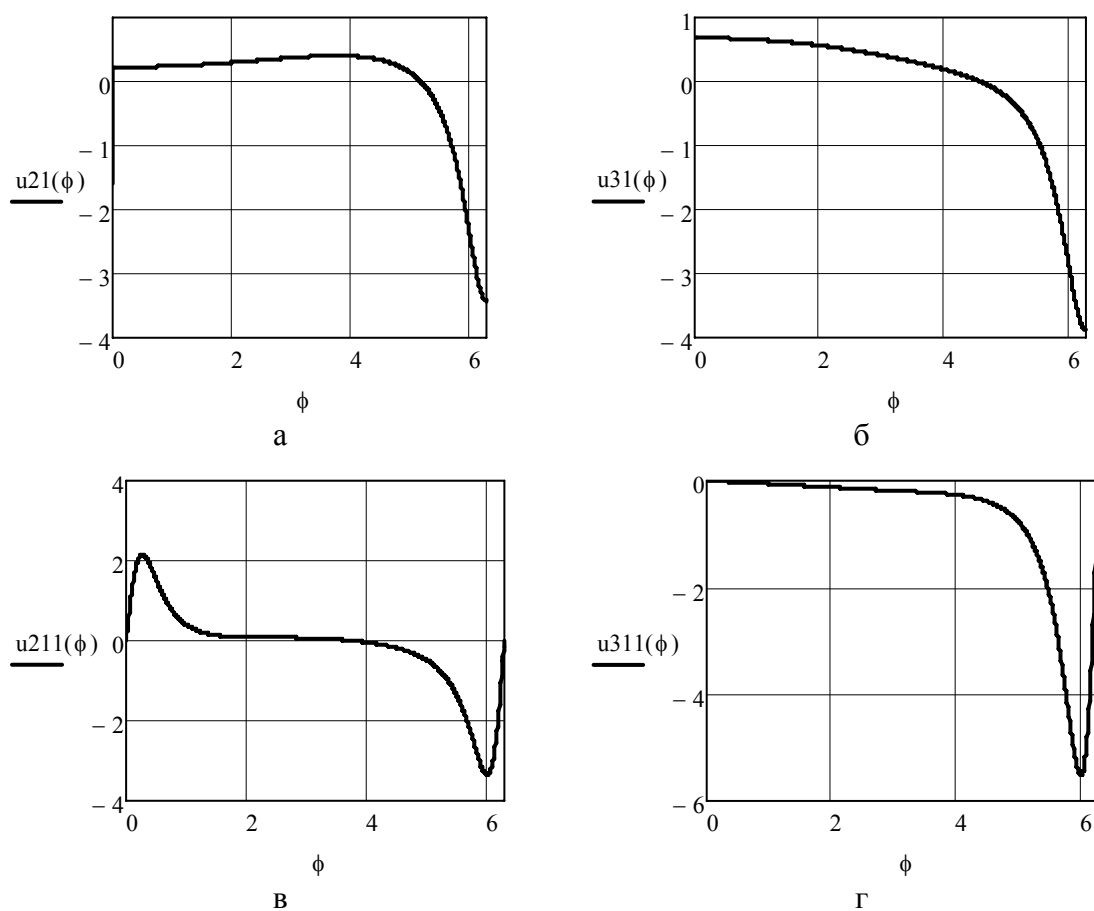


Рис. 2. Графики передаточных функций первого (а, б) и второго (в, г) порядка.

На рис. 2б видно, что удар коромыслом по ограничителю происходит в момент времени, когда его скорость, а следовательно, и кинетическая энергия максимальные. Угловая скорость коромысла в момент удара в 3,88 раз превосходит угловую скорость кривошипа. Это позволяет получать большие энергии удара при относительно небольшой скорости вращения кривошипа.

Передаточные функции второго порядка связаны с ускорениями звеньев. Поэтому из полученных графиков можно сделать вывод, что ускорения, а следовательно, и силы инерции в механизмах будут наибольшими вблизи особых положений звеньев. На остальных участках движения они малы. При этом ускорения и масса шатуна в несколько раз меньше аналогичных параметров

коромысла. Поэтому при силовом анализе учитывались только силы инерции коромысла с приведенной к нему массой шатуна.

Расчет реакций в кинематических парах проводился методом кинетостатики при угловой скорости кривошипа равной  $31,4 \text{ с}^{-1}$ . Этой скорости соответствует угловая скорость коромысла в момент удара  $121,8 \text{ с}^{-1}$ , энергия удара 120 Дж при частоте ударов 5 Гц. Результаты расчета показаны на рис. 3а в виде годографов реакций, возникающих в кинематических парах и действующих на звенья механизма. На этом рисунке цифры указывают угол поворота кривошипа в градусах.

Из полученных результатов следует, что наибольшие значения реакций соответствуют положению механизма близкому к особому на интервале изменения угла поворота кривошипа от 330 до 360 градусов. В остальных положениях механизма эти реакции пренебрежимо малы по сравнению с указанными на рис. 3.

Максимальные значения реакций соответствуют углу поворота кривошипа 345 градусов и составляют:

$$R_A = 10070 \text{ Н}, R_B = 21380 \text{ Н}, R_C = 21990 \text{ Н}, R_D = 23690 \text{ Н}.$$

На корпус механизма в точках А и D (рис. 1) действуют реакции, равные реакциям  $R_A$  и  $R_D$  и направленные в противоположную сторону. Эти реакции и их результирующая  $R_\Sigma$  показаны на рис. 3б. Кроме неё на корпус механизма действует реактивный момент, направленный по часовой стрелке, а в момент удара коромыслом по инструменту и ударная сила. При этом реакция от ударной силы по направлению совпадает с реакцией  $R_\gamma$ .

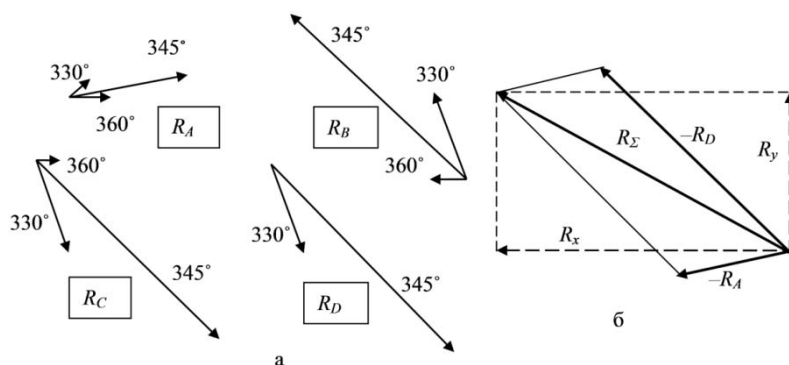


Рис. 3. Годографы изменения реакций в кинематических парах (а) и результирующая сила (б), действующая на корпус механизма.

Силы, действующие на корпус механизма, приводят к его вибрациям как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Эти вибрации обуславливают возникновение динамических нагрузок в узлах крепления ударного механизма к базовой конструкции, и их следует учитывать при проектировании и эксплуатации виброударной машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фокин Ю.А., Абдраимов Э.С. Результаты эксплуатации опытного образца машины для очистки труб золошлакопроводов ТЭЦ /История, культура и экономика юга Кыргызстана. Материалы Междунар. научн. конф. Том 2. Ош: Изд-во КУУ. 2000. С. 293 – 299.

2. Еремьянц В.Э. Построение и анализ динамических моделей механизмов. Часть 5. Динамические модели машин с плоскими шарнирно-рычажными механизмами. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2007. 55 с.

## ПРИБОР ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ПОВОРОТА ВАЛА

Исаков С.С., тел.: 350722, 0543 233039; e-mail: [isakov\\_s\\_s@rambler.ru](mailto:isakov_s_s@rambler.ru)  
 Цвирков Д.А., e-mail: [vip.6699@mail.ru](mailto:vip.6699@mail.ru)  
 Шувалов И.С., e-mail: [shuvalov\\_ilja@rambler.ru](mailto:shuvalov_ilja@rambler.ru)  
 Кыргызско-Российский Славянский университет, Бишкек, Кыргызстан

Измерение угла поворота вала является актуальной задачей сегодняшнего дня, особенно это важно в автомобилестроении, где необходимо выполнять зажигание для бензиновых или впрыск для дизельных двигателей в заданный момент угла поворота вала, не доходя до верхней мертвой точки - опережение.

При выполнении зажигания для бензиновых или впрыска для дизельных двигателей ранее или позже оптимального значения приводит к снижению мощности двигателя и увеличению вредных выбросов в отработанных газах, ухудшая экологию окружающей среды.

В настоящее время существует большое количество различных диагностических устройств измерения угла поворота вала, выполненных на дискретных логических элементах, микроконтроллерах или с применением персонального компьютера.

Наиболее простым и поэтому распространенным является пропорциональный способ измерения угла поворота вала (рис.1).

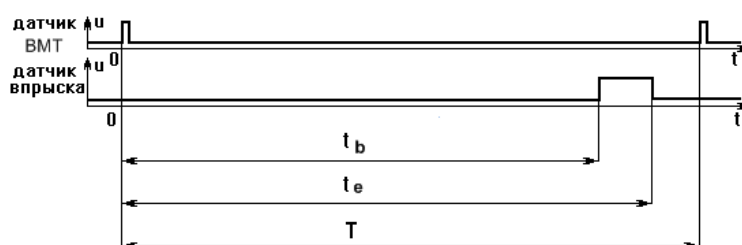


Рис.1. Пропорциональный способ измерения угла поворота вала.

Предполагается, что вал вращается с постоянной скоростью, средняя угловая скорость поворота вала определяется по формуле,

$$\omega_o = \frac{360}{T} \text{ град/сек.} \quad (1)$$

Угол поворота при заданной функции изменения скорости вращения вала определяется по формуле,

$$\varphi(t) = \int_0^t \omega(t) dt + C \text{ град.} \quad (2)$$

Угол поворота для постоянной угловой скорости вращения вала определяется по формуле,

$$\varphi(t) = \omega_o \cdot t \text{ град.} \quad (3)$$

Угол поворота вала в момент начала впрыска определяется по формуле,

$$\varphi_{1b} = 360 \frac{t_b}{T}, \text{ град.} \quad (4)$$

Угол поворота вала в момент конца впрыска определяется по формуле,

$$\varphi_{1e} = 360 \frac{t_e}{T}, \text{ град.} \quad (5)$$

Однако предположение, что вал вращается с постоянной скоростью, упрощает задачу, но может вводить и ошибку измерения. Вращение вала топливного насоса высокого давления (ТНВД) с постоянной скоростью невозможен в связи с тем, что момент вращения вала изменяется. При измерении неравномерности вращения вала ТНВД микроавтобуса были получены следующие результаты (рис.2).

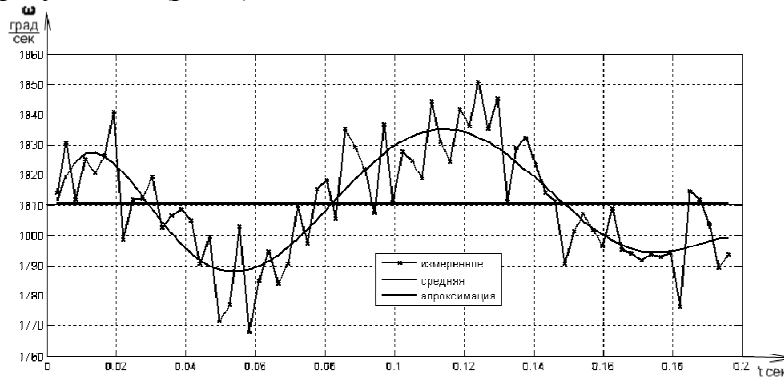


Рис. 2. Неравномерность скорости вращения вала.

По полученным данным была определена средняя скорость вращения вала по формуле (1), а по функции аппроксимации найдены минимальное -0,5 % и максимальное +1,5 % отклонение от средней скорости. Угол поворота вала для неравномерного вращения вала определяется по формуле (2), численно для экспериментальных данных и аналитически для функции аппроксимации. В связи с тем, что отклонение от среднего значения незначительно, графики функции угла поворота вала практически совпадают с графиком при равномерном вращении. Однако если построить график отклонения угла поворота вала от равномерного вращения,

$$\Delta\varphi(t) = \int_0^t (\omega(t) - \omega_o) dt + C \text{ град.}, \quad (6)$$

Максимальные отклонения составляют -0,4 градуса и +0,6 градуса ошибка для двигателя внутреннего сгорания весьма значительна (рис.3).

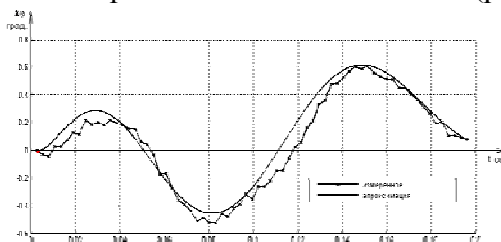


Рис. 3. Отклонение угла поворота вала от равномерного вращения.

Для исключения ошибки от неравномерного вращения вала применяются угломерные датчики энкодеры (рис.4).

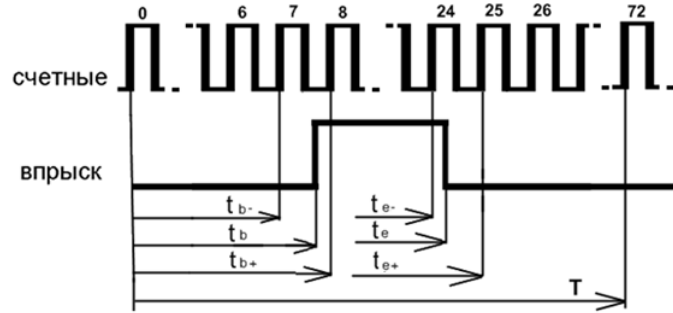


Рис. 4. Измерения угла поворота вала с применением энкодера.

Измерение угла поворота вала с применением инкрементного энкодера осуществляется подсчет импульсов,

$$\varphi_{2b} = kN_b, \text{ град.} \quad (7)$$

$$\varphi_{2e} = kN_e, \text{ град.} \quad (8)$$

где  $N$  – количество счетных импульсов энкодера;  $k$  – угол поворота вала, соответствующий одному импульсу.

Точность измерения угла поворота вала определяется количеством счетных импульсов на один оборот вала (720 импульсов соответствуют точности измерения 0,5 градуса).

Для увеличения точности измерения вводится пропорциональная коррекция момента впрыска к периоду одного счетного импульса [1].

$$\varphi_{3b} = k \cdot \left( N_b + \frac{t_{b-} - t_{b-}}{t_{b+} - t_{b-}} \right), \text{ град.} \quad (9)$$

$$\varphi_{3e} = k \cdot \left( N_e + \frac{t_{e-} - t_{e-}}{t_{e+} - t_{e-}} \right), \text{ град.} \quad (10)$$

где  $N$  – количество счетных импульсов энкодера;  $k$  – угол поворота вала, соответствующий одному импульсу;  $t_{b-}$ ,  $t_{e-}$  - время появления последнего счетного импульса энкодера;  $t_b$ ,  $t_e$  - время измерения угла поворота вала;  $t_{b+}$ ,  $t_{e+}$  - время появления следующего счетного импульса энкодера.

Угол определяется подсчетом числа импульсов энкодера и введением коррекции на часть угла поворота вала в пределах текущего счетного импульса.

Для данного способа необходимо измерять время появления счетных импульсов с большой точностью, при использовании AVR микроконтроллера ATMEGA8-16 дискретность временных интервалов составляет 0,0625 мкс, для аппаратной фиксации времени по импульсу с энкодера рекомендуется применить метод «захвата».

Для проверки и ремонта цифровой электронной аппаратуры рекомендуется применять программируемый генератор испытательных сигналов [2]. При полунатурном моделировании сигналы с датчиков подаются на существующее устройство не со стенда, а с устройства моделирующего сигналы которые могут быть идеализированы для проверяемой модели эксперимента (на стенде сформировать такие сигналы невозможно) [3]. Структурная схема устройства моделирования сигналов отображена на рисунке 5.

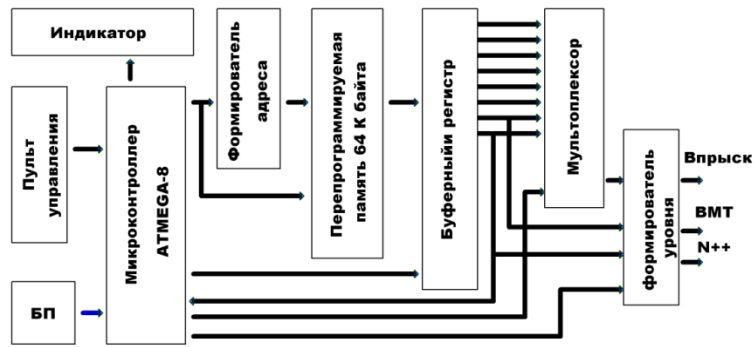


Рис. 5. Структурная схема устройства моделирования сигналов.

Моделируемые сигналы вычисляются и записываются в микросхему памяти перепрограммируемого запоминающего устройства (ППЗУ) размером 64 К адресов по 8 бит.

Аналитическая модель измерения угла впрыска для равномерного вращения вала (рис. 6).

$$\omega(t) = \omega_0 = 1800 \text{ град./сек};$$

$$\varphi(t) = 1800 \cdot t, \text{ градусов.}$$

Для моделирования такой модели необходимо определить время формирования каждого импульса и записать по всем адресам в соответствующие биты памяти значения уровней сигналов. Время полного оборота вала разбивается равномерно на числа тактов дискретизации равной 65536. Частота генератора для моделирования этих тактов для всей памяти микросхемы за один период составит

$$F = \frac{65536}{0,2} = 327,68 \text{ КГц.} \quad (11)$$

Таким образом, выбор следующего адреса памяти ППЗУ будет осуществляться через каждые 3,05 мксек.

Вычислив и записав данные для каждого датчика моделируемого сценда в ППЗУ, на выходе устройства будут формироваться сформированные уровни сигналов. По измеренным величинам и их отклонению от аналитических расчетов можно судить о достоверности показаний поверяемого устройства.

Аналитическая модель измерения угла впрыска для неравномерного вращения вала предполагается суммированием равномерного вращения и синусоидальной составляющей (рис. 6).

$$\omega(t) = \omega_0 \cdot (1 + A \sin(\frac{B \omega_0 \cdot \pi \cdot t}{180})); \quad (12)$$

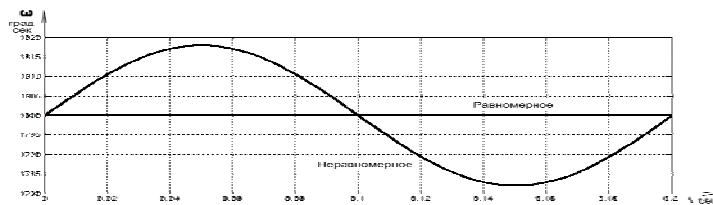


Рис. 6. Моделирование скорости вращения вала

При  $N=300$  об /мин  $\omega_0 = 1800$  град./сек.  $A=0,01$ , (1%);  $B = 1$  (один период)

$$\omega(t) = 1800 \cdot (1 + 0,01 \cdot \sin(10 \cdot \pi \cdot t)); \quad (13)$$

Угол поворота вала определяется по формуле

$$\varphi(t) = \omega_0 \cdot \left( t - A \frac{1 - \cos\left(\frac{B\omega_0 \cdot \pi \cdot t}{180}\right)}{\frac{B \cdot \omega_0 \cdot \pi}{180}} \right), \text{ град.} \quad (14)$$

$$\varphi(t) = 1800 \cdot \left( t - \frac{1 - \cos(10 \cdot \pi \cdot t)}{1000 \cdot \pi} \right), \text{ град.} \quad (15)$$

Вычислив и запрограммировав ячейки памяти для соответствующих временных интервалов для заданного угла, можно выполнить полунатурное моделирование для неравномерного вращения вала и сравнить полученные результаты по разным способам с аналитической моделью.

Разработанное устройство позволяет повторять натурные эксперименты, проведенные на испытательном стенде, с фиксацией значения сигналов с датчиков и записью их в память ППЗУ.

Изменение частоты вращения вала при полунатурном моделировании осуществляется изменением частоты сканирования адресов ППЗУ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Исаков С.С. Методы тестирования устройств для измерения угла впрыска дизельного топлива. Проблемы автоматизации и управления. № 1. Материалы международной конференции «Проблемы управления и информационных технологий». Бишкек. 2010. С. 193-199.
2. Пахомов П.И. Универсальный отладочный комплекс TTL-уровня для ремонта цифровой аппаратуры / Пахомов П.И., Исаков С.С. // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. Т. 7. № 12. 2007. С. 79-82.
3. Цвирков Д.А. Программируемый генератор моделирования сигналов аналоговых и цифровых датчиков / Цвирков Д., Исаков С.С. // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы 4-й конференции молодых ученых и студентов 25-26 апреля 2012 г. Бишкек. С. 124-128.

## ВЛИЯНИЕ ШТРАФНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ОПТИМИЗАЦИИ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ

Лелевкина Л.Г., Федоров И.Н.

Тел.: (0312)360352, (0312)903107; e-mail: lelevkina\_l@mail.ru, iljafjodorow@mail.ua  
Кыргызско - Российский Славянский университет, Бишкек, Кыргызстан

В данной работе проводится регуляризация минимизируемого функционала энергии с помощью штрафных функций, содержащих штрафные параметры, и построение оптимального управляющего воздействия.

**Постановка задачи оптимизации индукционного нагрева.** Управляемый процесс индукционного нагрева с распределенными источниками энергии в области  $Q = \{0 < t \leq t_1, 0 < r < R\}$  описывается уравнением теплопроводности [1]:



$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{a}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \omega(r)u(t) \quad (1)$$

с начальным условием

$$T(0, r) = \varphi_1(r) \quad (2)$$

и граничными условиями

$$\frac{\partial T(t, 0)}{\partial t} = 0; \quad \frac{\partial T(t, r)}{\partial t} \Big|_{r=R} = h[T_R - T(t, R)], \quad (3)$$

где  $a = \frac{\lambda}{c\rho}$  – коэффициент температуропроводности при постоянных

$\lambda, c, \rho; V(t, r)$  – мощность внутренних источников

тепла,  $\frac{a}{\lambda}V(t, r) = w(r)u(t)$ , где  $w(r)$  – функция плотности распределения

внутренних источников тепла, определяемая в общем виде формулой (1);

$T_R = const$  – температура внешней среды, которая считается постоянной;  $h = const > 0$

– коэффициент теплообмена;  $u(t) \in W_2^1(0, t_1); \varphi_1(r) \in W_2^1(0, R)$ , где

$u(t)$  – управление, которое согласно физической сущности процесса индукционного нагрева удовлетворяет ограничению

$$0 \leq u(t) \leq u_{\max}; \quad (4)$$

$u_{\max}$  – заданное число, характеризующее максимальную удельную мощность нагрева.

При заданном начальном и конечном распределении температуры и фиксированном времени нагрева критерием оптимальности служит расход электроэнергии, который характеризуется функционалом[2]:

$$J_1[u] = 2\pi l \int_0^{Rt_1} \int_0^R V(t, r) r dt dr \quad (5)$$

Требуется среди всех допустимых управлений  $u(t)$  найти такое управление  $u_0(t)$ , которое вместе с соответствующим ему решением  $T^0(t, r)$  краевой задачи (1) – (3) минимизирует функционал (5) и при  $t = t_1$  выполняется

$$T(t_1, r) = \varphi_2(r), \quad (6)$$

где  $\varphi_2(r)$  – заданная функция из пространства  $W_2^1(0, R)$ , характеризующая конечное распределение температуры.

Так как функционал  $J_1[u]$  отличается от линейного функционала на постоянный множитель, то при решении сформулированной задачи оптимального управления минимизируется линейный функционал вида:

$$J[u] = \int_0^{t_1} u(t) dt$$

В силу некорректности задачи минимизации линейного функционала, для его регуляризации применяется метод штрафных функций [3].

Для снятия ограничения (4) и вывода управляющего параметра из области отрицательных значений вводится следующая функция штрафа:

$$\Phi(u, \gamma, c) = \frac{1}{\gamma} \int_0^{t_1} [u(t) - c]^2 dt \quad (7)$$

В результате чего минимизируемый функционал примет вид [4]:

$$F_1(u, \gamma, c) = \int_0^{t_1} u(t) dt + \int_0^{t_1} [u(t) - c]^2 dt \quad (8)$$

Для снятия ограничения (6), которое накладывается на управляющее воздействие и конечное распределение температуры, вводится следующая функция штрафа:

$$\Phi_1[u, \beta] = \frac{1}{\beta} \int_0^R r [T(t_1, r) - \varphi_2(r)]^2 dr, \quad (9)$$

где  $\beta \rightarrow \infty$ .

Тогда задача минимизации линейного функционала заменяется задачей минимизации функционала следующего вида:

$$\begin{aligned} F[u, \beta, \gamma, c] &= F_1[u, \gamma, c] + \Phi_1[u, \beta] = \\ &= \beta \left\{ \gamma \int_0^{t_1} u(t) dt + \int_0^{t_1} [u(t) - c]^2 dt \right\} + \int_0^R r [T(t_1, r) - \varphi_2(r)]^2 dr \quad (10) \end{aligned}$$

Приведение двух штрафных функций требуется для их взаимной компенсации влияния, поэтому при  $\beta \rightarrow \infty$  второй параметр  $\gamma$  стремится к нулю [3].

Преобразуем функционал (10):

$$\gamma \int_0^{t_1} u(t) dt + \int_0^{t_1} [u(t) - c]^2 dt = \int_0^{t_1} (\gamma u(t) + [u(t) - c]^2) dt$$

Подставим в (10) и проинтегрируем по t:

$$\begin{aligned} F(u, \beta, \gamma, c) &= F_1(u, \gamma, c) + \Phi_1(u, \beta) = \\ &= \beta \left\{ \gamma \int_0^{t_1} u(t) dt + \int_0^{t_1} [u(t) - c]^2 dt \right\} + \int_0^R r [T(t_1, r) - \varphi_2(r)]^2 dr = \\ &= \beta \int_0^{t_1} \left( u(t) - c + \frac{\gamma}{2} \right)^2 dt - \beta \frac{\gamma t_1 (\gamma - 4c)}{4} + \int_0^R r [T(t_1, r) - \varphi_2(r)]^2 dr \end{aligned}$$

Сделаем следующую замену:

$$u(t) - c + \frac{\gamma}{2} = v(t); \quad \beta \frac{\gamma t_1 (\gamma - 4c)}{4} = \mu(\beta, \gamma, c)$$

Окончательно получим квадратичный функционал вида:

$$F[v, \beta, \gamma, c] = \beta \int_0^{t_1} v^2(t) dt + \int_0^R r [T(t_1, r) - \phi_2(r)]^2 dr - \mu(\beta, \gamma, c), \quad (11)$$

Тогда исходная задача (1)-(3) принимает вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{a}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + v(t)w(r) - \frac{\gamma - 2c}{2} w(r), \quad (1')$$

$$T(0, r) = \varphi_1(r) \quad (2')$$

$$T(0, r) = \varphi_1(r), \quad \left. \frac{\partial T(t, r)}{\partial r} \right|_{r=R} = h[T_R - T(t, R)] \quad (3')$$

Задача оптимального управления процессом индукционного нагрева сводится к следующей:

— требуется среди всех допустимых управлений  $u(t)$  найти такое управление  $u_0(t)$ , которое вместе с соответствующим ему решением  $T^0(t, r)$  краевой задачи (1') – (3') минимизирует квадратичный функционал (11) и при  $t=t_1$  выполняется (6).

#### Вывод структуры оптимального управляющего воздействия.

Приращение функционала  $F(v, \beta, \gamma, c)$  в силу необходимого условия

$$F(v + \Delta v) - F(v) \geq 0,$$

примет вид [5]:

$$F(v + \Delta v) - F(v) = 2\beta \int_0^{t_1} v \Delta v dt + \int_0^{t_1} \Delta v^2 dt + 2 \int_0^R [T - \varphi_2] \Delta T dt + \int_0^R \Delta T^2 dt$$

Задача (1')-(3') в приращениях имеет вид:

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial r^2} + \frac{a}{r} \frac{\partial \Delta T}{\partial r} + \omega(r) \Delta v(t) \quad (12)$$

$$\Delta T(0, r) = 0 \quad (13)$$

$$\left[ \frac{\partial \Delta T(t, r)}{\partial t} + h \Delta T(t, R) \right] \Big|_{r=R} = 0 \quad (14)$$

Введем сопряженную систему:

$$\frac{\partial \psi(r, t)}{\partial t} + a \frac{\partial^2 \psi(r, t)}{\partial r^2} + \frac{a}{r} \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial r} = 0 \quad (15)$$

$$\psi(t_1, r) = -2 [T(t_1, r) - \varphi_2(r)] \quad (16)$$

$$\left[ \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial t} + h \psi(r, t) \right] \Big|_{r=R} = 0 \quad (17)$$

Так как  $\varphi_2(r) \in W_2^1(0, R)$ , то классическое решение этой задачи существует и единственно.

Умножим на  $r\psi(r, t)$  обе части уравнения (12), а затем проинтегрируем с учетом граничных условий:

$$\begin{aligned}
& \int_0^R \int_0^{t_1} \left( \frac{\partial \Delta T}{\partial t} - a \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial r^2} - \frac{a}{r} \frac{\partial \Delta T}{\partial r} - \omega(r) \Delta v(t) \right) r \psi(r, t) dt dr = \\
& = \int_0^R \int_0^{t_1} \frac{\partial \Delta T}{\partial t} r \psi(r, t) dt dr - \int_0^{t_1} \int_0^R a \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial r^2} r \psi(r, t) dr dt - \\
& - \int_0^{t_1} \int_0^R \frac{a}{r} \frac{\partial \Delta T}{\partial r} r \psi(r, t) dr dt - \int_0^{t_1} \int_0^R \omega(r) \Delta v(t) r \psi(r, t) dr dt
\end{aligned}$$

Проинтегрируем первый интеграл по переменной  $t$  в пределах от 0 до  $t_1$  с использованием начальных условий (16):

$$\begin{aligned}
& \int_0^R \left( r \psi(r, t) \Delta T(r, t) \Big|_0^{t_1} - \int_0^{t_1} \Delta T(r, t) \left( \psi(r, t) + r \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial t} \right) dt \right) dr = \\
& = \int_0^R r \psi(r, t_1) \Delta T(r, t_1) dr - \int_0^{t_1} \int_0^R \Delta T(r, t) \psi(r, t) dt dr - \int_0^{t_1} \int_0^R \Delta T(r, t) r \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial t} dt dr
\end{aligned}$$

Проинтегрируем дважды второй интеграл по переменной  $r$  в пределах от 0 до  $R$ :

$$\begin{aligned}
& a \int_0^{t_1} \frac{\partial \Delta T}{\partial r} r \psi(r, t) \Big|_0^R dt - a \int_0^{t_1} \Delta T(r, t) \left( \psi(r, t) + r \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial r} \right) \Big|_0^R dt + \\
& + 2a \int_0^{t_1} \int_0^R \Delta T(r, t) \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial r} dr dt + a \int_0^{t_1} \int_0^R \Delta T(r, t) r \frac{\partial^2 \psi(r, t)}{\partial r^2} dr dt
\end{aligned}$$

Проинтегрируем третий интеграл по переменной  $r$  в пределах от 0 до  $R$  с использованием граничных условий (17):

$$a \int_0^{t_1} \Delta T(R, t) \psi(R, t) dt - a \int_0^{t_1} \int_0^R \Delta T(r, t) \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial r} dr dt$$

Суммируя все результаты интегрирования, получим:

$$\begin{aligned}
& \int_0^R r \psi(r, t_1) \Delta T(r, t_1) dr - \int_0^{t_1} \int_0^R \omega(r) \Delta v(t) r \psi(r, t) dr dt - \\
& - \int_0^{t_1} \int_0^R \Delta T(r, t) \psi(r, t) dt dr - 2a \int_0^{t_1} \int_0^R \Delta T(r, t) \frac{\partial \psi(r, t)}{\partial r} dr dt = \\
& = \int_0^R r \psi(r, t_1) \Delta T(r, t_1) dr - \int_0^{t_1} \int_0^R \omega(r) \Delta v(t) r \psi(r, t) dr dt = 0
\end{aligned}$$

В силу теоремы Фубини, находим:

$$\int_0^R \left[ r \psi(t_1, r) \Delta T(t_1, r) - r \omega(r) \int_0^{t_1} \Delta v(t) \psi(t, r) dt \right] dr = 0$$

Отсюда:

$$\psi(t_1, r)\Delta T(t_1, r) = w(r)\int_0^{t_1} \Delta v(t)\psi(t, r)dt$$

и потому с учетом (16) имеем:

$$-2\int_0^R [T(t_1, r) - \varphi_2(r)]\Delta T(t_1, r)dr = \int_0^R \int_0^{t_1} w(r)\Delta v(t)\psi(t, r)dtdr$$

Воспользовавшись этим равенством, (11) запишем в виде:

$$F(v + \Delta v) - F(v) = 2\beta\int_0^{t_1} v\Delta v dt + \beta\int_0^{t_1} (\Delta v)^2 dt - \int_0^R \int_0^{t_1} w(r)\Delta v(t)\psi(t, r)dtdr + \int_0^R (\Delta T)^2 dt$$

Для того чтобы:  $F(v + \Delta v) - F(v) \geq 0$ , достаточно выполнения равенства:

$$\int_0^{t_1} \Delta v \left[ 2\beta v - \int_0^R w(r)\psi(t, r)dr \right] dt = 0$$

и тогда искомое управление имеет вид:

$$u(t) = c - \frac{\gamma}{2} + \frac{\int_0^R w(r)\psi(t, r)dr}{2\beta}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А. И. Основы теории управления. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004. 504 с.
2. Лелевкина Л.Г., Скляр С.Н., Хлыбов О.С. Оптимальное управление процессом теплопроводности // Автоматика и телемеханика. 2008. № 7.
3. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука. 1981. 400 с.
4. Лелевкина Л.Г., Черноморцев Е.А., Сейтказиев У.А. Оптимальное управление процессом индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины // Программные системы: Теория и приложения. Ин-т программных систем РАН. М.. 2006. С. 227-247.
5. Лелевкина Л.Г., Новиков И. Оптимизация индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины в холодном режиме // Докл. II межд. Конф.: Проблемы управления и информатики. Бишкек. 2007. С. 203-208.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА РЫНКА КРУГЛОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА В КР

Е.С. Волкова

тел. 0-555-081-901, e-mail: [katerina\\_999@list.ru](mailto:katerina_999@list.ru)

ОсОО «Первая Металлобаза», г. Бишкек, Кыргызстан

В связи с необходимостью учёта влияния конкурентной среды на содержание и характер принимаемых торговыми предприятиями управленческих, плановых решений проблема определения типа товарного рынка (монополистический, олигополистический и др.) приобрела еще большую актуальность. В зависимости от типа рынки отличаются особенностями предложения, характером спроса и ценообразования, даже при одинаковых функциях издержек. Поэтому при выходе на товарный рынок важно иметь инструмент, который поможет определить тип рынка, и исходя из этого – формировать стратегию и тактику. При его создании рассматриваются особенности отраслевого конкурентного взаимодействия и специфика реализации продукции на рынке.

Таким образом, ставится задача выбрать методику определения типа рынка и на ее основе определить тип рынка круглого металлопроката в КР.

Рассмотрены следующие методики определения:

Согласно законодательству [1] предлагается хозяйствующему субъекту самостоятельно определить тип рынка с использованием рекомендаций:

- уточнить временной интервал исследования товарного рынка;
- определить географические границы товарного рынка;
- выявить хозяйствующие субъекты, реализующие в установленных границах рынка данный товар;
- оценить объемы товарного рынка и доли предприятий на рынке;
- определить уровень концентрации товарного рынка (коэффициент рыночной концентрации, индекс рыночной концентрации Херфиндаля-Хиршмана и др.);
- важным моментом является определение барьеров входа на товарный рынок – выявление экономических, административных и других обстоятельств или действий, препятствующих или затрудняющих субъектам начало деятельности на товарном рынке;
- в заключении необходимо дать оценку состояния конкуренции на товарном рынке, определить тип рыночной структуры, и оценить перспективы изменения конкуренции на нём.

Новизной данной статьи являются уточнения методических положений определения типа рынка по законодательству на основе состояния конкуренции.

Существует множество методов определения типа рынка: типы строения рынков по Штакельбергу, подход Э. Чемберлина, основные типы структур рынка продавца по Ф.М. Шереру, индекс Херфиндаля-Хиршмана и др.

Новейший подход к определению типа рынка представлен Государственным образовательным учреждением «Оренбургский государственный университет». Предлагаемый новый подход к определению типа рынка – это система оценочных критериев (каждый из которых рассчитан на базе классических подходов), с помощью которой определяется единый критерий соотнесения рынка и его типа [2].

Предлагается рассматривать 6 типов структур рынка продавцов: монополия, олигополия, квазимонополия (доминирующая фирма), монополистическая

конкуренция, квазисовершенная (работающая) конкуренция, совершенная конкуренция. В чистом виде первый и последний типы встречаются крайне редко, но они необходимы для получения нижних и верхних границ по оцениваемым характеристикам. Необходимо определить временные (один год или несколько лет), товарные и географические границы рынка с учетом нормативных положений.

Формируется система из 8 критериев оценивания, как совокупность наиболее значимых характеристик рынка, а также рекомендаций нормативного акта [1], что отвечает всем необходимым требованиям идентификации рыночной структуры (критерии указаны в табл. 1).

Изначально критерии измеряются с помощью качественных или количественных оценок, которые затем приводят к порядковой пятиуровневой шкале (см. табл. 1): низкий уровень критерия (0), относительно низкий (0,25), средний уровень (0,5), относительно высокий (0,75) и высокий уровень критерия (1). Первичная оценка значений критериев для выделенных типов рыночных структур осуществляется при помощи экспертов, которыми могут быть специалисты предприятия, привлеченные внешние специалисты, приглашенные ученые.

Для определения типа рынка применяется классификационная таблица 2.

Из 6 возможных типов рынков выбирается тот, который в наибольшей степени соответствует рассматриваемому рынку. Для этого используется метод «ближайшего соседа» [3]. «Близкий» тип рыночной структуры определяется числом совпадений свойств сравниваемых объектов.

С помощью данного подхода определим тип рынка круглого металлопроката в КР (значения критериев представлены в табл. 1 и 2).

Таблица 1

Оценка и перевод значений критериев в порядковую шкалу

№	Критерий	Обозначение	Оценка в шкале отношений (балл)					Значение критерия рынка металлопроката	Характеристика
			0	0,25	0,5	0,75	1,0		
1	Число участников рынка (кол-во продавцов)	n	1	2-9	10-29	30-99	Более 100	5	Фактически используется во всех классификационных подходах (типы строения рынков по Штакельбергу, основные типы структур рынка продавца по Ф.М. Шереру и Д.Россу и др.)
2	Индекс концентрации	$CR = \sum_{k=1}^n S_k$ <p><math>S_k</math> – доля рынка п/п, n – число крупных участников рынка</p>	0-0,19	0,2-0,39	0,4-0,59	0,6-0,79	0,8-1	0,83	Исследуют несколько наиболее значимых участников рынка. Данный критерий позволяет идентифицировать различия между олигополией и доминирующей фирмой.

3	Индекс Херфинд аля - Хиршман а	$HHI = \sum_{k=1}^n S_k^2$ S <sub>k</sub> – доля рынка п/п, n – общее число участников рынка	0-499	500-999	1000-1999	2000-5999	6000-10000	2646	Это достаточно распространенная характеристика рынка, которая дает возможность оценить степень однородности положения участников рынка
4	Барьеры входа-выхода	НВ	Отсут- ствуют	Незна- читель- ные	Средне- ние	Суще- ственны- е	Высокие	Высокие	Качественный критерий
5	Контроль над ценами	СР	Высокая степень	Доста- точная способ- ность влият- ь на цену	Цены являют- ся базовыми для всех продав- цов	Варьи- рование в широ- ком диапа- зоне	Конт- роль не возмо- жен	Доста- точная способ- ность влият- ь на цену	Для монополии возможен полный контроль, который ограничивается только законодательством, контроль не возможен в условиях совершенной конкуренции
6	Степень информиро- ванности (неопреде- ленности)	$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$ S <sub>i</sub> – доля рынка п/п, n – общее число участников рынка	-460- (-200)	-199 – (-100)	-99 – (-20)	-19 – (-5)	-4 – 0	-54,6	Характеризует степень деконцентрации деловой активности и позволяет глубоко исследовать уровень и динамику конкурентного положения субъектов бизнеса.
7	Степень дифферен- циации продукции	DP	Уника- льная	Незна- читель- ная	Стандартная проду- кция	Диффе- ренци- рованная	Высоко- диффе- ренци- рованная	Стандартная проду- кция	Продукция может быть уникальной, возможны незначительные различия для достаточно однородной продукции, широкий спектр продукции, широкая линия продукции, стандартная продукция
8	Эластичность спроса по цене	$ED_p(Q) = \left(\frac{Q}{p}\right) \cdot \left(\frac{dp}{dQ}\right)$ p – цена товара, Q – объем продаж	-0,5 - 0	-1 – (-0,51)	-1	-3 – (-1,1)	Менее (-3)	-1	Потребители оказывают влияние на поведение продавцов, ограничивая их степень свободы в установлении цены и определении объема выпуска.

Эксперты выполняют оценивание, результаты которого обрабатываются и преобразовываются аналитиками с использованием положений табл. 1.



Таблица 2

Классификационная таблица для диагностики типа рыночной структуры

Критерии классификации	Типы рыночных структур						Оценка рынка металлопроката
	Монополия	Олигополия	Квази-монополия	Монополистическая конкуренция	Квази-совершенная конкуренция	Совершенная конкуренция	
Число участников рынка (кол-во продавцов)	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,25
Индекс концентрации	1	0,75	0,75	0,5	0,25	0	1,0
Индекс Херфиндала - Хиршмана	1	0,75	0,5	0,5	0,25	0	0,75
Барьеры входа-выхода	1	1	0,75	0,5	0,25	0	1,0
Контроль над ценами	1	0,75	0,75	0,5	0	0	0,25
Степень информированности (неопределенности)	0	0,25	0,25	0,5	0,75	1	0,5
Степень дифференциации продукции	0	0,75	0,75	1	0,25	0,5	0,5
Эластичность спроса по цене	0	0,25	0,25	0,5	0,75	1	0,5

Для определения типа рынка выбрана методика, предложенная ГОУ «Оренбургским государственным университетом». Наиболее «близкий» тип рынка, которому соответствует рынок круглого металлопроката в КР – олигополия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Федеральной антимонопольной службы от 28 апреля 2010 г. № 220 «Об утверждении Порядка проведения анализа состояния конкуренции на товарном рынке».
2. Журнал ВАК: УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ – Методика определения типа структуры товарного рынка. К.э.н., Смирнова Е.В. ГОУ «Оренбургский государственный университет». 2011.
3. Гальперин В.М., Игнатьев С.М., Моргунов В.И. Микроэкономика. В 2-х томах. Институт «Экономическая школа». Санкт-Петербург. 2004.

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РИСКОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОРГОВОЙ ФИРМЫ

Чернова М.С.

тел.: +996702542464; e-mail: [rudakova.maria@gmail.com](mailto:rudakova.maria@gmail.com)

ОсОО «Первая Металлобаза», Бишкек, Кыргызстан

Исследование рисков выступает одним из главных элементов системы риск-менеджмента, ключевым источником информации для принятия решений, способных обезопасить деятельность фирмы. Конкуренция является одним из важнейших факторов риска для торговых фирм. 20-е столетие было веком

обострения конкуренции. Уже ясно, что с еще большим основанием эту характеристику можно будет отнести к нынешнему, 21-му столетию.

Выгоды от целенаправленного управления рисками многообразны. Они могут быть как денежными, так и не денежными, носить как инвестиционный, так и потребительский характер, доставаться как самим фирмам, так и третьим лицам и обществу в целом. В последние десятилетия явно обозначился интерес к построению риск-менеджмента. Издано большое количество отечественных и зарубежных книг по данной теме. Построение грамотной системы управления рисками оказывается не только экономически выгодным в тактическом плане, но и закладывает основу для развития коммерческой фирмы.

Известные методы исследования рисков можно условно разделить на две крупные группы в зависимости от чувствительности метода к количеству имеющейся статистической информации. В случае если имеется достаточный объем численных данных, которые дают достоверные статистические корреляции, их можно использовать для исследования рисков количественными методами. Однако существуют риски, для которых статистические данные отсутствуют, разрозненны, противоречивы, либо их сбор очень затруднен. Для анализа (оценки) подобных рисков применяются качественные (или экспертные) методы, которые позволяют получить приблизительные значения, достаточные для принятия решений. Следует отметить, что, несмотря на отсутствие статистических данных, количественные методы исследования рисков благодаря учету мнения достаточно большого количества экспертов позволяют получить оценки риска, выраженные в цифрах и реалистично отражающие фактическую ситуацию.

Количественные методы исследования рисков появились раньше, их разработка была вызвана в первую очередь потребностями страховых организаций. Благодаря наличию достаточно точного расчета страховые компании знали численные значения рискованности тех или иных событий и в соответствии с ней назначать адекватную страховую премию. Именно тогда возникло представление о риске как произведении вероятности события на сумму потерь. Для исследования и оценки риска для целей страхования в первую очередь использовалась теория вероятности и математическая статистика.

В дальнейшем исследователи заинтересовались не только страховыми рисками, но и другими предпринимательскими рисками. Здесь значение приобрела теория игр – математический инструмент, предназначенный для принятия оптимальных решений в условиях неопределенности. Появление компьютеров позволило использовать вычислительные мощности для моделирования развития событий при изменении каких-либо базовых параметров. Этот метод получил название сценарного моделирования.

Последующие наблюдения позволили заключить, что большой объем статистических данных не только бывает недоступен, но и может быть не нужен для принятия решений. Зачастую достаточно субъективной оценки риска в пределах шкалы с малым количеством градаций, например «незначительный, существенный, катастрофический». Использование субъективных оценок для измерения уровня риска нашло свое применение в экспертных методах. Преимуществами экспертных методов оценки риска являются оперативность получения информации для принятия решений, относительно небольшие затраты и применимость даже в ситуациях, где возможности получения объективной информации практически отсутствуют. Основным недостатком этого метода является низкая точность полученных сведений, однако в случае вынесения оценок группой экспертов, этот недостаток ослабляется и даже устраняется.

Помимо объективной либо субъективной оценки уровня заявленных рисков исследователи также сталкиваются с необходимостью обозначить все риски, потенциально возможные для изучаемого хозяйствующего субъекта. Задача идентификации рисков – это качественная задача, которая решается методом мозгового штурма, методом аналогий и использованием многочисленных существующих на сегодняшний день классификаций рисков.

Влияние конкуренции на уровень риска для фирмы весьма существенно. Помимо финансовой устойчивости, товарооборота, рыночной доли, конкуренция также затрагивает стратегическое положение фирмы на рынке и может вынудить пересмотреть само направление деятельности фирмы. Исследование стратегических рисков фирмы в первую очередь предполагает исследование конкуренции. Одним из методов изучения конкуренции в приложении к стратегическим рискам фирмы является метод конкурентного раннего предупреждения [2]. Важнейшим принципом исследования стратегических рисков является активное участие высшего руководства компании в данной работе. В таблице 1 обобщены некоторые наиболее распространенные методы исследования рисков.

Таблица 1.

Некоторые методы исследования рисков

Методы исследования рисков	Источник	Краткая характеристика
Количественные методы		Позволяют с высокой точностью спрогнозировать риски, однако нуждаются в большом объеме накопленных данных
Статистические методы	[1], [3], [4]	Применение различных инструментов статистики для анализа численных данных
Теория игр	[1], [3]	Математическая модель для принятия решений в условиях конфликта или неопределенности
Сценарное моделирование	[1], [3]	Анализ чувствительности ключевых параметров к изменению различных факторов и разработка нескольких вариантов развития событий (сценариев)
Качественные методы		Используются приблизительные оценки и экспертные суждения в ситуациях отсутствия достаточного количества численных данных
Идентификация рисков	[1], [3], [4]	Выявление возможности проявления неблагоприятных событий, изменений условий функционирования объекта, принятия неправильных решений, способных привести к каким-либо потерям, ущербу.
Экспертные методы	[1], [3]	Использование человека как «измерительного прибора» для получения количественных оценок процессов.
Конкурентное раннее предупреждение	[2]	Методика, сочетающая в себе элементы сценарного моделирования, экспертных методов и др., и направленная на выявление стратегических рисков.

Современность предлагает риск-менеджеру новые инструменты, позволяющие сделать процесс исследования рисков более дешевым и эффективным. Возможности, которые создаются наличием компьютеров и Интернета, – это сбор и обработка статистики; удобное и доступное получение

информации со всего мира; разработка сложных моделей, которые раньше были недоступны рядовым предпринимателям.

Новейшие достижения на стыке нейрологии и психологии, изобретение магнитно-резонансной томографии позволяет больше узнать о психологической предрасположенности разных людей к риску.

Одной из выдающихся методик конца 20 века является ТРИЗ (теория решения изобретательских задач). Это методика, обобщающая опыт большого количества инженерных открытий и позволяющая оптимизировать процесс решения инновационных задач, в том числе и задач, связанных с исследованием риска.

Особенностью современного риск-менеджмента является его расширение с исключительно страховых и кредитных организаций на все виды бизнеса. Системный подход к управлению риском предполагает его выход из компетенции отдельного специалиста или подразделения и встраивание элементов риск-менеджмента в компетенцию каждого работника и подразделения фирмы.

Помимо появления новых возможностей по исследованию и управлению рисками, сегодня также появились новые риски, в первую очередь вызванные ускорением бизнес-процессов, усилением конкуренции вследствие появления Интернета, все возрастающей требовательностью потребителей. Примером усиления конкуренции может служить многократное снижение стоимости страхования жизни в США, которое было вызвано возможностью потребителей при помощи сети Интернет сравнивать цены и условия, предлагаемые различными компаниями.

Современный бизнес все больше нуждается в использовании грамотной системы риск-менеджмента, которая невозможна без использования наиболее эффективных и прогрессивных методов исследования рисков. Большинство крупных фирм сегодня активно пользуются многими достижениями риск-менеджмента, однако исследования не стоят на месте и науке есть что предложить и отделу риск-менеджмента крупной корпорации, и индивидуальному предпринимателю.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: учебное пособие. М.: Дело и Сервис. 2010. 208 с.
2. Джилад Б. Конкурентная разведка. Как распознавать внешние риски и управлять ситуацией. СПб.: Питер. 2010. 320 с.
3. Казакова Н.А. Финансовая среда предпринимательства и предпринимательские риски: Учеб. Пособие. М.: ИНФРА –А. 2012. 208 с.
4. Тихомиров Н.П. Риск-анализ в экономике / Н.П. Тихомиров, Т.М. Тихомирова. Москва: ЗАО «Издательство «Экономика». 2010. 318 с.

## КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА КАК СТРАТЕГИЧЕСКОГО

Бондаренко А.С.

моб.: 0555 00 63 64, e-mail: [ste\\_na@mail.ru](mailto:ste_na@mail.ru)

ОсОО «АТ Плюс», г. Бишкек, Кыргызстан

Ресурсы (от франц. *ressource* - ценность, запас, источник средств) – это система, которая превращает цель в результаты [1].

Существуют различные классификации ресурсов, основанные на различных признаках. Нас интересует распределение ресурсов по значимости. По степени значимости, ресурсы разделяют на ключевые и дополнительные. Стратегическими, ключевыми, ресурсами считают набор ресурсов, ведущий к эффективной реализации выбранной стратегии фирмы. Они обеспечивают развитие, и конкурентные преимущества бизнеса, определяются в общей стратегии развития организации, которая подразумевает потребительскую, товарную, рыночную стратегии, подкрепляемые ресурсной стратегией и стратегией роста капитала.

Дополнительные же ресурсы – это все ресурсы, которые не являются ключевыми. Они могут повышать эффективность деятельности, но не влияют на возможность осуществления деятельности в принципе. Стоит отметить, что один и тот же ресурс может быть как ключевым, так и дополнительным:

Например, кондиционер, конечно, делает эксплуатацию автомобиля более комфортной и влияет на физиологическое состояние водителя, что приводит к повышению его мотивации и, соответственно, позволяет добиться более высокой производительности. Но на возможность реализации целевой функции этой системы, – перевозка груза, – данный ресурс непосредственно не влияют. Соответственно, его устранение не разрушает саму систему, хотя, может быть, и делает ее менее эффективной.

Но, тот же кондиционер, при неблагоприятных внешних условиях, может быть ключевым ресурсом, поскольку обеспечит жизнедеятельность водителя и его наличие будет непосредственно влиять на возможность выполнения целевой функции системы [2].

В ресурсной стратегии устанавливается потребность в ключевых ресурсах, определяющих развитие бизнеса. Ресурсный подход рассматривает компанию в качестве набора материальных и нематериальных ресурсов. В контексте данного подхода к ресурсам относят активы компании, способности, организационные процессы, отличительные характеристики компании, знания и другие элементы в распоряжении компании, которые позволяют ей разрабатывать и реализовывать конкурентную стратегию. Можно выделить три группы ресурсов компании[3]:

- Материальные ресурсы включают технологии, помещения и оборудование, географическое положение и доступ к сырью.
- Человеческие ресурсы — обучение сотрудников, их опыт, знания, взаимоотношения и компетенции отдельных менеджеров и работников компании.
- Организационные ресурсы — системы отчетности, планирования, контроля, а также неформальные связи внутри и вне организации.

Безусловно, не все ресурсы, имеющиеся в компании, могут быть отнесены к стратегически важным. Некоторые ресурсы, в контексте стратегического планирования, не представляют интереса, другие же могут ввести руководство компании в заблуждение и привести к реализации стратегии, невыгодной для компании. Задача компании, таким образом, заключается в выделении наиболее

важных ключевых ресурсов, которые станут источником устойчивого конкурентного преимущества компании. В ресурсной стратегии устанавливается потребность в ключевых ресурсах, определяющих развитие бизнеса.

Компания имеет конкурентное преимущество, когда она реализует стратегию, создающую для покупателей ценность, которую при этом не использует ни один из ее конкурентов на данном рынке. Конкурентное преимущество называется устойчивым, если ни один из ее настоящих или потенциальных конкурентов при использовании этой же стратегии не сможет получить при ее реализации сопоставимый выигрыш. В данном подходе устойчивость означает долгосрочную сохранность от копирования конкурентами. Ресурсный подход, однако, допускает, что со временем (в ходе структурных изменений отрасли) источники конкурентного преимущества могут потерять свою актуальность и выйти из разряда стратегически важных.

Конкурентные преимущества в ресурсах для первенства на рынках заключаются [1]:

- в привлечении лучших, более производительных ресурсов по сравнению с конкурентами;
- во владении исключительными, ограниченными ресурсами;
- в создании уникальных ресурсов, недоступных другим участникам рынков;
- в формировании системы ресурсов, обеспечивающей высокую результативность и эффективность;
- в наличии предпринимательских способностей.

Ресурсы компании, которые могут стать источниками устойчивого конкурентного преимущества, должны быть нестандартизированы, неоднородны и немобильны. В противном случае, когда несколько игроков на рынке обладают схожими ресурсами, любая компания может повторить стратегию другой и получить сопоставимый результат, что противоречит определению устойчивого конкурентного преимущества.

Для формирования устойчивого конкурентного преимущества необходимы четыре условия, касающиеся ресурсов компании:

- Ресурс должен обладать ценностью, т.е. играть важную роль в обеспечении эффективности и производительности бизнеса. Под ценностью понимают способность компании за счёт ресурса использовать возможности или нейтрализовать угрозы внешней среды. Даже если ресурс обладает всеми прочими характеристиками, но не помогает компании взаимодействовать с внешней средой, он не может считаться стратегическим.
- Ресурс должен встречаться среди существующих и потенциальных конкурентов относительно редко. Редкость ресурса определяется степенью распространенности его среди компаний-конкурентов. Для некоторых стратегий требуется не один, а несколько ресурсов, поэтому редкость можно рассматривать применительно к набору ресурсов, необходимому для обеспечения конкурентного преимущества;
- Ресурс должен быть труден для воспроизводства или имитации другими компаниями в силу уникальности условий, в которых он сложился; должно быть невозможно или крайней трудно выявить взаимосвязь устойчивого конкурентного преимущества компании и комплексной социальной динамики этого ресурса, что сделает попытки его воспроизведения другими компаниями практически невозможными. Не полностью поддающиеся имитации ресурсы обладают несколькими отличительными особенностями, которые не позволяют конкурентам произвести их полную имитацию за счёт

других ресурсов: их появление вызвано уникальными условиями внешней среды в прошлом; их связь с вызванным ими конкурентным преимуществом не до конца изучена; они характеризуются сложными социальными связями. В других источниках в качестве причин неполной имитации также выделяют физическую уникальность ресурса (недвижимость, источники сырья) и «экономическую защиту», когда имитация ресурса невыгодна с экономической точки зрения из-за емкости рынка;

- Ресурс не должен иметь каких-либо стратегически эквивалентных заменителей. Последняя особенность, незаменимость, возникает, когда ни один из других нередких и воспроизводимых ресурсов не может быть использован схожим образом для формирования конкурентного преимущества.

Коллис и Монтгомери рассмотрели более практико-ориентированный подход к определению ключевых ресурсов и установили пять отличительных особенностей ресурсов данной категории [3]. Ресурс можно отнести к группе стратегически важных, когда:

- его сложно скопировать;
- он устаревает медленно;
- принадлежит компании, а не её сотрудникам или клиентам;
- не может быть легко заменен;
- превосходит аналогичные ресурсы конкурентов.

Первая и четвёртая характеристики совпадают с классическим подходом, остальные же затрагивают вопросы о долгосрочности ресурса, праве собственности на него и его относительную ценность. Стратегически важные ресурсы должны быть актуальны для компании в долгосрочном периоде, право собственности должно быть закреплено за компанией, а ценность должна быть измерена на основе объективной информации, желательно, с помощью внешнего эксперта.

Например, договор дилерского обслуживания с поставщиком товара. Ценность: предоставление скидок, а следовательно более низкая стоимость товара, эксклюзивный ассортимент товара; редкость: возможность заключить такой договор имеет небольшое количество участников рынка; сложно скопировать: в редких случаях возможно двойное дилерство на регион; сложно найти эквивалент: можно стать представителем другой компании-поставщика, но это все равно не будет полным эквивалентом; кроме того, договор дилерского обслуживания принадлежит самой компании, а не ее сотрудникам.

Менеджеры должны разрабатывать стратегии, которые опираются на ресурсы, в полной мере отвечающие приведенным требованиям. Большинство таких ресурсов нематериально, что отражает стремление обращать большее внимание на культурные и технологические аспекты корпоративных ресурсов. Многие ресурсы, в частности связанные с особенностями корпоративной культуры, нельзя определенно отнести к сильной стороне или слабой из-за их сложной социальной природы, поэтому компания должна думать на шаг вперед конкурентов и при необходимости уделять больше внимания тому или иному ресурсу. Из-за сложной, полной перемен внешней среды может возникнуть необходимость в дополнительном инвестировании в ресурсы с целью их обновления в соответствии с рыночными условиями.

Потребность в ресурсах определяется на основании [1]:

- Характера внешней среды.
- Целей и стратегии их достижения.

- Продуктов деятельности – товарного предложения.
- Отраслевых особенностей.
- Видов и масштабов деятельности.
- Позиций на потребительских рынках и рынках ресурсов.
- Системы организации и управления бизнесом.

Стратегических ресурсов недостаточно в целом для деятельности и реализации стратегии. Стратегия осуществляется с помощью системы управления реализацией стратегии, которая требует ресурсов для обеспечения основных функций реализации стратегий (маркетинг, разработка, производство, сбыт, организация и управление) посредством действий кадровых ресурсов, опирающихся на систему финансирования. То есть применением системы управления стратегией уточняются бизнес – процессы производства, продажи, организации и управления, а также источники финансирования привлечения ресурсов и определяются показатели их результативности и эффективности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет-источник: <http://www.finansy.ru/eco/soldatov/> Солдатов Владимир. Стратегическое управление ресурсами бизнеса.
2. Интернет-источник: <http://www.samosudov.ru/resource/> Самосудов М.В. Классификация ресурсов для бизнеса.
3. Интернет-источник: <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Ресурсный подход.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ В МЕНЕДЖМЕНТЕ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Булавин А.В.

тел. +996 555006352, e-mail: [Sasha\\_Bula@mail.ru](mailto:Sasha_Bula@mail.ru)

ОсОО «САЛГАР», Бишкек, Кыргызстан

Современный менеджмент представляет собой сложный аналитический процесс, учитывающий в планировании и принятии решений целые комплексы рассчитанных показателей, которые к тому же имеют обязательную периодичность обновления. Если учесть зависимость результативности менеджмента от использования показателей с максимальной вероятностью достоверности, актуальность темы сложно переоценить.

Поскольку речь идет о моделировании, основным сравнительным показателем при алгоритмизации расчетов является время, потраченное на обработку расчетных показателей, как следствие, время на принятие решения и размер погрешности. Надо также отметить, что использование возможности автоматизированной обработки информации позволяет учитывать большее количество показателей, учет которых при альтернативном анализе был бы слишком трудоемким. Как следствие - рассчитанные данные, помимо того что получены быстрее, являются более достоверными.

Если рассмотреть такую задачу менеджмента как планирование в торговом предприятии, в разных случаях для составления качественной заявки, с учетом более 10 значений, относящихся к конкретной позиции, связанных с остатками, взаимозаменяемостью, сезоном, трендом изменения емкости рынка и тому подобным, может потребоваться (в зависимости от количества рассматриваемых



позиций в ассортименте) до 4000 операций, что при средних временных затратах на каждую, около двух-трех минут, требует порядка двух недель чистого рабочего времени. При этом, как правило, максимальное количество времени, которое менеджер может потратить, примерно в шесть-семь раз меньше. Что представляется возможным исключительно в ущерб точности. В случае автоматизированного учета весь процесс может занимать два-три часа.

Развитие в данном направлении дает возможность оценить потенциал коэффициента полезного действия менеджмента, с использованием возможности моделирования аналитической функции, в области планирования продаж, заявок, а также осуществления разносторонних маркетинговых исследований.

Методологическим инструментом выступает алгоритм, обобщающий множественные экономические данные статистики продаж всего ассортимента товара в комплексные показатели, которые, в свою очередь, могут также обобщаться в еще более объективные показатели, представляющие собой на этом уровне иерархии конкретный аналитический инструмент для принятия управленческого решения.

Существует масса возможностей применения автоматизированной обработки данных в рутинном рабочем процессе. Основной принцип подобного подхода – «все, что может сделать машина, должна делать машина». Для принятия решений, тем более творческого характера, самая благоприятная среда – отсутствие отвлекающих факторов, даже если они напрямую связаны с рассматриваемым вопросом. Человеку, вероятно, было бы невозможно заниматься каким-либо творческим процессом в принципе, если бы ему было необходимо самостоятельно контролировать интенсивность пульса, количество выделяемой желчи, температуру тела и тому подобное. В этом смысле естественное эволюционное устройство биологического организма полностью соответствует вышеописанному принципу.

Существует, по меньшей мере, два способа оценки выполнения задачи менеджментом. С одной стороны, это конечный результат, с другой – подход к выполнению задачи. И если одно определяет тактическую перспективу, другое – стратегический потенциал развития компании.

При определении конкретного инструментария логично исходить из самых доступных возможностей, которые могут быть размещены в стандартном пакете операционной системы, например XL. Тем более, если учитывать степень распространенности пакета Microsoft Office во всем деловом мире.

Немаловажным фактором среди прочего, конечно же, является система организации или заинтересованности в труде соответствующих сотрудников компании, как, впрочем, и всех работников вообще. Надо также заметить, что любая, отдельно взятая отрасль народного хозяйства при исследовании и поиске оптимальной технологии менеджмента требует индивидуальной трактовки общепринятых экономических постулатов. Существует целая масса всевозможных поправок, допущений и прочих погрешностей, в зависимости от рода бизнеса, степени его развития, наличия конкуренции, уровня экономического развития в регионе и, как следствие, качества инвестиционного климата и размера процентной ставки. В свою очередь, процентная ставка определяет оптимальное соотношение заемного и собственного капитала в активах предприятий, а также серьезно корректирует равновесную цену товара, что, в свою очередь, не может не влиять на количество производимого товара или услуги и его (ее) розничную цену.

Все вышеперечисленное может также иметь или не иметь поправку – в зависимости от климатических условий региона, влияющих на степень сезонности отдельных отраслей народного хозяйства и тому подобное.

В процессе создания программного продукта и его эволюции на пути к законченному виду, как правило, начинает проявляться прямая взаимосвязь между степенью информационной «индустриализации» бизнеса и возможностью моделирования той или иной аналитической функции. Также рабочая аналитическая модель дает возможность дополнительного совершенствования учета аналитических показателей, расширяясь как в стороны объема учета данных, так и в направлении улучшения их качества.

Результат – разработка программного продукта с возможностью алгоритмизации аналитической функции, посредством чего - кратное увеличение производительности труда менеджмента при планировании, составлении заявок, ценообразовании и оптимизации склада товароматериальных запасов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кэмпбелл Р. Макконнелл, Стэнли Л. Брю. Экономикс. Москва. 1997.
2. Пол А. Самуэльсон, Вильям Д. Нордхаус. Экономика. Бином. КноРус. Москва. 1997.
3. В.С.Мхитрян, М.Ю.Архипова, В. А. Балаш, О. С. Балаш, Т.А.Дуброва, Т.А.Сиротин. Эконометрика. Москва 2008
4. Е.Бузукова. Ассортимент розничного магазина. Санкт-Петербург 2007
5. Электронная энциклопедия «Википедия» <http://www.wikipedia.org>

#### **МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ КЛИЕНТОВ КОМПАНИИ НА РЫНКАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

Козырев Н.В.

тел.: 0 (555) 520-476, 0 (312) 320-240; e-mail: [nick\\_2211@mail.ru](mailto:nick_2211@mail.ru)

ОсОО «Первая Металлобаза», Бишкек, Кыргызстан

В современных условиях приобретает значительную важность клиентоориентированный подход, выражающийся в стремлении компании получать дополнительную прибыль на основе лучшего и более глубокого понимания и эффективного удовлетворения потребностей своих клиентов [1]. Этот процесс ещё более усиливается на фоне ужесточения конкуренции, являющейся своеобразным катализатором развития взаимоотношений компании со своими потребителями. Товарный и ценовой подход теряют свою определяющую роль. Разница между предложениями конкурирующих компаний сглаживается за счет того, что товары становятся все более стандартизированными, а услуги унифицированными. Ценовое различие также сглаживается. Привлечь потребителей можно с помощью установления с ними взаимовыгодных и долгосрочных отношений, совершенствования обслуживания и сервиса, предоставления дополнительных услуг, адаптированных под конкретного клиента [2]. Чтобы клиенты не ушли к конкуренту, приходится постоянно совершенствовать деятельность компании. Как показывает практика, наиболее эффективными и успешными взаимоотношения между поставщиком и покупателем становятся на основе индивидуализации отношений, учитывающих

персональные особенности потребителей. Однако в стремлении охватить все число своих клиентов, компания будет сталкиваться с проблемой ограниченности ресурсов, самым важным из которых является время. Невозможно охватить всех клиентов и предоставить каждому из них требуемый уровень сервиса и обслуживания без ущерба для остальных. Поэтому компании необходимо выделить тех своих клиентов, сотрудничество с которыми является жизненно важным и наиболее выгодным для компании. Какие же клиенты являются ключевыми для компании? Какими критериями отбора необходимо руководствоваться, чтобы из множества самых разнообразных клиентов выделить тех, которые являются стратегическими и жизненно важными?

Наиболее распространенными характеристиками ключевого клиента компании, встречающиеся в литературе, являются следующие (все, либо одно из перечисленных) [3, 4, 5]:

- 1) Клиент, приносящий компании существенный доход, выраженный в абсолютных или относительных показателях (процент от суммарной прибыли). Чем выше доля прибыли от одного клиента в общей прибыли компании, тем в большей степени он является ключевым для компании. Общепринятым считается определение ключевого клиента, приносящим свыше 10% прибыли компании. Однако данный показатель не является догматичным – в каждой отрасли, в каждой отдельно взятой компании выделяется свой порог, при превышении или при приближении к которому клиент считается ключевым для каждой конкретной компании. В случае, если доля в суммарной прибыли ключевого клиента превышает 50%, говорят, что такой клиент является моноклиентом [1]. Моноклиент является основным и доминирующим для компании.
- 2) Клиент, на которого приходятся значительные объёмы товарооборота компании, выражаемые в абсолютных или относительных показателях.
- 3) Клиент, уход которого вызовет существенное ухудшение финансовых показателей деятельности компании. Именно поэтому крайне важно работать над повышением лояльности ключевых клиентов к компании для предотвращения их ухода к конкурентам.
- 4) Клиент, являющийся ключевым для конкурента. При привлечении ключевого клиента конкурента возникает перспектива получения значительного дохода в будущем. Поэтому для компании выгодно работать с таким клиентом даже в небольших объёмах или в эпизодических сделках. Даже если в данное время доля дохода от таких клиентов мала, есть большая вероятность существенного наращивания объёма сотрудничества и соответственно получения большей прибыли.
- 5) Перспективный клиент, который в будущем может закупать крупные объёмы и тем самым приносить большую прибыль компании (значительный потенциал роста объемов продаж).
- 6) Известный клиент в отрасли, а также клиент, имеющий разветвленную сеть филиалов. Возможность рекомендаций со стороны такого клиента работать именно с нашей компанией для других клиентов. Кроме того, престижность работы с данным клиентом, влияющая на позитивный имидж и статус компании.
- 7) Клиент, при сотрудничестве с которым достигаются высокие показатели рентабельности.
- 8) Клиент, оказывающий экономическое либо политическое влияние на мнения других компаний на рынке.

- 9) Клиент, который своей компетентностью и требовательностью улучшают работу компании через улучшение бизнес процессов и совершенствование сервисного обслуживания. Такой клиент через конструктивную критику, а также предложения по улучшению различных сфер деятельности компании улучшает не только сервисное обслуживание, но также и помогает в совершенствовании товаров и услуг, предлагаемых компанией, выступая, по сути, бесплатным консультантом компании.
- 10) Клиент-партнер, который может одновременно быть также инвестором компании, участником совета правления компании, а также участником совместного проекта либо предприятия. При этом осуществляется взаимное планирование деятельности, взаимные консультации для более эффективного взаимодействия и реализации совместных проектов, приводящих к получению синергетического эффекта.

Важным условием выделения ключевых клиентов с помощью перечисленных критериев является достижение стратегических целей компании, важнейшей из которой является прибыльность и рост товарооборота. Рассматривая в этом контексте критерии отбора ключевых клиентов, можно выделить ряд критических замечаний. При ориентации на выбор клиентов с наибольшими показателями товарооборота, компания может получить зависимость от крупных клиентов, по которым и без того уже минимальная наценка (как правило, крупные покупатели получают максимальные скидки и наиболее выгодные условия, что негативным образом отражается на рентабельности и прибыли компании-поставщика). Сознательно отталкивая от себя более мелких покупателей, среди которых находятся и клиенты, имеющие большой потенциал роста, компания становится зависимой от крупных покупателей, начинающих все больше диктовать свои условия, осознавая свое исключительное положение.

При ориентации на так называемых VIP-клиентов, сотрудничество с которыми приносит известность и повышает имидж компании, говорить о прибыльности вообще не приходится. Как правило, такие клиенты являются даже убыточными, и не могут быть основой бизнеса. По большому счету, VIP-клиенты могут рассматриваться как рекламные затраты на привлечение новых клиентов, которые могут прийти в компанию по рекомендации VIP-клиента, а также затраты на поддержание взаимоотношений со значимым окружением компании в виде выгодных предложений (цены ниже рыночных) для представителей государственных органов, например.

Критерий, основанный на доле в товарообороте и прибыли, также требует уточнения. Клиент, которому нужна большая партия товара одновременно, то есть раз в очень долгий период, не может являться ключевым. В дальнейшем этот клиент не будет закупать товары и услуги компании в прежних объемах. Поэтому, необходимо критерии, определяющие ключевого клиента компании, дополнить также показателем, оценивающим потребности клиента в товарах и услугах компании-поставщика в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной временной перспективе. По поводу клиента, по которому достигается высокий уровень рентабельности, не всегда можно сказать, что он является ключевым. Как правило, максимальные цены получают те покупатели, которые закупают небольшие объемы товара и имеют вследствие этого незначительные доли в общем объеме потребителей компании.

Кроме того, ключевые клиенты в каждой конкретной отрасли имеют свою специфику и критерии отбора. При этом критерии ключевых клиентов для одной отрасли будут не совпадать с критериями другой отрасли. По этой причине

определение ключевых клиентов не может быть осуществлено по единой универсальной методике. Однако возможно выделение общих принципов и методик, справедливых для определенного рынка или отрасли.

Рассматривая критерии определения ключевых клиентов, можно выделить две основные группы факторов:

- 1) Факторы, оценивающие прямое влияние клиента на финансовые показатели компании (прибыль, товарооборот, рентабельность).
- 2) Факторы, оценивающие продвижение компании на рынке (престиж, имидж, репутация).

Обе группы факторов являются важными для компании. Но для упрощения работы с ключевыми клиентами необходимо их разделение на две группы – обеспечивающих финансовые показатели компании и обеспечивающие показатели имиджа и репутации.

Также необходимо выделение целей и задач, решение которых обуславливает выделение тех или иных ключевых клиентов. Например, если компании требуется максимизировать свой товарооборот, то ключевыми клиентами в данном случае будут те клиенты, которые закупают крупные объёмы товара у нашей компании, либо у конкурентов. В случае же цели максимизации прибыли упор будет сделан на тех клиентов, которые приносят наибольшую прибыль и по которым наивысшие показатели рентабельности.

Обязательным условием для определения ключевых клиентов является наличие информационной базы данных по всем покупателям компании. Для повышения эффективности и точности обработки данных, информационная база должна быть компьютеризирована и адаптирована для решения поставленной задачи выявления ключевых клиентов. В настоящее время данная задача решается в рамках автоматизированной системы 1-С предприятия, позволяющей наиболее комплексно и быстро выявлять клиентов, удовлетворяющих тем или иным критериям.

Таким образом, для реализации методики определения ключевых клиентов необходимо задействовать следующие блоки:

- 1) Временной промежуток (текущий – краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный).
- 2) Цели и задачи компании на временной промежуток.
- 3) Критерии выделения ключевых клиентов, которые позволят максимально эффективно решить поставленные цели и задачи компании в данный временной промежуток.
- 4) Обновляемая информационная база данных обо всех покупателях компании, позволяющая с помощью нужных критериев отбора выделить ключевых клиентов компании.
- 5) Обновляемое информационное досье на всех значимых и интересных клиентов компании, позволяющее оценить перспективы сотрудничества.
- 6) Обновляемое информационное досье на всех ключевых клиентов компаний-конкурентов.

Используя приведенные критерии, можно классифицировать всех покупателей компании, применяя ABC - классификацию, которая позволяет разбить клиентов на три основные группы по важности: высокий (класс «А»), средний (класс «В»), низкий (класс «С»). В зависимости от того, в какой группе находится клиент, ему уделяется большее или меньшее внимание со стороны персонала и руководства компании. При получении важной информации о каком-нибудь клиенте, он может быть перемещен из одной группы в другую. Например, если будет информация о планах компании, подразумевающих значительное

увеличение объема закупок, то такой клиент сразу переносится в разряд ключевых.

Интересным направлением исследования является разработка методики определения ключевых клиентов в долгосрочной перспективе из развивающихся клиентов, являющихся пока лишь кандидатами в ключевые клиенты. Если составлять ТОП-10 или ТОП-20-30 крупнейших клиентов компании каждый год, то, как правило, список этот будет постоянно меняться. Как же выявить тех клиентов, которые в будущем станут ключевыми, чтобы осуществлять инвестиции в виде времени, усилий персонала и необходимых затрат уже сейчас?

Зарубежный автор Питер Чевертон в своей работе "Работа с VIP-клиентами" предлагает в качестве методики определения ключевых клиентов матрицу KAISM (Key Account Identification and Selection Matrix), согласно которой выделение ключевых клиентов осуществляется через ответы на следующие два вопроса [6]:

1. Что именно делает клиентов привлекательными для компании?
2. Что именно делает компанию привлекательной для клиентов по сравнению с ее конкурентами?

В качестве факторов привлекательности клиентов компания может использовать такие критерии, как объемы закупок, конкурентоспособность и положение на рынке, стабильность финансовых показателей, потенциал развития бизнеса, доступность, потенциал инновационного развития, близость стратегических интересов. Также сюда относятся и такие неэкономические показатели, как уровень работы менеджмента и близость корпоративной культуры.

Среди факторов, по которым рассматривается сила компании с точки зрения клиента, рассматриваются: уровень цен, сервис и обслуживание, качество предлагаемых товаров и услуг, скорость реакции на запросы, связи компании с бизнес средой, уровень технической поддержки компании, привлекательность инвестиций в отрасль, долгосрочность, стабильность и надежность сотрудничества.

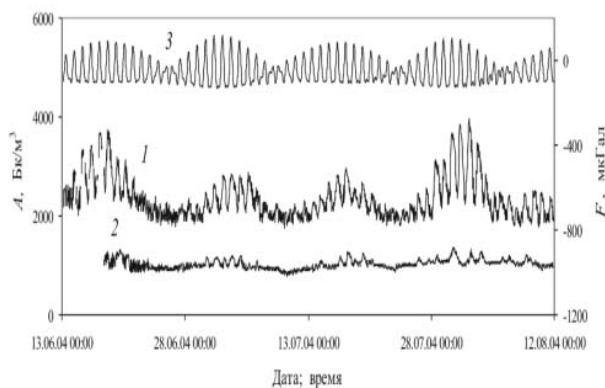


Рис. 1. Матрица KAISM.

Отвечая на поставленные вопросы, можно разбить клиентов компании на 4 группы, которые будут являться срезом качественной структуры покупателей компании на определенный момент. Прodelывая периодически данную работу (раз в год, например) – определение к какой группе относится тот или иной клиент, можно проследить, как изменялось качество клиентов во времени.

Определение ключевых клиентов компании возможно только на какой-нибудь момент или за определенный интервал времени (месяц, квартал, год). При этом и число, и качественный состав ключевых клиентов будут постоянно меняться, подобно тому, как постоянно меняется рыночная конъюнктура. Для компании важно использовать складывающуюся конъюнктуру наиболее

выгодным для себя способом. В частности руководство компании всегда должно знать ответ на вопрос – кто являются ключевыми клиентами компании в данный момент времени, и по каким критериям отбора они определяются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. [Джордж С. Дэй](#). Организация, ориентированная на рынок. Изд-тво: [Эксмо](#) 2008. . 304 с.
2. Иган Джон. Маркетинг взаимоотношений. Анализ маркетинговых стратегий на основе взаимоотношений. Пер. с англ. Е.Э. Лалаян. 2 изд. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2008. 375 с.
3. Лукич Р. М. Управление продажами / Радмило М. Лукич. М.: Альпина Паблишер. 2013. 212 с.
4. Царевская О. Статья в журнале «Sales business / Продажи».
5. Мельников К.. Статья на сайте: <http://www.pentagramma.ru>.
6. Питер Чевертон. Статья на сайте: <http://www.markus.spb.ru>.

### СПОСОБЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДАЖ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АССОРТИМЕНТА В ТОРГОВОЙ ФИРМЕ

Сарвенкова М.С.

тел.: (555) 99 22 89, e-mail: [mariiasarvenkova@gmail.com](mailto:mariiasarvenkova@gmail.com)

ОсОО «Салгар», г. Бишкек, Киргизия

Торговля является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей экономики Кыргызской Республики. Торговая деятельность является основным занятием населения страны. В рыночной экономике главным условием для успешной работы торгового предприятия является соответствие предлагаемого товара или услуги нуждам и потребностям населения.

Исследование продаж является важным аспектом для анализа, планирования текущей деятельности и формирования стратегий развития торгового предприятия. Каждая компания вырабатывает свои критерии и правила формирования ассортимента, основываясь, с одной стороны, на потребностях клиентов, с другой стороны - на стратегических целях предприятия [1].

Объектом исследования данного доклада является формирование ассортимента торговой фирмы, а предметом исследования – способы исследования продаж.

**Исследование продаж** включает в себя анализ проданного товара за период в количественном и денежном выражении, рентабельности продаж, анализ продаж и цен конкурентов, каналов сбыта.

Исследование продаж не имеет четких правил и руководств. Каждая компания анализирует свои продажи в зависимости от особенностей и специфики ведения деятельности.

По А.В.Зонову, главным источником информации в исследовании являются статистические сведения. По статистическим данным проводят:

- анализ динамики продаж – объем продаж продукции как в натуральном, так и в стоимостном выражении в динамике (в разрезе периодов времени), темп роста, темп прироста, сравнение с прошлым периодом, доход и прибыль, прочее;

- анализ структуры продаж – объем, доля продаж продукции как в натуральном, так и в стоимостном выражении в разрезе отдельных групп и категорий продукции, в разрезе клиентов, по отдельным торговым точкам, прочее [2].

В литературе описаны следующие методы исследования продаж для формирования ассортимента [3]:

- 1) ABC – анализ.
- 2) ABC-XYZ анализ.
- 3) Матрица BCG (Бостонской консалтинговой группы).
- 4) Анализ по методу Дибба-Симкина.

Данная работа посвящена рассмотрению способов исследования продаж, используемых торговой фирмой ОсОО «Салгар», занимающейся поставками и продажей автошин для различных видов автотранспортных средств на рынок Киргизии. В основном продажи ведутся через розничные точки, оптовые продажи составляют менее 40 % общего товарооборота компании.

На сегодняшний день компания предлагает потребителям более 300 типоразмеров и более 1000 моделей шин для грузовых, легковых, легко-грузовых автомобилей и сельскохозяйственной техники.

Для анализа продаж товарная номенклатура разделена на три основных направления: легковая шина, легко-грузовая шина и грузовая шина. Каждое направление разделено на подгруппы, в подгруппе содержится несколько типоразмеров, в каждом типоразмере представлен ряд шин разных брендов, имеющих разные характеристики и стоимость.

Ассортимент компании может быть представлен в следующем виде:

<b>Легковая шина</b>	<b>Легко-грузовая шина</b>	<b>Грузовая шина</b>
Подгруппа R 6.45	Подгруппа R14C	Подгруппа 7,50 R20
6.15-10	185 R14C	Подгруппа 8,25 R20
6.45-15	195 R14C	Подгруппа 9,00 R20
Подгруппа R12	205 R14C	Подгруппа 10,00 R20
155 R12C	Подгруппа R15C	...
155/70 R12	195/70 R15C	Подгруппа 14,00R20
5.00 R12	225/70 R15 C	Подгруппа R17.5
Подгруппа R13	Подгруппа R16C	Подгруппа R19.5
165/70 R13	...	Подгруппа R22.5
175/70 R13	Подгруппа R15 4*4	С/х шина 8,25
185/70 R13	235/75 R15	С/х шина 9,00
Подгруппа R14	31*10.5	С/х шина 11,2
...	...	...
Подгруппа R18	Подгруппа R20 4*4	Спецтехника

По данной структуре ассортимента ведется учет товарно-материальных запасов компании. Учет и анализ деятельности предприятия автоматизированы и проводятся в среде «Предприятие:1С».

Способы исследования продаж, применяемых для анализа продаж автошины в торговой фирме:

- 1) Анализ ассортимента проводится через матрицу Бостонской консалтинговой группы. Данные по всему рынку автошин недоступны, поэтому используется не классическая матрица, а адаптированная матрица БКГ.



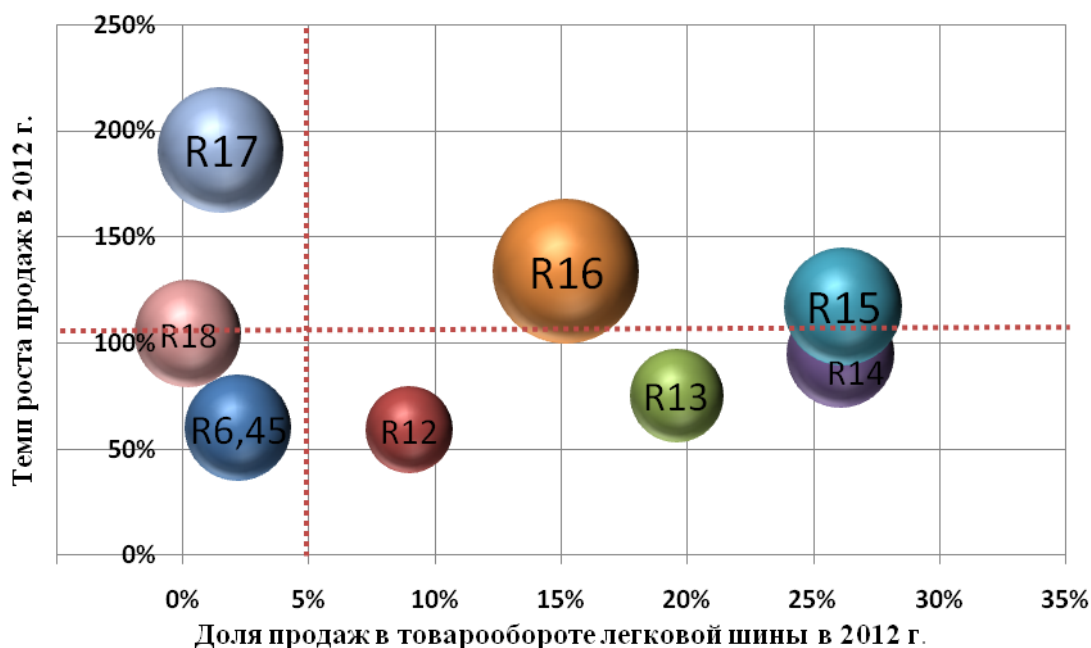


Рис.1. Модифицированная матрица БКГ на примере легковой шины за 2012 год.

Средний темп роста в легковой шине в 2012 году составил 104% (горизонтальная линия разграничения матрицы). Точка раздела товаров по величине доли в объеме продаж определяется экспертным путем, по матрице линия определена на уровне 5%. Подгруппы R12, R13 и R14 находятся в стадии зрелости. Подгруппы R16 и R15 находятся в квадранте «звезды», это лидеры рынка. Рынок подгрупп R17 и R18 не сформировался и требует изучения. Потребность рынка в R6,45 уменьшается и постепенно исчезает.

- 2) Ведение постоянного контроля и сравнение плановых и фактических показателей, фиксация основных причин отклонений от прогнозных значений.

Кроме данных внутренней отчетности фирмы, для изучения и формирования ассортимента компании необходимо учитывать макросреду, в которой функционирует компания:

- 1) Исследование конкурентной среды. Для этого ведется ежедневный учет продаж конкурентов на рынке «Кудайберген».
- 2) Исследование импорта шин проводится по данным статистики Государственной таможенной службы при правительстве Кыргызской Республики. Импорт новых автомобильных шин по итогам 2012 года составил 60,67 млн. долларов США или 2,85 млн. сом. По сравнению с 2011 годом импорт шин в денежном выражении вырос на 25% [5].
- 3) Исследование данных по структуре парка автотранспорта в стране проводится по сведениям Министерства транспорта и коммуникации Кыргызской Республики [6]. На рис. 2 отображена динамика изменения количества автотранспорта в Кыргызстане. Ряд данных «Всего АТС» включает легковые, грузовые автомашины, автобусы, спецтехнику и мотоциклы.

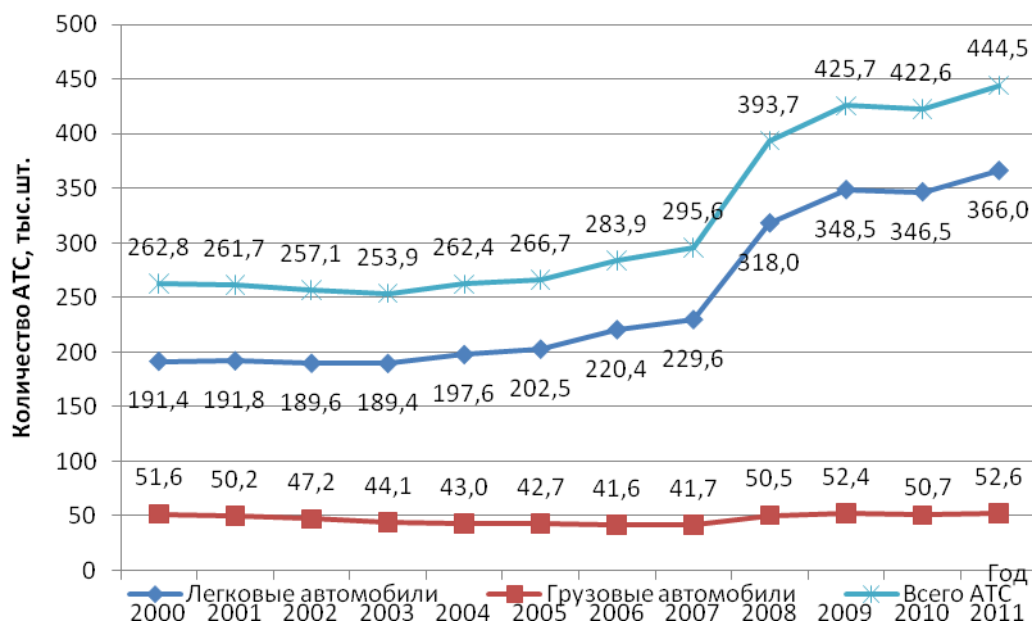


Рис. 2. Динамика количества автотранспортных средств в Кыргызстане по видам, тыс.шт. (2000 – 2011 гг.)

- 4) Влияние на рынок новой шины рынка поддержанных автопокрышек. Развитие рынка новых автомобильных шин зависит от социально-экономического состояния в Кыргызстане. Социально-экономическое состояние в Кыргызстане подталкивает потребителей покупать более дешевый товар, предпочитать новой шине поддержанную покрывку. Необходимо отметить влияние среднедушевого дохода населения на потребительские предпочтения в выборе автомобильных шин. Так, в условиях экономической нестабильности, покупатель, вынужденный все большее внимание уделять ценовой составляющей продукции, переориентировался на «бюджетный» сегмент новых шин, либо на дешевые поддержанные шины.

Таким образом, процесс исследования продаж для формирования ассортимента можно представить в виде модели (рис. 3).



Рис. 3. Процесс исследования продаж для формирования ассортимента торговой фирмы.

Исследование продаж – это непрерывный процесс, который в принципе бесконечен. Это трудоемкий процесс, поэтому существует реальная

необходимость по возможности автоматизировать данный процесс, свести его к простому механизму. Для этого используются статистические модели, которые основаны на данных прошлых лет.

Необходимо отметить 2 недостатка применения статистического исследования продаж:

- 1) Использование собственных статистических данных тянет в будущее свои прошлые ошибки и не учитывается положительный опыт конкурентов.
- 2) Даже если имеются статистические данные по республике в целом, в модели не будут учтены тенденции моды: появление новых автомашин, спецтехники.

Также необходимо учитывать факторы, которые нельзя преобразовать в статистические модели и выразить математическим языком:

- 1) Появление новых видов автотранспортных средств и потребности в новых типоразмерах автошин.
- 2) Предпочтения потребителей (вкус и мода).
- 3) Возможное изменение потребительского спроса под воздействием социально-экономических явлений.
- 4) Появление новых участников рынка (конкурентов) и другие факторы.

Поэтому необходимо строить не только статистические модели, но также вербальные модели, основанные на мнениях и предположениях торговых агентов и потребителей.

Эффективность применяемых методик оценивается высоко и позволяет принимать решения по корректировке ассортиментной политики фирмы.

Формирование ассортимента товаров является одним из важнейших факторов для эффективной жизнедеятельности современного торгового предприятия. Применение современных способов исследования продаж помогают сформировать оптимальный ассортимент торговой фирмы. Вопрос изучения и внедрения в практику новых способов исследования продаж для формирования ассортимента является актуальным для торговых компаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зотов В.В. Ассортиментная политика фирмы: учебно-практическое пособие. М.: Эксмо. 2006. 240 с.
2. Зонов А.В. Анализ продаж и управленческие решения / Центр дистанционного образования «Элитариум» (г. Санкт-Петербург), URL: <http://www.elitarium.ru>.
3. Жданова Т.С. Ленивый маркетинг. Принципы пассивных продаж. М.: Дашков и Ко. 2009. 94 с.
4. R. Heally 7 effective research methods, URL: <http://www.ryanhealy.com/effective-research-methods/> (дата обращения: 30.03.2013)
5. Официальный сайт Государственной таможенной службы при Правительстве Кыргызской Республики URL: <http://www.customs.gov.kg>
6. Официальный сайт Министерства транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики URL: <http://www.mtk.gov.kg>

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS-НАВИГАТОРОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В РЕКРЕАЦИОННОМ ГОРНО-ПЕШЕХОДНОМ ТУРИЗМЕ (НА ПРИМЕРЕ УЩЕЛИЙ КЫРГЫЗСКОГО ХРЕБТА)

Макушева С.В.

тел.: 0778-27-69-93, e-mail: [maksnor@yandex.ru](mailto:maksnor@yandex.ru)

Бишкекская финансово-экономическая академия, Бишкек, Кыргызстан

Кыргызстан, известный во всем мире как крупнейший альпинистский регион, имеет также большой потенциал для развития рекреационного горно-пешеходного туризма, который отличается от спортивного, в первую очередь, своей оздоровительной направленностью.

Термин «рекреация» происходит от латинского слова «recreatio», что означает восстановление. В настоящее время неуклонно растет роль рекреации как сферы, нейтрализующей производственные стрессы, нервно-психические нагрузки, усталость от монотонного труда, гиподинамию [3].

Рекреационный туризм представляет собой определенный тип туризма, имеющий основную целевую функцию – восстановление физических и психических сил человека средствами туризма. Это туризм активного отдыха и оздоровления, поэтому его часто называют оздоровительным [4].

Основными задачами рекреационного туризма являются:

- гармоничное физическое развитие и содействие всестороннему развитию человека;
- укрепление здоровья и предупреждение заболеваний;
- обеспечение здорового отдыха людей разного возраста и профессий;
- поддержание высокой работоспособности;
- достижение активного творческого долголетия.

В подсистеме рекреационного туризма выделяют следующие виды туристской деятельности:

рекреационно-развлекательный (релаксационный) туризм (в том числе и реабилитационный),

рекреационно-оздоровительный туризм,

рекреационно-познавательный,

рекреационно-спортивный туризм.

Факторы, способствующие эффективному отдыху и оздоровлению участников рекреационно-туристской деятельности, представлены на рис 1.

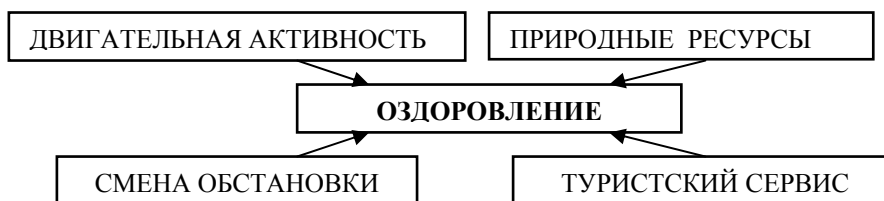


Рис. 1. Факторы оздоровления в рекреационном туризме

Туризм активного отдыха и оздоровления, более эффективен для целей физической, эмоциональной, интеллектуальной рекреации, чем туризм пассивного отдыха. Активные формы туризма, обеспечивают дозированную по объему и интенсивности физическую нагрузку для участников туристских

мероприятий, что является важнейшим фактором их полноценного отдыха и эффективного оздоровления.

Активными формами рекреационного туризма являются:

- оздоровительный поход выходного дня или многодневный оздоровительный поход.

- экологические туристские походы по «диким» чистым территориям, с максимально бережным отношением к данным территориям, с познавательными экскурсиями по экологической тропе.

- все рекреационно-спортивные туристские мероприятия, где с целью отдыха и оздоровления используются технологии видов спорта.

Рассмотрим, какие физические нагрузки целесообразно использовать в рекреационном походе для получения оздоровительного эффекта.

Физическая нагрузка - это дополнительная по сравнению с покоем степень функциональной активности организма, вызванная выполнением упражнений, а так же степень переносимых при этом трудностей [1]. Величина физической нагрузки определяется двумя ее сторонами - объемом и интенсивностью.

В пешеходном туризме объем нагрузки можно измерять в мерах длительности движения и протяженности пройденного расстояния с грузом определенной массы.

Интенсивность нагрузки означает степень напряженности усилий при выполнении работы и степень ее концентрации во времени. В пешеходном туризме интенсивность нагрузки измеряется скоростью движения туриста с грузом определенной массы, длительностью интервалов движения и отдыха.

Физическая нагрузка с одной стороны не должна быть низкой: это ведет к функциональной регрессии организма. С другой стороны чрезмерность нагрузки так же негативно сказывается на здоровье, как и ее недостаток.

Оздоровительными являются такие нагрузки, когда работа (двигательная активность) выполняется в т.н. «аэробной зоне». В данном случае затрачиваемая на совершение работы энергия образуется в организме за счет процесса аэробного окисления органических веществ (окисления с участием кислорода, поступающего в организм из атмосферы).

Аэробная работа - это работа умеренной, дозированной интенсивности, которую достаточно легко контролировать по простейшим физиологическим показателям, таким как частота сердечных сокращений (ЧСС) [5].

По данным физиологов, наиболее эффективны тренировки с оздоровительной направленностью при нагрузках, которые повышают ЧСС от 100 до 170–180 уд./мин, в зависимости от возраста и состояния здоровья человека (табл. 1).

Таблица 1  
Рекомендуемая частота сердечных сокращений (ЧСС)  
при занятиях физкультурой для людей разного возраста и состояния  
здоровья (уд./мин.)

Возраст, лет	Состояние здоровья	
	Без нарушений	С некоторыми нарушениями
18- 35	120 -180*	110 - 150
35- 60	100 - 150	100 -130
60 - 75	100 -130	90 - 110

\*После 30 лет доводить пульс до 180 уд./мин могут лишь люди, регулярно занимающиеся физическими упражнениями.

Организация рекреационных пешеходных туров в горах имеет свои особенности. В условиях гор влияние физической нагрузки рекреационного похода дополняется, в первую очередь, воздействием гипоксических условий, т.е. недостатком кислорода. Кроме того, существенное влияние на организм человека оказывают компоненты горного климата: понижение температуры воздуха, суточные колебания температуры, увеличение сухости воздуха, возрастание интенсивности солнечной радиации. Чем больше высота, тем сильнее действуют эти факторы. Пребывание в условиях среднегорья на высоте 1500-2400м над уровнем моря не вызывает серьезных физиологических сдвигов в организме, но легкие симптомы горной болезни могут наблюдаться у некоторых участников похода уже на высоте 2000м. Патологические процессы в организме «стартуют» с высоты 2400 м над уровнем моря [2].

При дозировании физической нагрузки следует учитывать индивидуальные особенности туристов – их пол, возраст, степень тренированности, характер их работы (физический или умственный), состояние здоровья.

Для проведения горного похода оздоровительной направленности необходимо знать параметры маршрута: местонахождение трека, его протяженность, высотные границы. По этим параметрам определяется интенсивность физической нагрузки - скорость передвижения, причем, для туристов разных возрастных групп скорость должна быть разной. Также необходимо определить время движения и отдыха.

Эти данные можно получить, используя в походе GPS-навигаторы.

Нами исследовались наиболее популярные пешеходные маршруты по ущельям Кыргызского хребта. В каждом из этих ущелий можно организовать походы разной категории сложности, как для начинающих, так и для более подготовленных туристов.

Все проводимые в работе измерения выполнены в 2011 -2012 гг. при помощи портативного туристического навигатора GPS eNrex Vista HCx, оснащенного встроенным барометрическим высотомером, который обеспечивает большую точность по определению высоты над уровнем моря.

Все треки фиксировались при помощи GPS и были нанесены на спутниковые снимки ущелий, определенных программой «GoogleEarth». По спутниковым снимкам определялись координаты маршрута и основных аттракций, протяженность и высота над уровнем моря. Использование программ «Ozi Explorer» и «Global Mapper» позволило сделать графическое изображение рельефа каждого трека, по которому были определены высотные характеристики и наиболее трудные участки (подъемы и спуски). Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2.  
Характеристика горно-пешеходных треков  
(ущелья Кыргызского хребта)

№	Название маршрута	Главное ущелье, склон	Высота трека над ур. м. (м)	Длина трека (км)	Перепад высот (м)
1	Водопад Ашутор	Сокулук	1975 – 2625 м	11.81	650
2	Адыгине (до р. Тестор)	Ала-Арча	2110 – 2730 м	10.36	620
3	Ала-Арча (до р.	Ала-Арча	2160 – 2530 м	12.16	370

	Топкарагай)				
4	Водопад Шаркыратма	Ала-Арча, правый склон ущ. Ак-Сай	2065 – 2665 м	9.1	600
5	Аксайский водопад	Ала-Арча, правый склон ущ. Ак-Сай	2140 – 2800 м	8.9	660
6	Хижина Рацека	Ала-Арча	2140 – 3340 м	13.4	1200
7	Голубиный водопад	Чонкурчак	1500 – 1820 м	5.7	320
8	Аламединский водопад	Аламедин, левый склон	1780 – 2100 м	12.2	320
9	Водопад Шаркыратма	Иссык-Ата, правый склон	1820 – 2050 м	5.2	230
10	Водопад (до р. Бала-Партак)	Иссык-Ата, левый склон	1835 – 2225 м	12.6	390
11	Водопад Эки-Тюштюк	Туюк Иссык-Атин., левый склон ущ.Кок-Мойнок	1545 – 2185 м	13.5	640
12	Водопад Атджайлау	Кегеты, левый склон	2100 – 2615 м	9.95	515
13	Озеро Кель-Тор	Кегеты	1785 – 2725 м	13.95	940
14	Каньоны Кок-Мойнок	Боом	1515 – 1630 м	5.3	115
15	Б. каньон Кургантерек	Боом	1465 – 1935 м	13.9	470

Как видно из представленной таблицы и рис.2 протяженность маршрутов варьирует от 5, 2 км до 13, 95 км, причем у 10 из 15 треків протяженность составляет более 10 км.

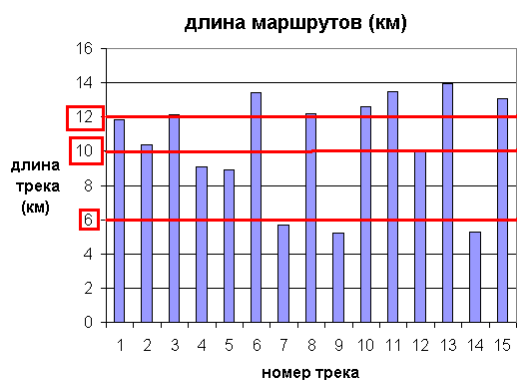


Рис. 2. Протяженность маршрутов.

Треки проходят на различной высоте. Значения абсолютных высот над уровнем моря представлены на рис. 3. Самая низкая «стартовая» высота составляет 1465 м над уровнем моря, самый «высотный» трек – «хижина Рацека», высота над ур.м. - 3340 м.



Рис.3. Значения абсолютных высот маршрутов.

Аттракции восьми из представленных треков находятся на высоте более 2400 м над ур.м. (пороговая высота для рекреационных походов), и практически аттракции всех треков находятся на высоте более 2000 м над ур. м. Признаки горной болезни проявляются на Тянь-Шане выше, чем в других мировых горных системах, но высотные уровни треков нужно учитывать, особенно для туристов, приезжающих с равнинной местности, и туристов «третьего возраста».

Значения перепадов высот исследуемых треков представлены на рисунке 4.

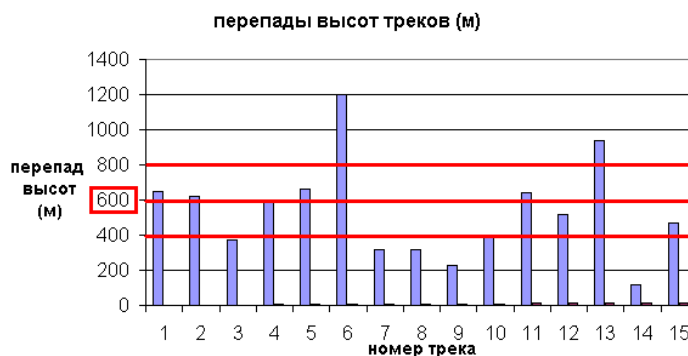


Рис. 4. Значения перепадов высот треков.

Значительные перепады высот характеризуют наличие крутых подъемов, для преодоления которых требуется высокий уровень работоспособности. Учитывая, что треки проходят на высоте более чем 2000 м над ур.м., следует особенно тщательно рассчитывать двигательный режим и интервалы отдыха.

Обобщая полученные данные, можно утверждать, что исследуемые нами треки имеют различную категорию сложности и требуют детальной разработки двигательного режима.

Регулирование физической нагрузки в рекреационных походах ведется в основном за счет снижения скорости передвижения и увеличение интервалов отдыха. Во время похода необходим контроль за ЧСС. Участие в треках, на которых предполагается большой набор высоты, требует предварительной подготовки, желательно иметь в своем «активе» прохождение треков на меньших высотах.

Для рекомендации скорости передвижения по маршрутам необходимы дополнительные расчеты.

Вывод – использование современных компьютерных программ и GPS – навигаторов в горно-пешеходном туризме позволяет зафиксировать на карте пройденный маршрут (нитка маршрута), определить протяженность маршрута и высоты над уровнем моря. С помощью графического изображения маршрута можно выделить наиболее сложные по набору высоты участки. Полученные данные позволяют регулировать физическую нагрузку и, при необходимости, производить коррекцию двигательного режима.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев.Л.П.Теория и методика физической культуры: введение в общую теорию. М.: РГУФК, 2002.
2. Миррахимов М.М., Сарыбаев А.Ш., Медицинские аспекты адаптации к горам. Горы Кыргызстана. – Бишкек: Технология, 2001.
3. Рыжкин Ю.Е. К вопросу о понятии феномена «физическая рекреация»//Теория и практика физической культуры.2001, №4. С. 55-57.



4. Федотов Ю.Н., Востоков И.Е. Спортивно-оздоровительный туризм: учебник/ Под общ. Ред. Ю.Н. Федотова. – М: Советский спорт, 2008.
5. Фурманов, М.Б.Юспа. А.Г. Оздоровительная физическая культура: Учеб. Для студентов вузов – Мн: Тесей, 2003.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS-НАВИГАТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ СЛОЖНОСТИ ГОРНОЛЫЖНЫХ СКЛОНОВ**

Макушева С.В., тел.: 0778-27-69-93, e-mail: makusheva, [s.v@yandex.ru](mailto:s.v@yandex.ru)  
Бишкекская финансово-экономическая академия, Бишкек, Кыргызстан.

Воронцова Е.В, e-mail: vorontsova@gdirc.ru  
Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан

Одним из массовых видов туризма является в настоящее время горнолыжный туризм, который используется как средство оздоровления, активного отдыха и проведения досуга людей. На сегодняшний день карта общедоступных лыжных курортов распространяется на весь мир. В ряде стран, прежде всего европейских, индустрия зимнего отдыха заняла ведущие позиции в национальной экономике.

Благоприятные климатические и географические условия способствуют развитию горнолыжного туризма в Кыргызстане. В настоящее время в нашей стране функционирует 17 горнолыжных баз, построено и введено в эксплуатацию 8 подвесных кресельных канатных дорог, завезено 8 единиц снегоуплотнительной техники, на 3-х базах функционируют системы искусственного оснежения.

В мировой практике разработаны классификации для склонов, определяющие их уровень сложности. В Кыргызстане, несмотря на более чем 45-летнюю историю развития горнолыжного туризма, такой классификации не существует. Проведенный нами анализ веб-сайтов горнолыжных баз Кыргызстана показал, что потребителям дается информация о местонахождении базы, длине склонов, высоте над уровнем моря, количестве трасс, дополнительных услугах и прайс-листы. Всем обещается незабываемый, райский отдых. Информация о категории склонов отсутствует. Недостаточная осведомленность о категориях сложности горнолыжных склонов как среди туроператоров, предоставляющих услуги, так и среди потребителей этих услуг, туристов-горнолыжников, определила тему нашей работы, которая является актуальной и имеет теоретическую и существенную практическую значимость. Цель работы – определить категории сложности склонов горнолыжных баз «Ski – Татыр» и «Политех».

Единой общепринятой системы классификаций горнолыжных трасс в мире не существует. На горнолыжных курортах мира можно встретить разные классификации, причем одинаковые по уровню сложности трассы в разных странах могут иметь разные рейтинговые названия [1,2].

Анализ классификаций сложности горнолыжных трасс, принятых в мировой практике, представлен в таблице 1.

Как видно из таблицы по уровню сложности трассы подразделяются на:

- «зеленые» – для начинающих;
- «синие» – низкой степени сложности для малоопытных лыжников;
- «красные» - среднего уровня сложности для уверенных лыжников;
- «черные» - высокого уровня сложности для экспертов.

- «желтые» - катание вне трасс. Непатрулируемые и неукатанные склоны, только для экспертов.

Независимо от местонахождения (страны) для обеспечения безопасного и комфортного катания к горнолыжным трассам предъявляются следующие требования:

1. требования к сложности склона;
2. требования по безопасности;
3. требования по информационному обеспечению;
4. туристские услуги.

Таблица 1.

Анализ классификаций горнолыжных трасс по величине уклона, принятых в Америке, Европе и России

Обозначения уровня сложности трассы	Уровень сложности трассы	Уклон Америка (А)	Уклон Европа (Е)	Уклон Россия (Р)
Зеленые (Е, Р) Зеленый круг (А)	Для начинающих	6% - 25%	5% - 15%	5% - 15%
Синие (Е, Р) Синий квадрат (А)	Низкая степень сложности склона (для малоопытных лыжников)	до 40%	до 25%	до 40%
Красные (Е, Р) Черный ромб (А)	Средний уровень сложности склона (для уверенных лыжников)	> 40%	до 40%	до 40%
Черные (Е, Р) Двойной черный ромб (А)	Высокий уровень сложности склона (для экспертов)	Крутые, сложные склоны	> 40%	> 40%
Желтые	Катание вне трасс. Непатрулируемые и неукатанные склоны.			

**Требования к сложности склона** включают оценку, прежде всего, уклона трассы, ее ширины и длины, а также оценку рельефа. Крутизна склона измеряется в градусах или в процентах (процентное отношение перепада высот к длине, 50% = 30°, 75% = 53°, 100% = 90°). Лыжниками-любителями используются склоны крутизной до 40°-50°, наиболее популярны склоны крутизной 15°-30°, т.е. до 50%-ого уклона. Считается, что не менее 65 % площадей трасс должны быть несложными (зелеными и синими), что делает горнолыжную базу привлекательной для катающихся любого уровня и обеспечивает высокий уровень выработки.

Важным требованием к туристскому склону является наличие выката, т.е. пологого участка, где лыжники могут сбрасывать скорость и останавливаться. Склоны без выката считаются сложными и опасными, на них возможно сооружение лишь «красных» и «черных» трасс для опытных лыжников.

**Требования по безопасности** включают наличие на базе службы спасения, службы безопасности, канатных дорог, отвечающих требованиям нормативных актов по перевозке людей, трамбовочных машин для обработки снега, обеспечение медицинской помощью и др.

**Требования по информационному обеспечению** включают наличие информационного табло, содержащего информацию об имеющейся сетке канатных дорог, об используемых знаках (обозначениях) на трассе и о категории трасс, длине, расположении старта над уровнем моря и расположении трасс на склонах.

Учитывая, что основной поток иностранных туристов-горнолыжников приезжает в Кыргызстан из России, нами за основу классификации была взята

Система классификации горнолыжных трасс, утвержденная приказом № 35 от 25 января 2011 года Минюста России (регистрационный № 19918) «Об утверждении порядка классификации объектов туристской индустрии, включающих гостиницы и иные средства размещения, горнолыжные трассы, пляжи»[3]. Требования к сложности лыжных склонов, принятых в России, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Требования для горнолыжных трасс

Требования	<b>Зеленая</b> для начинающих	Синяя (легкая)	<b>Красная</b> (среднего уровня сложности)	Черная (высокого уровня сложности)
<b>1. Сложность лыжной трассы</b>				
1.1. Рельеф ландшафта трассы	Легкий	Легкий (разнообразный)	Разнообразный с легким, средними и не очень резкими по уровню наклона участками	Разнообразный с легким, средними и большим по уровню наклона участками
1.2. Угол наклона трассы	От 5% до 15%	До 25%	До 40%	Свыше 40%
1.3. Ширина трассы	От 15 до 40 м	От 20 до 40 м	От 30 до 40	От 35 до 40
1.4. Профиль участка	Легкий равномерный наклон с местом для остановки	легкие разнообразные наклоны	Разнообразный без резких границ и боковых наклонов	С разным отклонением и соответствующим соединением наклонов
1.5. Опасные участки	Не допускаются	Следует избегать	Допускаются в порядке исключения. Их следует обязательно обезопасить	Следует избегать наклон свыше 60 %, резкие боковые наклоны, при этом их необходимо обязательно обезопасить
1.6. Снежный покров – хорошо обработанный – для всех склонов				

Все проводимые в работе измерения выполнены в январе и феврале 2013 на горнолыжных базах «Ski – Татыр» и «Политех».

Необходимые для определения категории сложности склонов измерения (высота над уровнем моря, уклон, длина и ширина склонов) проводилось при помощи портативного туристического навигатора GPS eNrex Vista HCx, оснащенного встроенным барометрическим высотомером, который обеспечивает бóльшую точность по определению высоты над уровнем моря. Все спуски по склонам горнолыжных баз «Ski-Татыр» и «Политех» фиксировались при помощи GPS и были нанесены на спутниковые снимки территорий горнолыжных баз, определенных программой GoogleEarth. По спутниковым снимкам определялись ширина и длина склонов (программы «Ozi Explorer», «Global Mapper»), а также различных частей склонов, используемых при катании. Данные корректировались с учетом измерений, проведенных на склонах. Использование программы «Base

Camr» позволило сделать графическое изображение рельефа, по которому были определены углы наклона склонов. Полученные данные для определения категорий горнолыжных склонов представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.

Сложность горнолыжных трасс  
Политех 1, Политех 2, Политех 3, Политех 4.

1. Сложность лыжной трассы				
Название трассы	Политех 1	Политех 2	Политех 3	Политех 4
1.1. Рельеф ландшафта трассы	Легкий	Разнообразный, со средними и резкими по уровню наклона участками	Разнообразный, со средними и большим по уровню наклона участками	Сложный
1.2. Угол наклона трассы	5,3% - 14,9%	22,1% - 43%	40% - 61%	Есть участки > 70%
1.3. Шир. трассы	до 40 м	> 40 м	> 40 м	до 30 м
Длина трассы (участков трассы)	170 м	250 м	310 м	До 3500 м
Наличие выкатов по трассе	нет	нет	нет	нет
Соответствие С. по параметру «Сложность»	Зеленая (для начинающих)	Красная (ср.уровня сложности)	Черная (высокого уровня сложности)	Желтая (только для экспертов)

Г/б «Политех» находится в урочище Кашка-Суу Аламудунского района в 26 км от города на высоте 1700-1935 м над уровнем моря. К услугам катающихся предоставляются 2 склона, на первом склоне находятся 3 трассы, причем трасса для начинающих горнолыжников является продолжением второй и третьей трассы. На базе имеется 2 канатки бугельного типа и 1 канатка стационарного типа «швабра».

Протяженность спуска по основной трассе (при спуске горнолыжник проезжает все три трассы) составляет 730 м, при подъеме на 1-ой канатке длина спуска составляет 420 м. Трасса для начинающих является продолжением спусков с трассы 1 и трассы 2, что является грубейшим нарушением требований по безопасности. Положение осложняется также и естественным рельефом трассы – в случае нахождения с левого края «зеленой» трассы, лыжник остается незамеченным теми, кто спускается сверху. Это может быть причиной столкновения горнолыжников. Начинаящим лыжникам довольно сложно подниматься по бугельной канатной дороге и отцепляться от нее. Это делает невозможным проводить первые занятия по обучению горнолыжной технике с использованием канатной дороги. Площадка высадки для начинающих отсутствует. Таким образом, наличие «зеленого» склона не решает проблемы массового обучения.

Трассы «красной» и «черной» категорий сложности подходят только опытным горнолыжникам. Довольно значительная крутизна склона не позволяет обрабатывать склон ратраком, поэтому бугры и оголенные ледяные участки

склона представляют трудность при катании и требуют от горнолыжника хорошей техники и хорошей физической подготовки. Для горнолыжников среднего уровня (большинство любителей горнолыжного спорта относятся именно к этой категории) катание по «красной» трассе комфортным не будет.

Склон «Желтой» трассы крутой, узкий, имеет резкие уклоны, и, следовательно, оголенные места, необработанный. Он отлично подходит для «экстрималов» и «фрирайдеров», для массового комфортного катания не пригоден.

Таблица 3.  
Сложность горнолыжных трасс  
Татыр 1, Татыр 2, Татыр 3

Сложность лыжной трассы			
Название трассы	Татыр 1	Татыр 2	Татыр 3
1.1. Рельеф ландшафта трассы	Легкий	Легкий (разнообразный)	Разнообразный, со средними и не очень резкими по уровню наклона участками
1.2. Угол наклона трассы	3,7 %	8,2% - 23 %	17% - 43 %
1.3. Ширина трассы	до 40 м	40 м - 160 м	30 – 90 м
Длина трассы	110 м	750 м (С), 1200 (З)	1200 м – 1400 м
Наличие выкатов по трассе	есть	есть	есть
Соответствие С. по параметру «Сложность»	Зеленая (для начин.)	Синяя (легкая), Зеленая (для начинающих)	Красная (среднего уровня сложности)

Горнолыжная база «Ski-Татыр» находится в 20 км от Аламудунского «кольца» на выезде из Бишкека в урочище «Татыр» ущелья Чон - Курчак. К услугам горнолыжников предоставляются 3 склона:

1-ая трасса, учебная, протяженностью 110 м оснащена канатной дорогой, которой с первого занятия могут пользоваться даже совсем маленькие горнолыжники. С самого первого занятия, используя канатную дорогу, «обучающиеся» имеют возможность выполнять большой объем тренировочной нагрузки (накатанные километры), что значительно ускоряет процесс обучения.

2-я трасса расположена на склоне протяженностью 750 метров. Большая ширина (до 160 метров) и разные по углу наклона части склона делают возможным использование этой трассы как начинающими горнолыжниками («зеленые» маршруты), так и более опытными («синие» маршруты). С точки зрения методики обучения переход после 1-2 занятий с первой трассы на 2-ю оправдан. Небольшое увеличение уклона склона не представляет трудности для обучающихся, большой объем накатанных километров способствует уменьшению времени обучения. Рельеф склона разнообразный и позволяет полностью освоить «начальную школу» горнолыжника. Длина спуска по «зеленому» маршруту достигает 1200м.

3-я трасса расположена на склоне длиной 1200 м, по обе стороны от канатной дороги. Рельеф трассы разнообразный – от пологих участков до участков с уклоном 43%. Имеются места для выкатов и остановок, а также места перехода с одной части склона (правой) на другую (левую). По желанию горнолыжник может выбирать «синий» или «красный» маршрут.

Все трассы регулярно укатываются ратраками, опасные места огорожены сетками-уловителями, опоры канатных дорог рядом с местами переезда имеют

предупреждающие знаки и покрыты смягчающим красным амортизационным материалом, на трассах находятся предупреждающие по ограничению скорости знаки и знаки, предупреждающие об опасности.

Подводя итог вышесказанному, можно сказать, что горнолыжная база «Татыр» - идеальное место для обучения и катания на лыжах.

#### **Выводы:**

1. Определены категории сложности склонов г/б «Ski-Татыр» и «Политех». На г/б «Ski-Татыр» нами выделены «зеленые», «синие» и «красные» трассы, на горнолыжной базе «Политех» - «зеленая», «красные», «черные» и «желтая» трассы.
2. Для улучшения качества оказываемых туристских услуг организаторам горнолыжного отдыха необходимо сделать информационные карты-схемы трасс, с указанием категории сложности склонов, а также разместить их в Интернете на своих сайтах. Это обеспечит потребителей необходимой достоверной информацией при выборе места катания и отдыха.
3. Через средства массовой информации (Интернет) необходимо организовать обучающие курсы для любителей горнолыжного туризма, в программу которых должны быть включены такие разделы, как правила поведения на склоне, требования к склонам, категории склонов. Потребитель имеет право получать полную и достоверную информацию о туристских услугах.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Gamma K. The handbook of skiing. – New York. P 212-217
2. <http://www.rg.ru/2011/03/17/> Приказ Министерства спорта, туризма и молодежной политики Российской Федерации (Минспорттуризм России) от 25 января 2011 г. N 35 "Об утверждении порядка классификации объектов туристской индустрии, включающих гостиницы и иные средства размещения, горнолыжные трассы, пляжи".

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В MPLS-СЕТЯХ**

Ткачёв М. С.

тел.: 0555 905 662; e-mail: [m.tkachevv@gmail.com](mailto:m.tkachevv@gmail.com).

ЗАО «Альфа Телеком», г. Бишкек, Кыргызстан.

**Введение.** В сетях передачи данных, как и в современной науке в целом, широко применяется математическое моделирование, в основе которого лежит замена исходного объекта его образом - математической моделью и дальнейшее изучение модели с помощью вычислительно-логических алгоритмов. Этот метод сочетает в себе достоинства теории и эксперимента, так как работа не с самим объектом или процессом, а с его моделью дает возможность относительно быстро и без больших затрат исследовать его свойства и поведение в различных ситуациях. Вычислительные эксперименты с моделями объектов позволяют подробно и глубоко изучать объекты в достаточной полноте, недоступной для чисто теоретических подходов.

Моделирование обычно выполняется с целью познания свойств оригинала путем исследования его модели, а не самого объекта. Разумеется, моделирование оправдано в том случае, когда оно проще создания самого оригинала или когда последний по каким-то причинам лучше вообще не создавать [1].

Технология многопротокольной коммутации по меткам MPLS [2,3] появилась как результат объединения способов маршрутизации технологии IP, характеризующихся высокой производительностью и пропускной способностью, со способами коммутации режима асинхронной передачи ATM. В настоящее время основными побудительными мотивами использования технологии MPLS являются: большие возможности расширения сети, увеличенная скорость отправки пакетов, интеграция средств IP и ATM, перераспределение потоков данных (Traffic Engineering, TE), использование виртуальных частных сетей MPLS (Virtual Private Networks, VPN), быстрое изменение общей структуры маршрутизации и надежное обеспечение качества обслуживания (Quality of Service, QoS). Благодаря перечисленным достоинствам MPLS обоснованно претендует на роль транспортной основы сетей следующего поколения (Next Generation Network, NGN) [4].

Создание MPLS-сети требует огромных затрат по той причине, что данная технология в основном применяется в магистральных сетях между крупными Интернет-провайдерами. В данном случае моделирование является необходимым инструментом для изучения моделей и алгоритмов, применяемых для управления трафиком в MPLS-сетях.

**1. Среда моделирования OMNeT++.** OMNeT++ - это объектно-ориентированная, модульная среда моделирования с открытой архитектурой. Она может быть использована в следующих областях:

- моделирование проводных и беспроводных сетей передачи данных;
- моделирование протоколов;
- моделирование мультипроцессорных и других распределенных аппаратных систем;
- вычисление производительных аспектов комплексных программных систем;
- моделирование и симуляция любых систем, в которых происходят дискретные события и которые могут быть легко отображены в виде взаимодействующих объектов, обменивающихся сообщениями.

OMNeT++ обеспечивает пользователя эффективными инструментами для описания структур реальных систем. Вот некоторые основные из них:

- иерархия вложенных модулей;
- модули являются экземплярами типов модулей;
- модули взаимодействуют друг с другом через сообщения, посылаемые по каналам связи;
- гибкие параметры модулей;
- язык описания сетевой топологии.

В состав обычной модели OMNeT++ входят файлы с описанием и алгоритмами взаимодействия составляющих её сетевых компонентов. Полное описание сетевой топологии с помощью языка NED хранится в файлах с расширением .ned. В них описана структура модулей с параметрами, сетевые шлюзы, каналы связи и т.д. NED-файл может быть создан с помощью простого текстового редактора, но интегрированная среда разработки OMNeT++ предоставляет весьма удобные графический и текстовый редакторы. Определения и описания передаваемых сообщений хранятся в файлах с расширением .msg.

Здесь можно определить типы различных сообщений и добавить поля с данными к ним. Алгоритмы взаимодействия сетевых компонентов и исходные тексты простых модулей в виде классов языка программирования C++ хранятся в файлах с расширениями .h и .cc.

Среда моделирования OMNeT++ предоставляет архитектурные компоненты для различных моделей. Компоненты представлены в виде простых модулей, написанных на языке программирования C++ (рис. 1). Эти модули можно использовать для сборки компонентов больших систем с помощью языка программирования высокого уровня NED (Network Description).

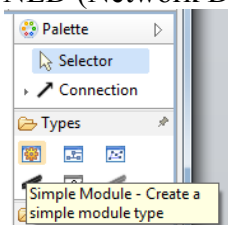


Рис. 1. Панель доступных простых модулей OMNeT++.

Язык программирования NED позволяет не только объявлять простые модули, такие как компьютер, маршрутизатор и канал передачи данных, но и, соединяя их, собирать из них комбинированные модули - вычислительные сети, такие как MPLS-сети (рис. 2).

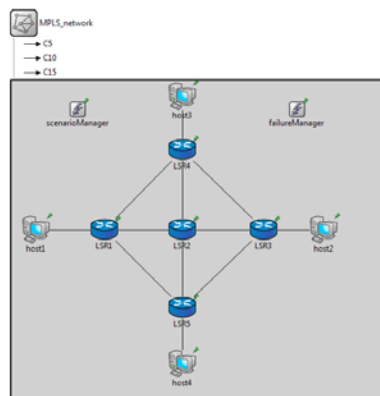


Рис. 2. Модель MPLS-сети в среде OMNeT++.

**2. Моделирование MPLS-сети.** Использование технологии MPLS изменило модель одноадресной пересылки данных, основанной на адресах получателей данных, которая в основном оставалась неизменной с момента появления сети Интернет. В свою очередь, новый подход к принципам передачи данных влияет на структуру маршрутизации, требуя решения более сложных задач [2, 4].

Главными элементами, составляющими MPLS-сети, являются маршрутизаторы коммутации меток – LSR (Label Switching Router) [5]. Для описания LSR-маршрутизаторов в среде моделирования OMNeT++ нужно учесть все его функциональные возможности. Модуль LSR-маршрутизатора собирается из функциональных простых и сложных модулей, отвечающих за передачу различных видов трафика (рис. 3). При этом нужно описать при помощи дополнительных модулей версию межсетевых протоколов и количество физических сетевых интерфейсов.



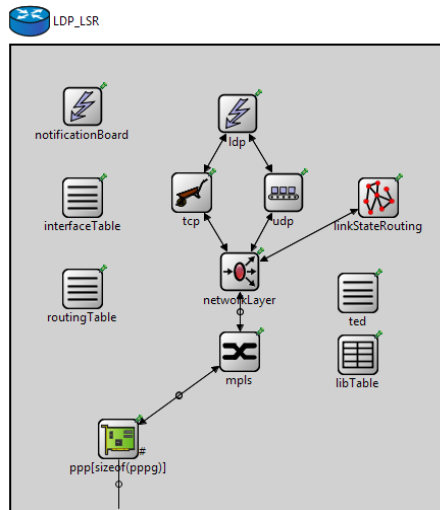


Рис. 3. Модель LSR-маршрутизатора в среде OMNeT++.

Среда моделирования OMNeT++ позволяет детально описать сетевую топологию MPLS-сети [6]. Описываются не только программные составляющие, такие как протоколы, таблицы маршрутизации и типы передаваемых сообщений, но и физические характеристики сетевых интерфейсов: виды конечных систем и физические адреса сетевых интерфейсов (рис. 4).

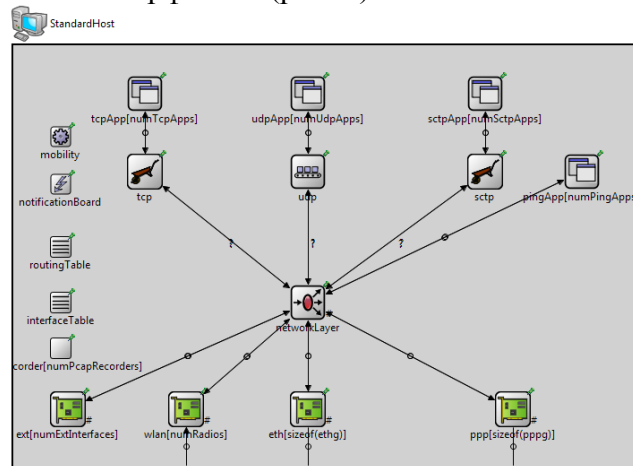


Рис. 4. Модель конечной системы.

Метки между LSR-маршрутизаторами распределяются с помощью протокола LDP ( Label Distribution Protocol — протокол распределения меток). Для получения полной картины MPLS-сети LSR-маршрутизаторы постоянно обмениваются метками и информацией о каждом соседнем узле. Для описания протокола LDP в среде моделирования OMNeT++ используется простой модуль (рис. 5).



Рис. 5. Простой модуль протокола LDP.

С помощью языка программирования NED в модуль протокола LDP вкладывают весь необходимый функционал. При этом таблица маршрутизации находится в отдельном самостоятельном модуле (рис. 6).

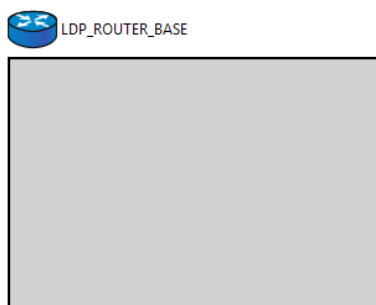


Рис. 6. Модель таблицы маршрутизации протокола LDP.

**Заключение.** Алгоритмы взаимодействия сетевых компонентов описываются сразу на двух языках программирования – NED и C++. Язык программирования NED модифицирует разрозненные сетевые компоненты, наполняя их необходимым функционалом, и соединяет их в одно большое целое – MPLS-сеть. При этом каждый модуль передает свои свойства для правильной работы более сложного модуля, частью которого он является. Математические вычисления и порядок пересылки сетевых сообщений описываются с помощью языка программирования C++.

Благодаря этим свойствам среда моделирования OMNeT++ является очень гибкой и хорошо подходит для моделирования процессов балансировки нагрузки и управления трафиком в MPLS-сетях. Открытость исходных кодов позволяет дополнять и расширять функционал уже имеющихся модулей своими разработками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев К.К., Служивый М.Н. Математическое моделирование систем связи. 2-ое издание. Ульяновск 2010 г. 171 с.
2. Олвейн В. Структура и реализация современной технологии MPLS. Издательский дом «Вильямс». 2004. 480 с.
3. Simha A., Osborne E. Traffic Engineering with MPLS. Cisco Press, 2002. 608 p.
4. Лыченко Н. М., Ткачев М. С. Декомпозиционные модели управления трафиком в территориально-распределенной сети на базе технологии MPLS // Проблемы автоматизации и управления.– Бишкек: Илим, 2011.- №2. - с. 2-12.
5. Awduche D., Malcolm J., Agogbua J., O'Dell M., McManus J., UUNET (MCI Worldcom) RFC 2702: Requirements for Traffic Engineering Over MPLS.
6. <http://inet.omnetpp.org>.

#### НЕОБХОДИМОСТЬ ОБУЧЕНИЯ WEB-ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Файзиева М.Р.

тел.: +998-95(199-28-49); e-mail: [fmahbuba@mail.ru](mailto:fmahbuba@mail.ru)

Ташкентский государственный педагогический университет имени Низами,  
Ташкент, Узбекистан

Сегодняшний день сложно представить без информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), ибо эти технологии за короткий срок изменили наше представление о способах получения информации и возможности общения через различные сети связи. В данное время ИКТ широко применяются

во всех сферах общественной жизни - в государственном управлении, экономике, медицине, образовании, науке и культуре, быте и т.д. Без преувеличения можно сказать, что ни одно из государств не может успешно развиваться социально и экономически без развития ИКТ.

В этой статье речь пойдет о необходимости обучения Web-технологии, которая является одним из составляющих звеньев системы ИКТ.

Современные информационно-коммуникационные технологии, цифровые и широкоформатные телекоммуникационные средства связи, а также интенсивное развитие Интернет-систем, их применение в каждой точке нашего общества быстро развиваются. Такие высоты достигаются благодаря повсеместным сетям WWW и расположенным в них регулярно действующим Web-проектам. Поэтому сегодня каждая организация, фирма, образовательное учреждение или каждая личность, независимо от того, где она работает, понимает необходимость создания своего места в Интернете. Потому что в результате у фирм и организаций появляется возможность пользоваться в своих личных целях безграничными ресурсами Интернета, «рассказать» всему миру о себе и о своей продукции, а у образовательных учреждений - об учебных процессах, об электронных информационных образовательных ресурсах для дистанционного обучения. Размещения этой информации связано с Web-сайтами и созданием Web-проектов.

С другой стороны, актуальность и необходимость создания Web-проектов отражается в следующем:

- широкое распространение и легкость использования Интернет-сервис услугами (осуществление покупок он-лайн, пользование услугами банк-клиентов, работа в электронной системе оборота документов, осуществление электронной коммерции и т. п.);
- использование возможностей для удаленного обучения: дистанционные обучающие курсы, элективные курсы, интеллектуальные образовательные системы, личностно-ориентированные обучающие системы, электронные учебно-методические сборники, позволяющие обеспечить рост знаний студентов;
- увеличение количества единых образовательных порталов по предметам, информационно-образовательных ресурсов любого уровня, электронных учебно-методических сборников, электронных библиотек;
- в заинтересованности организаций, фирм, банков, образовательных учреждений, госорганов и лиц в размещении информации о себе и о своей деятельности в Интернете;
- в концентрации внимания на разноцелевой информации глобального масштаба, на информационной базе сети;
- в стремлении ученых разных национальностей и стран к взаимному общению и взаимопониманию.

Учитывая вышесказанное, можно сказать, что решение задач создания Web-проектов, в том числе подготовка Web-программистов, является актуальной в данное время. В процессе решения проблем обучения Web-технологии с целью подготовки Web-программистов создаются условия для подготовки качественного программиста, умеющего в будущей своей деятельности самостоятельно работать и творчески подходить к решению проблем.

Основная цель обучения Web-технологии - дать студентам научно-теоретические знания по переработке информации в управленческих звеньях информационных баз с помощью Web-технологии и интеграции с системами управления базами данных (СУБД). Основная задача обучения - формирование у

студентов знаний, навыков и опыта работа с системами управления базами данными, изучить современные методы создания Web-проектов, а также их проектирование и создание.

Для этого потребуется создание личностно-ориентированных обучающих систем Web-технологии и разработка методики обучения, соответствующего интеллектуальным способностям студента. Личностно-ориентированная обучающая система даёт возможность самостоятельного творческого поиска, раскрытия творческих потенциалов, работы студента над собой. А это приводит будущих программистов к разработке не только спецпрограмм, но и к созданию и открытию новых языков программирования и технологий.

Новшества науки и техники требуют изменений в содержании учебников и учебных программ и впоследствии создают условия для формирования современных знаний студентов. Внедрение современных технологий обучения и разносторонний методический подход в свою очередь обуславливают сравнительно легкое и крепкое формирование многих фундаментальных понятий у студентов. По этой причине нужно пересмотреть процесс обучения и усовершенствовать изложение учебных материалов.

В результате усвоения Web-технологий студенты должны:

уметь анализировать Интернет-основы, широко распространенные в данное время, и популярные Web-проекты; уметь пользоваться ими; при создании Web-проектов правильно выбирать язык программирования; владеть опытом эффективного использования языков программирования; знать способы и современные методы планирования Web-проектов; знать технологию создания Web-проектов и систем; знать методы защиты информации с базами данных; знать интеграцию Web-технологий с СУБД.

У студента, усвоившего Web-технологию, должны быть сформулированы знания, навыки и опыт по составлению концепций Web-проектов, подбору методов и средств проектирования, постановке вопроса, созданию Web-проектов, защите структуры, поиску лучшего решения проекта, анализу.

Основные причины изучения Web-технологии заключаются в следующем:

- самостоятельный поиск учащегося и организация разных форм деятельности, представления своего знания;
- регистрация, сбор, хранение, переработка информации, интерактивное общение, моделирование объекта, событий, процессов, разработка лабораторий (виртуально и использование существующих средств на расстоянии), и в процессе выполнения разных видов учебной деятельности- изучение всего спектра возможностей ИКТ;
- использование в учебном процессе возможностей мультимедийной технологии, гипертекста, гипермедийной системы;
- нехватка специалистов по всем направлениям Web-технологий.

При изучении приведенных выше проблем и при обучении будущих Web-программистов, а также при разработке структуры развития профессиональных знаний в первую очередь надо учитывать следующие факторы, как: методические, профессиональные, мотивационные, педагогические, психологические, структурные, научно-теоретические, творческо-практические, самооценка, самостоятельное получение знаний.

В связи с этим потребуется:

–получить из Интернета нужные материалы, новую литературу и обновить информацию по предмету;

–определить интеллектуальные возможности учащегося, а также уровень его знаний, способности, опыт и навыки, степень подготовки к определенному занятию;

–разработать требования для организации самостоятельной учебной деятельности учащегося (самостоятельное обучение, самостоятельное развитие, усовершенствование, самостоятельная работа);

–выявить трудно усвояемые тексты и на данной основе выработать учебную методику, совпадающую со способностями и уровнем знаний студента;

–создать учебно-методические пособия, учебники, видео-учебники и электронный учебный сборник для преподавания предмета;

–разработать методику использования новой педагогической и информационной технологии в проведении лабораторных, практических и самостоятельных обучающих занятий по предмету;

–управлять образованием, проводить тестирование, автоматизировать процесс контроля за результатами учебной деятельности, разработать задания, соответствующие уровню знаний, способности, навыку, опыту, мотивации и интеллекту учащегося;

–на основе подготовленных материалов разработать учебную структуру, направленную на личность.

Учитывая сказанное выше, можно сказать, что решение проблем обучения Web-технологии открывает возможность создания разного рода поисковых систем, сайтов и порталов, систем электронного оборота документов и программных оболочек. На основе знаний, опыта и навыков, полученных в процессе разработки прочих систем, можно поднять уровень усвоения предметов и подготовить качественных программистов, творчески подходящих к решению каждой проблемы и умеющих самостоятельно работать в будущей своей деятельности. Также появляются возможности для создания новых языков программирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арипов М., Тиллаев А. Технологии создания Web-страницы. Т. 2006. 170 с.
2. Астахова И.Ф., Курченкова Т.В., Дураков Р.А., Битюцких И.С., Комаров Д.В. Web-технологии с базами данных. Воронеж: ИПЦ ВГУ. 2008.
3. Плигин А.А. Личностно-ориентированное образование: история и практика. Монография / А.А. Плигин. М.: КСП+. 2003. 432 с.

## **СБОР И ПЕРЕРАБОТКА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ БИОРЕАКТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ**

Идаятова М.Р., тел.: +7-777-809-14-43, e-mail: idayatovarita@gmail.com

Лаумулин А.М., тел.: +7-777-260-88-69; e-mail: alimzhan93@gmail.com

Сайдулдина А.М., тел.: +7-707-245-07-44; e-mail: alishka\_22@mail.ru

Казахстанско-Немецкий университет, Алматы, Казахстан

Биореакторы для переработки органических отходов с производством газовых, жидких и твёрдых продуктов всё чаще стали применяться как

элегантный, экологический способ полезного использования этого вида отходов. В настоящем докладе основной упор делается на логистическую технологию сбора органических отходов, чтобы обеспечивать постоянное и полное использование биореакторов [1].

Ниже рассматриваются объёмы реакторов от 20 до 2.000 м<sup>3</sup>. Переработка 100 м<sup>3</sup> органических отходов даёт ниже показанные продукты и их основное направление применения:

- Газовые компоненты от 100 до 180 м<sup>3</sup> для производства тепла и электроэнергии.
- Жидкие компоненты от 1.000 до 3.000 литров как удобрение.
- Твёрдые компоненты от 4 до 7 тонн как биогуmus.

Таблица 1.  
Ряд реакторов

Диаметр (м)	Высота (м)	Объём реактора (м <sup>3</sup> )	Переработка (тонн/сутки)
1,50	2,831	20	1,0
1,75	3,120	30	1,5
2,25	3,145	50	2,5
2,25	3,774	60	3,0
2,50	4,076	80	4,0
3,00	3,539	100	5,0
3,50	5,200	200	10,0
5,00	7,643	600	30,0
8,00	9,952	2.000	100,0

В случае, если органические отходы у одного источника достаточно велики, имеет смысл поставить биореактор прямо у этого источника. В этом случае не требуется логистический сбор с транспортировкой. Примерами таких автономных систем являются

- Средние и большие фермерские хозяйства;
- Крупные универмаги и заведения общепита;
- Забойные предприятия;
- Больницы[2].

В таблице 2 представлены результаты мониторинга с начального этапа большого проекта по созданию районного логистического кластера. В проекте принимают участие, как студенты КНУ, так и студенты КазНТУ, КазАТК, а также профессора, доценты и специалисты по биореакторам.

Таблица 2.  
Результаты мониторинга

№	Коровы	Лошади	Бараны	Свиньи	Птица
	Кол-во	Кол-во	Кол-во	Кол-во	Кол-во
1	7		78		78
2	16	3	62		37
3	5		27	4	54
4	19	1	20		104
5	24	2	57		37

6	19		1	6	82
7	8		0	1	32
8	14		12	3	91
9	8	2	10		64
10	13		110	1	27
11	26	1	56	4	95
12	14		26	10	40
13	14		10		5
14	13		7		23
15	13		0		21
16	3	2	5		4
17	2	1	30		3
18	0		0		0
19	0		10		0
20	0		0		0
21	0		0		0
22	2		20		4
23	0		0		0
24	0		0		10
25	0		0		0
26	4		0		17
27	0		0	13	38
28	0		0		0
<b>Итого:</b>	<b>224</b>	<b>12</b>	<b>541</b>	<b>42</b>	<b>866</b>

Результаты мониторинга табл. 2 были получены в Енбекшиказахском районе Алматинской области. Для загрузки биореактора нам необходимы биоотходы, если мы хотим внедрить такой кластер в регионы Алматинской области, то нам необходимо знать, сколько биоотходов мы сможем получать для загрузки биореактора.

Анализ показывает, что организация региональных логистических кластеров утилизации необходима для поддержки регионального развития доходности предприятий с использованием инновационных методов сбора и переработки органических отходов в биореакторах.

В таблице 3 показана накопленная прибыль за 3 года, в зависимости от объема биореактора. Таким образом, можно сделать вывод, что прибыль возрастает с увеличением объема биореактора, но срок рефинансирования становится длиннее [3].

Таблица 3.

Прибыль и срок рефинансирования биореакторов

Объем реактора (м <sup>3</sup> )	Переработка в день (Тон/сутки)	Накопленная прибыль (Т€ за 3 года)	Срок рефинансирования инвестиции (Месяцы)
20	1,0	502	5
30	1,5	773	5

50	2,5	1.315	4
60	3,0	1.543	5
80	4,0	2.026	5
100	5,0	2.194	4
200	10,0	3.478	7
600	30,0	4.922	12
2.000	100,0	1.030	35

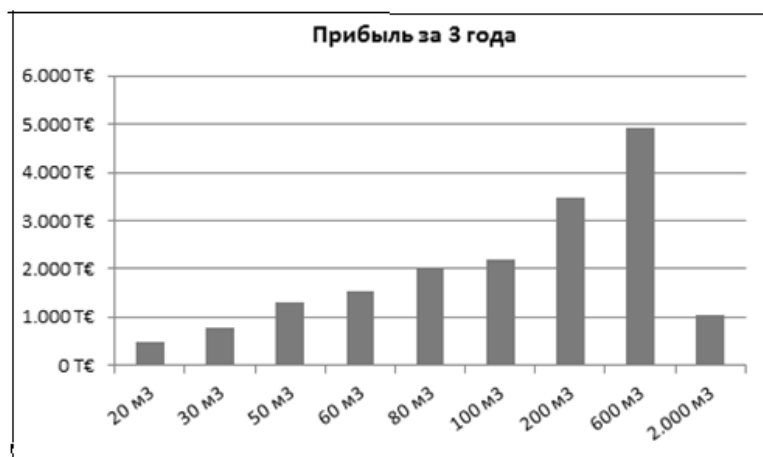


Рис. 1. Прибыль в зависимости от объема биореактора.



Рис. 2. Срок рефинансирования в зависимости от объема биореактора.

Рис. 3 показывает результат анализа процесса логистической кластеризации: На графике «Объем загрузки реактора – расстояние сбора» можно выделить три области:

- Область А: рентабельные автономные системы без логистики (малый радиус сбора, относительно небольшие источники органического мусора).
- Область Б: рентабельные системы с логистическими кластерами (большие источники органического мусора, умеренные радиусы сбора).
- Область В: нерентабельные системы (небольшие источники органического мусора, большие радиусы сбора, нет возможности рентабельного сбора).





Рис. 3. Области сбора органического мусора.

В итоговой таблице 3 представлено количество возможной получаемой энергии в процессе переработки биоотходов.

Таблица 3.  
Получаемая энергия

Вид скота:	Коровы	Лошади	Бараны	Свиньи	Птицы	Сумма
<b>Количество:</b>	<b>230</b>	<b>12</b>	<b>541</b>	<b>42</b>	<b>866</b>	<b>1 691</b>
Органические отходы с единицы скота (кг/год)	800	730	548	110	219	<b>2 407</b>
Органические отходы всего в "Алга" (кг/год)	184 000	8 760	296 468	4 620	189 654	<b>683 502</b>
Кол-во газа с единицы скота (м <sup>3</sup> /год)	0,27	0,25	0,42	1,3	1	<b>3,24</b>
Кол-во газа всего в "Алга" (м <sup>3</sup> /год)	64	3	227	55	693	<b>1 043</b>
Кол-во энергии с единицы скота (МДж/год)	22	22	22	22	22	<b>110</b>
Кол-во энергии всего в "Алга" (МДж/год)	4 945	258	11 632	903	18 619	<b>36 357</b>

Казахстан является активно развивающейся страной. **Сельское хозяйство в Казахстане** играет далеко не последнюю роль. В ежегодном национальном доходе на долю сельского хозяйства приходится тридцать восемь процентов. Во всем сельском хозяйстве, в общем, используется только шестнадцать процентов рабочей силы. Это очень хороший показатель, он означает то, что в сельском хозяйстве Казахстана широко используется механика. Земельные площади Казахстана составляют двести двадцать два с половиной миллиона гектар. Восемьдесят два процента из его общих земельных площадей используется для сельскохозяйственных угодий. Более 36 млн. га составляют пашни, по их

площадям Казахстан занимает шестое место в мире. Кластеризация повысит уровень благосостояния населения, привлечет большое число инвестиций и улучшит финансирование в сельском хозяйстве. Неотъемлемой частью экономики РК является сельское хозяйство. Несвоевременность доставок продовольствия с обеих сторон влечет ухудшение экономических показателей. Технология логистической кластеризации позволит выявить подходящие условия на рынке и организовать бесперебойную работу в сельской местности. Кластеры позволяют нам легко управлять отдельными субъектами для обеспечения высокой степени процесса.

Кластеры не только уменьшат безработицу в регионах, но и привлекут инвесторов, а также смогут повысить уровень конкурентоспособности региональных предприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.И. Ефимычев, И.В. Захаров. Статья. «Промышленные кластеры и экономический рост».
2. Портер М.Э. Конкуренция: Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс». 2000. 495 с.
3. Pierre Descrochers, «Cluster-Based Economic Strategy, Facilitation Policy and the Market Process » The Review of Austrian Economics, 17:2/3, 233–245. 2004
4. Асылбекова Б.и Тесс Д. «Вестник КНУ». № 1. 2012.

## О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ОРГАНИЗАЦИИ ГИБКОЙ ПРЕДМЕТНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СРЕДЫ. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Акбаралиев Р.Ш.

тел.: +996 555 72 90 41, e-mail: [rustam-fadis@mail.ru](mailto:rustam-fadis@mail.ru)

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан

Архитектурный объект представляет собой сложную систему, которая выступает полем для различных процессов жизнедеятельности человека. Автором рассматривается категория динамических архитектурных объектов, способных двигаться и изменяться в пространстве и времени, а именно: образованная этими объектами гибкая предметно-пространственная среда.

Что мы понимаем под определением предметно-пространственная среда? **ПРЕДМЕТНО - ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СРЕДА** (man - made environment — англ.) — это непосредственное окружение потребителя среды, *совокупность природных и искусственных средовых пространств и их вещного наполнения*, находящаяся в постоянном взаимодействии с человеком и его запросами. Тем самым, с позиции средового подхода, *Предметно - пространственная среда* (ППС) фактически включает в число своих компонентов процессы и обстоятельства жизнедеятельности использующего среду человека.

В данной статье рассматривается теоретическая модель гибкой предметно-пространственной среды, как системы структурообразующих динамических элементов. Посредством таких элементов достигается динамика архитектурного пространства в целом. Речь идет как о визуально-пластической, так и о функционально-конструктивной динамике пространства. Под динамикой

архитектурного объекта мы понимаем его способность к изменению или движению. Характер динамики пространства может быть различным, поэтому в теории архитектуры к теме движению или изменения пространства и его предметно-пространственной структуры известны различные подходы.

Одним из первых в середине прошлого века обратил внимание на эти свойства пространства украинский архитектор А.А. Гайдученя. Анализируя свойства динамической архитектуры, он предложил следующую классификацию ее направлений [1]:

- мобильная архитектура
- трансформативная архитектура
- эволюционно-адаптивная архитектура
- архитектура тотального движения

В 70-ые годы В.Ф. Колейчук изучает мобильную архитектуру, как новую тенденцию движения пространственной ячейки в пространстве и времени [2].

Дальнейшее развитие теория динамического формообразования получила в трудах доктора архитектуры, профессора МАРХИ Н.А. Сапрыкиной [3]. В своих работах она подчеркивает, что «архитектура, как искусственная среда, предназначенная для осуществления определенных функциональных процессов, которая в той или иной степени вынуждена различными способами приспособлять свою форму и пространство к возникающим с течением времени новым требованиям и условиям».

Более поздние авторы, к примеру, П. Лошаков рассматривает объекты динамической архитектуры, как пульсирующую структуру пространства, способную изменяться и возвращаться в исходное положение [4].

Таким образом, динамическое, трансформативное, мобильное, адаптивное, пульсирующее пространство - определения, обозначающие различные свойства архитектурного пространства. В данной работе термин «гибкая предметно-пространственная среда» представляется, как наиболее ёмкая трактовка совокупности выше перечисленных свойств такого пространства [5].

Рассмотрим ГППС, с позиции методологии системного анализа в архитектуре [6], которая включает в себя выявление всех системообразующих связей, отношений, факторов, компонентов (конструкций). При таком подходе исследование ГППС включает следующие аспекты:

- компонентный, отражающий изучение состава системы (с выделением компонентов, взаимодействие которых обеспечивает целостность системы);
- структурный, предусматривающий изучение внутренних связей и взаимоотношений элементов системы, выяснение роли и функции каждой связи (т. е. внутренней формы системы);
- функциональный, определяющий изучение информационно-функциональных зависимостей (функциональной организации);
- коммуникационный, характеризующий изучение системы во взаимодействии с окружающей средой, анализ возмущающих факторов;
- процессуальный, рассматривающий развитие системы во времени (изменение состояния системы, ее элементов и связей между ними, системного поведения), возможные перспективы развития.

Рассмотрим эти аспекты более подробно.

*Компонентный аспект* (рис.1) формирует иерархическую структуру ГППС и ее основной состав. Система состоит из 2х-уровней: материально функциональной и композиционной. Эти уровни включают подсистемы и группы структурообразующих динамических элементов:



Рис. 1. Компонентный аспект.

• **Материальная подсистема** формируется группой объемно-пространственных элементов, отвечающих за физические параметры ГППС, – это конструкции. Динамика этих элементов формирует гибкость планировочной и объемно-пространственной структуры ГППС. Такими элементами могут быть раздвижные перегородки, трансформируемые покрытия и другие элементы, посредством которых меняется объем и форма пространства на материальном уровне.

• **Функциональная подсистема** формируется группой инвентарных элементов, отвечающих за функциональные параметры ГППС, – это оборудование. Динамика этих элементов формирует гибкость функциональных и процессуальных свойств ГППС. Такими элементами могут быть мобильная или трансформируемая мебель и оборудование, посредством которых меняются функциональные особенности пространства на процессуальном уровне.

• **Художественная подсистема** формируется группой элементов, отвечающих за эстетические особенности ГППС, – это цвет и свет. Динамика этих элементов формирует визуально-пластическую гибкость ГППС на уровне психофизического восприятия пространства.

• **Стилистическая подсистема** формируется группой элементов, отвечающих за художественно-эстетические и историко-культурные особенности ГППС, – материал и декор. Динамика этих элементов формирует визуально-пластическую гибкость ГППС.

*Структурный аспект* (рис. 2) изучает внутренние связи системы:



Рис. 2. Структурный аспект.

*Формальные связи* между элементами конструкции и оборудования.

*Визуальные связи* между элементами цвета свет и материала.

Отдельная категория связей между элементами системы, формирующая ее целостность, – это структурные взаимосвязи.

- **Формообразующие связи** являются характерными для всех элементов системы, поскольку каждый из элементов в отдельности формирует ее на разных уровнях - материальном, функциональном художественном, визуальном, психофизическом.

- **Утилитарные связи** – утилитарная значимость каждого элемента неоспорима. Полноценная работа процессов жизнедеятельности человека без них невозможна и утрачивает гуманистическую сущность архитектурного объекта.

- **Психофизические связи** - присутствие главного потребителя среды – человека, формирует его психофизическое восприятие пространства и в этом участвует каждый элемент.

- **Историко-культурные связи** – раскрывают художественные особенности компонентов системы, особенности в выборе материала, технологии строительства, региональные характеристики.

*Коммуникационный аспект* (рис.3) анализирует внешние факторы и взаимосвязь системы с внешней средой.



Рис.3. Коммуникационный аспект.

*Процессуальный аспект* (рис.4), рассматривая развитие системы во времени, анализирует внутренние и внешние процессы системы. В случае с системой ГППС – динамические процессы. Динамические процессы системы ГППС можно разделить на два типа:

- **Функционирование системы** – динамика в рамках структуры (морфологически фиксированная) средствами мобильных, трансформативных и визуально-пластических элементов системы. Эти процессы предполагают внутреннее изменение системы.
- **Развитие системы** – динамика вне рамок системы (морфологически не фиксированной), средствами мобильных, трансформативных и адаптивных элементов системы. Эти процессы предполагают развитие и движение системы.

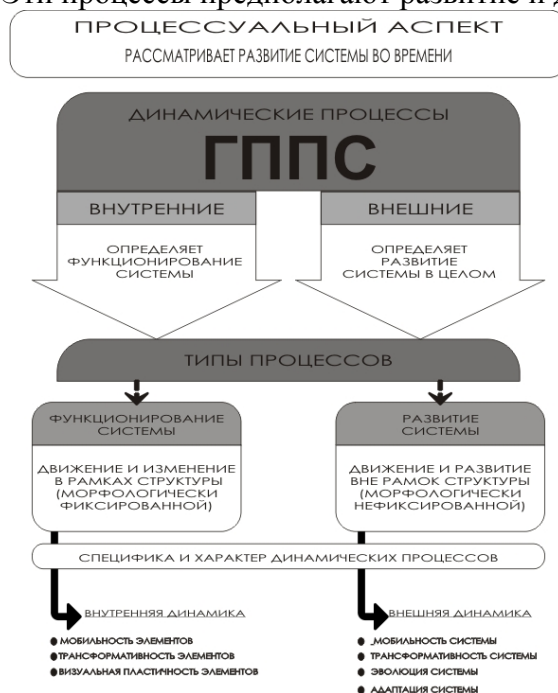


Рис. 4. Процессуальный аспект.

## **Вывод**

Таким образом, меняя форму, функцию, а так же в корне меняя подход к пространственной организации архитектурного пространства, можно средствами только одного компонента достичь гибкости всей системы (в нашем случае предметно-пространственной среды) на различных ее уровнях. Этот вывод остается справедливым для среды как замкнутых, так и открытых архитектурных пространств.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гайдученя А. А. Динамическая архитектура: основные направления развития, принципы, методы. – Киев: Будівельник, 1983. 96 с.
2. Колейчук В.Ф. Мобильная архитектура. (Обзор)// М., ЦНТИ Госгражданстроя. 1973. 48с.
3. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре / Учебник для вузов. М.: «Архитектура-С». 2005. 312 с.
4. Пульсирующие здания и сооружения в системе динамических архитектурных объектов // Перспективы развития объемно-планировочных решений жилых, общественных и промышленных зданий. Л., 1987. [Электронный ресурс]- Режим доступа: [loshakov@mail.rcom.ru](mailto:loshakov@mail.rcom.ru)
5. Акбаралиев Р.Ш., О концепции гибкой предметно-пространственной среды (архитектурно-конструктивные принципы формирования гибкой предметно-пространственной среды) // Архитектура и градостроительство стран Центральной Азии в новом тысячелетии: Тр. Межд. научно-практич. конф. Бишкек: КРСУ, 2010. С.101-107.
6. Бабич В.Н., Кремлёв А.Г., Холодова Л.П. Методология системного анализа в архитектуре [Электронный ресурс] // Архитектон: известия вузов. 2011. № 33. Режим доступа: [http://archvuz.ru/numbers/2011\\_2/3](http://archvuz.ru/numbers/2011_2/3)
7. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. М.: Наука. 1973.

## **ЭЛЕМЕНТЫ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ГАРАЖЕЙ-СТОЯНОК И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

Верременко Т.В.

тел.:+ 996 552 299 488, e-mail: [leader\\_list.ru](mailto:leader_list.ru)

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан

Анализ литературных источников и проектов гаражей показывает большое разнообразие их объемно-планировочных решений и основных строительных параметров: ширины стоянок и внутренних проездов, сеток колонн, высот этажей или ярусов и т.д.

В то же время, объемно-планировочное решение конкретного здания зависит не только от выбора способа передвижения автомобилей по этажам и их габаритов, но и от способа их расстановки на стоянке, а функциональные параметры машино-мест и проездов между ними определяются размерами и маневренностью наиболее распространенных в данном регионе марок автомобилей.

Объемно-планировочное решение гаража должно обеспечивать удобное хранение, безопасные и быстрые въезд - выезд и перемещение внутри гаража, возможность осуществления технического осмотра, мелкого ремонта и мойки автомобиля.

Вместимость, тип, этажность, эксплуатационные характеристики, конструктивное решение, применяемые материалы и изделия определяются в задании на разработку проектной документации и уточняются при проектировании.

Зона хранения автомобилей включает места хранения (машино-места) и внутригаражные проезды.

При проектировании зоны хранения автомобилей факторами, определяющими размеры мест хранения (табл.1) и внутригаражных проездов, являются габариты автомобилей, наименьшие радиусы их поворотов и параметры защитных зон [1].

Таблица 1  
Классификация автомобилей,  
применяемая для определения параметров  
]машино-мест на автостоянках

Класс автомобиля	Габариты макс, мм		Европейская классификация	Модель - представитель
	Длина, L	Ширина, B		
Малый	3700	1600	Класс А	Daewoo Tico, Ford Matiz
Средний	4300	1700	Классы В, С	Volkswagen Polo, Audi А3, Toyota Yaris
Большой	5000	1900	Классы D,E,F, внедорожник	Mercedes-Benz С-класса, BMW серии 3
Микро автобусы	5500	1970		ГАЗель, Ford-Transit и др.

Минимальные габариты машино-места:

а) при маневрном хранении:

в ряду:  $B + 600$  мм

в углу (между соседней машиной и колонной):  $B + 1000$  мм.

б) при боксовом хранении:  $B + 1000$  мм.

Параметры всей зоны хранения определяются двумя основными показателями: общей площадью мест хранения и площадью, занимаемой внутренними проездами.

Общая площадь мест хранения - это суммарный показатель, определяемый количеством и габаритами машино-мест.

Для определения минимально необходимой площади машино-места, кроме габаритов горизонтальной проекции автомобиля, необходим учет параметров защитных зон.

Общая площадь мест хранения зависит также от размещения автомобиля в зоне хранения и способов хранения и парковки.

От размещения мест хранения, внутригаражных проездов и принятой схемы расстановки зависит организация движения автомобилей в пределах зоны хранения и, как следствие, удобство эксплуатации автостоянки [2].

От планировочного решения и параметров зоны хранения в значительной степени зависят и экономические показатели гаража - стоянки, в том числе стоимость машино-места, которая находится в прямой зависимости от значения



коэффициента  $K_1$ , являющегося основным показателем рентабельности проектного решения гаража – стоянки.

С точки зрения уменьшения значения коэффициента  $K_1$ , особенно актуальным становится точное соответствие габаритов здания (шага колонн, величины пролетов и др.) минимально допустимым габаритам мест хранения и внутригаражных проездов. Достичь этого можно за счет применения *большепролетных конструкций с организацией пространств, свободных от внутренних опор несущих конструкций*.

Компания OneSteel Market Mills разработала схемы размещения мест хранения автомобилей, объединив их в парковочные модули. Они могут быть разделены на единичные и множественные модули (табл.2) [3].

Таблица 2  
Схемы автостоянки

Тип модуля	Описание схемы	Номер схемы			
		Ширина отсека			
		2 маш	3 маш	4 маш	5 маш
Единичный, (рис.1)	Внутренние и торцевые колонны	-	S1A	S1B	S1C
	Внутренние колонны с консолями	-	S2	-	-
	Большой пролет и торцевые колонны	S3A	S3B	S3C	-
Множественный, (рис. 3)	Внутренние и торцевые колонны	-	S4A	S4B	S4C
	Внутренние колонны с консолями		S5		

#### Схемы единичного модуля

Разработаны три различные схемы единичного модуля:

Схема S1 – внутренние и торцевые колонны, см. рис. 1 (а);

Схема S2 - внутренние колонны с консолями, см. рис.1 (b);

Схема S3 – большой пролет и торцевые колонны, см. рис. 1 (с).

Эти схемы были разработаны для различных размеров отсека, т.е. количества размещаемых автомобилей в модуле (табл.2).

Автостоянка может состоять из числа единичных модулей, включающих внутригаражные проезды и машино-места. Эти модули могут быть горизонтальными или наклонными (рис.2).

В данной статье рассматривается парк легковых автомобилей города Бишкек с расстановкой их в гараже под углом  $90^\circ$  к проезду.

Параметры стандартного модуля:

Ширина машино-места — 2.6 м.

Длина машино-места — 5.4 м.

Ширина проезда — 5.8 м.

Длина модуля равна 16.6 м.—  $(2 \times 5.4 + 5.8)$  м.

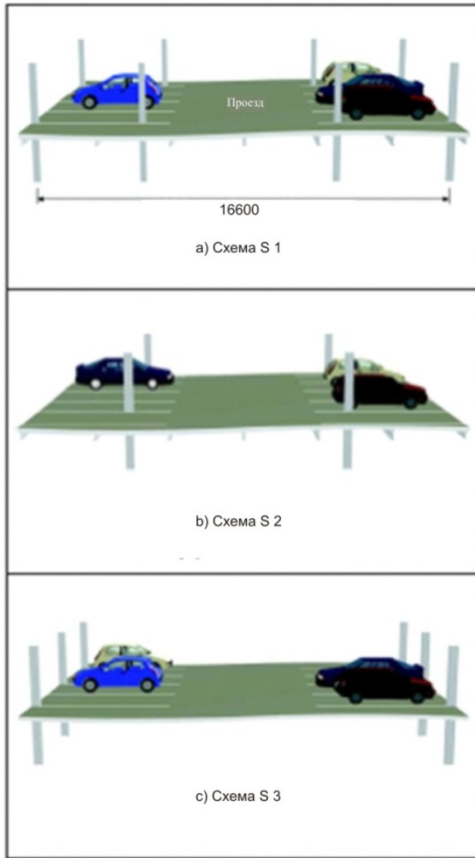


Рисунок 1. Схемы единичного модуля

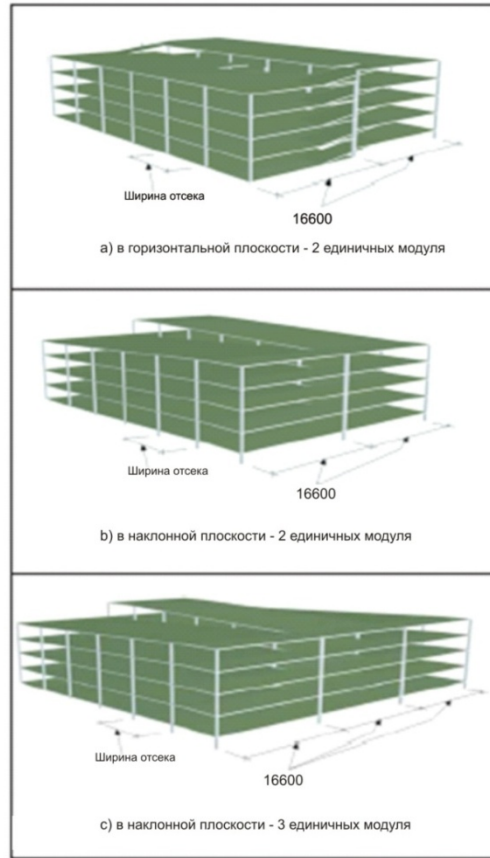


Рисунок 2. Комбинации автостоянки из единичного модуля

Схемы множественного модуля используются в зданиях, имеющих большую площадь в плане, таких как, торговые центры, больницы и образовательные учреждения и др.

Разработаны две различных схемы множественного модуля:

Схема S4 – внутренние и торцевые колонны, см. рис. 3 (а);

Схема S5 - внутренние с консолями, см. рис. 3 (b).

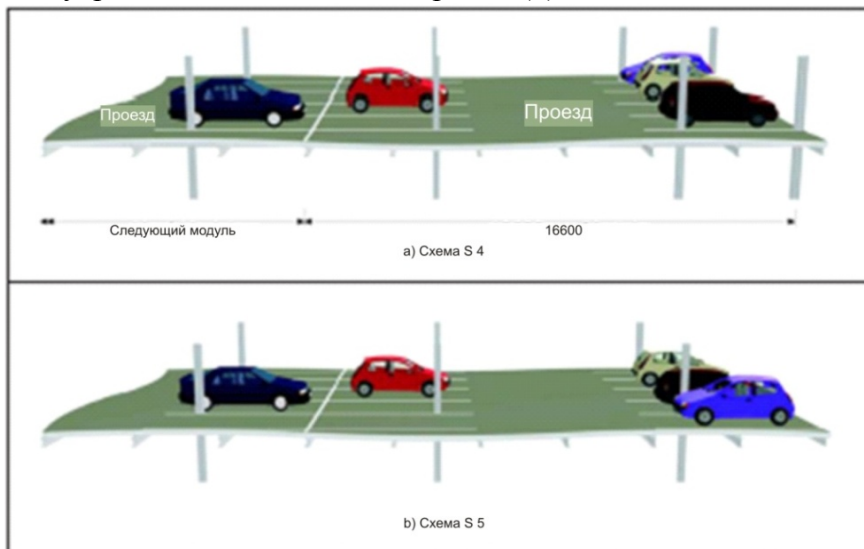


Рисунок 3. Схемы множественного модуля

Была проведена стоимостная оценка на основе использования профилированного стального каркаса. Стоимость каждой схемы была вычислена

на норму 1 м<sup>2</sup> для 2, 4, 6 и 8 этажных автостоянок. Результаты представлены в таблице 4.

Нормативными документами регламентируется высота помещения хранения легковых автомобилей - не менее 2.0 метров от пола до низа несущих конструкций [2].

Рекомендованы к применению следующие высоты этажей - 2.8 и 3.0 м (от пола до пола), выбираемые в зависимости от группы габаритных схем.

Для размещения помещений постов технического обслуживания и мелкого текущего ремонта (ТО и ТР), а так же постов косметической мойки автомобилей рекомендованы габаритные схемы с высотами первого этажа или части первого этажа 3,3 - 3,6 метров.

Таблица 3

Относительная эффективность использования различных схем

Схема	автомобильное пространство, м <sup>2</sup> .	Относительная эффективность модуля
S1A	22.4	96%
S1B	22.2	97%
S1C	22.1	93%
S2	22.4	96%
S3A	21.6	100%
S3B	21.6	100%
S3C	21.6	100%
S4A	22.4	96%
S4B	22.2	97%
S4C	22.1	98%
S5	22.4	96%

Таблица 4

Схема	Кол-во маш.-мест в модуле	Стоимость перекрытий, \$/м <sup>2</sup>				Стоимость колонн, \$/м <sup>2</sup> для кол-ва этажей				ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ, \$/м <sup>2</sup> для кол-ва этажей			
		Балки	Настил	Плита	Всего	2	4	6	8	2	4	6	8
Единичный модуль													
S1A	3	83	40	55	178	12	15	17	19	190	193	195	197
S1B	4	81	40	55	176	9	12	15	17	185	188	191	193
S1C	5	101	40	55	195	9	12	14	17	204	207	209	212
S2	3	94	40	55	189	10	11	12	15	199	200	201	204
S3A	2	73	49	58	180	22	19	24	25	202	199	204	205
S3B	3	132	40	55	226	8	10	12	14	234	237	239	240
S3C	4	135	40	55	230	7	9	10	13	237	239	240	243
Множественный модуль													
S4A	3	84	39	55	177	9	12	15	19	187	190	192	196
S4B	4	80	39	55	174	8	11	15	18	182	185	189	192
S4C	5	97	39	55	191	8	10	14	16	199	201	205	207
S5	3	87	39	55	181	9	10	12	15	190	191	193	195

## **Выводы**

В таблице 3 показана эффективность использования пространства автостоянки для каждой из схем, ориентированная на парк автомобилей города Бишкек. Самые эффективные схемы для г. Бишкек - это S3A, S3B и S3C, так как предоставляют на 4 % больше автомобильного пространства, что улучшает маневренность автомобилей внутри гаража и их безопасность.

Хотя по экономическим показателям на первом месте схема S1B – для единичного модуля, и S4 B – для множественного модуля (табл.4).

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Семенов В.С., Акбаралиев Р.Ш., Верременко Т.В. Гаражи и стоянки легковых автомобилей: учеб пособ. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2011г. 128с.
2. СП 113.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\* «Стоянки автомобилей». М. ООО «Аналитик», 2012, 32с.
3. Economical Carparks. A Design Guide. Second Edition. Published by One Steel Market Mills, 2004. 58p.

## **ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ГОРНО-ПЕШЕХОДНЫХ МАРШРУТОВ (НА ПРИМЕРЕ УЩЕЛИЙ КЫРГЫЗСКОГО ХРЕБТА)**

Воронцова Е. В., e-mail: vorontsova@gdirc.ru

Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан

Макушева С.В., тел.: 0778-27-69-93, e-mail: [maksnor@yandex.ru](mailto:maksnor@yandex.ru)

Бишкекская финансово-экономическая академия, Бишкек, Кыргызстан

Рекреационный горно-пешеходный туризм отличается от спортивного, в первую очередь, своей оздоровительной направленностью.

В спортивном горно-пешеходном туризме походы различаются по категориям сложности. В зависимости от трудности преодолеваемых препятствий, района похода, автономности, новизны, протяженности маршрута и ряда других его факторов, по возрастающей сложности походы разделяются на походы выходного дня, походы от I до III степени сложности и категорийные походы - от I до VI категории сложности (к.с.). Классификация спортивных маршрутов производится в соответствии с единой технологией и требованиями, приведенными в нормативном документе «Единая всероссийская спортивная классификация туристских маршрутов» (ЕВСКМ) [1].

Для рекреационного туризма такой классификации не существует, потому что основная цель рекреационного туризма - восстановление физических и психических сил человека. В тоже время авторы статьи при проведении исследований маршрутов выходного дня по ущельям Кыргызского хребта, выявили, что физическая нагрузка, выполняемая туристом на различных треках, разная. Величина физической нагрузки определяется двумя ее сторонами - объемом и интенсивностью. Объем нагрузки измеряется протяженностью пройденного расстояния, интенсивность - скоростью движения туриста с грузом определенной массы, длительностью интервалов движения и отдыха.

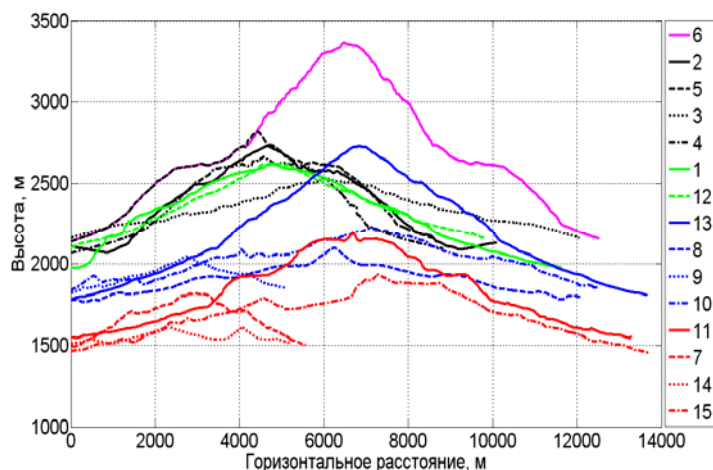


Рис.1. Графическое изображение горно-пешеходных треков (Кыргызский хребет).

Оздоровительными являются такие нагрузки, когда работа (двигательная активность) выполняется в т.н. «аэробной зоне», границы которой определяются частотой сердечных сокращений (ЧСС), т.е. физическая нагрузка в оздоровительном туризме имеет определенные ограничения. Регулирование физической нагрузки в рекреационных походах ведется в основном за счет снижения скорости передвижения и увеличение интервалов отдыха.

Исследования показали, что параметры нагрузки на исследуемых нами треках, варьируют в широком диапазоне: протяженность составляет от 5,2 км до 13,95 км, высотные границы - от 1465 до 3340 м над уровнем моря, перепады высот от 115 м до 1200 м. Графическое изображение треков представлено на рис.1.

Согласно ЕВСКМ категория трудности (КТ) протяженного участка рассчитывается по формулам:

для равнинных участков:  $КТ = К_{пк} * К_{пр} * К_{пер} * К_{в} * СГ$  (1),

для горных участков:  $КТ = К_{нв} * К_{в} * К_{пк} * К_{кр} * СГ$  (2), где

**КТ** – количество баллов для определения категории трудности протяженного участка;

**К<sub>пк</sub>** – коэффициент дорожного покрытия определяется по таблице 1;

**К<sub>пер</sub>** – коэффициент пересеченности местности определяется по таблице 2;

**К<sub>нв</sub>** – коэффициент набора высоты определяется по таблице 3;

**К<sub>нв</sub>** для промежуточных значений набора высоты определяется интерполяцией;

**К<sub>в</sub>** – коэффициент абсолютной высоты определяется по Таблице 4;

**К<sub>в</sub>** для промежуточных значений абсолютной высоты определяется интерполяцией;

**К<sub>кр</sub>** – коэффициент крутизны определяется по Таблице 5;

**К<sub>кр</sub>** для промежуточных значений уклона определяется интерполяцией;

**К<sub>пр</sub>** – коэффициент протяженности участка рассчитывается по формуле (3):

$$К_{пр} = 1 + L/100 \quad (3),$$

где **L** – протяженность участка в километрах;

**СГ** – сезонно-географический показатель (коэффициент) определяется по табл. 6.

Таблица 1.  
Значение коэффициента дорожного покрытия (Кпк)  
для различных типов дорог и троп

Тип дороги (тропы) и покрытия	Кпк
Асфальт	0,8
Профилированная гравийная (гравий до 10 мм) или грунтовая дорога (грейдер), непрофилированная грунтовая дорога (проселок), плотно укатанный снеговой покров	1,0
Каменистая грунтовая дорога, профилированная горная дорога, мелкощебеночная дорога (преобладающий размер камней 10-20 мм); снежно-ледовый накат	1,3
Каменистая горная дорога со значительными неровностями, уступами, выступающими частями скального массива, крупнощебеночная дорога (преобладающий размер камней 30 мм и выше), песчаная (заснеженная) дорога (рыхлый песок (снег) глубиной до 3 см)	1,6
Используемая лесовозная, тракторная дорога, песчаная (снежная) дорога (рыхлый песок (снег) глубиной 3-5 см.), галечник, многочисленные ледовые «надолбы» поверх полотна дороги.	2,0
Зимник летом, зарастающая кустарником, деревьями лесовозная или тракторная дорога; песчаная (заснеженная) дорога (рыхлый песок (снег) глубиной 5-10 см.); туристская, конная тропа; бездорожье	2,5

Таблица 2.  
Кпер – коэффициент пересеченности местности

Характер местности	Частота подъемов на 10 км пути, не менее	Кпер
Плоская равнина с перепадами высот не более 30 м	-	0,8
Слабопересеченная местность с уклонами подъемов до 4% и перепадами высот от 30 до 50 м.	3	1,0
Среднепересеченная местность со средними уклонами подъемов 4-6 % и перепадами высот от 50 до 100 м	2	1,2
Сильнопересеченная местность с уклонами дорог более 6 % и перепадами высот от 100 до 200 м	1	1,4

Таблица 3.  
Кнв – коэффициент набора высоты

Набор высоты	Кнв
До 200 м	1,0
400м	1,1
600 м	1,2
800м	1,3
1000 м	1,4
1200 м	1,6

1400 м	1,8
1600 м	2,0
1800 м	2,2
2000 м	2,4
2400 м	2,8
2800 м	3,2
3200 м	3,6
3600 м	4,0

Таблица 4.

Кв – коэффициент абсолютной высоты

Абсолютная высота, м	Район похода		
	Заполярье	Сибирь, Сев. Урал	Прочие
До 500	1	1	1
500	1,2	1,1	1
1000	1,4	1,2	1,1
1500	1,6	1,3	1,2
2000	-	1,4	1,3
2500	-	1,6	1,4
3000	-	1,8	1,5
3500	-	-	1,6
4000	-	-	1,8
4500	-	-	2,0
5000 и более	-	-	2,4

**Ккр** – коэффициент крутизны определяется по *среднему значению* уклона **КР** на подъеме, т.е.  $KP=(V_k - V_n)/L_m$  (в %) (4), где: **Vк** и **Vн**, соответственно высота конца и начала протяженного участка (подъема) в м; **Lm** – длина протяженного участка (подъема), м.

Таблица 5.

Соответствие среднего уклона КР коэффициенту крутизны (Ккр)

КР	Ккр
4% и менее	1,0
6%	1,1
9%	1,3
12%	1,5
14%	1,8
15% и более	2,0

Таблица 6.  
Сезонно-географический показатель (СГ)

Район	Сезонность	СГ
<b>1. Равнины и низкогорья</b>		
Средняя часть России	с 15 апреля по 15 октября	1
	весна, осень	1,2
	зима	1,3
Север европейской части России Западная Сибирь	с 15 мая по 15 сентября	1
	начало мая, конец сентября	1,1
	апрель, октябрь	1,2
	март, ноябрь	1,3
	зима	1,4
Восточная Сибирь, Аляска, Север Канады (для районов с устойчивыми зимними температурами ниже -30)	лето, начало сентября	1
	май, конец сентября	1,2
	апрель, октябрь	1,3
	март, ноябрь	1,4
	зима	1,5(1,6)
Пустыни государств Центральной Азии, Африки и другие аналогичные им районы (для районов с устойчивыми летними температурами выше +40)	лето	1,5(1,6)
	май, сентябрь	1,4
	март-апрель, октябрь-ноябрь	1,3
	зима	1,1
<b>2. Горы</b>		
Среднегорье (1500 – 2500 м) ( территория стран СНГ)	лето, сентябрь	1
	май, октябрь	1,2
	март, апрель	1,3
	ноябрь, зима	1,4
Высокогорье (свыше 2500 м) (территория стран СНГ) (для Восточного Памира, Тибетского плато)	лето, сентябрь	1,1(1,2)
	май, октябрь	1,3
	март, апрель	1,4
	ноябрь, зима	1,5(1,6)
Горы Заполярья, Восточной Сибири, Северный и Приполярный Урал, Аляска, Сев. Канада (для районов с устойчивыми зимними температурами ниже -30)	лето, сентябрь	1,1
	апрель, май	1,3
	март, октябрь	1,4
	ноябрь, зима	1,5(1,6)

Из представленных таблиц следует, что коэффициент **Кв** для всего маршрута является постоянным, не зависящими от длины и перепада высот.



Коэффициент **СГ** зависит от абсолютного значения текущей высоты. Коэффициент **Кпк** также можно принять постоянным на определенных отрезках маршрута. Коэффициент **Кнв** (5) можно представить как непрерывную функцию от высоты в виде:

$$\mathbf{Кнв1}=1 \text{ при } H_i-H_0 \leq 200,$$

$$\mathbf{Кнв2}=0.9+0.0005*(H_i-H_0) \text{ при } 200 < H_i-H_0 \leq 1000,$$

$\mathbf{Кнв3}=0.4+0.001*(H_i-H_0)$  при  $1000 < H_i-H_0$ , где  $H_i$  – текущая высота,  $H_0$  – абсолютная высота начальной точки маршрута.

Таблица 5 не охватывает всего диапазона уклонов горной местности, по которой пролегают пешеходные маршруты, например, для рассматриваемых в работе походов **КР** меняется от 5% до 32%, поэтому авторами были составлены другие коэффициенты соответствия **КР** и **Ккр**. Тогда **Ккр** (6) можно представить в виде непрерывной функции от **КР**:  $\mathbf{Ккр1}=1$  при  $\mathbf{КР} \leq 6$ ,

$$\mathbf{Ккр2}=1+0.0333*\mathbf{КР} \text{ при } 6 < \mathbf{КР} \leq 18,$$

$$\mathbf{Ккр3}=1+0.05*\mathbf{КР} \text{ при } 18 < \mathbf{КР} \leq 30,$$

$$\mathbf{Ккр4}=0.0833*\mathbf{КР}-0.5 \text{ при } 30 < \mathbf{КР} \leq 36,$$

$$\mathbf{Ккр5}=2.5 \text{ при } 36 < \mathbf{КР},$$

$\mathbf{КР}=100*(H_{i+1}-H_i)/(L_{i+1}-L_i)$ , где  $H_i$ ,  $L_i$  и  $H_{i+1}$ ,  $L_{i+1}$  – высота, горизонтальная длина пройденного расстояния концов  $i$ -ого сегмента пути. Такой расчет **Ккр** хорошо описывает сложность подъема, но использование таких же коэффициентов при спуске не вполне оправдано, поэтому авторами предлагается ввести дополнительный коэффициент  $\mathbf{Ккр0}=2/3$ , т.е. для участков, где  $H_{i+1}-H_i < 0$   $\mathbf{Ккр}_{\text{сп}}=\mathbf{Ккр0}*\mathbf{Ккр}=2*\mathbf{Ккр}/3$ .

Таблица 7.

Соответствие среднего уклона **КР** коэффициенту крутизны **Ккр** для предгорной и горной местности

КР	Ккр
6% и менее	1,0
12%	1,2
18%	1,4
24%	1,7
30%	2,0
36% и более	2,5

Таким образом, для горного района коэффициент сложности некатегорийного маршрута **КС** (7) описывается непрерывной функцией длины, абсолютной высоты, перепадов высот, и сводится к расчету суммарной длины маршрута с учетом весовых коэффициентов  $k_i$  отдельных сегментов  $S_i$ :

$$\mathbf{КС}=\sum k_i*S_i,$$

$S_i=\sqrt{((H_{i+1}-H_i)^2+(L_{i+1}-L_i)^2)}$  – длина  $i$ -ого сегмента пути (удобнее подставлять в километрах);

$k_i=\mathbf{СГ}_i*\mathbf{Кв}*\mathbf{Кпк}_i*\mathbf{Кнв}_i*\mathbf{Ккр}_i$ , где  $\mathbf{Кнв}_i$  и  $\mathbf{Ккр}_i$  вычисляются по формулам 5 и 6 соответственно. Общее количество сегментов пути для каждого случая подбирается отдельно. Если расчет ведется вручную и/или при планировании маршрута, то можно выделить 2-5 основных участков пути с приблизительно одинаковыми углами наклона высотного профиля и типом дороги. Если **КС** рассчитывается программно по GPS-треку уже пройденного маршрута, то количество сегментов трека и будет общим количеством сегментов пути, при этом полученный результат будет более точным, чем при ручном подсчете малого количества сегментов. Однако при программной обработке GPS-трека следует

учитывать возможные ошибочные замеры положения и удалить их вручную либо предварительно сгладить трек полиномом высокой степени, либо провести медианную и т.п. фильтрацию.

### Результаты расчета по фактическим трекам

В работе представлены результаты расчета **КС** по GPS-трекам наиболее популярных маршрутов выходного дня вблизи г. Бишкека. Измерения выполнены при помощи портативного туристического GPS-навигатора Garmin Oregon 550t, оснащенного встроенным барометрическим высотомером, который обеспечивает большую точность по высоте. Все треки были нанесены на спутниковые снимки GoogleEarth и соответствующие карты генерального штаба, что позволило оценить надежность полученных данных и удалить очевидные ошибочные трековые точки. Погрешность определения местоположения составила до 5 м. по горизонтали и до 15 м. по вертикали.

Для всех маршрутов рассчитаны расстояние, перепады высот, коэффициент сложности **КС**. Полученные данные представлены в таблице 8.

Таблица 8.

### Характеристика горно-пешеходных треков (Кыргызский хребет)

№	Название маршрута	Главное ущелье, склон	Высота трека над ур. м. (м)	Длина трека (км)	Перепад высоты (м)	Коэфф. сложности
1	Водопад Ашутор	Сокулук	1975 – 2625 м	11.81	650	27.6895
2	Адыгине (до р. Тестор)	Ала-Арча	2110 – 2730 м	10.36	620	29.2129
3	Ала-Арча (до р. Топкарагай)	Ала-Арча	2160 – 2530 м	12.16	370	25.2388
4	Водопад Шаркыратма	Ала-Арча, правый склон ущ. Ак-Сай	2065 – 2665 м	9.1	600	25.0296
5	Аксайский водопад	Ала-Арча, правый склон ущ. Ак-Сай	2140 – 2800 м	8.9	660	27.1912
6	Хижина Рацека	Ала-Арча	2140 – 3340 м	13.4	1200	45.6597
7	Голубиный водопад	Чонкурчак	1500 – 1820 м	5.7	320	12.2353
8	Аламединский водопад	Аламедин, левый склон	1780 – 2100 м	12.2	320	22.8531
9	Водопад Шаркыратма	Иссык-Ата, правый склон	1820 – 2050 м	5.2	230	10.5058
10	Водопад (до р. Бала-Партак)	Иссык-Ата, левый склон	1835 – 2225 м	12.6	390	26.1361
11	Водопад Эки-Тюштюк	Туюк Иссык-Атин., левый склон ущ. Кок-Мойнок	1545 – 2185 м	13.5	640	31.1516
12	Водопад Атджайляу	Кегеты, левый склон	2100 – 2615 м	9.95	515	24.4486
13	Озеро Кель-Тор	Кегеты	1785 – 2725 м	13.95	940	37.6884
14	Каньоны Кок-Мойнок	Боом	1515 – 1630 м	5.3	115	10.6384
15	Б. каньон Кургантерек	Боом	1465 – 1935 м	13.9	470	26.5142

Как видно из представленной таблицы, исследуемые нами треки, имеют большой диапазон в значении коэффициентов – от 10,51 до 45, 7. На рисунке 2 видно, что существующие близкие значения возможно сгруппировать.

Треки с коэффициентом сложности (далее КС) до 15 – треки №№ 9, 14, и 7 мы отнесли к первой группе. Небольшая протяженность (до 5,7 км) и абсолютные высоты (местонахождение основной аттракции, например, водопада или озера) свидетельствуют о небольшой физической нагрузке, которая не представляет особой трудности для туристов. Следовательно, данные треки можно рекомендовать для любой возрастной группы. Следует отметить, что по данным статистики, в настоящее время туристы «третьего возраста», а также семейный туризм (к сожалению, в этой группе больше представлены «неполные» семьи – женщины с детьми) оказывают все большее влияние на формирование туристской деятельности.

коэффициенты сложности треков

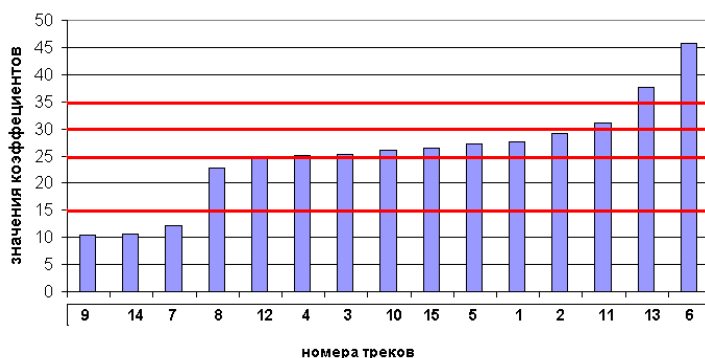


Рис. 2. Коэффициенты сложности горно-пешеходных треков.

Треки КС от 15 до 25 (треки №№ 8, 12) отнесены нами ко второй группе. Треки КС от 25 до 30 (семь треков) представляют самую большую группу.

Большой коэффициент сложности данных треков свидетельствует об их большей протяженности (объем физической нагрузки), крутизне подъемов и спусков, а также большей высоте аттракций над уровнем моря. Следует заметить, что спуски представляют не меньшую трудность для туристов, чем подъемы. Поскольку спуски проходят на фоне утомления, вероятность получения травм опорно-двигательного аппарата существует.

К следующей группе мы отнесли трек № 11. Хотя он проходит на «благоприятной» высоте, он является сложным для прохождения, в первую очередь, из-за своей протяженности (13, 5 км) и очень разнообразного рельефа: затяжные крутые подъемы, спуски, снова подъемы (рис. 1).

Треки с КС выше 35 (треки на озеро Кель-Тор и хижину Рацека) отнести к рекреационным нельзя. Значительная протяженность треков (13,95 км и 13, 4 км соответственно), а также значительный набор высоты (2725 м над ур.м. и 3340 м над ур.м.) требуют от туристов хорошей физической подготовленности и акклиматизации. Для массового оздоровительного отдыха туристов различных возрастных групп эти треки не подходят.

Для облегчения восприятия предложенной классификации мы по аналогии с Европейской классификацией горнолыжных склонов присвоили представленным выше группам треков названия (таблица. 9).

Представленная нами классификация, разработанная для ущелий Кыргызского хребта, не претендует на всемирное использование. В частности, мы не даем рекомендаций по скоростному режиму прохождения маршрутов, так как этот вопрос недостаточно нами изучен. Однако предложенная градация маршрутов значительно облегчает обеспечение необходимой информацией как туроператоров и гидов, проводящих эти треки и ответственных за здоровье

туристов, так и потребителей «туристских услуг» - туристов разного возраста, разного уровня подготовленности, разного «опыта горных восхождений».

Проведенные нами исследования параметров горных трек (местонахождение, протяженность, высота над уровнем моря) могут также быть использованы для прокладки экологически троп, которые необходимо создавать для сохранения уникальной природы Кыргызского хребта.

Таблица 9.

Категории сложности горно-пешеходных трек (Кыргызский хребет)

№	Категория трека	КС	№№ трек	Направленность физ. нагрузки	Наличие физ. подготовки	
1	Зеленая	До 15	9,14,7	Оздоровительная акклиматизационная	-	Для начинающ.
2	Синяя	-	Неполн. прохождение красных трек	Оздоровительная акклиматизационная	+	Для малоопытных туристов
3	Красная 1	15-25	8, 12	Оздоровительно-тренирующая, акклиматизационная	++	Для подготовленн ых
4	Красная 2	25-30	4,3,10, 15,5,1,2	Оздоровительно-тренирующая	+++	Для подготовл.
5	Черная	35 и >	13, 6	Тренировочная	+++++	С хорошей акклиматизац. и физ. подготовленн остью

**Выводы:**

- 1) определены коэффициенты сложности рекреационных горно-пешеходных трек;
- 2) разработанная классификация горно-пешеходных трек по ущельям Кыргызского хребта обеспечивает необходимой информацией организаторов туров для улучшения качества оказываемых туристских услуг;
- 3) разработанная классификация горно-пешеходных трек по ущельям Кыргызского хребта обеспечивает необходимой информацией потребителей туристских услуг, туристов;
- 4) полученные данные по параметрам маршрутов (местонахождение трека, протяженность, высота над уровнем моря, перепады высот на маршруте) можно использовать для создания экологических троп и развития экологического туризма в ущельях Кыргызского хребта.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.hibaratxt.narod.ru>. «Единая всероссийская спортивная классификация туристских маршрутов». Русский турист. 2001.

## СОДЕРЖАНИЕ

№		стр.
	Предисловие	3
1	<b>Сухоруков М.В.</b> Пространственно-временная корреляция объемной активности радона с вариациями некоторых геофизических полей (ИГД РАН, Москва).	4
2	<b>Матюков В.Е.</b> Профиль «ALAI-TIPAGE»: магнитотеллурические наблюдения и построение геоэлектрической модели(Бишкек, НС РАН).	9
3	<b>Мясников Д.С.</b> Усиление и фильтрация сигналов становления поля при зондировании земной коры шумоподобными токовыми импульсами(Бишкек, НС РАН).	13
4	<b>Лашин О.А.</b> Электроразведочный генератор зондирующих сигналов(Бишкек, НС РАН).	18
5	<b>Мубассарова В.А., Закупин А.С.</b> Роль флюида в разрушении геоматериалов при воздействии электромагнитных полей (Бишкек, НС РАН).	23
6	<b>Полинчук А.Ю., Закупин А.С.</b> Развитие методов регистрации акустической эмиссии разрушающихся горных пород и некоторые аппаратные решения (Бишкек, КРСУ).	28
7	<b>Воронцова Е.В.</b> Программный пакет для комплексного анализа вариаций электромагнитных полей, полного электронного содержания и записей сейсмических колебаний (Бишкек, НС РАН).	32
8	<b>Воронцова Е.В.</b> Расчет вариаций полного электронного содержания (пэс) ионосферы и скорости перемещения ионосферных возмущений(Бишкек, НС РАН).	36
9	<b>Лозбин А.Ю., Шпади М.Ю., Аязбаев Г.М.</b> Проект казахстанского научно-технологического спутника (Алма-Аты, Институт космической техники и технологии).	39
10	<b>Лозбин А.Ю., Инчин П.А., Шпади М.Ю.</b> Программный комплекс для выявления и идентификации ионосферных аномалий по спутниковым данным (Алма-Аты, Институт космической техники и технологии).	40
11	<b>Гражданкин А.М., Мажников М.С.</b> Технические аспекты обработки GPS-данных Центрально-Азиатской сети(Бишкек, НС РАН).	41
12	<b>Гражданкин А.М.</b> Информационная система по работе с GPS-данными Центрально-Азиатской сети(Бишкек, НС РАН).	45
13	<b>Мансуров А.Н.</b> Структурный анализ и автоматизация расчета оценок временных рядов и скоростей марок ЦА GPS-сети с использованием программного пакета GAMIT/GLOBK и базы данных лаборатории GPS НС РАН(Бишкек, НС РАН).	50
14	<b>Шукуров З.Ф.</b> Результаты режимного GPS измерения смещений в центральной части Ферганского геодинамического полигона (Ташкент, Институт сейсмологии АН Руз).	55
15	<b>Хасанова Г.Ф.</b> Использование ГИС-технологий в ландшафтных исследованиях (Уфа, ГОУ СПО «Башкирский государственный университет»).	57

- 16 **Нигматуллин А.Ф., Сабитова Л.А.** ГИС-технологии и использование их в земельном кадастре (Уфа, Башкирский государственный университет). 58
- 17 **Мансуров А.Н.** Объектно-ориентированная модель программы для автоматизации расчета динамических параметров сейсмических событий(Бишкек, ИС РАН). 60
- 18 **Чалова В.С., Литовченко И.Н.** Распознавание образов временных последовательностей событий (на примере Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий) (Алма-Аты, Институт сейсмологии Республики Казахстан). 66
- 19 **Шакиров Р.** Современные информационные технологии для организации геофизического мониторинга (ИАиИТ НАН КР). 69
- 20 **Омуралиев М., Омуралиева А., Ачакеев Э.** Кеминское землетрясение и его геодинамические условия (Бишкек, Институт сейсмологии НАН КР). 75
- 21 **Омуралиева А., Омуралиев М.** Вероятные участки проявления флюидов и частичного плавления в земной коре центральной части тянь-шаня по данным сейсмологических сетей “GHENGIS” и “KNET”(Бишкек, Институт сейсмологии НАН КР). 83
- 22 **Омуралиев М., Омуралиева А.** Изменение состояния среды литосферы после крупномасштабного Камбаратинского взрыва 2009 г. (Бишкек, Институт сейсмологии НАН КР). 89
- 23 **Омуралиев М., Землянский А.А., Ачакеев Э.** Управляющие параметры Северо-Тянь-Шаньской активной зоны перед проявлением Кеминского землетрясения (Бишкек, Институт сейсмологии НАН КР). 96
- 24 **Омуралиев М., Землянский А.А., Ачакеев Э.** Управляющие параметры процессов в области подготовки сильных землетрясений Тянь-Шаня (Бишкек, Институт сейсмологии НАН КР). 103
- 25 **Шозиёв Ш.М.** Сезонный ход землетрясений по сейсмогенным зонам Памира (Хорог, Хорогский Государственный Университет). 110
- 26 **Уткин В.И.<sup>1</sup>, Козлова И.А.<sup>1</sup>, Чи-Ю Кинг<sup>3</sup>, Юрков А.К<sup>1</sup>, Дутта П.К.<sup>2</sup>.** Мониторинг радона как индикатор возможного тектонического события (<sup>1</sup>Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия;<sup>2</sup>Департамент телекоммуникации, Ядавпур Унив. Калькутта, Индия;<sup>3</sup>Комп. Исследование предсказания землетрясений, Лос Альтос, США ) 113
- 27 **Ибрагимов А.Б.** Особенности вариации геохимических показателей в зонах пересечения активных разломов земной коры (Ташкент, Институт сейсмологии АН Руз). 123
- 28 **Фахридинов Ж.З.** Особенности механизма возникновения землетрясений в Приташкентской флексурно-разрывной зоне. (Ташкент, Институт сейсмологии АН Руз). 125
- 29 **Алимухамедов И.М.** Современная геодинамическая активность центральной части южного Узбекистана (Ташкент, Институт сейсмологии АН Руз). 127

- 30 **Зиёмов Б.Р.** Особенности сеймотектонических процессов в Байсун-Гиссарской зоне юго-западного Тянь-Шаня (Ташкент, Институт сейсмологии АН РУз). 129
- 31 **Шакиров А.Э., Орунбаев С.Ж., Усупаев Ш.Э.** Комплексное геофизическое зондирование многолетнемерзлых грунтовых толщ ледника Северный Энилчек на “перемычке” озера Мерцбахера (Бишкек, ЦАИИЗ). 131
- 32 **Шакиров А.Э.** Результаты геомагнитного исследования «Линии Николаева» в районе Таласо-Ферганского разлома и перевала Долон (Бишкек, ЦАИИЗ). 139
- 33 **Шаршебаев А.М.** Мониторинг и инженерно-сейсмологическая оценка рисков бедствий в бассейне реки Сары Джаз и в районе прорывоопасного ледового озера Мерцбахера (Бишкек, ЦАИИЗ). 143
- 34 **Камчибеков О.А.** Исследование особенностей проявления техногенных и природных георисков на ГЭС и водохранилищах Кыргызстана (Бишкек, ЦАИИЗ). 149
- 35 **Мазымканова А.М.** Инженерно-геономическая оценка георисков для города Каракол Иссык-Кульской области Кыргызстана (Бишкек, ЦАИИЗ). 153
- 36 **Сваров М.И.** Инженерно-геономические особенности оценки сейсмической уязвимости, риска и опасности (аспекты катастрофведения) (Бишкек, ЦАИИЗ). 157
- 37 **Орунбаев С.Ж.** Исследование резонансных характеристик грунтов при сейсмическом микрорайонировании методом межкомпонентного спектрального отношения (Бишкек, Каракол, Душанбе, Ташкент) (Бишкек, ЦАИИЗ). 162
- 38 **Коноков Т.И.** Компьютерно-картографические технологии оценки георисков на стадии проверки достоверности прогнозов ЧС в Кыргызском Тянь-Шане (Бишкек, ЦАИИЗ). 167
- 39 **Смайылова А.М.** Мониторинговая оценка георисков на территории города Токмок и его агломераций в Чуйской области Кыргызстана (Бишкек, ЦАИИЗ). 172
- 40 **Атыкенова Э.Э.** Картирование георисков от гидрогеохимических аномалий и технологии вторичной переработки отходов горной промышленности в Кыргызском Тянь-Шане (Бишкек, ЦАИИЗ). 175
- 41 **Абдрахманова Г.А.** О природно-техногенных селе-паводковых явлениях и мерах борьбы с ними в Кыргызском Тянь-Шане (Бишкек, ЦАИИЗ). 182
- 42 **Дудашвили А.С.** Техногенные месторождения подземных вод и индуцированные геориски от процесса подтопления на примере Ош-Карасуйского оазиса Кыргызстана (Бишкек, ЦАИИЗ). 186
- 43 **Мамбеталиев Э.Д.** Опасности воздействия георисков на хвостохранилище в районе поселка Казарман Джалал-Абадской области Кыргызстана (Бишкек, ЦАИИЗ). 193
- 44 **Хамидов Х.Л.** Трещинообразование в строительных материалах при интенсивных высокочастотных и низкочастотных сейсмических колебаниях (Ташкент, Институт сейсмологии АН РУз). 197

45	<b>Артиков Ф.Р.</b> Инженерно-сейсмологические оценки в зоне влияния Гиссаракского водохранилища (Ташкент, Институт сейсмологии АН РУз).	200
46	<b>Джумабаев И.М.</b> Локализация местных напряжений в зонах высоконапорных водохранилищ (Ташкент, Институт сейсмологии АН РУз).	202
47	<b>Ядигаров Э.М.</b> Влияние транзитных и местных землетрясений на колебание плотин(Ташкент, Институт сейсмологии АН РУз).	204
48	<b>Ибрагимов А.Х., Хамидов Х.Л.</b> Инженерно-сейсмометрические наблюдения в плотине Чарвакского водохранилища(Ташкент, Институт сейсмологии АН РУз).	206
49	<b>Пантелеев И.А., Уваров И.А., Наймарк О.Б.</b> Пространственно-временные формы локализации деформации при растяжении силвинита (Пермь, ИМСС УрО РАН).	208
50	<b>Байсабаева А.</b> Водные ресурсы и проблемы водопользования в трансграничном бассейне реки Чу (Бишкек, ЦАИИЗ).	212
51	<b>Байсабаева А.</b> Водные ресурсы и их распределение как факторы влияния на взаимоотношения Центрально-Азиатских государств (Бишкек, ЦАИИЗ).	215
52	<b>Мамбеталиев Э.Д.</b> Содержание цианидов и роданидов в грунтовых водах хвостохранилища золотодобывающего комбината «Макмал»(Бишкек, ЦАИИЗ).	219
53	<b>Ершова Н.В., Караваева Н.А., Шевченко Д.В.</b> Исследование гидрологических характеристик рек Тар, Куршаб и Кызыл-Суу для оценки их энергетического потенциала (Бишкек, КРСУ).	221
54	<b>Ню В.В.</b> Удар упругим цилиндрическим бойком по стержню, опирающемуся на пластину (Бишкек, КРСУ).	226
55	<b>Колесников Н.А.</b> Собственные формы и частоты колебаний коромысловой ударной системы при различных связях бояка с коромыслом(Бишкек, КРСУ).	231
56	<b>Дроздова И.С.</b> Напряженное состояние оснащенного стержня при ударе по жесткой преграде (Бишкек, КРСУ).	235
57	<b>Муктарбекова Г.М.</b> Влияние положения манипулятора отбойного агрегата на на максимальное усилие прижатия молота к обрабатываемой поверхности(Бишкек, КРСУ).	239
58	<b>Васильков Р.Е., Еремьянц В.Э.</b> Косой удар математическим маятником по упругой поверхности (Бишкек, КРСУ).	242
59	<b>Арстанбек А.И., Еремьянц В.Э.</b> Кинематический и силовой анализ ударного механизма МО-10 (Бишкек, КРСУ).	247
60	<b>Исаков С.С., Цвирков Д.М., Шувалов И.С.</b> Прибор для тестирования устройств и методов измерения угла поворота вала (Бишкек, КРСУ).	251
61	<b>Федоров И.Н., Лелёвкина Л.Г.</b> Влияние штрафных параметров на процесс оптимизации индукционного нагрева обсадной колонны нефтяной скважины (Бишкек, КРСУ).	255
62	<b>Волкова Е.С.</b> Определение типа рынка круглого металлопроката в КР (Бишкек, ОсОО «Первая Металлобаза»).	261
63	<b>Чернова М.С.</b> Современные методы исследования рисков в деятельности торговой фирмы (Бишкек, ОсОО «Первая Металлобаза»)	264



64	<b>Бондаренко А.С.</b> Критерии определения ресурса как стратегического (Бишкек, ОсОО «АТ Плюс»)	268
65	<b>Булавин А.В.</b> Моделирование аналитической функции в менеджменте торгового предприятия (Бишкек, КРСУ).	271
66	<b>Козырев Н.В.</b> Методики определения ключевых клиентов компании на рынках промышленной продукции (Бишкек, ОсОО «Первая Металлобаза»).	273
67	<b>Сарвенкова М.С.</b> Способы исследования продаж для формирования ассортимента в торговой фирме(Бишкек, ОсОО «Салгар»).	278
68	<b>Макушева С.В.</b> Использование GPS-навигаторов для регулирования физической нагрузки в рекреационном горно-пешеходном туризме (на примере ущелий Киргизского хребта) (Бишкек, Финансово-экономическая академия).	283
69	<b>Макушева С.В., Воронцова Е.В.</b> Использование GPS-навигаторов для определения категорий сложности горнолыжных склонов (Бишкек, Финансово-экономическая академия).	288
70	<b>Ткачев М.С.</b> Моделирование процессов управления трафиком в MPLS-сетях (Бишкек, ЗАО «Альфа Телеком»).	293
71	<b>Файзиева М.Р.</b> Необходимость обучения Web-технологии: проблемы и решения (Ташкент, Ташкентский государственный педагогический университет имени Низами).	297
72	<b>Идаятова М.Р., Лаумулин А.М., Сайдулдина А.М.</b> Сбор и переработка неорганических отходов для биореакторов с применением инновационной технологии логистической кластеризации (Алма-Аты, Казахстанско-немецкого университета).	300
73	<b>Акбаралиев Р.Ш.</b> О некоторых аспектах организации гибкой предметно-пространственной среды. Системный подход (Бишкек, КРСУ).	305
74	<b>Веремченко Т.В.</b> Элементы объемно-планировочной структуры многоэтажных гаражей-стоянок и их влияние на технико-экономические показатели (Бишкек, КРСУ).	310
75	<b>Воронцова Е.В., Макушева С.В.</b> Оценка сложности рекреационных горно-пешеходных маршрутов (на примере ущелий кыргызского хребта) (Бишкек, Финансово-экономическая академия)	315

Тираж 150 экз.

Формат издания 60x84 1/8. Объем 29,5 п.л.

Научная станция РАН в г. Бишкеке