# Вестник НЯЦ РК

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ НАЦИОНАЛЬНОГО ЯДЕРНОГО ЦЕНТРА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ВЫПУСК 1(33), МАРТ 2008

Издается с января 2000 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – д.ф.-м.н. КАДЫРЖАНОВ К.К.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: к.х.н. АРТЕМЬЕВ О.И., д.т.н. Байгурин Ж.Д., БЕЛЯШОВА Н.Н., к.ф.-м.н. ВОЛКОВА Т.В. к.т.н. ГИЛЬМАНОВ Д.Г., д.ф.-м.н. ЖОТАБАЕВ Ж.Р. — заместитель главного редактора, д.г.-м.н. ЕРГАЛИЕВ Г.Х., к.б.н. КАДЫРОВА Н.Ж., к.ф.-м.н. КЕНЖИН Е.А., КОНОВАЛОВ В.Е., д.ф.-м.н. МИХАЙЛОВА Н.Н., к.ф.-м.н. МУКУШЕВА М.К., д.т.н. Уманец В.Н. д.б.н. ПАНИН М.С., к.г.-м.н. ПОДГОРНАЯ Л.Е., к.ф.-м.н. СОЛОДУХИН В.П. д.ф.-м.н. ТАКИБАЕВ Ж.С.

# КР ҰЯО Жаршысы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЯДРОЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ МЕРЗІМДІК ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛЫ 1(33) ШЫҒАРЫМ, НАУРЫЗ, 2008 ЖЫЛ

## NNC RK Bulletin

RESEARCH AND TECHNOLOGY REVIEW
NATIONAL NUCLEAR CENTER OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSUE 1(33), MARCH 2008

Сообщаем Вам, что периодический научно-технический журнал "Вестник НЯЦ РК", решением Комитета по надзору и аттестации в сфере науки и образования включен в перечень изданий, рекомендованных для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций по физико-математическим наукам. В настоящее время редакция располагает возможностью быстрой публикации статей.

## СОДЕРЖАНИЕ

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ БЫВШЕГО ИХМЗ Силачев И.Ю.	5
МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ В ПТФЭ ПРИ γ-ОБЛУЧЕНИИ Тлебаев К.Б.	11
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ В ПТФЭ ПРИ γ-ОБЛУЧЕНИИТлебаев К.Б.	13
СЕВЕРОКОРЕЙСКОЕ ЯДЕРНОЕ ИСПЫТАНИЕ 9 ОКТЯБРЯ 2006г. ПО ДАННЫМ КАЗАХСТАНСКОЙ И ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА Михайлова Н.Н., Соколова И.Н.	17
ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ УСЛОВИЯХГорбунова Э.М., Иванов А.И.	27
НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАДИАЦИОННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА "ГОРИЗОНТ-4" (КРЯЖ ЧЕКАНОВСКОГО, ЯКУТИЯ) Голубов Б.Н., Ушницкий В.Е.	33
НЕКОТРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗАДАЧАХ СЕЙСМОМОНИТОРИНГАПогода Э.В.	44
О ХАРАКТЕРИСТИКАХ СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА НА ПЕРИОДАХ, БЛИЗКИХ К 1.7 С, ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ Соколова И.Н., Михайлова Н.Н.	48
АНАЛИЗ МАГНИТУДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КАРАТАУ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ И ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЯХ Синёва З.И., Михайлова Н.Н.	54
ПОСТРОЕНИЕ ГОДОГРАФА ДЛЯ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА ПО ЗАПИСЯМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВСоколова И.Н.	63
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ПЕРВИЧНЫХ И ПОВТОРНЫХ ВЗРЫВОВСоколова И.Н.	68
СОПОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ ДЛЯ КАЗАХСТАНСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ BVAR И BRVKСоколова И.Н.	74
ИСТОРИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОЙ ЛАБОРАТОРИИВасильев А.П. Востриков А.А. Ерастов В.В. Ланилов Б.М. Мальшев Ю.К	78

К 60-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ГОРОДА КУРЧАТОВАРазорёнов А.А., Станиловский А.И.	. 93
СЕЙСМОЛОГ – ЭТО ЗВУЧИТ ГОРДО (к юбилею Михайловой Наталии Николаевны)	. 99
АБИЛ КУАНГАЛИЕВИЧ ЖЕТБАЕВ (к 70-летию со дня рождения)	. 78

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 621.039

# ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ БЫВШЕГО ИХМЗ

#### Силачев И.Ю.

### Институт ядерной физики НЯЦ, Алматы, Казахстан

Представлены результаты радиационного обследования подземного и поверхностного водных бассейнов Первомайского сельского округа ВКО, выполненных ДГП ИЯФ в 2007 г. Разработаны и внесены предложения для обоснования и постановки системы радиационного мониторинга грунтовых и сточных вод в зоне потенциального влияния объектов бывшего ИХМЗ.

### Ввеление

Основанием для выполнения работ послужила радиационно-опасная ситуация, сложившаяся в Первомайском сельском округе Шемонаихинского района ВКО в связи с сокращением производства и перепрофилированием бывшего Иртышского химико-металлургического завода (ИХМЗ). С 1959 по 1999 гг. на ИХМЗ осуществляли переработку редкоземельного, а затем уран-торий содержащего сырья. В 1999 г. производство ИХМЗ частично перешло к "Иртышской редкоземельной компании" (ИРЗК), выпускающей различную редкоземельную продукцию. Однако, существенная часть производства пришла в упадок, оставив после себя огромные объемы незахороненных и захороненных радиоактивных отходов (РАО). Помимо этого, проведенное в 2004-2006 гг. радиационное обследование РГП НЯЦ РК в рамках Республиканской бюджетной программы 011 «Обеспечение радиационной безопасности» выявило крупные участки поверхностного загрязнения на территории ИХМЗ, пункта захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО), пос. Первомайский, вблизи отстойников-шламонакопителей и в других местах [1, 2]. Запланированные на 2008-2009 гг. работы по ликвидации радиационно-опасной ситуации в Первомайском сельском округе предусматривают выполнение комплекса мероприятий на территории бывшего ИХМЗ, ПЗРО и прилегающих территориях, включая создание системы радиационного мониторинга грунтовых и сточных вод. Для решения этой задачи в 2007 г. ИЯФ НЯЦ РК проводил исследования по обоснованию системы радиационного мониторинга грунтовых, поверхностных и сточных вод в зоне потенциального влияния объектов ИХМЗ.

### МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Краткое описание района

Рельеф района Первомайского сельского округа предгорный, грядово-увалистый, расчленённый речными долинами. Абсолютные отметки водоразделов изменяются от 540 м до 350 м, а отметки тальвегов долин – от 450 м до 280 м [3]. В районе широко развита гидрографическая сеть, представленная рекой Иртыш и её притоками – речки Барашевка, Орловка, Половинка, Березовка и др.

ИХМЗ и ПЗРО находятся на западном склоне водораздела рек Барашевка и Орловка. Между ними

расположен исток ручья Толмачев ключ, протекающего в западном направлении и впадающем в р. Барашевка. Рельеф участка ПЗРО сильно изменен техногенным вмешательством и деятельностью человека. К западу от ПЗРО, на расстоянии нескольких сотен метров от ручья, на слабонаклоненном склоне в сторону р. Барашевка, расположены отстойники-шламонакопители.

В геологическом отношении, с точки зрения решаемой задачи наибольший интерес представляет четвертичная система. Средний и верхний отделы четвертичной системы представлены аллювиальными отложениями – песками, галечниками, глинами, суглинками и супесями. Верхний и современный отделы – песками, валунно-галечными отложениями первой надпойменной террасы. Современный отдел составляют пески и валунно-галечниковые отложения поймы реки Иртыш [3]. Водовмещающие отложения – алевролиты и сланцы.

Гидрогеологический район, на территории которого находится Первомайский сельский округ, расположен в северной части Калбо-Нарымской складчатой области. На прилегающей территории представлены два гидрогеологических комплекса, принимающих участие в гидрогеологическом строении района [3]:

- водоносный комплекс поровых вод аллювиальных отложений четвертичного возраста, приуроченный к долинам реки Иртыш и её притоков. Водовмещающие породы представлены хорошо сортированными песками различной крупности, гравием, галькой и реже, супесями. Подземные воды пресные, преимущественно безнапорные, реже имеют местный напор;
- водоносный комплекс трещинных вод нижнекаменноугольных-верхнедевонских образований. Сложен глинисто-углистыми сланцами, алевролитами, песчаниками. Минерализация подземных вод позволяет выделять как пресные, так и слабо солоноватые воды.

Питание водоносного комплекса поровых вод комплексное — за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. Водоносные комплексы трещинных вод большей частью питаются за счёт инфильтрации атмосферных осадков через обширные зоны открытой трещиноватости горных районов.

### Радиационно-опасные объекты ИХМЗ

Основная часть РАО на территории ИХМЗ находится в цехах 22 и 22А, в которых осуществляли переработку редкоземельного сырья. В емкостях остались технологические растворы, представляющие собой жидкие радиоактивные отходы, в прессах и сборниках мусора — твердые РАО. Часть радиоактивных отходов вывалена из емкостей на пол. В цехах также находится значительное количество (около 500 тонн) остатков сырья, радиоактивного мусора и металлолома. Радиоактивное загрязнение, возникшее в результате производственной деятельности предприятия, рассредоточено в приемной баковой аппаратуре, технологических трубопроводах, в системе кислой канализации, на станции нейтрализации промышленных стоков и в других местах.

Система канализации промстоков ИХМЗ включала подземные коммуникации для сброса сточных вод в отстойники-шламонакопители. Из шламонакопителей и накопителя фторсодержащих стоков часть сточных вод по подземной канализации поступала на очистные сооружения вблизи пос. Первомайский с последующим сбросом очищенной воды в р. Барашевка. Часть промстоков вместе с бытовыми стоками пос. Первомайский поступала на очистные сооружения вблизи с. Барашки; очищенную воду сбрасывали в р. Иртыш. В настоящее время используется лишь незначительная часть существовавшей канализационной системы промстоков ИХМЗ – участок подземной коммуникации до накопителя испарительного типа. Наземные очистные сооружения и насосные станции для перекачивания промстоков разрушены. Состояние большей части подземной канализационной сети и коллекторов остается неизвестным.

Отстойники-шламонакопители эксплуатируются с 1966 г. В их основании простираются лессовидные суглинки мощностью до 20 м с прослоями песков. Уровень подземных вод залегает ниже дна чаш шламонакопителей, карты фильтруются через дно. Под шламонакопителями сформировался купол растекания профильтровавшихся промстоков. В 150 м по потоку подземных вод от фильтрующего шламонакопителя построен накопитель промстоков испарительного типа, в основании которого уложена противофильтрационная пленка. По результатам наблюдений в течение ряда лет [4] выявлено устойчивое загрязнение подземных вод по ряду токсикологических показателей (минерализация, сульфаты, хлор, фтор, аммиак, общая жесткость) вблизи фильтрующих шламонакопителей. Интенсивное и значительное по площади (порядка 5 км²) загрязнение подземных вод достигло базиса дренирования.

Основные объемы радиоактивных отходов на участке ПЗРО размещены в комплексе хранилищ РАО, состоящем из 8 хранилищ и 2 карт. Большинство хранилищ РАО обвалованы грунтом, частично заасфальтированы, либо имеют перекрытия из деревян-

ных щитов и бетонных плит. Два хранилища имеют вид открытых траншей. Некоторые хранилища РАО носят следы раскопок. Обе карты представляют собой 63 прямоугольных железобетонных емкости (ячейки), заглубленных в землю и закрытых железобетонными плитами. Часть РАО находится в траншейных захоронениях на территории и вокруг ПЗРО.

Наибольшие объемы PAO сосредоточены на участке ПЗРО, наибольшая площадь размещения радиоактивных отходов характера для отстойниковшламонакопителей. Максимальная опасность загрязнения подземных и поверхностных вод, связанная с утечкой PAO в окружающую среду, обусловлена объектами ИХМЗ, компактно расположенными на небольшой площади — самим заводом, ПЗРО и отстойниками-шламонакопителями.

### Планирование исследований

Обоснование системы мониторинга предусматривало проведение исследований, включавших отбор и лабораторный анализ проб грунтовых, сточных и поверхностных вод в одних и тех же точках — пунктах предварительного мониторинга — два раза в год. По результатам работ необходимо было выбрать окончательные пункты мониторинга и места заложения дополнительных контрольнонаблюдательных скважин.

Методология исследований основана на предположении о загрязнении подземного и поверхностного водных бассейнов в результате миграции естественных радионуклидов (ЕРН) из мест размещения радиоактивных отходов. К основным, наиболее вероятным путям миграции можно отнести проникновение ЕРН в грунтовые воды с разгрузкой в руслах ручьев и малых рек из поверхностных (отстойники-шламонакопители) и подземных (ПЗРО, канализационные коллекторы) источников, проникновение в поверхностные водоисточники со сточными водами ИРЗК и из накопителя промстоков испарительного типа.

Для контроля поступления ЕРН в грунтовые воды предполагалось провести отбор проб из трех наблюдательных скважин режимной сети на участке ПЗРО и из скважин и колодцев питьевого водоснабжения в населенных пунктах Первомайского сельского округа. Также предполагался отбор проб воды из родников в местах разгрузки грунтовых вод в зоне потенциального влияния объектов ИХМЗ в пределах водосборного бассейна р. Барашевка. С целью сравнения, предусмотрен отбор проб воды из пунктов фоновых наблюдений – родников за пределами бассейна р. Барашевка, по другую сторону водораздела рек Барашевка и Орловка (рисунок 1).

Учитывая близость накопителей промстоков к руслу притока р. Барашевка Толмачев ключ, предусмотрен отбор проб воды из поверхностных источников — этого ручья и из нескольких створов на р. Барашевка, а также из реки Иртыш вблизи с.Барашки.

Отбор сточных вод ИРЗК предполагали провести в точке сброса в отстойники-шламонакопители.

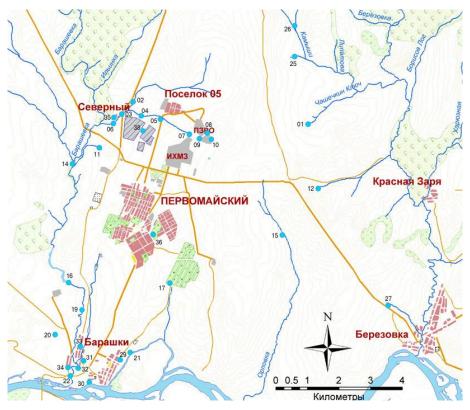


Рисунок 1. Точки отбора проб грунтовых, поверхностных и сточных вод

### ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с изложенным подходом, на основании анализа картографической информации, были определены пункты отбора проб поверхностных, грунтовых и сточных вод (рисунок 1). Грунтовые воды отобраны из колодцев и скважин питьевого водоснабжения в с. Барашки (6 точек), пос. Первомайский и пос. Северный (по 1 скважине) и из наблюдательных скважин на участке ПЗРО. Поверхностные воды представлены р. Барашевка (4 точки) и ее притоками (5 точек) и протокой р. Иртыш. Проба сточных вод отобрана из канализационного коллектора рядом с накопителем промстоков ИХМЗ. Отобраны пробы воды из родников в местах разгрузки грунтовых вод, включая исток ручья Толмачев ключ (т. № 7) между ПЗРО и бывшим ИХМЗ и родник в овраге (т. № 11), в который ранее проводили сброс очищенных сточных вод из отстойников-шламонакопителей. Шесть точек относятся к пунктам фоновых наблюдений грунтовых вод. Отбор проб воды проведен два раза в год в летний и осенний периоды.

Естественные радионуклиды в радиоактивных отходах ИХМЗ представлены родоначальниками рядов Тh и U и продуктами их распада. Для нахождения удельной активности ЕРН в пробах в ходе предварительных исследований выбран гамма-спектрометрический метод, позволяющий оперативно определять большую часть ЕРН, для которых нормированы значения уровня вмешательства (УВ) при поступлении в организм с водой [5]. Некоторые из ЕРН могут быть определены по находящимся в рав-

новесии с ними короткоживущим гамма-активным нуклидам:  $^{227}$ Ac — по  $^{228}$ Th,  $^{228}$ Ra — по  $^{224}$ Ra.

Гамма-спектрометрический анализ проведен с помощью высокочувствительного широкодиапазонного ППД из сверхчистого германия BE-3830-62 "CANBERRA" с входным окном из углеродистого композита. Градуировка спектрометра осуществлена с использованием водных стандартов МАГАТЭ. Измеренные спектры обрабатывали с помощью разработанного в ИЯФ пакета прикладных программ.

Поскольку значения УВ большинства ЕРН в воде существенно ниже предела обнаружения анализа в геометрии Маринелли, для достижения необходимой чувствительности пробы воды были сконцентрированы в 10 раз из объема 5 л методом упаривания. Однако в образцах с высокой минерализацией наблюдалось выпадение осадка. Поэтому для получения однородных образцов все пробы воды были выпарены до сухого остатка и гомогенизированы перемешиванием, а измерения проведены в геометрии Петри. Во избежание систематической погрешности определения <sup>234</sup>Th, связанной с нарушением радиоактивного равновесия с <sup>238</sup>U, гамма-спектрометрический анализ проведен спустя 1,5-2 месяца после отбора проб воды.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

Обобщенные данные гамма-спектрометрического анализа и общей минерализации проб воды по результатам двух этапов исследований в 2007 г., а так-

# ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ БЫВШЕГО ИХМЗ

же обследования поверхностных вод в 2006 г., приведены в таблице. Для большинства определяемых естественных радионуклидов пробы воды различного происхождения практически не различается в пределах чувствительности анализа, а содержание этих ЕРН на 1-2 порядка ниже соответствующих значений УВ. Исключение - повышенная удельная активность <sup>228</sup>Ra в сточных водах ИРЗК. По интервалу содержаний <sup>226</sup>Ra пробы воды также мало отличаются друг от друга. Повышенная удельная активность <sup>226</sup>Ra, но не превышающая значение УВ, отмечена в пробах грунтовых вод, отобранных в с. Барашки и пос. Северный. Наибольшие различия в составе проб воды различного происхождения характерны для содержания <sup>234</sup>Th. Максимальная удельная активность  $^{234}$ Th - 0,1-0,4 Бк/л - соответствует тем же пробам, что и максимальное содержание <sup>226</sup>Ra. В точках разгрузки грунтовых вод и в поверхностных водах удельная активность <sup>234</sup>Th, как правило, не превышает 0,1 Бк/л. Минимальное содержание  $^{234}$ Th (мене 0,015 Бк/л) обнаружено в скважинах

режимной сети на участке ПЗРО. Удельная активность  $^{234}$ Th, как и  $^{226}$ Ra, в грунтовых и поверхностных водах, по-видимому, подвержена сезонным колебаниям. Сточные воды ИРЗК по содержанию  $^{234}$ Th и  $^{226}$ Ra близки к поверхностным водоисточникам.

Значения удельной активности <sup>234</sup>Th и <sup>226</sup>Ra и общей минерализации использованы для проведения кластерного анализа по всем наблюдениям, за исключением сточных вод. В качестве способа кластеризации использован стандартный метод "одиночной связи" с Евклидовым расстоянием между объектами. Иерархическое дерево приведено на рисунке 2. Как видно, практически все пробы воды, независимо от происхождения, образуют единый кластер в пределах короткого расстояния объединения — не более 15% от максимального. Проба №29 — вода из скважины в с. Барашки — составляет отдельный кластер с расстоянием объединения около 50%. Проба №11 не обнаружила сходства ни с одной из других проб.

Пото	C -/-	Удельная активность, Бк/л									
Дата	С <sub>солей</sub> , г/л	<sup>234</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Pb	<sup>235</sup> U	<sup>227</sup> Ac	<sup>228</sup> Ra	<sup>228</sup> Th	<sup>40</sup> K		
				Грунт	овые вод	Ы					
июль, 2007	0,41 - 3,23	<0,02 - 0,37	<0,04 - 0,30	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,1	< 0,2		
сент., 2007	0,40 - 2,85	<0,02 - 0,26	< 0,06	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,1	< 0,2		
			Точки разгрузки грунтовых вод								
июль, 2007	0,54 - 4,64	<0,02 - 0,21	<0,03 - 0,18	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,1	< 0,2		
сент., 2007	0,54 - 4,96	<0,02 - 0,18	<0,04 - 0,16	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,1	< 0,2		
				Поверхн	остные в	оды					
июль, 2006	0,45 - 1,65	<0,03 - 0,10	0,12 - 0,20	< 0,09	< 0,07	< 0,03	< 0,07	< 0,1	< 0,4		
июль, 2007	0,31 - 1,40	0,03 - 0,13	<0,04 - 0,08	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,1	< 0,2		
сент., 2007	0,34 - 1,92	<0,02 - 0,12	<0,04 - 0,14	< 0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,1	< 0,2		
				Сточ	ные водь	J					
сент., 2007	9,36	< 0,02	$0.10 \pm 0.04$	< 0,02	< 0,01	< 0,01	0,31±0,01	< 0,1	< 0,4		
Значения УВ, Бк/л	-	41,0	0,5	0,2	3,0	1,4	0,2	1,9	22,0		

Таблица. Результаты анализа проб грунтовых, поверхностных и сточных вод

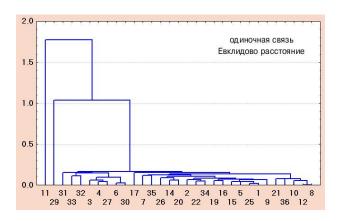
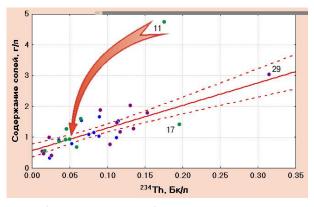


Рисунок 2. Дендрограмма классификации проб воды по трем показателям



грунтовые воды;
 поверхностные воды;
 точки разгрузки грунтовых вод

Рисунок 3. Соотношение удельной активности <sup>234</sup>Th и общей минерализации в пробах воды

# ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ БЫВШЕГО ИХМЗ

Корреляционный анализ показал наличие тесной корреляционной связи (г ≈ 0,85) между удельной активностью <sup>234</sup>Th и общей минерализацией в пробах воды, составляющих единый кластер (рисунок 3). При этом проба №29 (питьевая вода из скважины в с.Барашки), образующая отдельный кластер, попадает на линию регрессии, что, по-видимому, отражает геохимическое равновесие между грунтовыми и поверхностными водами в районе при более высоких значениях параметров. Как и следовало ожидать, точка №11 (родник ниже по потоку грунтовых вод от шламонакопителей, рисунок 4) оказалась далеко за пределами эллипса рассеяния. Значения удельной активности <sup>234</sup>Th и содержания солей в этой точке примерно в 3,5 и в 4,5 раза выше фоновых, определенных в местах разгрузки грунтовых вод в пунктах фоновых наблюдений и составляющих в среднем около 0,05 Бк/л и 1 г/л, соответственно, при незначительном разбросе. Т.е. можно предположить наличие значимого радиационного и химического загрязнения грунтовых вод с последующим их поступлением в русло р.Барашевка, что показала проба №11. В отсутствии загрязнения эта проба должна занимать положение, указанное на рисунке 3 стрелкой.

Таким образом, анализ результатов предварительных исследований позволяют сделать вывод, что купол растекания промстоков под фильтрующими шламонакопителями достиг русла р.Барашевка по направлению движения грунтовых вод. Влияние ПЗРО (точки №7-10) на загрязнение грунтовых вод не обнаружено. В отношении бывшего ИХМЗ, точки предварительного мониторинга не позволяют установить вклад этого объекта в загрязнение грунтовых вод.

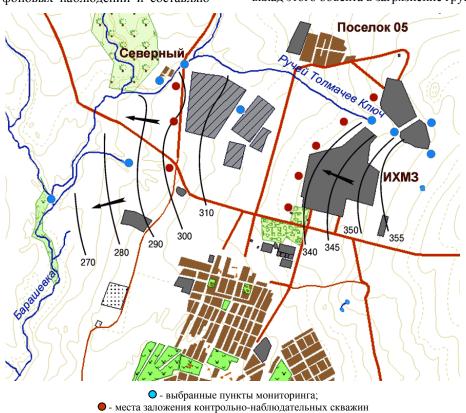


Рисунок 4. Предлагаемые пункты мониторинга грунтовых и сточных вод в зоне влияния объектов ИХМЗ

Поэтому, для уточнения вклада каждого из радиационно-опасных объектов в загрязнение грунтовых вод и последующего мониторинга предложено пробурить ряд дополнительных контрольно-наблюдательных скважин. Наиболее оптимальное расположение скважин – вдоль двух гидроизогипс рядом с контролируемыми объектами, по направлению движения грунтовых вод. Примерные точки размещения контрольно-наблюдательных скважин с учетом характера использования территории (почти вся свободная территория между ИХМЗ и р. Барашевка представляет собой пахотные угодья) показаны на

рис. 4. Там же показаны выбранные пункты мониторинга грунтовых, поверхностных и сточных вод по результатам исследований 2007 г.

Материалы данных исследований использованы для разработки "Отчета-обоснования порядка периодической отчетности о результатах радиационного мониторинга грунтовых и сточных вод в Первомайском сельском округе" и постановки на его основе соответствующей системы радиационного мониторинга.

# ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ БЫВШЕГО ИХМЗ

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований подземного и поверхностного водных бассейнов сделано обоснованное предположение, что купол растекания промстоков под фильтрующими шламонакопителями достиг русла р.Барашевка, где загрязненные грунтовые воды разбавляются фоновыми поверхностными вода-

ми. Влияние ИХМЗ и ПЗРО на загрязнение грунтовых и поверхностных вод в ходе предварительных исследований не выявлено. Для уточнения влияния каждого из радиационно-опасных объектов бывшего ИХМЗ и контроля радионуклидного загрязнения грунтовых вод выбраны места заложения ряда дополнительных наблюдательных скважин.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Радиационное обследование поселка Первомайский Восточно-Казахстанской области, зданий 22 и 22A бывшего Иртышского химико-металлургического завода и территорий, прилегающих к пункту захоронения радиоактивных отходов ИХМЗ / Ш. Т. Тухватулин [и др.] // Вестник НЯЦ РК. 2005. вып. 3. С. 36-42.
- 2. Радиационное обследование шламонакопителей и прилегающей к ним территории бывшего Иртышского химикометаллургического завода / В. Н. Глущенко [и др.] // Вестник НЯЦ РК. 2007. вып. 1. С. 80-84.
- 3. Отчет «Проведение инженерных изысканий по подготовке исходных данных для проекта производства работ по ликвидации пункта захоронения РАО в п. Первомайский ВКО» по договору № 11-2004/3 от 01.04.2004 г. Институт геофизических исследований, Курчатов, 2004.
- 4. Владимирцева В.М., Скуратова Н.Я. Отчет «Изучение режима и баланса режимных наблюдений за состоянием и рациональным использованием подземных вод на территории Восточно-казахстанской области (Восточно-казахстанский регион) в 2003-2006 гг.». № ГР 3 ВК-02-47/МПВ-24/27-ТРФ. инв. № 13205. ТОО «ГРК «Топаз», ВК режимная партия, Усть-Каменогорск, 2006.
- 5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1.758-99.

### БҰРЫНҒЫ ЕХМЗ НЫСАНДАРЫНЫҢ ЫҚПАЛЫ АЙМАҒЫНДАҒЫ ЖЕРАСТЫ ЖӘНЕ АҚАБА СУЛАРЫН РАДИАЦИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗДЕМЕСІ

### Силачев И.Ю.

### ҚР ҰЯО Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

2007 ж. ЯФИ ЕМК орындалған, ШКО Первомай селолық округының жерасты және жер үсті су бассейіндерінің радиациялық зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұрынғы ЕХМЗ нысандарының әлеуетті ықпалы аймағындағы жерасты және ақаба суларын радиациялық бақылау жүйесін негіздеу және жүргізу үшін ұсынымдар әзірленген және енгізілген.

# SUBSTANTIATING THE SYSTEM OF GROUND AND WASTE WATER RADIATION MONITORING IN THE ZONE OF FORMER IRTYSH CHEMICAL AND METALLURGICAL PLANT OBJECTS EFFECT

### I.Yu. Silachyov

### Institute of Nuclear Physics NNC RK, Almaty, Kazakhstan

The results of radiation investigation of underground and surface water basins in the Pervomaiskiy rural district, the East-Kazakhstan Oblast, conducted in 2007 by the Institute of Nuclear Physics, National Nuclear Center RK, are presented. Proposals are put forward to substantiate and implement the system of ground and waste water radiation monitoring in the zone of former Irtysh Chemical and Metallurgical Plant objects potential effect.

УДК 541.64: 541.14/.15

### МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ В ПТФЭ ПРИ γ –ОБЛУЧЕНИИ

#### Тлебаев К.Б.

### Казахский Национальный университет им.Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Рассмотрен механизм образования свободных радикалов в  $\Pi T \Phi Э$  при  $\gamma$  –облучении. Установлено, что образование радикалов в  $\Pi T \Phi Э$  происходит в три этапа.

Трудно назвать какую-либо область физики и химии высокомолекулярных соединений, в которой процессы, происходящие с участием макрорадикалов, не играли бы большую или меньшую роль. Все это делает макрорадикалы одним из важнейших объектов физико-химического исследования.

С образованием и последующими реакциями макрорадикалов связана стойкость полимерных материалов и различных изделий из них к механическим нагрузкам, агрессивным средам, действию ионизирующих излучений и т.д.[1].

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) широко используется в промышленности, приборостроении, а также в космических исследованиях. Это приводит к необходимости изучения поведения ПТФЭ под действием  $\gamma$  – излучения. Экспериментально ПТФЭ исследовался неоднократно, большой обзор приведен в [2]. Однако, для понимания поведения ПТФЭ под действием  $\gamma$ - облучения следует выяснить механизм образования радикалов.

Для этого использовался модельный подход, т.е. молекула полимера моделировалась достаточно длинным фрагментом, в качестве которого мы выбрали молекулу  $C_{10}$  F22, точнее три ее стабильных конформера с торсионными углами в  $\approx 60^{\circ}$ ,  $\approx 162^{\circ}$ ,  $\approx 180^{\circ}$ . Все расчеты проводились полуэмпирическим квантово-химическим методом PM3 [3].

Основным первичным процессом при взаимодействии  $\gamma$  –излучения с энергией до 0.5 МэВ с веществом является комптоновское рассеяние, ионизация и электронное возбуждение молекул. При этом выбиваются электроны, которые, в свою очередь, могут вызывать каскадную ионизацию.

При комптоновском рассеянии у-квантов в ПТФЭ идут следующие первичные процессы

$$\gamma + M \to M_T^* K^{\bullet +} + e^- \tag{1}$$

$$e^- + M \rightarrow A^{\bullet -},$$
 (2)

где М – нейтральная молекула ПТФЭ,  $M^*_T$  – молекула в возбужденном триплетном состоянии (возбужденное синглетное состояние можно не рассматривать из-за малого времени жизни),  $K^{\bullet^+}$  - катион-радикал,  $A^{\bullet^-}$  - аниоон-радикал. Образовавшиеся частицы способны к дальнейшим превращениям. В триплетном состоянии одна из связей С-С в середине цепи удлиняется от 1.6 Å до 3.5 Å. Но эффект клетки будет препятствовать дальнейшему распаду цепи

и, наиболее вероятный результат – рекомбинация. Кроме того, часть энергии γ-квантов переходит в тепло, в виде колебательного возбуждения.

Рассмотрим вторичный процесс – отщепление аниона фтора от анион-радикала

$$A^{\bullet^{-}} \to R^{\bullet} + F^{-}, \tag{3}$$

где  $R^{\bullet}$  — нейтральный радикал или в развернутом виде (под схемой реакции приведены полные энергии в эВ для идеализированных конформеров модельной молекулы C10F22, в скобках — тепловой эффект реакции в эВ, рассчитанные методом PM3):

$$\dots - CF_2 - CF_2 - CF_2 - \dots \xrightarrow{} \rightarrow \dots - CF_2 - C^{\bullet}F - CF_2 \dots + F \xrightarrow{} (A)$$
(A)
(R)

Тепловой эффект реакции (4) вычисляется как

$$\Delta E = E_{tot} R^{\bullet} + E_{tot} F^{-} - E_{tot} A , \qquad (5)$$

где  $\Delta E$  — тепловой эффект, Etot (  $\mathbf{R}'$ ) — полная энергия образования радикала, Etot ( $\mathbf{F}$ ) — полная энергия анион-фтора,  $\mathbf{E}(\mathbf{A})$  — полная энергия исходной молекулы.

Таблица. 1. Расчетные значения тепловых эффектов реакций отрыва анион-фтора от анион-радикала перфтордекана с образованием свободного радикала.

Конформер	Etot (A), эВ	ΔЕ , эВ	Etot (R*), эВ			
60°	-10879.72148	(5.07739)	-10434.95345			
160°	-10879.50603	(4.45705)	-10435.35834			
180°	-10879.36962	(4.72553)	-10434.95345			

Etot (F) = -439.69064 9B

Анион фтора — небольшая сферическая частица, диаметром  $\approx$ 2.8Å, такого же размера, как и ОН. Он достаточно подвижен и может покинуть место своего предыдущего «проживания». Далее, под действием кулоновских сил, он может мигрировать к катион-радикалу и провзаимодействовать с ним, образуя новый радикал с концевым радикальным центром и нейтральную молекулу ПТФЭ, но меньшего размера.

$$F^- + K^{\bullet +} \to R^{\bullet} + M. \tag{6}$$

Или, в развернутом виде (под схемой реакции также приведены полные энергии в эВ для идеализированных конформеров модельной молекулы C10F22, в скобках – тепловой эффект реакции в эВ),

$$F^{-} + ... - CF_{2} - CF_{2} ... CF_{2} - CF_{2} ...^{+} \rightarrow$$

$$(A)$$

$$\rightarrow ... - CF_{2} - C^{\bullet}F_{2} + CF_{2} - CF_{2} -$$

$$(R^{\bullet}) \qquad (A')$$

$$(7)$$

$$\Delta E = E_{tot} R^{\bullet} + E_{tot} A^{'} - E_{tot} A - E F^{-},$$
 (8)

где  $\Delta E$  — тепловой эффект, Etot (  $R^{\bullet}$ ) — полная энергия образования радикала, Etot ( $F^{\bullet}$ ) — полная энергия анион-фтора, E(A) — полная энергия исходной молекулы,  $E(A^{\circ})$  — нейтральная молекула.

Таблица 2. Тепловые эффекты реакций присоединения аниона <sup>-</sup> F к катион-радикалу перфтордекана с образованием свободного радикала.

Конформер	Etot, эВ	Etot, эВ	ΔЕ, эВ
(60°)	-10864.39113	(-13.44830)	-11317.53007
(160°)	-10864.60876	(-12.90543)	-11317.20483
(180°)	-10864.61170	(-12.90024)	-11317.20258

Процесс (6) очень экзотермичен (~300 ккал/моль). Процессы (3) и (6) разделены по времени. «Поиск» анионом фтора катион-радикала в ПТФЭ является процессом диффузии и зависит от температуры. Более того, после окончания γ-облучения этот процесс может продолжаться, т.е. количество радикалов будет расти и после облучения. Чем дальше разделены первичные катион- и анион-радикалы, тем дольше будет происходить процесс прироста количества радикалов.

Образовавшийся радикал с радикальным центром на конце молекулы может под действием колебательного (теплового) возбуждения претерпевать дальнейшие превращения. Атом фтора из 2 -положения может мигрировать в 1-положение и, соответственно, ПМЦ мигрирует навстречу 1→2.

$$...CF_2 - CF_2 - CF_2^{\bullet} \rightarrow ... - CF_2 - CF^{\bullet} - CF_3 \qquad (9)$$

 $(\delta \Delta H_f \sim 6 \text{ ккал/моль}, \text{ Ea} \sim 55 - 60 \text{ ккал/моль}).$ 

Возможна миграция ПМЦ  $2 \rightarrow 3$  и т.д.

...
$$CF_2 - CF_2 - CF^{\bullet} - CF_3 \rightarrow ... CF_2 - CF^{\bullet} - CF_2 - CF_3$$
 (10)

 $(\delta \Delta H_{\rm f} \sim 0 \text{ ккал/моль}, \text{ Ea} \sim 90 (\text{ккал/моль}).$ 

Здесь  $\delta\Delta H_{\rm f}$  — разность энтальпий образования, равная разности полных энергий, между 1 и 2 или 2 и 3 радикалом.  $E_{\rm a}$  — оценка энергии активации перехода. Эти характеристики были рассчитаны методом «седловой точки» в приближении PM3.

Таким образом, образование радикалов в ПТФЭ после  $\gamma$ -облучения происходит в три этапа:

- Образуются катион-радикал и анион-радикал в ПТФЭ.
- 2. От анион-радикала отщепляется анион фтора.
- Анион фтора под действием кулоновских сил диффундирует к катион-радикалу и присоединяется к нему с образованием нейтральной молекулы и α-радикала.
- 4.  $\alpha$ -радикал может преобразоваться в  $\beta$ -,  $\gamma$  и т.д. радикалы.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Милинчук, В. К., Клиншпонт, Э.Р., Пшежецкий, С.Я. Макрорадикалы /В.К. Милинчук, Э.Р. Клиншпонт, С.Я. Пшежецкий. М.: Химия, 1980. 263с.
- 2. Фторполимеры / под. ред. И.Л. Кнунянца, В.А. Пономаренко. М.: Мир, 1975. 448 с.
- 3. Тлебаев, К. Б. Квантово-механическое исследование взаимодействия γ-излучения с политетрафторэтиленом / К.Б.Тлебаев, В.З. Габдракипов, С.П.Пивоваров // Изв. НАН РК. Сер. физ.-мат. − 2007. № 2. − С. 50-54.

### ПТФЭ-ДА Г – СӘУЛЕЛЕНУДЕГІ ЕРКІН РАДИКАЛДАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУ МЕХАНИЗІМІ

### Тілебаев Қ.Б.

### Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы

γ- сәулеленудегі ПТФЭ-дағы еркін радикалдардың пайда болу механизімі қарастырылды. ПТФЭ-дағы пайда болатын радикалдар үш кезенде өтеді деп бекітілген.

### A MECHANISM FREE RADICALS FORMATION IN Γ- IRRADIATED PTFE

### K.B. Tlebaev

### Al-Farabi Kazakhstan National University, Almaty

A mechanism free radicals formation in PTFE irradiated by  $\gamma$  – radiation is considered. It is determined that the free radicals formation in PTFE result in three stages.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 541. 64: 541. 14/.15

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ В ПТФЭ ПРИ $\gamma$ - ОБЛУЧЕНИИ

#### Тлебаев К.Б.

### Казахский Национальный университет им.Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Методом ЭПР исследован тефлон,  $\gamma$  - облученный при температурах  $0^{\circ}$  и  $58^{\circ}$  - $64^{\circ}$  С. Было обнаружено, что кривая накопления свободных радикалов проходит через максимум. Это кривая накопления хорошо описывается ранее созданной моделью.

Политетрафторэтилен – удобный объект для изучения его строения методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Особенность этого метода состоит в том, что он позволяет исследовать основные микроскопические характеристики полимера: электронное строение и химическую связь, топологическое строение, динамику атомов и молекул. Наиболее важные области применения ЭПР к изучению полимеров – это изучение радикалов, образованных в полимере в результате тех или иных воздействий, в частности при поглощении энергии ионизирующего излучения.

Изучение радикалов является одним из важнейших объектов физико-химического исследования. С образованием и последующими реакциями макрорадикалов связана стойкость полимерных материалов и различных изделий из них к механическим нагрузкам, агрессивным средам, действию ионизирующих излучений и т.д. В настоящее время для многих полимеров структура радикалов установлена достаточно достоверно, но для ряда полимеров, даже относительно простого химического строения, идентификация структуры радикалов по спектрам ЭПР не однозначна. Следует также учесть, что для получения сведений о структуре первичных радикалов радиолиз полимеров проводят при низких температурах (обычно при температуре жидкого азота.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Облучение мишеней проводили разными дозами вплоть до дозы 30,30 кГр на у-установке Со60 реактора. Мишени представляли собой 2 цилиндра диаметром 2,5 мм, длиной 5 мм и массой ~ 62мг. Изотопы в виде цилиндров располагались по азимуту вокруг мишени с целью получения однородного поля излучения. Для облучения образцов при  $0^{\circ}$ C, они помещались в маленький полиэтиленовый пакет. В пакет набирали воду со льдом и затем его помещали в термос и опускали в гамму установку. Образцы облучали от 12 минут до 1602 минут при температуре  $0^{\circ}$ . При температуре  $58^{\circ} - 64^{\circ}$ С образцы облучались от 12 минут до 1466 минут. Отжиг проходил при комнатной температуре (~19оС), начиная с 1-ой записи спектров ЭПР. Подъем и опускание образц осуществлялось с помощью электропривода.

### УСЛОВИЯ РЕГИСТРАЦИИ

ЭПР регистрировали на спектрометре ESP 300E фирмы «Брюкер» (Германия) в X- диапазоне медленным прохождением. Использовали цилиндрический резонатор типа 9601 zr 330 с добротностью ~7000 при резонансной частоте 9,85 ГГц, СВЧ мощность 2 мВт, центральное поле 0,3503 Тл, развертку поля 0,0095Тл, время развертки 21с, частоту модуляции поля 100 кГц, амплитуду модуляции 0,0004Тл, постоянную времени синхронного детектора 40 мс, коэффициент усиления на частоте модуляции 10<sup>5</sup>, время аналого-цифрового преобразования 20,48 мс, разрешение по полю 1024 точки и 10 накоплений. Обычно указанные выше условия облучения и регистрации спектров ЭПР было достаточно для измерения интенсивностей спектров (амплитуд первой производной) в одних и тех же условных единицах и расстояний по полю от «пика до пика» производной, характеризующих ширину наблюдаемых линий радиационного происхождения.

На спектрах ЭПР тефлона записывали дополнительно две линии (3-ю и 4-ю) секстета Mn<sup>++</sup> в MgO, ампула с порошком которого, в качестве репера поля и интенсивности, фиксирована в резонаторе. От необлученных образцов тефлона при указанных условиях регистрации сигнал ЭПР не наблюдался.

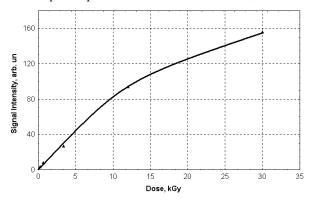


Рисунок 1. Кинетика накопления свободных радикалов в  $\Pi T\Phi \Im$  при  $0^{o}$  C

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ В ПТФЭ ПРИ у - ОБЛУЧЕНИИ

Таблица. 1. Данные по кинетике радиационной деструкции и отжига  $\gamma$ -облученного ПТФЭ при температуре  $0^{\circ}$  С.

Время облуч. (мин)	Имя образца	Масса, *Приведенная амплитуда сигнала ЭПР		Средняя привед. амплитуда сигнала ЭПР, деленная на 10000	Ширина от «пика до пика», Г	Доза, кГр	Примечания
12	Α	108,5	38260	3,6100±8,6%	20,91 0,22700		1A
12	В	112,1	33890		20,91	"	1B
36	Α	113,1	79190	7,9500±0,6%	20,91	0,68100	2A
36	В	110,0	79860		21,59	"	2B
180	Α	117,1	260090	27,1000±5,7%	20,91	3,40500	3A
180	В	111,5	282000		20,91	"	3B
353	Α	109,6	379360 388630*	38,9720±2,8%	22,26 20,91	6,67800	4A
353	В	112,3	405110 385800*		21,59 20,24		4B 26.09.07
353	В	112,3	382595	38,26(0.998)	,	6,6780	4B 9.10.07
635	а	109.6	944480 937886	94.118±0.5%	20.913 20.913	12,012	4A'(+300')
1075	Α	109,4	582640 557570*	57,7990±8,2%	22,26 21,59	20,336	5A 26.09.07
1075	В	116,1	529880 641850*		22,26 22,26		5B
1225	а	109,4	1099095 1098900	109.9±0.01%	20,913 20,913	23,173	5A'(+150') 9.10.07
1392	а	113,4	1056937 1062321	105,9630±0,4%	20,913 20,913	26,332	6
1422	Α	115,2	925900 1038070*	99,1990±0,2%	21,59 21,59	26,9	7A
1422	В	112,6	953800 1050200*		21,59 20,913		7B 26.09.07
1452	а	112,3	755065 763940	75,9500±0,8%	22,26 22,26	27,467	8 +26.09.07
1542	а	113,4	1417116 1413903	141,55±0.16%	20,913 20,913	29,17	6'(+150') 9.10.07
1585	А	115.2	1563480 1563030	156.326±0.02%	20.238 20.238	29,98	7A'(+15) 9.10.07
1602	а	112.3	1361480 1359955	136.072±0.08%	21.588 21.588	30,30	8'(+150') 9.10.07

Таблица 2. Данные по кинетике радиационной деструкции и отжига  $\gamma$ -облученного ПТФЭ при температурах 58 -64 $^{\circ}$  С

Время	Имя	Macca,	*Приведенная	Средняя привед.	Ширина от	Доза,кГр**	Примечания
облуч.	об-	МГ	амплитуда сигнала	амплитуда сигнала	«пика до пи-		
(мин)	разца		ЭПР	ЭПР	ка», Г		
12	Α	110,9	54140	53200±2,5%	19, 56	0,227	
12	В	113, 0	52250		19,56	''	
36	Α	107,4	107080	114700±9,4%	19,56	0,681	
36	В	112,3	122340	7	19,56	''	
180	Α	112,8	423930	425200±0,4%	18,89	3,405	
180	В	110,9	426460	7	18,89	"	
295	64°C	113,4	288952		19,564	5,58	35' "отжиг"
295	64°C	-"—"-	295408		-""-	-"—"-	47'
295	64°C	-"—"-	300550		-"—"-	-"—"-	55'
295	64°C	-"—"-	330610		-"—"-	-"—"-	535'
1171	56°C	116	110440		22.262	22.152	44'"отжиг"
1171	56°C	-"—"-	115644		21.588	-"—"-	51'"отжиг"
1171	56°C	-"—"-	156115		21.588	-"—"-	134'"отжиг"
1466	58°C	114,1	97470		20.238	27,732	151'"отжиг"
1466	58°C	_""_	100710		19,546	_""_	165'"отжиг"
1466	58°C	-"—"-	110490		19.546	-""-	297'"отжиг"
1466	58°C	-"—"-	114160		19,546	-"—"-	1381'"отжиг"

<sup>\*</sup>Сигнал после вычитания исходного приведен к массе 120 мг, т.е. умножен на отношение 120/ масса (мг), и к одинаковому коэффициенту усиления, чтобы быть сопоставимым с остальными данными. \*\*Доза рассчитана из оценки от 3.04.07 по сигналам ЭПР от аланина, облученного известное время на  $\gamma$ - установке ЛЯМР ИЯФ и на  $\gamma$ -

установке «Р»: 31,5 рад/с (1890 рад/мин).

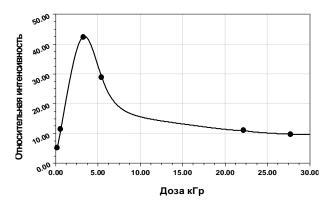


Рисунок 2. Зависимость интенсивности сигнала ЭПР в тефлоне от дозы у-облучения Co-60 при 58-64 °C.

На рисунках 1 и 2 приведены экспериментальные кривые кинетики накопления свободных радикалов в ПТФЭ при температурах 0° и 58-64° С. Как видно из рисунков зависимость концентрации радикалов от поглощенной дозы излучения отличаются от известной типичной кривой. Для типичной кривой характерно на начальном участке концентрация макрорадикалов пропорциональна величине поглощенной энергии. С увеличением дозы рост концентрации радикалов замедляется, и выше некоторой дозы количество радикалов практически не увеличивается. В нашем случае при 0° С концентрация радикалов растет пропорциональна величине поглощенной дозы и не выходит на насыщение. А при температуре 58-64° С концентрация радикалов растет пропорциональна дозе облучения, достигает максимума и затем экспоненциально падает.

Ранние исследования накопления свободных радикалов в полимерах приводили к кривым накопления с насыщением, которые могли быть описаны кинетическим уравнением

$$\frac{dR}{dt} = k_0 - k_1 R^n, \tag{1}$$

где n = 1,2 [1].

В работе [2] было обнаружено, что в полиметилметакрилате (ПММА) экспериментальные кривые накопления радикалов проходят через максимумы и не могут быть описаны уравнением (1). Для описания экспериментальных кривых была предложена следующая модель. Общую схему радиолиза можно представить

$$\gamma$$
 + ... AAAAAA... $\rightarrow$ ... AAY + R\*AAA...,

или

$$\gamma$$
 + ... .AAAAAA... . $\rightarrow$ ... .AAY + Y'AA R\*A...,  $\gamma$ +....AAY  $\rightarrow$ ....AAZ\*, (2)

где ...АААААА... - цепь ПММА, ...ААУ - разорванная цепь ПММА, но с диамагнитным концом, R\*ААА... и Y'AA R\*A... - разорванные цепи ППМА с радикалом на конце или на некотором расстоянии от конца, Y и Y' - концевые диамагнитные звенья полимера, которые претерпели изменения в процессе

облучения и после разрыва.  $Z^*$  - аллильный радикал. Таким образом, в кластере появляются не только радикалы, но и модифицированные «хвосты» полимера. Если предположить, что радикалы могут возникать только в поврежденных участках Y и Y', то можно объяснить особенности накопления аллильных радикалов. Будем называть Y - центрами те участки полимера, которые при дальнейшем радиолизе приводят к появлению аллильных радикалов. Образования кластеров в полимере и радикалов в кластерах описываются уравнениями

$$\frac{dC}{dt} = c_0 - c_1 C \tag{3}$$

$$\frac{dN^c}{dt} = -c_2 N^c \tag{4}$$

начальными условиями: при t=0, C=0, Nc=n0 Здесь C - концентрация кластеров, Nc -концентрация радикалов в кластере, c0 - константа скорости образования кластеров, пропорциональная мощности  $\gamma$  - облучения, c1 - константа скорости гибели кластеров, c2 - константа скорости гибели радикалов в кластере. Предполагается, что при появлении каждого кластера в нем рождается в среднем n0 - радикалов. Уравнения (3) и (4) решаются независимо

$$C = \frac{c_0}{c_1} \ 1 - e^{-c_1 t} \ , \tag{5}$$

$$N^{c} = n_{0}e^{-c_{2}t}. (6)$$

Полное число алкильных радикалов во всех кластерах будет

$$N_{tot}^{c}(t) = \frac{c_0}{c_1} (1 - e^{-c_1 t}) N^{c} e^{-c_2 t}$$
 (7)

Помимо кластеров радикалы могут образовываться по одиночке в объеме. Скорость их образования описывается уравнением

$$dN^{\nu}/dt = a_0 - a_1 N^{\nu} \tag{8}$$

с решением

$$N^{\nu} = \frac{a_0}{a_1} (1 - e^{-a_1 t}) , \qquad (9)$$

где  $N^{\nu}$  - концентрация радикалов в объеме, a0 и a1 - константы скорости образования и гибели радикалов в объеме. Полное число алкильных радикалов в кластерах и объеме можно записать как

$$Ntot = C Nc + N^{v}$$
 (10)

$$N_{tot} = \frac{c_0}{c_1} (1 - e^{-c_1 t}) N^c e^{-c_2 t} + \frac{a_0}{a_1} (1 - e^{-a_1 t}), \tag{11}$$

Таким образом, предложенная ранее модель пригодна для описания кривых накопления свободных радикалов от дозы для любых полимеров, в которых ионизация происходит в кластерах.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Пшежецкий С.Я. ЭПР свободных радикалов в радиационной химии / С.Я. Пшежецкий. М.: Химия, 1972. 344 с.
- 2. Pivovarov, S.P. Some peculiarities and complications in high dose ESR-dosimetry / S.P Pivovarov, A.B. Rukhin, L.A. Vasilevskaya, T.A. Seredavina, R. Zhakparov, A. Bakhtigereeva // J. IAEA. SM. 356/24. P. 221 226.

# ПТФЭ-ДА Г-СӘУЛЕЛЕНУДЕГІ ЕРКІН РАДИКАЛДАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНА ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ӘСЕРІ

### Тілебаев Қ.Б.

## Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы

 $\gamma$  — сәулененуде  $0^{\circ}$  және  $58\text{-}64^{\circ}$  С температурада ЭПР әдісімен Тефлон зерттелген. Мұнда, еркін радикалдардың жинақталу қисығы максимум арқылы өтетінін байқаймыз. Бұл жинақталу қисығы алғашқыда пайда болған модель арқылы жақсы түрленеді.

# EFFECT OF THE TEMPERATURE ON FREE RADICALS FORMATION IN $\Gamma$ – IRRADIATED PTFE

#### K.B. Tlebaev

### Al-Farabi Kazakhstan National University, Almaty

Teflon  $\gamma$  –irradiated at the temperatures  $0^{\circ}$  and  $58\text{-}64^{\circ}$  C was investigated by ESR method. It was founded that the free radicals accumulation curve comes through the maximum. This accumulation curve is well described early developed model.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК [621.039.9+550.348]: 007(511)

## СЕВЕРОКОРЕЙСКОЕ ЯДЕРНОЕ ИСПЫТАНИЕ 9 ОКТЯБРЯ 2006 г. ПО ДАННЫМ КАЗАХСТАНСКОЙ И ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

#### Михайлова Н.Н., Соколова И.Н.

### Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

По данным сейсмических станций НЯЦ РК определены кинематические и динамические характеристики сигналов от Северокорейского ядерного взрыва 9 октября 2006 г. Проанализированы решения международных сейсмологических агентств. Оценен вклад казахстанских станций в обнаружение и локализацию взрыва Международной системой мониторинга. Показана возможность идентификации сейсмического события 9 октября 2006 г. как ядерного взрыва по записям сейсмических станций на региональных расстояниях.

9 октября 2006г. в КНДР на полигоне Пунгери произведено подземное ядерное испытание. Это первый ядерный взрыв после серии ядерных взрывов на полигонах Индии и Пакистана в мае 1998 г. За последнее десятилетие как национальная сеть мониторинга Казахстана, так и глобальные сети наблюдений значительно усовершенствовались: вошли в строй новые сейсмические станции, созданы новые технологии обнаружения и оценки сейсмических сигналов. Для контроля за выполнением Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний специально создана Международная система мониторинга и Международный центр данных. Статья посвящена анализу результатов регистрации и обработки записей северокорейского взрыва сейсмическими сетями Казахстана и Мира, проверке критериев распознавания событий, ранее выработанных для других полигонов.

# 1 Обнаружение и обработка сейсмических сигналов

О готовности провести подземное ядерное испытание мощностью 4 килотонны КНДР информировала правительство Китая за 20 минут до взрыва [1]. В

01 час 35 минут по UTC станции глобальных сетей мониторинга зарегистрировали сигналы приблизительно из района расположения полигона Пунгери. Здесь, вблизи горы Мантан-Сан (2200м) по космическим наблюдениям отмечалась строительная активность, здесь расположены различные тоннели [2]. На рисунке 1, где приведены космоснимки полигона и его окрестностей, четко видны следы антропогенной деятельности. Снимки получены Тайваньским спутником Formosat-2 12 октября 2006 г., в задачи которого входят исследования по дистанционному зондированию [3]. Горные породы в пределах полигона относятся к гранитным интрузиям мелового периода и докембрийским гранитогнейсам и сланцам [4].

Сразу же после получения информации о проведенном взрыве в Центре данных ИГИ НЯЦ РК были проанализированы данные сейсмических станций сети НЯЦ РК, поступившие в режиме реального времени. Все станции Казахстана находятся на телесейсмических расстояниях от эпицентра взрыва в диапазоне 3725 - 5280 км. На рисунке 2 показано расположение станций НЯЦ РК относительно взрыва.





Рисунок 1. Общий вид местности и полигона по космическим снимкам [3]

### СЕВЕРОКОРЕЙСКОЕ ЯДЕРНОЕ ИСПЫТАНИЕ 9 ОКТЯБРЯ 2006 г. ПО ДАННЫМ КАЗАХСТАНСКОЙ И ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

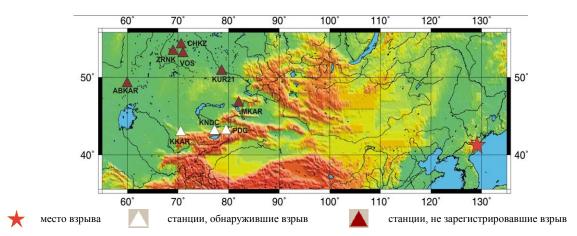


Рисунок 2. Расположение сейсмических станций НЯЦ РК относительно места проведения Северокорейского ядерного взрыва

После предварительной фильтрации цифровых записей узкополосным фильтром на четырех станциях был обнаружен четкий сигнал, соответствующий вступлениям Р-волны. Наиболее четко сигнал отмечен на записях станции Акбулак и трех подгрупп большебазовой системы Боровое: Восточное, Чкалово, Зеренда. На рисунке 3 показаны записи вертикальной компоненты 3-х компонентных широкополосных приборов после фильт-

рации сигнала цифровым фильтром с центральной частотой 1.25 Гц и шириной 2/3 октавы на уровне -3dB от максимума.

Четко можно выделить только вступления продольной волны P. Другие сейсмические фазы отсутствуют.

В таблице 1 приведены кинематические характеристики сигналов и магнитуда сейсмического события по этим станциям.

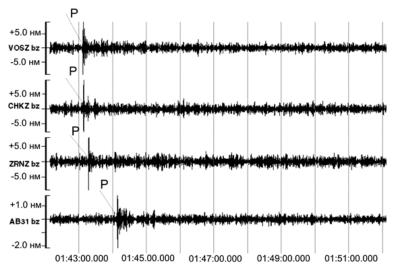


Рисунок 3. Записи северокорейского взрыва 9 октября 2006 г. станциями НЯЦ РК (сверху вниз) Восточное (VOS), Чкалово (CHKZ), Зеренда (ZRNK), Акбулак (ABKAR). Z-компонента. 1.25 Гц.

Таблица 1. Кинематические и динамические характеристики сейсмических колебаний по данным сейсмических станций НЯЦ РК

Станция	Расстояние, км	Азимут	t <sub>P</sub>	m <sub>b</sub>
ABKAR	5281	72.02	01:44:07.2	3.82
CHKZ	4455	83.40	01:43:05.5	3.87
VOS	4444	82.54	01:43.05.4	3.95
ZRNK	4572	81.42	01:43.05.4	3.90

### СЕВЕРОКОРЕЙСКОЕ ЯДЕРНОЕ ИСПЫТАНИЕ 9 ОКТЯБРЯ 2006 г. ПО ДАННЫМ КАЗАХСТАНСКОЙ И ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Данные казахстанских станций в режиме реального времени поступают в ряд международных Центров данных, где используются для оценки параметров источников в комплексе с другими сейсмическими станциями мира. В частности, данные большебазовой группы Боровое передаются в IRIS/GSN и используются при составлении бюллетеня NEIC

(США). Самым оперативным решением по определению эпицентра северокорейского взрыва было именно решение NEIC. Первое решение получено по данным 20 станций, среди которых были три казахстанских станции группы Боровое. Результаты этого решения приведены в таблице 2, где красным цветом выделены данные казахстанских станций.

Таблица 2. Результаты обработки данных в NEIC (первое решение)

### 9 OCT 2006 (282)

to	=	01:35:27.80+/-0.39	NORTH KOREA
lat	=	41.294 +/- 5.4	
lon	=	129.134 +/- 8.0	MAGNITUDE 4.2 (GS)
dep	=	0.0 (geophysicist)	
mb	=	4.2 (7)	
70 km		(40 miles)	N of Kimchaek, North Korea (pop 179,000)
90 km		(55 miles)	SW of Chongjin, North Korea (pop 582,000)
180 km		(115 miles)	S of Yanji, Jilin, China
385 km		(240 miles)	NE of PYONGYANG, North Korea

Станция	Фаза	Время вступления	Ошибка	Расстояние	Азимут	Магнитуда
MDJ	ePn	01:36:21.65	0.5	3.3	6	4.2
	ePg	01:36:29.13				
	eS	01:37:12.70				
KS15	Pn	01:36:30.20	0.4	4.0	195	
INCN	ePn	01:36:33.86	-0.1	4.3	208	4,1
MAJO	qP	01:37:32.11	-0.1	8.5	121	3.6
HIA	qP	01:37:57.62	0.2	10.4	324	
YAK	qP	01:40:12.08		20.8		4,7
BILL	qP	01:42:05.12	-2.1	33.4	24	4.8
CHTO	qP	01:42:05.59	-8.8X	34.1	238	4.2
AAK	eP	01:43:04.31	-0.3	40.1	291	3.8
CHKZ	eP	01:43:06.55	0.1	40.3	308	3.8
ZRNK	eP	01:43:15.88	0.7	41.4	307	3.9
BRVK	qP	01:43:19.97	11.2X	40.6	307	
COLA	eP	01:44:29.55	1.2	50.7	33	4.4
FIA1	iPc	01:45:37.82	-0.1	60.3	327	
WRAB	iPc	01:45:42.84	-0.7	61.1	174	
WB2	eP	01:45:43.24	-0.4	61.1	174	
AKAS	iPc	01:46:07.07	-1.2	64.9	316	
AS31	iPc	01:46:08.57	0.6	64.8	175	
MNV	iPc	01:47:38.46	0.9	79.7	47	
BW06	Р	01:47:44.52	0.1	81.0	40	

В Международном центре данных (IDC) в Вене, созданном для обработки данных станций Международной системы мониторинга Организации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, производятся несколько сейсмических бюллетеней разной оперативности. По результатам автоматического обнаружения сигналов генерируется бюллетень SEL1. В числе 12 станций мира, по данным которых с помощью специальных методов обработки удалось выделить сигналы от северокорей-

ского взрыва, была и казахстанская станция Международной системы мониторинга Маканчи (МКАR-PS23). Отметим, что визуально сигналы взрыва на записях этой станции не были выделены в Центре данных в Алматы. Только с помощью специальных методов математической обработки их удалось увидеть на фоне шумов. Результаты, представленные в бюллетене SEL1 (Standard Event Lists, CTBTO-IDC), приведены на рисунке 4 [5].

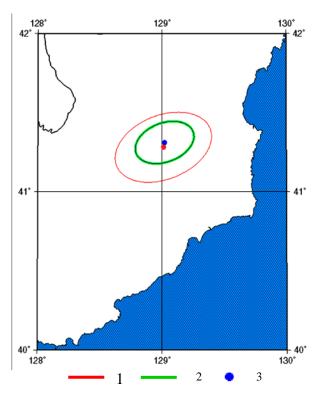
Alpha L	lphaList																		
Sel	orid	evid		lat	lon	depth	sdepth	date and time	:		mb	ms	ml	maja	эх	mina	×	strike	sdobs
П	-2	-2		41.28 N	129.01 E	0.00		2006-10-09	01:35:28.	301	4.0		3.3						2.63
																			12
Sel	phase	sta	delta	arid	orid	da	te and tim	e	tres	td	azi	ares	ad	slow	sres	sd	amp	per	dsnr
	Р	SONM	17.37	3206244	1 -2	20	06-10-09	01:39:37.299	5.20	d	97	-6.5	d	11.2	-1.4	d	0.7	0.5	T
	Р	MKAR	33.64	3210692	9 –2	20	06-10-09	01:42:09.875	-0.56	d	235	153.0	d	48.8	40.1	d	0.3	0.4	
	P	FINES	60.31	3210692	3 -2	20	06-10-09	01:45:37.549	-0.74	d	76	10.2	d	6.3	-1.4	d	1.4	0.4	
	Р	WRA	61.11	3210692	1 -2	20	06-10-09	01:45:42.434	-1.75	d	354	1.4	d	7.5	0.5	d	2.6	0.5	
	P	YKA	64.75	3210692	2 -2	20	06-10-09	01:46:07.394	-0.59	d	316	-0.6	d	6.3	-0.2	d	0.5	0.5	
	Р	ASAR	64.77	3210692	5 -2	200	06-10-09	01:46:09.216	0.63	d	359	-3.1	d	8.3	2.3	d	8.0	0.8	
	Р	AKASG	64.80	3210693	2 -2	200	06-10-09	01:46:08.000	-0.53	d	50	-5.2	d	6.9	0.4	d	2.2	0.6	
	Р	NOA	66.23	3210692	7 -2	200	06-10-09	01:46:16.500	-1.19	d	45	0.1	d	6.3	0.3	d	1.3	0.7	
	Р	GERES	73.71	3210693	1 -2	200	06-10-09	01:47:03.412	-0.55	d	29	-16.4	d	6.1	0.2	d	0.4	0.5	
	Р	STKA	73.71	3210693	0 -2	200	06-10-09	01:47:04.375	0.53	d	353	-2.7	d	7.9	2.0	d	0.9	0.4	
	Р	NVAR	79.72	3210692	8 -2	200	06-10-09	01:47:38.625	0.33	d	308	-3.2	d	5.8	1.1	d	1.8	0.6	
	Р	PDAR	81.07	3210692	4 -2	200	06-10-09	01:47:45.099	-0.41	d	92	102.2	d	4.9	-2.5	d	8.0	0.7	
	PKP	LPAZ	151.03	3210692	6 -2	200	06-10-09	01:55:25.275	7.47	d	33	60.5	d	3.6	2.0	d	0.5	0.6	
	N																		
Hide	Undisplay A	Undisp	lay Re	size Help	Default Ma	ap AEQ 0	QC Xfk 1	ime n Az+Slo	n Unfz	Sav	Loca	te							

Рисунок 4. Фрагмент автоматического бюллетеня SEL1 по северокорейскому взрыву [5]

Через несколько дней, сразу после получения результатов интерактивной обработки записей с участием аналитиков, был готов бюллетень Международного центра данных SEL3, а через 10 дней – бюллетень REB (Reviewed event bulletin, СТВТО—IDC). Положение эпицентра ядерного взрыва по этим данным относительно автоматического определения практически не изменилось, однако эллипс ошибок значительно уменьшился (рисунок 5).

В казахстанскую сеть станций, входящих в Международную сеть мониторинга, кроме упомянутой выше сейсмической группы PS23-Маканчи, входят также сейсмическая группа BVAR – AS057-Боровое, сейсмическая группа AS058-Курчатов и трехкомпонентная станция AS059-Актюбинск. К сожалению, станции AS057-Боровое и AS059-Актюбинск не зарегистрировали корейское событие. Данные станции AS058- Курчатов после закончившейся в августе 2006 г. модернизации во время взрыва еще не передавались в режиме реального времени в Центр данных в г. Алматы. Но после того как данные поступили в Центр, на записях этой группы были обнаружены сигналы, соответствующие ядерному взрыву. На рисунке 6 показаны записи, полученные 21 сейсмоприемником этой группы, и результаты F-K-анализа.

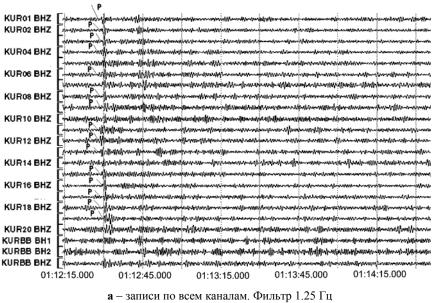
Наблюденный азимут на эпицентр взрыва от станции AS058-Курчатов, измеренный по координатам взрыва и станции, и расчетный азимут по F-k анализу достаточно хорошо согласуются: 85.06° и 85.31°, соответственно.

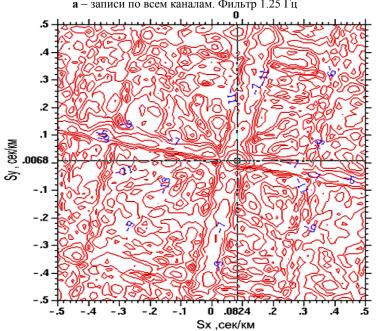


Результаты определений: 1- автоматического (бюллетень SEL1); 2- интерактивного (бюллетень SEL3);

3 – интерактивного (бюллетень REB)

Рисунок 5. Положение эпицентра взрыва и эллипсы ошибок. Международный центр данных в Вене





**6** – результат f-k анализа группы Р-волн. Кажущаяся скорость 12.09 км/с, азимут 85.31град

Рисунок 6. Записи Северокорейского подземного ядерного взрыва 09.10.2006 по данным сейсмической группы AS058-Курчатов

Априори можно было утверждать, что если использовать только казахстанские станции для локализации эпицентра корейского ядерного взрыва, то точность локализации будет ниже, чем у решений по глобальным сетям наблюдений, так как все станции Казахстана находятся в узком диапазоне азимутов, к тому же на далеких расстояниях. В мировых Центрах использованы данные хорошего окружения места события станциями и, в том числе, близких станций. Несмотря на это была предпринята попытка определить местоположение события только по данным казахстанских станций AS058-Курчатов, Зеренда, Восточное, Чкалово,

BRVK-Боровое, Акбулак. Результаты этого определения приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты обработки по казахстанской сети станций

t0	Широта, N	Долгота, Е	mb
01:35:30.7	41.1051	128.5178	3.9

Расхождение полученного решения и истинного положения источника взрыва составляет порядка 50 км. Магнитуда хорошо соответствует реальной.

Совместный анализ всех полученных решений международных центров мониторинга (рисунок 7) показал, что, действительно, за годы прошедшие по-

сле Индийских и Пакистанских ядерных испытаний значительно улучшились процессы обнаружения и локализации событий. Даже первые автоматические решения довольно уверенно определили район и магнитуду события. Наиболее точные результаты получены в каталоге NEIC (National Event Information Center, Геологическая служба США), несколько хуже — в REB. Если принять за точные ко-

ординаты эпицентра взрыва 41.2779 N, 129.0850 E, приведенные в [3], то расхождение по NEIC (USGS-1 на рисунке 7 [3]) составляет 4 км, по REB (на рисунке 7) — 7 км. Казахстанские станции внесли свой вклад в оба решения мировых центров данных. Что касается оценки мощности взрыва, то по всем имеющимся источникам она получилась меньше объявленной КНДР - 4 кТ. Диапазон оценок (0.35 - 1) кТ.

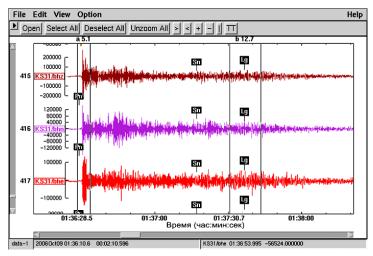


Рисунок 7. Карта расположения полигона и эпицентра Северокорейского ядерного взрыва по данным различных сейсмологических центров из [3]

# 2 О СЕЙСМИЧЕСКОМ РАСПОЗНАВАНИИ ПРИРОДЫ СЕВЕРОКОРЕЙСКОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО СОБЫТИЯ

Как следует из работ сотрудников ИГИ НЯЦ РК [6 -8], при исследованиях по распознаванию природы сейсмических событий поиск параметров и критериев идентификации источников проводился в основном на региональных расстояниях (до 2500 км), поскольку станции сети НЯЦ РК находятся именно на таких расстояниях относительно известных испытательных полигонов Азии. При этом в качестве дискриминантов для полигонов Лобнор (Китай), Чагай (Пакистан), Похаран (Индия) использовались спектральные отношения разных сейсмических фаз (обычно Lg/Pg или аналогичные). В случае с северокорейским взрывом по казахстанским станциям проверить разработанные критерии распознавания не представляется возможным по следующим причинам. Взрыв очень слабый, произведен на большом удалении от станций НЯЦ РК (3725 - 5280 км), никаких других фаз, кроме Р, не зарегистрировано. Поэтому были проанализированы записи других станций мира, расположенных ближе к эпицентру взрыва на региональных расстояниях. С этой целью были привлечены записи станции КНР MDJ ( $\Delta$  =369 км), южнокорейской станции INCH ( $\Delta$ =376 км). Дополнительно рассмотрены результаты из [5], где имеется анализ данных южнокорейской станции KSAR ( $\Delta$ =438 км). На рисунках 8 - 10 представлены сейсмограммы взрыва, зарегистрированные этими станциями.

Наблюденный азимут на эпицентр взрыва от станции AS058-Курчатов, измеренный по координатам взрыва и станции, и расчетный азимут по F-k анализу достаточно хорошо согласуются: 85.06° и 85.31°, соответственно.

На записях станций KSAR и MDJ четко выделяется группа продольных волн, по сравнению с которой группа поперечных волн гораздо менее интенсивна. Именно такой вид записей характерен для взрывов. Это отражается в относительном уровне спектров Фурье для Р и Lg волн, приведенных по станции KSAR в [5] (рисунок 11).

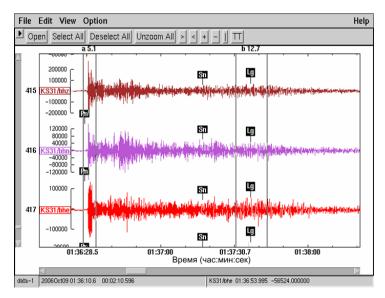


Рисунок 8. Сейсмограммы северокорейского взрыва по станции KSAR (Южная Корея)

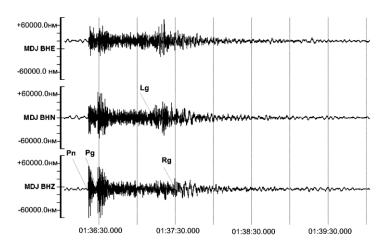


Рисунок 9. Сейсмограммы северокорейского взрыва по станции MDJ (MHP)

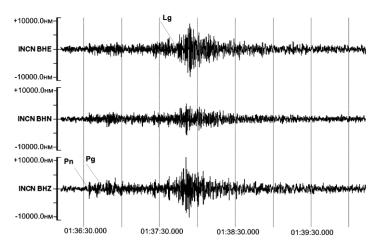


Рисунок 10. Сейсмограмма северокорейского взрыва по станции INCH (Южная Корея)

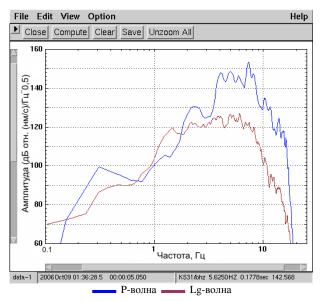


Рисунок 11. Спектры волн северокорейского взрыва (KSAR)

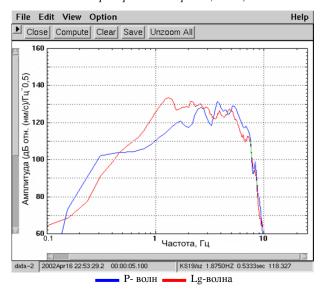


Рисунок 12. Спектры волн землетрясения 16.04.2002 г. в 22.52.39 по UTC (KSAR)

По записям землетрясения с аналогичным расстоянием до эпицентра, полученным станцией KSAR, соотношение спектров Р и Lg волн совершенно иное (рисунок 12). Именно по признаку различного соотношения энергий волн Р и Lg для взрывов и землетрясений на определенных частотах построено сейсмическое распознавание природы источника сейсмического события на региональных расстояниях.

Для исследования возможности распознавания были отобраны по станциям MDJ и INCH записи 18 землетрясений за 1997 – 2006 гг. с магнитудой mb≥ 2.5 из района проведения ядерного испытания 9 октября 2006 г. (рисунок 13). Сведения о землетрясениях взяты из каталогов NEIC и PDE Геологической службы США и каталога ISC (Международного сейсмологического центра).

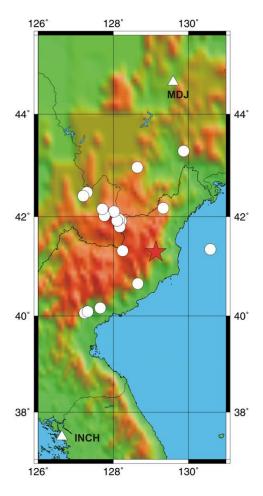


Рисунок 13. Район проведения северокорейского ядерного взрыва. Расположение эпицентров землетрясений (кружки), ядерного взрыва (звездочка), станций (треугольники)

Сейсмические записи предварительно отфильтрованы с использованием фильтров с центральными частотами: 0.6; 1.25; 2.5; 5 Гц и полосой пропускания шириной 2/3 октавы на уровне -3 dB от максимума. В качестве изучаемого параметра распознавания использовался логарифм отношения максимальных амплитуд (для краткости - Lg/Pg). Согласно [6 - 8] хорошее разделение Lg/Pg для двух типов источников — землетрясений и ПЯВ, — наблюдается обычно на частотах 2.5; 5.0 и 10 Гц. Результаты обработки данных станций INCH и MDJ показали, что для станции MDJ этот вывод подтверждается (рисунок 14).

Наблюдается очень четкое разделение значений Lg/Pg для землетрясений и взрыва, при этом разница значений параметра распознавания увеличивается с ростом частоты колебаний. По станции INCH распознавание как по виду записи, так по Lg/Pg, проблематично: на частоте 5  $\Gamma$ ц есть различие в значениях Lg/P g, на частоте 10  $\Gamma$ ц замеры сделать не удалось (рисунок 15).

# СЕВЕРОКОРЕЙСКОЕ ЯДЕРНОЕ ИСПЫТАНИЕ 9 ОКТЯБРЯ 2006 г. ПО ДАННЫМ КАЗАХСТАНСКОЙ И ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

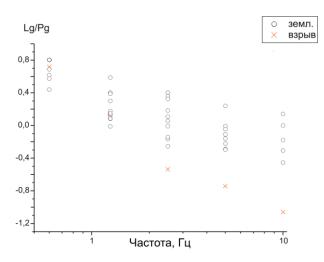


Рисунок 14. Распределение отношений Lg/Pg, для станции MDJ

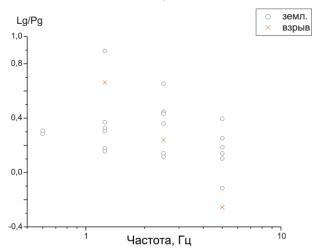


Рисунок 15. Распределение отношений Lg/Pg, для станции INCH

Полученные результаты согласуются со сделанными ранее выводами авторов о том, что из-за различия поглощения вследствие неоднородности строения литосферы эффект распознавания по различным трассам может существенно различаться. Для конкретных полигонов в зависимости от пути «источникстанция» могут быть подобраны такие станции, которые отличаются наибольшей способностью к распознаванию событий различной природы.

#### Выволы

- 1. Несмотря на малую мощность, северокорейское ядерное испытание было успешно зарегистрировано как Международной системой мониторинга, так и казахстанской сейсмической сетью..
- 2. Автоматическое обнаружение сигналов и их автоматическая обработка позволили вполне удовлетворительно определить район взрыва и сейсмическую магнитуду.
- 3. Все определения мировых агентств с участием аналитиков характеризуются точностью в несколько километров. Интерактивные и автоматические решения хорошо согласуются друг с другом.
- 4. Проведение процедуры распознавания по данным казахстанских станций в силу их удаленности и малой мощности источника было невозможно. Использование данных по станциям мировой сети, расположенных на региональных расстояниях от эпицентра, позволило идентифицировать событие как ядерное испытание. В качестве критериев идентификации использовались структура записей, различие спектров для разных типов сейсмических волн у землетрясений и взрыва.
- 5. Отмечен существенный прогресс в развитии национальной и международной систем мониторинга по всем его элементам обнаружение, локализация и идентификация источника взрыва, по сравнению с последними ядерными испытаниями в Индии и Пакистане. Вклад казахстанских станций в обнаружение и обработку сигналов оказался весомым, их данные использованы на всех этапах обработки в различных Центрах данных.

### Литература

- 1. Richard L. Garwin and Frank N. von Hippel. A Technical Analysis of North Korea's Oct. 9 Nuclear Test, Arms Control Today, November 2006. www.armscontrol.org
- 2. Broad. W., Jehl. D., T.Shanker North Korea nuclear goals: Case of mixed signals. // N.Y. Times, 25 July 2005.
- 3. Bor-Shouh Huang Tracking the North Korea nuclear explosion on October 9, 2006 using the Hi-Net array and Formosat-2 observation satellite. // IUGG2007, 2-13 July, 2007, Perugia.
- W.-Y. Kim, P.G. Richards North Korean Nuclear Test: Seismic Discrimination at Low Yield. // EOS Transaction AGU, V. 88, № 14, P. 158 – 161.
- 5. PTS Briefing on Event in DPRK 9 October 2006 at 01:35 UTC // IDC, 13 Oct, 2006.
- 6. Копничев, Ю.Ф. Распознавание ядерных взрывов и землетря-сений на региональных расстояниях для полигона Лобнор / Ю.Ф. Копничев, О.М. Шепелев, И.Н. Соколова // Геофизика и проблемы нераспространения.: Вестник НЯЦ РК, 2000. Вып.2. С.65 77.
- 7. Копничев, Ю.Ф. Исследования по сейсмическому распознава-нию подземных ядерных взрывов на полигоне Лобнор / Ю.Ф. Копничев, О.М. Шепелев, И.Н. Соколова // Физика Земли, 2001. № 12 С.64 77.
- 8. Копничев, Ю.Ф Исследования по сейсмическому распознава-нию подземных ядерных взрывов и землетрясений на полигонах Индии и Пакистана / Ю.Ф. Копничев, О.М. Шепелев, И.Н. Соколова // Геофизика и проблемы нераспространения.: Вестник НЯЦ РК, 2001. Вып.2. С.96 101.

### СЕВЕРОКОРЕЙСКОЕ ЯДЕРНОЕ ИСПЫТАНИЕ 9 ОКТЯБРЯ 2006 г. ПО ДАННЫМ КАЗАХСТАНСКОЙ И ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

### ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ЖӘНЕ ГЛОБАЛЬ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНІҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША 2006 ж. ҚАЗАННЫҢ 9-ҒЫ СОЛТҮСТІК КОРЕЯЛЫҚ ЯДРОЛЫҚ СЫНАУЫ

### Михайлова Н.Н., Соколова И.Н.

### ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

ҚР ҰЯО сейсмикалық станцияларының деректері бойынша 2006 ж. қазанның 9-ғы Солтүстік Кореялық ядролық жарылысынан сигналдардың кинематикалық және динамикалық мінездемелері анықталған. Халықаралық сейсмологиялық агенттіктерінің шешімдері талданылған. Халықаралық мониторинг жүйесімен жарылысты табу және оқшаулауына қазақстандық станцияларының үлесі бағаланған. Сейсмикалық станцияларының аумақтық қашықтықтарындағы жазбалары бойынша 2006 ж. қазанның 9-ғы сейсмикалық оқиғаны ядролық жарылыс ретінде сәйкестендіру мүмкіншілігі бар болуы көрсетілген.

### NORTH KOREAN NUCLEAR TEST CONDUCTED ON OCTOBER 9, 2006 BY DATA OF KAZAKHSTAN AND GLOBAL MONITORING SYSTEMS

#### N.N. Mikhailova, I.N. Sokolova

### Institute of Geophysical Research NNC, Kurchatov, Kazakhstan

Kinematic and dynamic characteristics of signals of nuclear explosion conducted by North Korea on October 9, 2006 were defined by data of NNC RK seismic stations. Solutions of International Seismological Agencies were analyzed. Contribution of Kazakhstan stations into detection and localization of explosion by International Monitoring System was assessed. Capability of seismic event identification of October 9, 2006 as nuclear explosion by seismic stations records at regional distances is shown.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 539.5:621.039.9

# **ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**В ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ УСЛОВИЯХ

### Горбунова Э.М., Иванов А.И.

### Институт динамики геосфер Российской Академии Наук, Москва, Россия

Рассматривается гидрогеологический массив Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Приводятся данные об изменении его гидрогеологических параметров, которые могут быть использованы в качестве опорных при разработке геофильтрационной модели территории СИП и последующей типизации условий радиоактивного загрязнения подземных вод на площадках проведения ПЯВ камуфлетного типа.

В региональном плане гидрогеологический массив Семипалатинского испытательного полигона (СИП) является единым целым. С поверхности спорадически распространены верховодка и грунтовые воды в песчаных четвертичных отложениях, реже — в неогеновых. Подземные воды трещинно-пластового типа развиты преимущественно в зоне экзогенного выветривания и повышенной трещиноватости скальных пород. Ниже локально обводнены только зоны разрывных нарушений, к которым приурочен горизонт трещинно-жильных вод.

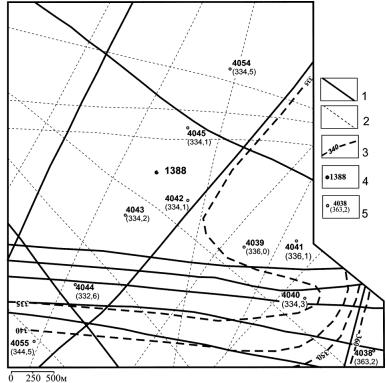
Уклон зеркала подземных вод изменяется от 0,001 до 0,01. Основное направление движения подземного потока - на северо-восток к региональной дрене – реке Иртыш, но на отдельных участках невыдержано и осложнено за счет изменчивости геоморфологических условий СИП. Юго-запад территории занят низкогорьем и высоким мелкосопочником, служащими областью водосбора и основного питания подземных вод. Низкий мелкосопочник и аллювиально-пролювиальная равнина распространены в центральной части полигона и представляют собой область транзита подземного потока. Разгрузка водоносных горизонтов осуществляется в долинах рек, на участках эрозионных врезов.

Режим подземных вод преимущественно равнинный. Естественные колебания уровней не превышают 3 – 5 см/сут. По данным обработки сезонных вариаций уровня вод некоторых скважин, имеющих длинный ряд наблюдений и привлеченных в качестве фоновых, установлено, что величины атмосферного питания при наличии и отсутствии водоупора отличаются на 3 порядка. Питание подземных вод осуществляется преимущественно на участках выклинивания относительного водоупора [2].

Подземные ядерные взрывы (ПЯВ) в равнинной части СИП проводились в скважинах, вскрывающих слаботрещиноватые и слабоводоносные породы палеозоя. Результаты экспериментальных наблюдений за гидрогеодинамической обстановкой указывают на установление гидравлической связи между сформированной областью необратимого деформирования массива и водоносным горизонтом. При крупномасштабных исследованиях, выполненных при проведении ряда взрывов, зафиксировано интенсивное изменение фильтрационного поля, что свидетельствовало о дискретности массива и позволило уточнить положение отдельных блоков и межблоковых зон.

В качестве примера более детально рассматривается гидрогеологическая ситуация юго-западной части площадки Балапан СИП в пределах расположения экспериментальной скважины 1388. В этой скважине 27 декабря 1987 г. был проведен групповой ПЯВ двух ядерных изделий мощностью 20 – 150 кт и 0,001 - 20 кт [1], [3]. Массив горных пород разбит серией разрывных нарушений разного порядка и типа, представленных участками повышенной трещиноватости, дробления и консолидированными зонами, ограничивающими структурно-тектонические блоки (СТБ) соответствующего ранга. Вдоль южной границы прослежена зона влияния регионального Калба-Чингизского разлома субширотного простирания, сопровождаемая серией субпараллельных разрывных нарушений. В пределах участка условно могут быть выделены 4 блока: центральный - размером 1,8 х 2,0 км, северо-восточный, восточный и зона влияния регионального разлома.

Подземные воды вскрыты на глубине от 2,1 м до 78,5 м. Пьезометрический уровень изменяется от 4,1 м до 23 м, создавая напор до 61,7 м. Безнапорные воды имеют ограниченное распространение на юговостоке участка. Пьезометрическая поверхность подземных вод до проведения опыта неравномерно наклонена в западном направлении преимущественно вдоль зоны регионального разлома (рисунок 1).



1, 2 – разрывные нарушения: 1 – I-III порядка, 2 - более высокого ранга; 3 – пьезоизогипса; 4, 5 – скважина и ее номер: 4 – экспериментальная, 5 – наблюдательная

Рисунок 1. Схема пьезометрической поверхности до проведения ПЯВ (по состоянию на 27.12.1987)

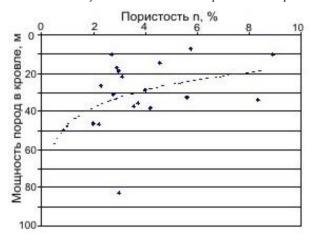


Рисунок 2. Изменение пористости пород от глубины залегания кровли коренных пород

Фрагмент юго-восточного нарушения гидрогеологически активен и характеризуется сгущением пьезоизогипс. Водоносность скального массива зависит от трещиноватости (активной пористости) водовмещающих пород. По результатам сейсмопрофилирования среднее значение пористости по кровле относительно монолитных пород составляет 3,5 %. Трещиноватость массива закономерно уменьшается с глубиной и, вероятно, затухает на глубине около 100 м от кровли пород (рисунок 2). По данным скважинной расходометрии также выявлено закономерное снижение обводненности массива с глубиной. Коэффициент фильтрации составляет 1 - 1,6 м/сут, возрастая в зонах тектонической трещиноватости до 5 м/сут и более.

Подземные воды, вскрытые скважинами, расположенными в пределах структурно-тектонических блоков, имеют невысокую водообильность, до 2,0 м²/сут. В зоне влияния Калба-Чингизского разлома водопроводимость пород изменяется от 0,05 м²/сут до 3,5 м²/сут, вблизи разрывных нарушений более высокого порядка возрастает до 14,3 м²/сут.

Изучение гидрогеологической ситуации на рассматриваемом участке было начато за 15 месяцев до проведения ПЯВ в скважине 1388. Стационарные наблюдения за режимом подземных вод по 5 наблюдательным скважинам свидетельствуют о гидродинамическом влиянии ПЯВ, проведенного в июне 1985 г. в скважине 1354, расположенной на расстоянии 4,5 км западнее участка исследований [1], [3] (рисунок 3). На фоне общей тенденции восстановления пьезометрической поверхности в течение полугода выделяется резкий перегиб, вероятно, связанный с влиянием гидрогеологической границы - наличием разрывного нарушения северо-восточного простирания, расположенного восточнее объекта на расстоянии около 7 км (рисунок 1). Только через год после проведения ПЯВ режим подземных вод относительно стабилизировался и стал близок к естественному со слабо выраженными сезонными вариациями уровня подземных вод.

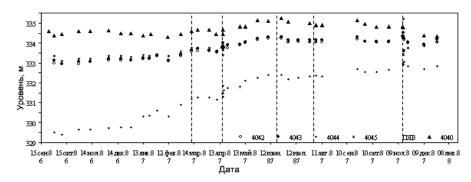


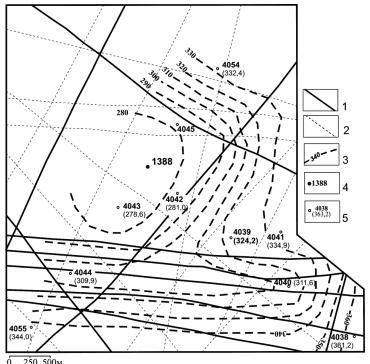
Рисунок 3. Изменение уровня подземных вод от ПЯВ в скважине 1354

По результатам инженерно-геологических и геофизических работ, выполненных до и после проведения ПЯВ в скважине 1388, установлено изменение физико-механических и фильтрационных свойств горных пород. Наибольшие изменения гидрогеологических параметров наблюдаются в пределах центрального блока. Первоначальная пористость в кровле скального массива, в среднем, увеличивается примерно в 1,5 раза, водопроводимость пород возрастает до 3,25 м²/сут.

Характер изменения пьезометрической поверхности в скважине 1388 после ПЯВ подтверждает блочное строение исследуемого массива горных пород (рисунок 4). Так, в период наибольшего снижения пьезометрической поверхности (март 1988 г.) перепад уровней между центральным и северо-восточным СТБ превышает 50 м, между центральным и восточным – более 40 м, между зоной влияния Калба-Чингизского

разлома и прилегающими с севера блоками - порядка 20 - 30 м. Причем воронка депрессии вдоль регионального разлома распространилась дальше, чем по восточному блоку (рисунок 4).

После проведения ПЯВ уровень трещинных вод в центральном блоке резко упал на 50 м, продолжая в дальнейшем, примерно на протяжении 3-х месяцев, медленно снижаться еще на 5 - 6 м. В течение следующих двух лет прослежено восстановление пьезометрической поверхности, причем выделенный линейный темп повышения уровня свидетельствует об установлении квазистационарного режима (рисунок 5). В восточном блоке уровень снизился на 1 - 12 м (скв.4039, 4041), в зоне Калба-Чингизского разлома - на 23 - 37 м (скв.4040, 4044), в северном блоке — до 2 м (скв.4054). Западный блок скважинами не охарактеризован.



1, 2 – разрывные нарушения: 1 – I-III порядка, 2 - более высокого ранга; 3 – пьезоизогипса; 4, 5 – скважина и ее номер: 4 – экспериментальная, 5 – наблюдательная

Рисунок 4. Схема пьезометрической поверхности после проведения ПЯВ (по состоянию на 31.03.1988)

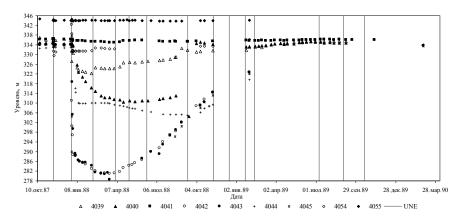


Рисунок 5. Изменение уровня подземных вод от ПЯВ в скважине 1388

В результате взрыва в пьезометрической поверхности центрального блока образовалась воронка депрессии за счет увеличения открытой трещиноватости скальных пород (рисунок 4). Графики площадного и временного снижения уровня подземных вод после взрыва позволяют оценить величину водопритока во вновь образовавшиеся в результате взрыва трещины, пустоты и характеристику границ центрального блока.

На рисунке 6 приведены графики для площадного прослеживания уровня подземных вод в районе скважины 1388.

На рисунке 7 – графики для временного прослеживания уровня подземных вод в районе этой же скважины.

Полученные по этим графикам расчетные гидрогеологические параметры приведены в таблице 1.

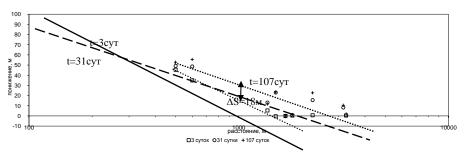


Рисунок 6. Графики площадного прослеживания  $S - f \lg r$  за снижением уровня после ПЯВ в скважине 1388

Таблица 1. Расчетные гидрогеологические параметры. Скважина 1388

t <sub>cy</sub>	C (S <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> /(lgr <sub>2</sub> -lgr <sub>1</sub> )	А (ордината при r=1)	Q, м³/сут (km*C/0,366)	а, м <sup>2</sup> /сут (Ig a=2A/C – Ig t – 0,35)	μ*
3	81	262	1438	4,4*10 <sup>5</sup>	7,0*10 <sup>-6</sup>
31	53	194	470	3,2*10 <sup>5</sup>	1,0*10 <sup>-5</sup>
107	57	211	506	1,0*10 <sup>5</sup>	3,0*10 <sup>-5</sup>

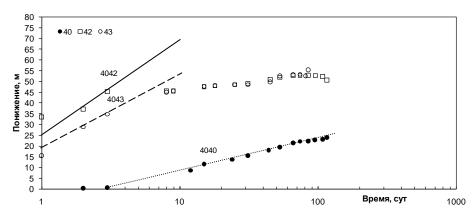


Рисунок 7. Графики временного прослеживания  $S-f \lg t$  за снижением уровня после ПЯВ в скважине 1388

N ckb.	Участок графика	С	Α	г, м	Q, м³/сут (km*C/0,183)	а, м²/сут (lg a = A/C + 2 lg r – 0,35)	μ*
4042		43	33	530	764	7,4*10 <sup>5</sup>	4,0*10 <sup>-6</sup>
	II	6,5	48,5		115	3,0*10 <sup>12</sup>	
4043		35	34	610	350	1,5*10 <sup>6</sup>	2,0*10 <sup>-6</sup>
	II	8,0	53		142	7,0*10 <sup>11</sup>	2,0 10
4040	-	6,2	-8,9	2250	177	8,3*10 <sup>4</sup>	4,0*10 <sup>-5</sup>

Таблица 2. Расчетные гидрогеологические параметры в районе скважин 4040, 4042, 4043

Приток подземных вод (Q) к центральной части воронки уменьшается во времени, достигая максимальной величины в первые 3 - 5 суток. Величина водопритока определяется наиболее достоверно по графику площадного прослеживания и составляет 1438 м³/сут. На графиках временного прослеживания этот временной отрезок не представителен. После 3 - 5 суток происходит выполаживание графиков, связанное с резким уменьшением притока в центральную часть воронки, примерно до 500 м³/сут по графикам площадного прослеживания и до 100 - 200 м³/сут по графикам временного прослеживания.

Нереальные значения пьезопроводности (а), полученные при расчете по вторым участкам графиков временного прослеживания, не характеризуют действительные параметры пласта. Эти участки отражают влияние слабопроницаемых северной и восточной границ центрального блока. Относительно низкое значение пьезопроводности по скважине 4040 очевидно связано с тем, что депрессионная воронка к ней распространяется по зоне Калба-Чингизского разлома и расчетное расстояние должно быть больше фактического радиуса. В целом, среднее значение упругой водоотдачи (µ\*) может быть принято 1,5\*10<sup>-5</sup> м²/сут, но представляется несколько заниженным.

Большие величины притока в первые несколько суток, очевидно, объясняются заполнением сильно раздробленной эпицентральной зоны, располагающейся на значительной глубине. Одновременно резкий перелом временных графиков на 3 - 5 сутки в той или иной степени может быть обусловлен влиянием границ блоков. Так, удвоенное расстояние от скважины 1388 до северо-восточного разлома составляет 2 км. Наблюдательные скважины 4042 и 4043 должны прореагировать через 4 сут согласно выполненному расчету ( $t = R2/2,25a = 4,0*10^6/2,25*4,4*10^5$ ), что соответствует действительности.

Полученные данные подтверждаются и графиками площадного прослеживания, свидетельствующими, что большая часть массива реагирует на увеличение трещиноватости как относительно однородный горизонт, так как большинство точек удовлетворительно ложится на осредняющую прямую. Исключение составляют скважины 4039 и 4041, расположенные в восточном блоке. Разница понижений (между прямыми I и II) по графику площадного прослеживания (рисунок 6) на расстоянии 1 км от скважины 1388

составляет 18 м и характеризует гидравлическое сопротивление восточной границы центрального блока при водопритоке в центре до 500 м<sup>3</sup>/сут.

Гидрогеологические параметры, рассчитанные по данным стационарных наблюдений за техногенно-нарушенным режимом подземных вод, информативны, объективны и представляют собой комплексную гидрогеологическую характеристику участка исследований, учитывающую, наряду с водопроводящими и емкостными свойствами водоносного горизонта, влияние внешних границ пласта. Гидрогеологический массив горных пород в пределах участка является дискретным, так как включает блоки разных порядков, межблоковые зоны и пересекается зоной регионального Калба-Чингизского разлома. Гидравлическая связь между отдельными частями массива изменяется от совершенной до затрудненной и иллюстрируется фрагментарностью пьезометрической поверхности между отдельными блоками и отдельными частями регионального разлома.

В связи с длительностью процесса и значительными размерами области депрессии проявилось влияние разрывного нарушения северо-восточного простирания, субпараллельного восточной границе центрального блока, отличающегося по водопроводимости и водоотдаче от рассматриваемого водоносного горизонта и выступающего в качестве границы пласта в плане и разрезе. Однако при предварительной типизации гидрогеологической ситуации рассматриваемый водоносный горизонт условно был принят за однородный по проницаемости, за исключением зоны влияния регионального разлома.

Таким образом, изучение последствий воздействия ПЯВ на гидрогеологическую ситуацию позволяет заверить составленное по результатам инженерно-геологических и геофизических исследований представление геологической среды в виде блочной модели. Временные срезы пьезометрической поверхности характеризуют состояние межблоковых границ и степень гидравлической связи между рассматриваемыми блоками. Полученные данные по изменению гидрогеологических параметров могут быть использованы в качестве опорных при разработке геофильтрационной модели территории СИП и последующей типизации условий радиоактивного загрязнения подземных вод на площадках проведения ПЯВ камуфлетного типа.

#### ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ УСЛОВИЯХ

### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении. М.: Изд.АТ, 2001. 519 с.
- 2. Финальный технический отчет по проекту К-810. М., 2004.
- 3. Ядерные испытания СССР. Технология ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки // Beggll-Atom, LLC publishing, 1997. 302 с.

## ТЕХНОГЕНДІ-БҰЗЫЛҒАН ЖАҒДАЙЛАРЫНДА ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІ

Горбунова Э.М., Иванов А.И.

Ресей Ғылыми Академисяының Геосфера динамикасы институты, Мәскеу, Ресей

Семей сынау полигонындағы (ССП) гидрогеологиялық массивы каралуда. ССП аумағының геосүзілу моделін әзірлеу және камуфлетті түріндегі ЖЯЖ жүргізілген алаңдарда жерасты сулардың радиоактивті ластану шарттарын келешегінде түрпаттаныдыруында тіректі ретінде пайдалануына болатын гидрогеологиялық параметрлердің өзгерілуі туралы деректері келтіріледі.

### CHANGE OF HYDROGEOLOGY PARAMETERS WITHIN MAN-MADE DISTURBED CONDITIONS

E.M. Gorbunova, A.I. Ivanov

Institute for the Dynamics of Geosphere of the Russian Academy of Science, Moscow, Russia

The paper considers hydrology region of Semipalatinsk Test Site (STS). Data on hydrology parameter changes, which can be used as basic one while developing geofiltered models of the STS territory and further generalization of groundwater radioactive contamination conditions within UNE of confined type, is given.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 621.039.9

# НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАДИАЦИОННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА "ГОРИЗОНТ-4" (КРЯЖ ЧЕКАНОВСКОГО, ЯКУТИЯ)

<sup>1)</sup>Голубов Б.Н., <sup>2)</sup>Ушницкий В.Е.

<sup>1)</sup>Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия <sup>2)</sup>Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия), Россия

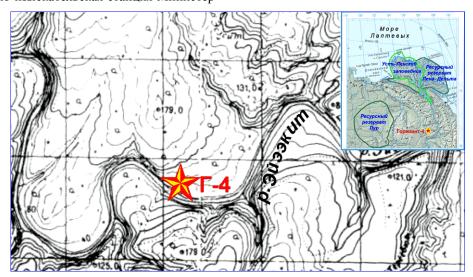
Приводятся результаты современного обследования грунтов, почв, растительности, подземных вод в зоне проведения подземного ядерного взрыва "Горизонт-4" в Якутии. Оконтурена техногенная мульда проседания, образование которой связывается с откольными явлениями, подземным горением угольных пластов и прогревом криолитозоны. Отмечено сходство этой мульды с провальной воронкой "Глубокая" на Семипалатинском испытательном полигоне в Казахстане. Показано, что выявляемое загрязнение неправомерно связывать только со взрывами на удаленных полигонах. Обсуждены меры для защиты различных видов промысла и населения.

#### Введение

Подземный ядерный взрыв (ПЯВ) "Горизонт-4" произведен 12.08.1975 г. в 18 ч. 00 м. (мск) на левом берегу р. Эйээкит (западного притока р. Лены) в юго-восточной части кряжа Чекановского (рисунок 1). Этот взрыв в скважине Г-4 был предназначен для глубинного сейсмического зондирования земной коры на профиле Воркута — Тикси. Проведение работ было определено Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 29 апреля 1974 г. № 331-119.

В 2005 г. (с 10 июля по 2 августа 2005 г.) в рамках целевой программы "Охрана окружающей среды Республики Саха (Якутия) проведено обследование зоны ПЯВ "Горизонт-4" с участием авторов, инспектора Булунской инспекции охраны природы В.Ф. Слепцова, рабочего производственного кооператива "Кюсюрский факторий" Е.В. Ачикасова. Организацию работ обеспечили Республиканская агрохимическая проектно-изыскательская станция Министерства сельского хозяйства РС(Я), администрация Булунского улуса, экипажи теплоходов "Механик Иван Кулибин" и "Демьян Бедный", а также производственный кооператив "Кюсюрский факторий", предоставивший маломерные суда для транспортировки полевого отряда по рекам Лена и Эйээкит. Камеральные работы выполнены с участием Т.Н. Скрыпицыной (МИИГАИК). Состав радионуклидов отобранных проб проведен в лаборатории Московинженерно-физического ского института (ООО "Кортек") [11] и в лаборатории кафедры радиохимии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Ю.А. Сапожников).

Цель настоящей статьи – охарактеризовать особенности радиоактивного загрязнения ландшафтов, а также техногенной дестабилизации недр в зоне ПЯВ "Горизонт-4", которые прежде ускользали от внимания исследователей.



Контуры на обзорной врезке - особо охраняемые территории

Pисунок 1. Место проведения подземного ядерного взрыва "Горизонт-4 (скважина  $\Gamma$ -4)

### Параметры ПЯВ

Заряд ПЯВ "Горизонт-4" имел мощность 7,6 кт и был заложен в скважине  $\Gamma$ -4 на глубине 485,65 м (забой скважины 504 м). Забивка скважины цементным раствором была произведена в интервале глубин 94 - 450 м [1]. Энергия ПЯВ составила 36,48· $10^{19}$  эрг. Магнитуда землетрясения — 5,2 [13]. Параметры зоны ПЯВ, полученные расчетным путем [8], составили: радиус полости ПЯВ – 21,4 м; радиус зоны трещиноватости — от 150 до 193 м; высота зоны макротрещин под и над зарядом — 85,8 и 32,2 м, соответственно; суммарная высота зоны макротрещин — от 107 до 129 м; высота столба обрушения — 109,6 м; радиус зоны афтершоков — около 2000 м; вес осколков деления ядерного заряда — 281,2 г.; количество трития, образовавшегося при ПЯВ — от 5,32 до 15,2 г.

# ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА ПЯВ

В административном отношении рассматриваемый район относится к Булунскому улусу Республики Саха (Якутия) с центром в г. Тикси. Местное население, проживающее в ближайших поселках Булун, Кюсюр, Чекуровка, выживает в суровых условиях Крайнего Севера в основном благодаря промыслу рыбы, дичи и северного оленя.

Объект "Горизонт-4" соседствует с особо охраняемыми территориями кряжа Чекановского (рисунок 1), характеризующегося уникальным разнообразием растительного и животного мира. Здесь созданы Усть-Ленский государственный заповедник, где с 1995 г. действует Международная биологическая станция "Лена-Норденшельд", а также ресурсные резерваты Лена-Дельта и Пур (Бур), имеющие республиканское значение.

Скважина Г-4 расположена на левом обрывистом берегу излучины р. Эйээкит, в 180 м от уреза воды, на юго-восточном склоне платообразной горы с отметкой 179.0. Береговой обрыв прорезан поперечными оврагами с крутыми V-образными или вертикальными стенками в виде каньонов. Район относится к наиболее холодной субарктической области Евразии и характеризуется сплошным развитием зоны многолетнемерзлых пород мощностью около 500 м. Глубина сезонного оттаивания составляет менее одного метра. Почвы - болотно-арктические, растительность - редколесно-тундровая.

Непосредственно на месте проведения ПЯВ "Горизонт-4" в настоящее время возвышается искореженный каркас буровой вышки, вокруг которой в радиусе более километра территория обезображена свалками металла, химикатов, следами разливов нефтепродуктов и бурового раствора, а также остовами брошенной техники, временных сооружений.

## Геологические особенности зоны ПЯВ

Валообразное поднятие Кряжа Чекановского осложняет северо-восточную окраину древней Сибирской платформы в зоне её сочленения с Верхояно-Чу-

котской складчатой областью Тихоокеанского подвижного пояса. В окрестности объекта "Горизонт-4" обнажены отложения нижнего отдела меловой системы (барремский и аптский ярусы, расчлененные на ряд свит), а также четвертичные образования.

Меловая система представлена типичной угленосной толщей частого чередования слоев, пачек и линз песчаников, алевролитов, аргиллитов, каменных углей с конкрециями сидеритов и другими вторичными образованиями. Данные глубокого бурения на соседних участках показали, что толща согласно подстилается отложениями нижнего мела, которые в погруженной части Предверхоянского краевого прогиба залегают с размывом и несогласием на дислоцированных отложениях юрской, триасовой, пермской и кембрийской систем. Суммарная мощность отложений нижнего мела изменяется от 1630 до 2320 м.

Четвертичная система представлена в основном аллювиальными галечниками и песками, развитыми в долине р. Эйээкит. В местах слияния этой реки с боковыми притоками образованы конуса выноса глыб и обломков коренных пород. Эрозионно-термокарстовые западины рельефа заполнены озерными или озерно-аллювиальными отложениями с включениями гальки местных пород. На пологих склонах возвышенностей почти повсеместно имеется маломощный чехол, сложенный грубообломочными делювиальными и солифлюкционно-делювиальными образованиями - галечниками, пылеватыми суглинками, супесями со значительным количеством торфов. На участках водораздела, подвергшихся глубокому денудационному срезу, местами развит маломощный покров современных элювиальных, делювиальных и коллювиальных образований мощностью не более 1-2 м. На крутых склонах и в основании уступов, сложенных коренными породами, развиты каменные осыпи.

Скважина Г-4 пробурена на юго-западном крыле локальной брахисинклинали, которая осложнена разломом северо-восточного простирания [6]. Наклон крыльев складки варьирует от двух до десяти градусов. Структура осложнена множеством мелких складок амплитудой 3 - 5 см, а также разрывных нарушений. Слои терригенных угленосных пород изогнуты в пологие дисгармоничные складки амплитудой до 1 м, интенсивно кливажированы, являются тонкоплитчатыми и осложнены системой двух ортогональных сопряженных крутых трещин скалывания (азимут падения ЮЗ 250°, угол падения 75° и азимут падения ЮВ 170° угол падения 75°). Вблизи разрывных нарушений в обнажениях береговых уступов р. Эйээкит наблюдаются диапировые складки с амплитудой до нескольких десятков метров и крутым залеганием слоев.

В гидрогеологическом отношении район приурочен к Нижнеленскому артезианскому бассейну трещинно-пластовых вод, сосредоточенных в песчано-

глинистых угленосных отложениях меловой, юрской и триасовой систем. Верхняя часть гидрогеологического разреза, включая зону пресных вод, проморожена до глубины 400 - 500 м. На глубине 500 м, т.е. вблизи точки заложения заряда ПЯВ, температура пород колеблется от (-0,5)° до +2° С. Ниже криогенного водоупора развиты скопления трещиннопластовых высокоминерализованных вод [5]. В коренных породах меловой системы подобные скопления встречаются в сезонно-талом слое и несквозных таликах под руслом р. Эйээкит. Летом такие скопления проявляются в виде родников, наблюдаемых, в частности, на дне оврагов, расчленяющих гору с отметкой 179.0 вблизи объекта "Горизонт-4".

Исходя из приведенного описания, можно подчеркнуть, что заряд ПЯВ "Горизонт-4" был заложен:

- в угленосной обводненной толще;
- в блочной среде дислоцированных трещиноватых горных пород, вблизи крупного тектонического разрыва;
- вблизи подошвы криолитозоны.

# Состояние изученности объекта "Горизонт-4"

В [1] зафиксировано штатное проведение ПЯВ -"...на 21 час (мск) выход радиоактивных продуктов на дневную поверхность не отмечен (по результатам радиационной разведки)...", прогноз радиационной обстановки подтвердился, выполненные мероприятия по радиационной защите оказались эффективными. Отмечено также, что "...в результате сейсмического воздействия имеются повреждения на буровой установке...". Признано, что все сейсмостанции в количестве 231 и другая геофизическая аппаратура, установленные на профиле Воркута - Тикси, проработали нормально. Однако обращает на себя внимание, что ПЯВ "Горизонт-4" был произведен в 18 час (мск), а в [1] отсчет событий начинается с 21 часа, т.е. данные о радиационной обстановке в период с 18 до 21 часа, остались пока недоступными.

В период с 30.07 по 5.08. 1992 г. объект "Горизонт-4" был обследован экспедицией Якутского госуниверситета, Якутского республиканского центра госсанэпиднадзора и РНЦ "Курчатовский институт" [2]. Были проведены дозиметрические и спектрометрические измерения, а также отбор проб в пяти пунктах, расположенных на удалении 50 - 400 м от скважины Г-4. Основной вывод экспедиции состоял в том, что последствия ПЯВ "Горизонт-4" "...не дают значимого вклада в радиационную обстановку в обследованном районе на момент проведения исследований...". В более позднее время в официальных

изданиях Минатома РФ [13], а также в отчете Совета безопасности РФ [14] радиационная обстановка в зоне ПЯВ "Горизонт-4" также характеризуется как нормальная. При этом подчеркнуто, что "...все ядерные взрывы, предназначавшиеся для глубинного зондирования земной коры, были проведены без выбросов радиоактивности в атмосферу..." [13]. Исключением явились подземные ядерные взрывы "Глобус-1" и "Кратон-3", при которых возникли "...нештатные радиационные ситуации..." [13]. Подземный ядерный взрыв "Горизонт-4" в перечень аварийных случаев не включен, хотя в этих изданиях оценки радиационной обстановки не подкреплены данными натурных и лабораторных измерений.

### МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

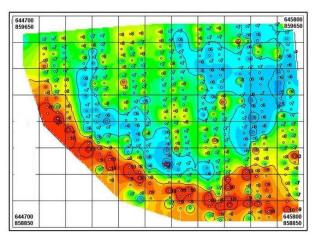
Полевые работы 2005 г. в зоне ПЯВ "Горизонт-4" включали радиометрическую съемку, отбор и радиохимический анализ проб грунта, почв и растительности, геоморфологические наблюдения. Были предприняты попытки применить дополнительно электроразведку для уточнения строения и гидрогеологических особенностей структуры, созданной взрывом, а также выявить возможный эффект дегазации недр в зоне ПЯВ путем расстановки и экспозиции пеналов с адсорберами. Однако эти попытки оказались неудачными из-за ряда организационных и методических ошибок, что может быть учтено в последующих работах (тщательный подбор эталонных и полевых пеналов по собственному фону <sup>137</sup>Cs, адаптация электрометрических измерений к условиям множественных техногенных помех в зоне ПЯВ "Горизонт-4").

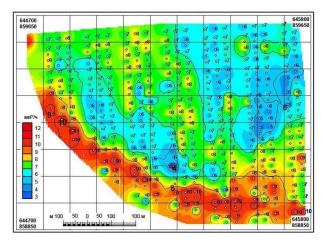
### Радиометрическая съемка

Радиометрия проведена по стандартной методике с использованием поверенного радиометра СРП-68-01. Измерения выполнены на двух уровнях: на поверхности грунта и на высоте 1 м, - со среднеквадратической погрешностью 1.6 мкР/ч. Географическая привязка пунктов измерений велась спутниковыми навигаторами Garmin76.

Радиометрическая съемка по сети  $50\times25$  м проведена на площади 805000 м<sup>2</sup> (рисунок 2).

Детальная радиометрическая съемка по сети  $12,5\times12,5$  м проведена на участке аномалии, выявленной в 500 м к востоку от скважины  $\Gamma$ -4, на площади 1250 м $^2$  (рисунок 3). Кроме того, за пределами исследованных площадок проведен ряд точечных измерений по ходу маршрутов геологических наблюдений.





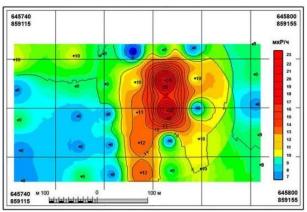
а - на поверхности ГРУнта

6- в 1 м над поверхностью (Б.Н. Голубов, В.Е. Ушницкий)

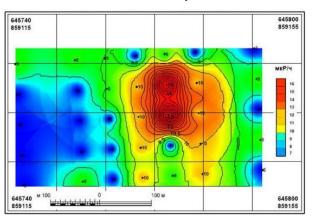
★ скважина Г – 4

Шаг сетки - 100 м, изолиний - 1 мкР/ч. Система Гаусса-Крюгера (Пулково, 1942). Зона 21

Рисунок 2. Гамма- поле по результатам радиометрической съемки 2005 г. на основном участке



Шаг сетки - 100 м, изолиний - 1 мкР/ч а— на поверхности грунта



Шаг сетки - 100 м, изолиний – 0,5 мкР/ч 6– в 1 м над поверхностью (Б.Н. Голубов, В.Е. Ушницкий)

Рисунок 3. Гамма- поле по результатам детальной радиометрической съемки 2005 г. на участке в 500 м к востоку от скважины  $\Gamma$ -4

Как видно из рисунка 2а, значения гамма-поля на поверхности изменяются в пределах от 3 до 12 мкР/ч. В одном метре над поверхностью значения гамма-поля, как правило, совпадают или понижены, но не более чем на 1 мкР/ч (рисунок 2б). Средневзвешенное значение мощности дозы гамма-излучения составляет 7,4 мкР/ч. Преобладают значения 7 - 8 мкР/ч, определяющие ровный спокойный характер гамма-поля, на фоне которого выделяются две области аномальных значений: юго-западная и северо-восточная. В югозападной области могут быть выделены две линейные аномальные зоны: прибрежная и околоскважинная. Первая из них характеризуется относительно повышенными, а вторая - пониженными значениями гамма-поля. Северо-восточная область характеризуется относительно пониженными значениями гаммаполя, изолинии которых имеют в основном северовосточное простирание

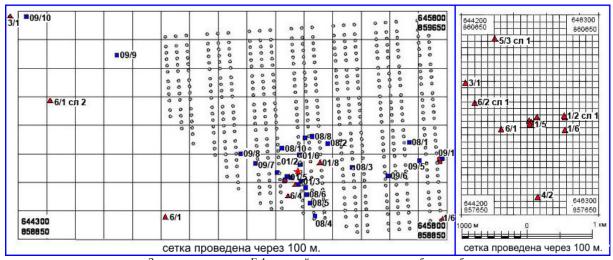
На участке детальной радиометрической съемки (рисунок 3) на поверхности грунта выделяется изо-

метричная аномалия размером  $18\times10$  м с максимальным значением гамма-поля 23 мкР/ч (в одном метре над поверхностью — 17 мкР/ч). На этом участке на глубине 20 см под слоем гумуса (проба  $^{1}\!\!/4$ ) вскрыты ожелезненные мелкозернистые песчаники, которые, вероятно, следует относить к делювию. Значения гамма-поля на поверхности здесь достигают 30 мкР/ч и возрастают на глубине 20 см до 64 мкР/ч.

Точечные измерения во множестве слоев песчаников, линз алевролитов и пластов каменного угля, обнажающихся на склонах горы с отметкой 179.0 и бортах долины р. Эйээкит, показали значения, не превышающие 7-10 мкР/ч.

# Отбор и радиохимический анализ проб грунта, почв и растительности.

Перечень и краткое описание проб грунта почв и растительности, которые были отобраны для радиохимического анализа приведены в таблице 1. На рисунке 4 показаны пункты отбора проб.



Звездочка – скважина Г-4; красный треугольник – пункт отбора проб; синий квадрат – пункт установки сорбентов; кружок – пикет радиометрической съемки

Рисунок 4. Схема наблюдений и пункты отбора проб в зоне ПЯВ "Горизонт-4"

В полевых условиях, а также по возвращении экспедиционного теплохода в г. Якутск пробы просушивались предварительно, а в лаборатории МИФИ [11] пробы окончательно высушивались до воздушно-сухого состояния, измельчались, гомогенизировались. Из них изготавливались измерительные образцы, для чего вещество насыпалось в контейнеры цилиндрической формы размером 090x50 мм (объем  $250~{\rm cm}^3$ ) или  $090x32~{\rm mm}$  ( $145~{\rm cm}^3$ ), уплотнялось и герметизировалось. Измерения проведены на низкофоновом HPG гамма-спектрометре с использованием двух типов HPG детекторов: для мягкого гамма и рентгеновского излучения, для гамма-излучения с энергией в диапазоне  $50~{\rm kpB}-10~{\rm MpB}$ . Определена активность или сделана ее верхняя оценка для  $8~{\rm texhorehheix}~(^{241}{\rm Am}, ^{137}{\rm Cs}, ^{134}{\rm Cs}, ^{125}{\rm Sb}, ^{152}{\rm Eu}, ^{154}{\rm Eu}, ^{155}{\rm Eu}, ^{60}{\rm Co})$  и  $6~{\rm cerectbehheix}~(^7{\rm B}, ^{40}{\rm K}, ^{226}{\rm Ra}, ^{232}{\rm Th}, ^{235}{\rm U}, ^{238}{\rm U})$  радионуклидов.

Результаты измерений удельной радиоактивности техногенных радионуклидов в пробах грунтов, почв и растительности приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в отобранных пробах присутствуют техногенные долгоживущие гаммаизлучающие радионуклиды двух основных генетических групп (в скобках указаны периоды полураспада, лет):

- 1)  $^{125}$ Sb (2,7),  $^{137}$ Cs (30,1),  $^{155}$ Eu (4,8);  $^{241}$ Am (433), которые являются продуктами деления, нейтронной активации конструкции и заряда, а также, не исключено, остатками плутониевого заряда.
- 2)  $^{152}$ Eu (13,3),  $^{154}$ Eu (8,6),  $^{60}$ Co (5,3), которые могут являться продуктами нейтронной активации горных пород и грунтов в эпицентре ПЯВ.

Характерно, что удельная активность  $^{137}$ Cs существенно отличается для песков и почв. В песках эта активность находится в пределах 0,15-0,56 Бк/кг и выше для песков первой надпойменной террасы на

восточном крае изучаемой территории (обр. 1/6). В почвах удельная активность <sup>137</sup>Cs намного выше (6,26 - 102 Бк/кг). Максимальное значение (102 Бк/кг) зафиксировано в 1300 м к северо-западу от скважины Г-4 в пробе 3/1 в интервале глубины 0 - 5 см. На глубине 5 - 10 см активность <sup>137</sup>Сѕ понижается до 14,2 Бк/кг (проба 3/2). Значение гамма-поля в этой точке составляет 10,2 мкР/ч. Достаточно высокая удельная активность <sup>137</sup>Cs зафиксирована на vчастке аномальных значений гамма-поля в 500 м к востоку от скважины Г-4 в верхнем слое гумуса в пробе 1/4 (43,9 Бк/кг). На глубине 20 см под этим слоем вскрыты мелкозернистые ожелезненные песчаники серовато-коричневого цвета, которые, вероятно, относятся к делювию. Относительно значимая удельная активность <sup>137</sup>Cs характерна также для проб, которые отобраны в непосредственной близости от скв. Г-4. В этих пробах значения удельной активности <sup>137</sup>Cs изменяются от 6,26 до 20,8 Бк/кг (пробы 4/2-4/10). В пробах 4/5-4/7 и 4/9-4/10 значения активности с глубиной возрастают. В пробах 4/2 -4/4 удельная активность  $^{137}$ Cs на поверхности и на глубине до 7,5 см является максимальной и достигает 9-10 Бк/кг, а в средней части разреза почвы снижается до 6,57 Бк/кг.

Среди естественных радионуклидов (таблица 2) наиболее высокую удельную активность во всех пробах имеет первичный долгоживущий радионуклид  $^{40}$ К (1,4·10<sup>9</sup>). Наиболее высокие его значения зафиксированы в песках на участке детальной радиометрической съемки (обр. 1/2; 1/3), а также в песках надпойменной террасы р. Эйээкит (обр. 1/6). Источником поступления  $^{40}$ К могут служить гранитоиды Анабарского массива, расположенного к западу от Кряжа Чекановского.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАДИАЦИОННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА "ГОРИЗОНТ-4" (КРЯЖ ЧЕКАНОВСКОГО, ЯКУТИЯ)

Таблица 1. Результаты измерения удельной радиоактивности техногенных радионуклидов в пробах грунтов, почв и растительности [11]

	Проба			Удельная	активность	ь радион	уклида в	з пробе, І	Бк/кг	
Код	Материал	Macca, г	<sup>241</sup> Am	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>152</sup> Eu	<sup>154</sup> Eu	<sup>155</sup> Eu	<sup>125</sup> Sb	60Co
½ сл. 1	Песок ожелезненный	208	не изм-ся	< 0.15	< 0.07	< 0.41	< 20	< 0.5	< 0.18	< 0.08
1/3 сл. 2	Песок (суглинок) с корневищами	219	не изм-ся	< 0.19	< 0.12	< 0.40	< 36	1.1 ± .7	< 0.32	< 0.09
1/4	Гумус	79	не изм-ся	43.9±2.0	< 0.34	< 1.9	< 0.34	< 2.1	< 0.89	< 0.15
1/6	Песок 1-й террасы	378	не изм-ся	0.56±0.13	< 0.074	< 0.33	< 1.4	< 0.51	< 0.41	< 0.12
3/1	Почва, h=0-5 см (растительный слой)	52	1.20±0.39	102± 4.5	< 0.27	< 0.73	<0.65	< 1.5	< 0.89	< 0.25
3/2	Почва, h = 5-10 см, (гумус и минеральный слой)	173	0.36±0.15	14.2± 0.7	< 0.10	< 0.41	<1.3	< 2.7	< 0.28	< 0.09
4/2	почва, h=0-2 см, d = 155 мм	109	< 1.1	10.54±0.74	< 0.18	< 1.1	<0.38	< 0.98	< 0.82	< 0.18
4/3	Почва, h=2-4,5 см, d = 155 мм	215	не изм-ся	6.57± 0.80	< 0.27	< 0.68	<0.60	< 1.3	< 0.67	< 0.39
4/4	Почва, h=4,5-7,5 см, d = 155 мм	205	не изм-ся	9.1± 1.4	< 0.61	< 0.82	<0.79	< 6.0	< 1.2	< 0.85
4/5	Почва, h = 0-3 см	163	< 0.33	6.26± 0.58	< 0.28	< 0.67	<0.57	< 2.1	0.67±0.54	< 0.21
4/6	Почва, h = 3-6 см	183	не изм-ся	9.81± .83	< 0.26	< 1.0	<0.55	< 2.7	< 0.83	< 0.22
4/7	Почва, h = 6-9 см	165	не изм-ся	20.8 ± 1.1	< 0.6	< 1.0	< 0.3	< 1.5	< 0.45	< 0.17
4/8	Почва, h = 0-3 см, d = 155 мм	161	< 0.46	11.7± 0.6	< 0.12	< 0.3	< 0.35	< 2.6	< 0.30	< 0.18
4/9	Почва, h = 3-5,5 см, d = 155 мм	209	не изм-ся	9.24± 0.61	< 0.15	< 0.31	< 0.38	< 1.6	< 0.84	< 0.16
4/10	Почва, h = 5,5-8 см, d = 155 мм	215	не изм-ся	14.4 ± 0.9	< 0.22	< 0.78	< 0.47	< 1.6	< 0.99	< 0.15
4/11	Почва, h = 0-2,5 см, d = 155 мм	162	не изм-ся	22.7 ± 1.0	< 0.14	< 0.21	< 0.13	< 0.43	< 0.30	< 0.08
4/13	Почва, h = 2,5-5 см, d = 155 мм	109	не изм-ся	32.5 ± 2.3	< 0.61	< 2.5	< 0.65	< 3.5	< 1.3	< 0.41
4/14	Почва, h = 5-7,5 см, d = 155 мм	146	не изм-ся	3.56 ± 0.58	0.36±0.32	< 0.92	< 0.89	< 3.0	< 1.2	< 0.27
4/15	Почва, h=7,5-10 см, d = 155 мм	202	не изм-ся	0.64 ± 0.25	< 0.19	< 0.46	< 0.46	< 2.8	< 1.5	< 0.20
5/3 сл.1	Лишайник, слой 1	38	< 0.46	57.5 ± 2.8	< 0.31	< 0.60	< 1.1	< 2.5	< 1.1	< 0.40
5/3 сл. 2	гумус слой 2, h = 0-2,5 см	201	0.40±0.14	30.9 ± 1.6	< 0.16	< 0.45	< 0.39	< 2.3	< 0.7	< 0.20
5/3 сл. 3	Почва, слой 3, h = 2,5-5 см	350	не изм-ся	1.13 ± 0.35	< 0.20	< 0.67	< 0.28	< 2.2	< 0.47	< 0.18
6/1	Лишайник, 2d=155 мм	40	< 0.74	47.3 ± 2.2	< 0.17	< 0.51	< 0.66	< 3.3	< 0.67	< 0.35
6/2 сл.1	Лишайник и почва, h=0 – 4 см	110	0.54±0.22	53.3 ± 2.5	< 0.24	< 1.1	< 0.43	< 1.5	< 1.0	< 0.19
6/3 сл.2	Почва, h=4-6 см, d=155 мм	289	не изм-ся	2.86 ± 0.51	< 0.41	< 1.4	< 1.1	< 3.7	< 0.73	< 0.25
6/4	Пески и суглинки	322	не изм-ся	1.03 ± 0.22	< 0.22	< 0.81	< 0.39	< 0.85	< 0.42	< 0.12

Таблица 2. Результаты измерения удельной радиоактивности естественных радионуклидов в пробах грунтов, почв и растительности [11]

	Проба			Удельная активность радионуклида в пробе, Бк/кг								
Код	Материал	Масса,г	<sup>7</sup> Be	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra-e	<sup>232</sup> Th-e	<sup>235</sup> U	<sup>235</sup> U-e	<sup>238</sup> U-e			
½ сл. 1	Песок ожелезненный	208	< 0.86	695±38	11.5±0.4	23.6 ± 2.8	< 0.62	< 0.37	< 15			
1/3 сл. 2	Песок (суглинок) с корневищами	219	< 1	623 ± 35	17.74±0.69	32.6 ± 3.7	1.4 ± 1.1	< 1.5	26 ± 14			
1/4	Гумус	79	4.1 ± 2.9	302 ± 24	17.05±0.81	40.8 ± 1.4	< 2.4	< 5.6	< 45			
1/6	Песок 1-й террасы	378	2.19±0.98	666 ± 51	18.24±0.81	23.64±0.83	< 1.9	< 2.4	20 ± 13			
3/1	Почва h=0-5 см (растительный слой)	52	12.5 ± 3.9	176 ± 16	6.23 ± 0.63	6.6 ± 1.7	< 0.48	< 0.58	< 22			

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАДИАЦИОННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА "ГОРИЗОНТ-4" (КРЯЖ ЧЕКАНОВСКОГО, ЯКУТИЯ)

	Проба			Удельна	я активность	радионуклид	ца в пробе,	Бк/кг	
Код	Материал	Масса,г	<sup>7</sup> Be	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra-e	<sup>232</sup> Th-e	<sup>235</sup> U	<sup>235</sup> U-e	<sup>238</sup> U-e
3/2	Почва h = 5-10 см (гумус и минеральный слой)	173	< 1.1	508 ± 39	9.61 ± 0.54	20.2 ± 0.8	< 1.1	<1.4	< 37
4/2	Почва h=0-2 см, d = 155 мм	109	5.5 ± 2.4	404 ± 33	10.74±0.85	17.38±0.91	< 0.72	<1.8	< 37
4/3	Почва h=2-4,5 см, d = 155 мм	215	2.8 ± 2.8	494 ± 42	11.6 ± 1.3	18.5 ± 1.5	< 1.2	<1.7	< 56
4/4	Почва h=4,5-7,5 см, d = 155 мм	205	< 4.4	472 ± 49	13.5 ± 1.6	18.5 ± 2.1	< 2.9	<12	< 78
4/5	Почва h = 0-3 см	163	< 3.9	448 ± 37	16.5 ± 1.0	22.7 ± 1.9	< 1.8	1.0 ± 0.9	23 ± 21
4/6	Почва h = 3-6 см	183	< 2.2	470 ± 38	20.59±0.96	25.8 ± 1.5	< 1.3	1.5 ± 1.2	< 83
4/7	Почва h = 6-9 см	165	< 1.8	435 ± 34	13.8 ± 0.6	23.2 ± 0.9	< 1.3	< 1.7	< 26
4/8	Почва h = 0-3 см, d = 155 мм	161	3.4 ± 1.6	540 ± 40	11.5 ± 0.6	20.9 ± 0.9	< 2.8	< 1.5	< 57
4/9	Почва h = 3-5,5 см, d = 155 мм	209	< 1.8	507 ± 40	11.2 ± 0.8	20.5 ± 1.0	< 0.67	0.8 ± 0.6	< 36
4/10	Почва h = 5,5-8 см, d = 155 мм	215	< 3.1	502 ± 40	10.5 ± 0.8	20.4 ± 0.9	< 1.4	< 1.4	< 20
4/11	Почва, h = 0-2,5 см, d = 155 мм	162	$2.0 \pm 0.9$	574 ± 44	22.1 ± 1.1	28.3 ± 0.8	0.5 ± 0.5	0.6 ± 0.5	< 45
4/13	Почва, h = 2,5-5 см, d = 155 мм	109	< 5.9	446 ± 42	20.1 ± 2.1	24.0 ± 1.7	< 3.4	< 6.6	< 84
4/14	Почва h = 5-7,5 см, d = 155 мм	146	< 4.2	525 ± 43	22.0 ± 1.5	26.1 ± 1.3	< 1.4	< 3.6	< 49
4/15	Почва, h=7,5-10 см, d = 155 мм	202	< 3.8	565 ± 43	22.4 ± 0.9	29.6 ± 1.0	< 1.9	< 2.0	< 57
5/3 сл.1	Лишайник, слой 1	38	39.6 ± 5.2	37.9 ± 7.0	2.0 ± 1.8	< 2.9	< 0.9	< 0.78	< 50
5/3 сл. 2	Гумус слой 2, h = 0-2,5 см	201	< 2.0	529 ± 43	12.3 ± 0.9	16.5 ± 1.0	< 1.0	< 1.8	< 33
5/3 сл. 3	Почва, слой 3, h = 2,5-5 см	350	< 1.7	650 ± 49	11.0 ± 0.8	18.9 ± 0.7	< 0.9	< 1.6	< 35
6/1	Лишайник, 2d=155 мм	40	$30.3 \pm 4.0$	$49.3 \pm 6.3$	2.1 ± 0.6	1.8 ± 0.8	< 0.5	< 0.48	< 50
6/2 сл.1	Лишайник и почва, h=0 – 4 см	110	3.5 ± 2.7	409 ± 34	14.6 ± 1.1	18.0 ± 1.2	< 0.36	< 0.31	< 45
6/3 сл.2	Почва h=4-6 см, d=155 мм	289	< 2.9	584 ± 47	21.9 ± 1.1	26.1 ± 1.2	< 2.6	< 2.5	< 84
6/4	Пески и суглинки	322	1.6 ± 1.3	616 ± 48	20.9 ± 1.1	27.9 ± 1.1	< 0.95	1.1 ± 1.0	< 28

Из таблицы 2 видно также, что вклад в гамма-поле представляется незначительным от таких природных радионуклидов, как короткоживущий  $^{7\text{Be}}$ , имеющий космогенное происхождение, а также от таких долгоживущих изотопов, как  $^{226\text{Ra}}$  (6,7),  $^{232\text{Th}}$   $(1,4\cdot10^{10})$ ,  $^{23\text{SU}}$   $(0,7\cdot10^9)$ и  $^{23\text{8U}}$   $(4,5\cdot10^{10})$ , широко вовлеченных в процессы осадконакопления и выветривания горных пород, в циркуляцию подземных и поверхностных вод.

В целом, гамма-поле в изучаемом районе, помимо техногенных радионуклидов, обусловлено относительно высокой удельной активностью  $^{40}{\rm K}$ .

## Определение трития в пробе воды из скважины Г-4.

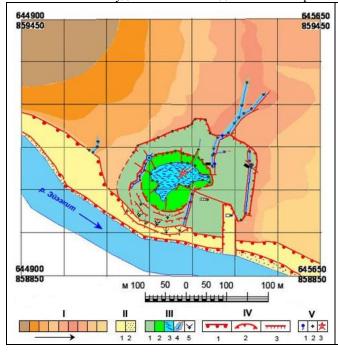
Ствол скважины Г-4 обводнен, начиная с глубины около полутора метров, где 22.07.2005 г взята

проба воды объемом 0,75 л. Проба проанализирована на содержание трития в лаборатории кафедры радиохимии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Содержание трития определено в концентрате, предварительно полученном путем электролитического обогащения пробы. Применен жидкостно-сцинтилляционный метод с использованием жидкого сцинтиллятора "Optiphase Hi Safe III"("Wallac", Финляндия). Измерение радиоактивности трития проведено на установке Tri-Carb 2700-TR ("Packard", США). Концентрация трития в водной пробе составила  $(5\pm1,1)$  Бк/л, что в 45 раз превышает содержание трития в природных водах (0,11 Бк/л).

#### Геологические наблюдения.

Рекогносцировочные геологические наблюдения с использованием геологической карты масштаба 1:200000 [6] позволили провести описание геологических обнажений, характерных форм рельефа, а также сфотографировать местность. Наиболее детальными наблюдения были в ближней окрестности скважины Г-4. Топографическая привязка геологических границ и точек наблюдений вблизи скважины Г-4 выполнена с помощью спутникового приемника GPS 76. На удалении свыше одного километра

от скважины привязка точек наблюдений проводилась глазомерно по топографической карте масштаба 1:100000 и компаса. При камеральной обработке полученные данные, при необходимости, уточнялись путем использования панорамных фотоснимков местности, полученных с вышки скважины Г-4 или с наиболее высоких береговых уступов р. Эйээкит. В результате построена структурно-геоморфологическая схема зоны ПЯВ "Горизонт-4, приведенная на рисунке 5.



- I природный структурно-денудационный рельеф склонов горы с абс. отм. 179,0 (стрелка указывает направление понижения рельефа).
- И природный эрозионно-аккумулятивный рельеф долины р. Эйээкит: 1 аллювиальная аккумулятивная равнина (низкая пойма); 2 аккумулятивно-эрозионный уступ (высокая пойма и первая надпойменная терраса левого борта р. Эйээкит).
- III техногенная мульда проседания: 1 внешняя зона (криогенные склоновые процессы, стенка отрыва оползневого тела, солифлюкционные и деллевые образования);
   2 промежуточная зона (борт термокарстовой котловины);
   3 внутренняя зона (западинно-бугристый рельеф в обвод-
- ненной центральной части термокарстовой котловины); 4 каньоны и V-образные водотоки с интенсивной донной эрозией; 5 оползни.
- **IV** уступы рельефа: 1 первично-тектонические природные уступы; 2 техногенные уступы в обрамлении внешней и промежуточной зон мульды; 3 техногенные денудационные крутые уступы.
- V прочие обозначения: 1 родники; 2 пункты определения координат с помощью спутниковой навигации; 3 скважина  $\Gamma$ -4

Рисунок 5. Структурно-геоморфологическая схема зоны ПЯВ "Горизонт-4" Система Гаусса-Крюгера (Пулково, 1942). Зона 21. (Б.Н. Голубов., 2005)

Как можно видеть из рисунка 5, в зоне ПЯВ "Горизонт-4" сформировалась техногенная кольцевая морфоструктура в виде пологой мульды проседания диаметром около 350 м. Мульда является наложенной с резким угловым несогласием на природные структурные элементы кряжа Чекановского, сложенные угленосными отложениями нижнего мела. С севера, запада и востока мульда ограничена уступами в рельефе, она имеет зональное строение в виде внешней, промежуточной и внутренней зон.

#### Выводы

1. ПЯВ "Горизонт-4" явился источником радиоактивного загрязнения местности техногенными долгоживущими гамма-излучающими радионуклидами двух типов: а) продуктов деления, нейтронной активации конструкции и заряда (возможно, и остатков плутониевого заряда); б) продуктов нейтронной активации горных пород и грунтов в эпицентре ПЯВ.

- 2. Подземные воды, скопившиеся в стволе скважины  $\Gamma$ -4, содержат аномально высокую концентрацию трития (5 Бк/л).
- 3. Покровные отложения в районе ПЯВ содержат значимые концентрации естественных радионуклидов, особенно  $^{40}$ К, и могут вносить заметный вклад в формирование гамма-поля. При этом следует иметь в виду, что  $^{40}$ К, имеющий период полураспада 1250 млн. лет, претерпевает радиоактивный распад с образованием двух элементов  $^{40}$ Са (около 90%) и  $^{40$ Ar (10%).
- 4. ПЯВ "Горизонт-4" обусловил формирование своеобразной техногенной кольцевой структуры в виде наложенной мульды проседания, которая характеризуется признаками активизации современных подвижек недр и возмущений режима криолитозоны.

#### ОБСУЖДЕНИЕ, ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДО-ВАНИЙ

Объект "Горизонт-4" соседствует с особо охраняемыми территориями, созданными для защиты богатейших биологических ресурсов края. Сосредоточив на своей территории значительный объем техногенного мусора, объект остается источником загрязнения природы Кряжа Чекановского. Наиболее существенными опасным являются загрязнение подземной воды скважины Г-4 продуктами ПЯВ в сочетании с техногенной мульдой проседания, нарушившей естественное состояние массива горных пород. К сожалению, механизмы и масштаб опасного наследия ПЯВ "Горизонт-4" на основании имеющихся данных пока не могут быть определены однозначно.

О механизмах и масштабах радиоактивного загрязнения. Поводом для выяснения механизмов радиоактивного загрязнения служит факт обнаружения техногенных радионуклидов, которые являются продуктами разных стадий развития ПЯВ. В [4] на примерах ПЯВ, произведенных на Семипалатинском испытательном полигоне показано, что такие радионуклиды являются "паспортом" прорыва продуктов ПЯВ в атмосферу. Поэтому данные, полученные в 2005 г., позволяют предположить, что ПЯВ "Горизонт-4" мог сопровождаться аварийным выбросом продуктов взрыва в атмосферу, подобно тому, как это произошло при ПЯВ "Кратон-3" и "Кристалл" в соседних районах Якутии [7, 9, 10]. Возможность аварийного выброса продуктов ПЯВ "Горизонт-4" в атмосферу допускается еще и потому, что неподалеку от объекта донные отложения в устье р. Лены загрязнены техногенным радионуклидом <sup>137</sup>Cs, концентрация которого достигает здесь 16,2 Бк/кг [18]. Причины такого загрязнения связывают обычно только с дальними источниками радиационной опасности - Новоземельским ядерным полигоном, Чернобыльской аварии, - что представляется не вполне правомерным. Вклад в загрязнение могли внести проводившиеся в Якутии ПЯВ "Горизонт-4", "Кратон-3" и "Кристалл", а также мощные выбросы ПЯВ, проведенные на острове Амчитка в США [17]. Радионуклиды ПЯВ "Горизонт-4" могут выноситься рекой Эйээкит к устью р. Лены, по погребенным палеодолинам древних рек с подземными водами, по зонам тектонических разломов, которые, как правило, контролируют русла палеодолин этих рек. Представляется, что изучение проблемы мониторинга, оценки и устранения опасных последствий ПЯВ "Горизонт-4" не удастся избежать и в деятельности Международной станции "Лена-Норденшельд". Для повышения однозначности разрабатываемых решений важно иметь доступ к данным радиационной разведки о событиях в первые секунды и минуты после ПЯВ "Горизонт-4", поскольку они, к сожалению, не содержатся в известных документах [1] и изданиях [13 - 15].

О геодинамической активности зоны ПЯВ. Зоны ПЯВ, как правило, отличаются повышенной геодинамической активностью недр, которая не затухает после ПЯВ на протяжении многих лет [7]. Свидетельством тому может служить кольцевая наложенная мульда проседания, наблюдаемая в зоне ПЯВ "Горизонт-4", Однако в следствие того, что эта мульда не охарактеризована в доступных источниках [1, 2, 13 - 15], вопрос о времени зарождения и механизме ее формирования пока не может быть решен однозначно.

Своеобразие ПЯВ "Горизонт-4" состоит в том, что он был проведен в угленосной толще, вблизи подошвы криолитозоны. Феноменально высокая температура в миллионы градусов, возникшая при срабатывании ядерного заряда, наряду с испарением и плавлением части массива горных пород в гипоцентре ПЯВ, несомненно, должна была воспламенить пласты каменного угля, моментально растопить огромное количество льда многолетнемерзлых пород и привести к вскипанию подземных вод. Вокруг раскаленной полости ПЯВ "Горизонт-4" в результате термического разложения горных пород и подземных флюидов должно было скопиться огромное количество паров воды, угарного газа, метана (и других газов, свойственным угленосным толщам, в частности, паров ртути), а также радиоактивных газообразных продуктов ПЯВ. Представляется, что благоприятные условия для прорыва в атмосферу этих газов, находящихся под огромным давлением, обеспечивались поначалу двумя мощными импульсами ударных волн, породивших откольные явления и заодно исковеркавших буровую вышку Г-4. Затем дегазация недр в зоне ПЯВ "Горизонт-4" на протяжении нескольких недель или месяцев поддерживалась афтершоками. Гидротермальная активность полости ПЯВ "Горизонт-4" могла продолжаться еще долгое время по двум основным причинам. Во-первых, ввиду низкой теплопроводности горных пород, как показывают численные оценки, остывание полости ПЯВ могло затянуться, по крайней мере, на несколько лет, несмотря на сибирские морозы. Вовторых, этот прогрев мог поддерживаться подземным горением каменного угля, которое, как показывают наблюдения на природных объектах и в шахтах, может длиться столетиями, если не тысячелетиями. Известно, что подземная газификация угля поддерживается за счет взаимодействия углерода с воздухом, с водой или со смесью того и другого. Основными горючими компонентами при этом являются окись и двуокись углерода, водород, некоторое количество азота, в также продукты сухой перегонки (коксования) угля в виде метана, этилена и др. В зоне ПЯВ "Горизонт-4" такая газификация могла осуществляться комбинированным способом. Роль "продувочных скважин" для "воздушного дутья" здесь могли играть зоны пород, раздробленных взрывом, природные тектонические разрывы и зоны

### НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАДИАЦИОННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА "ГОРИЗОНТ-4" (КРЯЖ ЧЕКАНОВСКОГО, ЯКУТИЯ)

повышенной трещиноватости, имеющие связь с атмосферой. Подачу водяного пара могли обеспечивать подземные воды и льды. Вопрос о продвижении огневого забоя в связи с возгоранием каменного угля в зоне ПЯВ "Горизонт-4" заслуживает более детального исследования, поскольку опыт подземной газификации шахт Донецкого и Подмосковного угольных бассейнов учит, что этот процесс, как правило, сопровождается обрушением и растрескиванием пластов горных пород. Косвенным подтверждением прогрева недр в зоне ПЯВ "Горизонт-4" может служить наблюдаемая здесь относительно повышенная активизация термокарста, явления присущего Крайнему Северу.

Аналогичным примером может служить огромной воронки проседания на Семипалатинском испытательном полигоне в зоне ПЯВ "Скважина Глубокая", где заряд был заложен в угленосных отложениях. Вокруг воронки, возникшей через 17 лет после ПЯВ, фиксируется тепловая аномалия, которая указывает на то, что подземное горение каменного угля здесь все еще продолжается и геодинамическая активность воронки далека от затухания [3, 12, 16].

Вопрос о длительности и механизмах формирования техногенной мульды проседания в зоне ПЯВ "Горизонт-4" может быть решен путем дешифрирования материалов дистанционного спектрозонального зондирования, полученных в разные годы, до и после ПЯВ в сочетании с наземными геохимическими, геофизическими и геодезическими наблюдениями.

#### Рекомендации

Объект "Горизонт-4" находится в безлюдной местности и посещается местным населением в основном в связи с охотничьим и рыбным промыслами. Кряж Чекановского привлекает туристов. В пер-

спективе, исходя из [6], предвидится активизация работ по разведке и разработке месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Для обеспечения безопасности различной деятельности в данном районе рекомендуются следующие неотложные опережающие защитные мероприятия:

- оповещение населения поселков Чекуровка, Кюсюр, Тикси и др., а также туристов о степени опасности объекта "Горизонт-4".
- расстановка постоянно действующих недорогих приспособлений для отпугивания животных от объекта.
- определение специальных требований к охотничьему, рыбному и другим видам промысла, включая геолого-разведочные и горные работы в зоне ПЯВ.
- продолжение научных исследований на базе биологической станции "Лена-Норденшельд".
   Необходимо решение, по-крайней мере, двух важных задач:
  - оценка путей и масштабов миграции радионуклидов из зоны ПЯВ "Горизонт-4". Полость этого ПЯВ и расположенный над ней столб обрушения горных пород имеют гидравлическую связь с водоносными горизонтами подземных вод, обводненными зонами разломов и трещин. В условиях интенсивной циркуляции подземных вод и газов радиоактивные продукты ПЯВ, несомненно, должны поступать в долину р. Эйээкит;
  - добротная оценка медико-биологических последствий ПЯВ "Горизонт-4"с учетом постоянного обитания не менее 17 видов фауны наземных млекопитающих.

#### Литература

- 1. Акт о проведении взрыва на объекте  $\Gamma$ -4 по заказу 2283 (проект "Горизонт"), 1051. Фонды МОП РС (Я).
- 2. Алексеев, А.А. Исследование радиационной обстановки в Булунском районе (нижнее течение р. Лена) Республики Саха (Якутия) / Радиационное загрязнение территории Республики Саха (Якутия): проблемы радиационной безопасности / А.А. Алексеев [и др.] // Сб. докладов I Республиканской научно-практической конференции (Якутск, 14 15 января 1993 г.). Якутск, 1993. С. 199 212.
- 3. Аномальная термальная зона в районе Семипалатинского испытательного ядерного полигона [электронный ресурс]. Режим доступа http://unesco.freenet.kz/econet/r-pub-semk.htm, http://www.x-libri.ru/elib/innet005/0000001.htm.
- 4. Ветров, В.А. Оценка выходов продуктов активации горных пород при реконструкции функций источника подземных ядерных взрывов / В.А. Ветров // Труды Межд. конф. "Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения". 7 9 октября 2003 г. Курчатов. Компакт-диск.
- 5. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / Отв. ред. Э. Д. Ершов. М.: Недра. 1989. 414 с.
- 6. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Серия Нижне-Ленская. R-52-VII, VIII / P.A. Биджиев. Редактор Ф.Г. Марков. Мин-во геологии СССР.
- 7. Голубов, Б.Н. Проблема ревизии Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний и возобновления мирных подземных ядерных взрывов / Б.Н. Голубов // Вестник НЯЦ РК, 2005. Вып. 2(22). С. 5 27.
- 8. Изучение дегазации полостей подземных ядерных взрывов как фактора загрязнения атмосферы Республики Саха-Якутия: промежуточный отчет / Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Центральная аэрологическая обсерватория; Б.Н. Голубов [и др.]. - Долгопрудный, 1999.
- 9. Изучение эффектов воздействия подземных ядерных взрывов на геодинамический режим недр Якутии: отчет о НИР по договору № 61 с Якутским Международным научным центром по развитию северных территорий СО РАН / Б.Н. Голубов [и др.], 2000

### НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАДИАЦИОННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА "ГОРИЗОНТ-4" (КРЯЖ ЧЕКАНОВСКОГО, ЯКУТИЯ)

- 10. Голубов, Б.Н. Геодинамические факторы загрязнения алмазодобывающего карьера "Удачный" продуктами подземного термоядерного взрыва (ПЯВ) "Кристалл" / Б.Н. Голубов [и др.] // Труды Международной конференции "Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий". Москва. 5-6 декабря 2005 г. Т.2. Радиоактивное загрязнение окружающей среды после ядерных взрывов и аварий. Мониторинг, базы данных, поля загрязнения и их динамика С-Пб.: Гидрометеоиздат, 2006, С. 208 216.
- 11. Егоров, Н.Ю. Исследование содержания гамма-излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды в районах проведения МПЯВ "Горизонт-4": Научно-технический отчет по договору № 01-05 / ООО "Кортек"; Н.Ю. Егоров, В.В. Дровников. М., 2005. 55 с.
- 12. Мелентьев, М.И. О природе региональной тепловой аномалии в районе СИП, выявленной по данным дистанционного сейсмозондирования / М.И. Мелентьев, А.Е. Великанов // Вестник НЯЦ РК, 2004. Вып. 3.
- 13. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении / В.А. Логачев [и др.] М.: Изд. АТ, 2001. 519 с.
- 14. Оценка экологического риска в связи с радиоактивным загрязнением природной среды Российской Федерации: отчет о НИР № 5.1 по плану НИР СБ РФ (заключительный); научн. рук. Академик РАН С.Т. Беляев. 1996.
- 15. Современная радиоэкологическая обстановка в местах проведения мирных подземных ядерных взрывов на территории Российской Федерации / В.А. Логачев [и др.] М.: Изд.АТ, 2005. 256 с.
- 16. Султангазин, У.М. Дистанционное зондирование температурных аномалий в районе Семипалатинского ядерного полигона / У.М. Султангазин, Э.А. Закарин, Л.Ф. Спивак О.П. Архипкин, Н.Р. Муратова, А.Г. Терехов // Доклады Министерства науки Академии наук Республики Казахстан, 1997. № 2, С. 51 54.
- 17. Miller, P. Nuclear Flashback. The Return to Amchitka. Report of Greenpeace Scientific Expedition to Amchitka Island, Alaska Site of the Largest Uhderground Nuclear Test In U.S. History / P. Miller, N. Buske //.Greenpeace. Washington, DC.1997 36 p.
- 18. Scott, M.R. Distribution of <sup>137</sup>Cs in the Lena River Estuary Laptev Sea System / M.R. Scott, Johnson-Pyrtle A. // Marine Pollution Bulletin, 2001. Vol. 42, № 10. Pp. 912 926.

## "ГОРИЗОНТ-4" АТТЫ ЖЕР АСТЫНДАҒЫ ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТЫҢ (ЧЕКАНОВСКИЙ БҰЙРАТЫ, ЯКУТИЯ) РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ҰЗАҚ ГЕОДИНАМИКЛЫҚ ЗАРДАПТАРЫ ТУРАЛЫ ЖАҢА ДЕРЕКТЕР

<sup>1)</sup>Голубов Б.Н., <sup>2)</sup>Ушницкий В.Е.

1)PFA Геосфера динамикасы институты, Мәскеу, Ресей 2)Саха Республикасы (Якутия) Табиғат қорғау министрлігі, Ресей

1975 жылы, төменгі бордың көмірлі түзілімдердегі криолитті белдемінің табанына жақын, 485,65 м. терендігінде өткізілген "Горизонт-4" атты жерастындағы ядролық жарылыс (ЖЯЖ) ландшафттар радиоактивтік ластануына және Чекановский Бұйратының жер қойнауының күйі бұзылуына себеп болған. Грунт, топырақ, өсімдіктер, жерасты суларын тексеру нәтижелері келтірілген. ЖЯЖ белдемінде отыруының техногендік мульдасы контурланған, оның пайда болуы шағылу оқиғаларымен, көмір қаттары жану және криолит белдемі қызуымен байланыстырылады. Осы мульда Семей сынау полигонындағы «Глубокая» шұңқырына ұқсас келетіні көрсетілген. Анықталған ластануын тек қана жарылыспен байланыстыруына болмайтыны көрсетілген. Әр түрлі кәсіптіктер мен жергілікті халықты қорғау бойынша іс-шаралары белгіенген.

## NEW DATA ON RADIOATION AND LONG-TERM GEODYNAMIC CONSEQUENCES OF UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSION "HORIZON-4" (YAKUTIA)

<sup>1)</sup>B.N. Golubov, <sup>2)</sup>V.Ye. Oushnitsky

<sup>1)</sup>Institute for the Dynamics of Geosphere RAS, Moscow, Russia <sup>2)</sup>Ministry of Nature Protection of Saha Republic (Yakutia), Russia

Underground nuclear explosion (UNE) "Horizon-4" in 1975 at the depth of 468.65m near base of permafrost in carboniferous sediments was the subject of radioactive contamination of landscapes and rock disturbance within Chekanovsky Range. Results of present ground, soil, vegetation, underground water research are given. Man-made subsidence trough is delineated within UNE area, which was caused by slabbing factor, underground burning of coal layers and base of permafrost heat. It was noticed that this trough had resemblance with fallen funnel "Glubokaya" within Semipalatinsk Test Site. It was also shown that revealed contamination should not be only the subject of explosions. Measures to protect different types of activities and local people were determined.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 596.551:550.34

## НЕКОТРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗАДАЧАХ СЕЙСМОМОНИТОРИНГА

#### Погода Э.В.

Северо-Осетинский филиал Геофизической службы РАН; Владикавказское отделение Института земного магнетизма ионосферы и распространения радиоволн им.Н.В.Пушкова, РАН, Владикавказ, Россия

Обсуждается необходимость изучения причинно-следственных связей сейсмических процессов естественного и искусственного происхождения с процессами, протекающими в ионосфере, для повышения эффективности технологий комплексного геофизического мониторинга.

Многолетние исследования возмущенной ионосферы показали наличие значимых причинно-следственных связей сейсмических процессов (естественного и искусственного происхождения) с возмущениями ионосферы. В многочисленных работах, например в [3 - 6], приведены результаты различных ионосферных наблюдений и их анализ. Эта информация позволяет оценить аномалии параметров ионосферы в качестве предвестников землетрясений. Обобщенные данные по результатам исследований физических характеристик ионосферы, чувствительных к землетрясениям, приведены в таблице [1, 2].

Из таблицы следует ряд закономерностей в возмущениях ионосферы, вызванных землетрясениям. Вместе с тем, полученные результаты по сейсмоионосферным связям не всегда однозначны. Многочисленные исследования реакции ионосферы на различные источники возмущений (солнечная активность, магнитные бури и т.д.) во многих случаях идентичны. В других случаях при наличии возмущений ионосферы землетрясения не происходят. Известны сильные землетрясения, перед которыми не наблюдались аномалии в ионосфере.

Таблица. Сводные данные по физическим характеристикам ионосферы, чувствительных к землетрясениям

Метод	Параметр	Высота, км	Физические характеристики	Пространственный масштаб, км	Характерное время проявления эффектов до землетрясения
Измерения на спутниках	КНЧ – ОНЧ-шумы	600 и выше	Увеличение амплитуды шумов до 20 дБ	по широте - 1000 по долготе - 5000	Несколько часов – несколько суток
ВЗ слоя F2	Суточный ход f₀F2	250 - 400	Увеличение средних ночных значений на 15 - 25%	по широте - 1000 по долготе - 5000	1 - 3 суток
ВЗ слоя F2	Суточный ход f₀F2	250 - 400	Уменьшение средних утренних значений на 10 -15%	по широте 1000 по долготе 5000	1 - 3 суток
ВЗ слоя F2	Суточный ход f₀F2	250 - 400	Возмущения с τ = 1,5 – 2,5 ч., амплиту- да 10 - 20%	в радиусе до 1000	1 - 3 суток
•	Интенсивность	000	Увеличение до 15 - 40%	в радиусе до 1000	несколько суток
Ф	свечения λ=6900 A	300	Относительный минимум	в радиусе до 200	несколько часов
	Интенсивность		Увеличение до 7%	в радиусе до 200	несколько часов
Ф	свечения λ=5577 A	100 и выше	Повышение изменчиво- сти (дисперсии) на 20 - 30 %	в радиусе до 300	несколько часов - не- сколько суток
Д	Доплеровский сдвиг $\Delta_{\rm f}$	200 - 300	Увеличение дисперсии хода на 15 -2 5% , $\Delta_{\rm f}$ (t)	в радиусе до 300	минуты - часы
В3 слоя <i>E</i> s	$f_b E_s$	100 - 300	Уменьшение на 10 - 20% . < f <sub>b</sub> E <sub>s</sub> >	в радиусе до 500	часы - сутки
В3 слоя <i>E</i> s	f <sub>b</sub> E <sub>s</sub>	100 - 130	Повышение изменчивости	в радиусе до 500	сутки
В3 слоя <i>E</i> s	Коэф. корреляции по паре станций (К)	100 - 130	Уменьшение К на 20 - 30%	в радиусе до 1000	1 - 3 суток
СДВ- просвечи- вание	Фаза сигнала	60 - 90	Сдвиг фазы до 15%	в радиусе до 1000	несколько суток

Примечание - ВЗ - вертикальное зондирование; Ф - фотометрические измерения; Д – доплеровские измерения

На рисунке 1 показаны основные факторы воздействия на ионосферу, которые подчеркивают сложный механизм и процессы, протекающие в ней. При этом известные модели не в полной мере отражают процессы, протекающие в ионосфере [8]. Аналогичная ситуация сложилась и с другими предвестниками землетрясений, хотя их количество более тысячи. Объясняется это в основном отсутствием более глубоких знаний о сейсмических процессах [9, 10]. Подобные вопросы возникают и при выделении сейсмических сигналов подземных ядерных взрывов (ПЯВ) на фоне землетрясений и других возмущений [7].

Изложенные проблемы существенно влияют на оптимальность построения геофизических сетей мониторинга, которое, как правило, носит эмпирический характер. Наиболее развитыми в настоящее время являются сети сейсмических наблюдений. Для использования ионосферных предвестников в задачах сейсмомониторинга необходимы специальные исследования. В частности, необходимо:

- продолжить работы по созданию эффективных моделей сейсмоионосферных процессов (естественного и техногенного характера);
- продолжить исследования по изучению механизмов воздействия возмущающих факторов на ионосферу с целью их идентификации;
- развивать комплексные системы диагностики. В последнем случае, по-видимому, целесообразно использовать предложенную процедуру диагностики на основе понятийно-параметрической моде-

ли (ППМ) ионосферы [11]. В состав ППМ входят структура (строение); состав; динамические процессы, волны; поля различного рода; физико-химические процессы; различные свойства среды. При этом совокупность параметров и характеристик должна быть достаточна для представления ионосферы в целом. На основе предложенной модели и существуюших методов инструментальных наблюдений сформулирована процедура диагностики, которая предполагает выбор наблюдаемых параметров; выбор методов и средств наблюдения; проведение регулярных наблюдений; определение усредненных параметров геосреды (модели); проведение сравнения наблюдаемых параметров с усредненными; разработка алгоритмов (гибридной модели) для прогноза; прогноз развития процессов в геосреде (геосферах).

Решение проблемы наблюдений параметров ионосферы — это создание системы комплексных геофизических наблюдений. При этом очень важно для каждого вида наблюдений правильно выбрать интервалы наблюдений по времени и пространству. Существенное значение в проблемах диагностики (рисунок 2) имеет изучение механизмов взаимодействия процессов в ионосфере с источниками возмущения.

При обработке результатов наблюдений основной проблемой является распознавание природы источников воздействия и выделение наиболее устойчивых параметров сферы, которые позволяют распознавать события (рисунок 2).

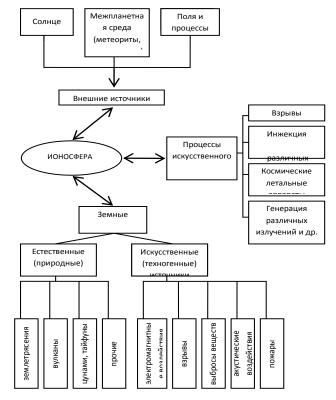


Рисунок 1. Источники, ответственные за процессы в ионосфере



Рисунок 2. Процедура диагностики ионосферы

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Липеровский, В.А. Ионосферные предвестники землетрясений / В.А. Липеровский, О.А. Похотелов, С.Л. Шалимов . М.: Наука, 1992.
- 2. Страхов, В.Н. Краткосрочный прогноз катастрофических землтетрясений с помощью радиофизических наземно-космических методов / В.Н. Страхов [и др.] // РАН, Объединенный институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта. Москва, 1998.
- 3. Иванов-Холодный, Г.С. Ионосферное прогнозирование (детерминированный подход) / Г.С. Иванов-Холодный, А.В. Михайлов. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1980.
- 4. Бирфельд, Я.Г. Об ионосферно-сейсмической связи и возможности использования ее для ионосферного прогнозирования / Я.Г. Бирфельд // Поиски предвестников землетрясений на прогностических полигонах. М.: Наука, 1974. С. 200 202.
- 5. Каримов, К.А. О некоторых ионосферно-магнитосферных и атмосферных эффектах, связанных с сейсмотектоническими процессами в Казахстане и Киргизии / К.А. Каримов // Фрунзе: ИШМ, 1990 (препринт).
- 6. Ларкина, В.И. Сейсмическая активность: электричексие и электромагнитные проявления / В.И. Ларкина // М.: ИЗМИРАН, 1991 (препринт № 22 (969).
- 7. Гохберг, М.Б. Сейсмоэлектромагнитные явления / М.Б. Гохберг, В.А. Моргунов, О.А. Похотелов // М.: Наука, 1988.
- 8. Гохберг, М.Б. Литосферно-ионосферная связь и ее моделирование / М.Б. Гохберг, С.Л. Шалимов // Российский журнал наук о Земле. 2000. Т. 2, № 2.
- 9. Соболев, Г.А. Физика землетрясений и предвестники / Г.А. Соболев, А.В. Пономарев. М.: Наука, 2003.
- 10. Завьялов, А.Д., Среднесуточный прогноз землетрясений / А.Д. Завьялов. М.: Наука, 2006.
- 11. Погода, Э.В. Комплексные системы геофизических наблюдений (диагностика геосреды) / Э.В. Погода // II Международная конференция «Морская геофизика», Геленджик, 2001.

#### СЕЙСМОМОНИТОРИНГ МІНДЕТТЕРІНДЕ ИОНОСФЕРАЛЫҚ БАҚЫЛАУЛАРЫН ПАЙДАЛАНУЫНЫҢ КЕЙБІР ПРОБЛЕМАЛАРЫ

#### Погода Э.В.

PFA Геофизикалық қызметінің Солтүстік-Осетия филиалы; PFA Н.В.Пушков атындағы Жер Магнетизмі, Ионосфера және радиотолқындар таралу институтының Владикавказ бөлімшесі, Владикавказ, Ресей

Кешенді геофизикалық мониторингі технологиясының тиімділігін жоғарылату үшін табиғи және жасанды сейсмикалық процесстерінің ионосферада өтіп жатқан процесстерімен себеп-салдардық байланысын зерделеу қажеттілігі қаралуда.

## SOME PROBLEMS OF IONOSPHERE OBSERVATION APPLICATION IN SEISMIC MONITORING TASKS

#### E.V. Pogoda

North-Ossetia Geophysical Service RAS; Vladikavkaz Branch of the Institute of Earth Magnetism of Ionosphere and radiowaves propagation named after N.V. Pushkov RAS, Vladikavkaz, Russia

The paper considers necessity to investigate cause-and-effect relation of seismic processes of natural and non-natural origin along with processes occurred in ionosphere to enhance efficiency of overall geophysical monitoring technologies.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 550.348.432

#### О ХАРАКТЕРИСТИКАХ СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА НА ПЕРИОДАХ, БЛИЗКИХ К 1.7 С, ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

#### Соколова И.Н., Михайлова Н.Н.

#### Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Для 25 тяньшаньских широкополосных сейсмических станций проведен детальный анализ динамических характеристик сейсмического шума в штормовые и спокойные дни на озере Иссык-Куль в Кыргызстане. Для всех станций во время шторма по сравнению со спокойными днями обнаружено существенное возрастание спектральной плотности сейсмического шума в диапазоне периодов от 1.3 до 2.5 с. Изучены закономерности этого возрастания в зависимости от расстояния до озера.

На Северном Тянь-Шане действует большое количество цифровых и аналоговых станций, записи которых используются для составления каталогов землетрясений, изучения строения Земли и геодинамических процессов в этом регионе. Станции расположены вблизи хребтов Заилийский Алатау, Терскей Алатау, Кетмень, Киргизского хребта и других, аппаратура установлена в основном на выходах коренных пород. Начало становления сейсмических сетей на Северном Тянь-Шане относится к 50-ым годам XX-столетия, когда на всех сейсмических станциях была установлена аналоговая аппаратура. Регистрация колебаний велась на фотобумагу, на многих станциях она остается таковой до сих пор. Обработчики сейсмограмм уже давно заметили, что в определенные периоды времени, порой более суток, на записях многих станций наблюдаются очень сильные помехи, обработка записей становится практически невозможной. На приведенном фрагменте сейсмограммы (рисунок 1) (станция Тянь-Шань, прибор СКМ, увеличение V=40000), хорошо видны микросейсмы практически с постоянным периодом около 1.5 - 2 с.

Исследователи связывали эти помехи со штормами на озере Иссык-Куль. Амплитуда микросейсм доминирует на канале С-Ю, что совпадает с направлением на озеро. В отсутствии этих помех для большинства станций характерен низкий уровень шумов, кривые спектральной плотности характерны нижнеуровневой модели Петерсона, что определяет высокую эффективность северотяньшаньских станций в сейсмическом мониторинге [1-4]. Однако во время сильных помех, эффективность как отдельных станций, так и сейсмических сетей в целом, значительно снижается. Сравнение сейсмограмм разных станций позволило сделать вывод, что эти помехи связаны со штормами на озере Иссык-Куль.

Иссык-Куль — высокогорное глубоководное озеро, его длина составляет 182 км, наибольшая ширина 58 км, средняя глубина 280 м, максимальная 702 м (примерно ближе к южному берегу от средины озера), площадь 6206 кв. км. Озеро не замерзает, штормы происходят круглый год, в среднем 24% дней в году.

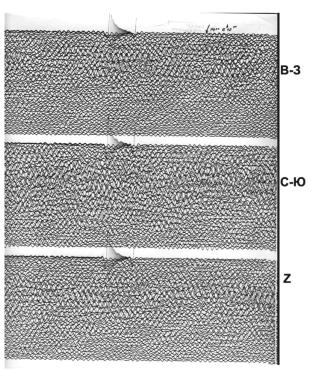


Рисунок 1. Фрагмент сейсмограммы 31.08.1982 г. Станция Тянь-Шань. Сейсмометр СКМ-3

Невозможность частотной фильтрации сигналов из-за аналоговой формы их регистрации существенно затрудняла обработку записей сейсмических событий, зарегистрированных на короткопериодных каналах во время штормов. По этой причине в периоды штормов информация о слабых землетрясениях терялась. В 1983 г. Михайловой Н.Н. была работа по изучению шумов оз. Иссык-Куль на оценку минимальной представительной величины энергетических классов К землетрясений [5], регистрируемых на Северном Тянь-Шане сетью станций СОМЭ АН КазССР. Для дней без штормов на оз. Иссык-Куль и в штормовые дни были рассчитаны значения уровня  $K_{min}$ , начиная с которых все события без пропусков включаются в каталоги землетрясений. Расчет проведен по методике, описанной в [6]. На рисунке 2 показаны области представительной регистрации землетрясений в изученные периоды. Оказалось, что эффективность системы наблюдений понижается во время штормов примерно на 2.5 - 3 единицы К. Представительная регистрация землетрясений на территории хребтов Заилийский и Кунгей Алатау

в штормовые дни возможна только для событий с  $K \ge 9.0$ , в то время как в спокойные дни без пропуска регистрируются события с K = 6.5.

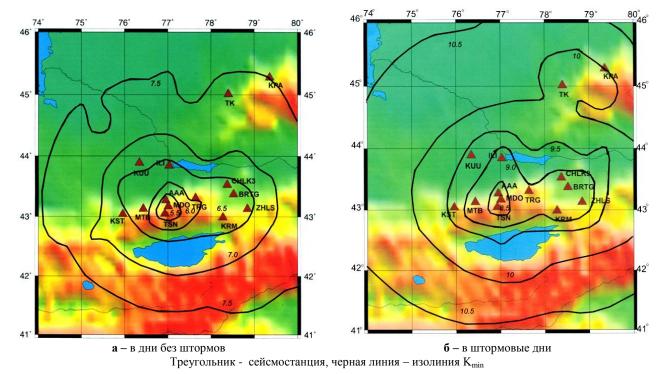


Рисунок 2. Области представительной регистрации землетрясений

С вводом в эксплуатацию, начиная с 90х годов прошлого столетия, цифровых широкополосных станций на территории Северного Тянь-Шаня появилась возможность, во-первых, детально изучить структуру наблюдаемых помех, связанных с озером Иссык-Куль, и, во-вторых, разработать методику их учета. Это, безусловно, будет способствовать повышению эффективности мониторинга сейсмических событий и сделает представительность сейсмологических каталогов более однородной для разных промежутков времени.

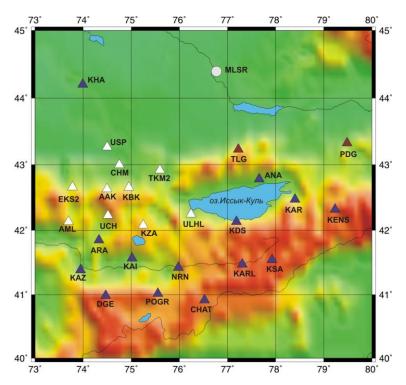
#### МЕТОДИКА И СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ

Использовались записи 25-ти цифровых сейсмических станций, установленных на территории Кыргызстана и Казахстана, расположенных в различных азимутах от озера в диапазоне расстояний 7 - 250 км (таблица 1).

На рисунке 3 показано расположение этих станций. 10 из них входят в Киргизскую телеметрическую сеть KNET [7], 13 станций были установлены в рамках проекта Чингиз (Тянь-Шань) Ренселлеровского политехнического института США (1997 - 2000) [1,8]. Станции PDG и TLG входят в состав сети Национального ядерного центра Республики Казахстан.

NºNº	Код станции	Название станции	Расстояние до озера, км	NºNº	Код станции	Название станции	Расстояние до озера, км
1	ANA	Ананьево	7.5	14	AAK	Ала-Арча	110
2	KAR	Каракол	7.5	1	KAI	Каирма	130
3	KDS	Каджисай	10	16	CHM	Чумыш	130
4	ULHL	Улахол	15	17	UCH	Учтор	130
5	TLG	Талгар	60	18	CHAT	Чатырташ	145
6	KSA	Карасай	75	19	USP	Успеновка	160
7	KARL	Караколка	75	20	EKS	Еркенсай	160
8	TKM2	Токмак	75	21	ARA	Арал	160
9	KZA	Кузарт	80	22	POGR	Пограничник	165
10	KENS	Кенсу	85	23	AML	Алмаяшу	200
11	KBK	Карагайбулак	100	24	KAZ	Казарман	225
12	NRN	Нарын	105	25	KHA	Хантау	265
13	PDG	Подгорное	110				

Таблица 1. Станции, данные которых использованы при исследованиях



Синий треугольник – станции Тянь-Шаньской сети Чингиз; белый треугольник – станции сети КNET; бордовый треугольник – станции сети НЯЦ РК, кружок – сейсмическая группа Малайсары [9]

Рисунок 3. Расположение станций, записи которых использованы для исследований

Для изучения сейсмического шума отобраны записи станций за первую половину 2000 г., поскольку в этот период работало наибольшее их количество. В это время на всех станциях сети KNET, а также на станциях ARA, CHAT и KENS использовались широкополосные сейсмометры типа STS2 (дигитайзер REFTEK72A), на остальных станциях — сейсмометры типа CMG3 (дигитайзер REFTEK72A).

Спектральная структура микросейсмических помех изучалась на основе рассчитанных спектров плотности сейсмического шума для вертикальной компоненты [1 - 3]. Выбирались 10-минутные фрагменты записей без сейсмических событий и коды далеких сильных землетрясений. Раздельно отбирались фрагменты записей в дни, когда на оз. Иссык-Куль были штормы, и в спокойные дни. Информация о штормах была получена независимо от сейсмических данных из сведений, имеющихся на станциях ОМСЭ (Опытно-методической сейсмической экспедиции) АН КР, расположенных вблизи оз. Иссык-Куль. Для анализа привлекались каталоги глобальных сетей NEIC (National Event Information Center) - каталог Геологической службы США и REB (Reviewed event bulletin) - каталог Международного центра данных Организации по Договору о

всеобъемлющем запрещениии ядерных испытаний, а также региональный интерактивный сейсмологический бюллетень Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации (ЦСОССИ ИГИ НЯЦ РК).

На записях различных станций выбирались фрагменты за одно и тоже дневное время 7 - 8 ч. GMT. Создавались выборки, состоящие не менее чем из 10 фрагментов сейсмических записей, по которым строились медианные спектры.

На рисунке 4а показаны спектральные кривые сейсмического шума по всем станциям в дни, когда на оз. Иссык-Куль не было шторма. Из рисунка видно, что влияние «нормального» волнения на озере Иссык-Куль сказывается только на записях ближайших станций - ANA, KAR, KDS и ULHL, расположенных на расстояниях до 20 км от береговой линии озера. Проявление в спектральной плотности сейсмического шума влияния озера для ближайших станций выражается в виде характерного пика в диапазоне периодов 1.3 - 2 с. Однако во время штормов на оз. Иссык-Куль для всех тянь-шаньских станций обнаружено резкое возрастание спектральной плотности сейсмического шума в том же диапазоне частот по сравнению со спокойными днями (рисунок 46).

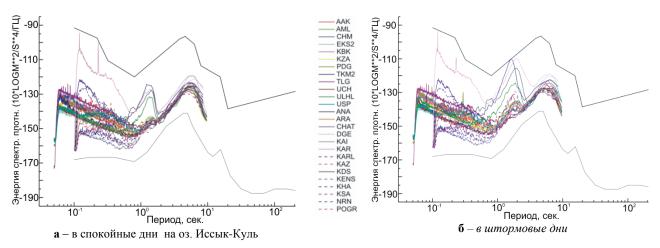


Рисунок 4. Спектральные кривые сейсмического шума на наблюдательных станциях

Ранее по данным малоапертурной сейсмической группы Малайсары, расположенной в 200 км на север от оз. Иссык-Куль (рисунок 3), которая вела регистрацию 4 - 25 октября 1987 г., были рассчитаны значения кажущейся скорости «штормовых» микросейсм, генерируемых озером [9]. Было установлено, что они изменяются в пределах от 3.5 до 7 км/с, что может свидетельствовать о том, что штормовые микросейсмы представлены в основном объемными волнами.

Для более детального анализа по каждой станции рассчитаны приращения уровня спектральной плотности шума  $\delta S$  (dB) в штормовые дни по отношению к дням без шторма. Приращение достигает 30 дБ для самых близких станций (ANA, KAR, KDS) и уменьшается по логлинейному закону (коэффициент корреляции R $\sim$ 0.96) с удалением станций от озера (рисунок 5). Для самой далекой станции Хантау ( $\Delta$ =265 км)  $\delta S$ = 3 дБ.

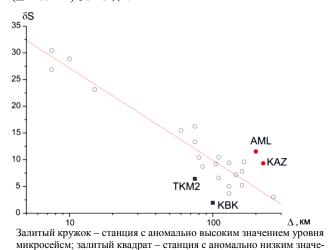
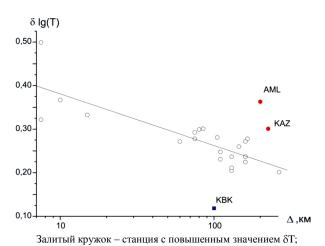


Рисунок 5. Затухание максимальной амплитуды микросейсм с расстоянием Куль в области 1.7 с при штормах на оз. Иссык-Куль

нием уровня микросейсм. Прямая – линия регрессии

Спектральный период, для которого достигается максимум δS, T0~1.73±0.17с. Для станций KBK и ТКМ2 наблюдаются низкие значения приращения уровня спектральной плотности шума δS. Наиболее вероятное объяснение этого эффекта связано с тем, что эти станции расположены вблизи от аномальной зоны Северного Тянь-Шаня [10, 11]; характеризующейся очень сильным поглощением поперечных волн в земной коре и в верхах мантии. Для двух удаленных станций AML и КАΖ, особенностью которых является расположение в эпицентральной зоне Сусамырского землетрясения и вблизи нее, наблюдаются, наоборот, высокие значения уровня микросейсм. Следует отметить, что в этом районе по результатам других исследований [11] наблюдается слабое поглощение поперечных волн для глубин 30-50 км.



залитый квадрат – станция с пониженным значением 8Т.

Прямая – линия регрессии

Рисунок 6. Изменение ширины диапазона периодов  $\delta T$  микросейсм в зависимости от расстояния до озера при штормах на оз. Иссык-Куль

Интересным является тот факт, что с удалением станций от озера частотный диапазон сигналов, связанных со штормовыми явлениями, уменьшается. Так, для близких станций увеличение спектральных амплитуд сигналов характерно для частотной полосы шириной 0.3 ед. лог., тогда как для далеких - эффект связан с периодом 1.7с ( $\pm 0.24$  ед. лог). На рисунке 6 показана зависимость от расстояния ширины диапазона периодов  $\delta(lgT)$ , на которых наблюдается увеличение уровня микросейсм во время шторма. Уменьшение диапазона с расстоянием подчиняется линейному закону. Эмпирическая зависимость  $\delta(lgT) = f(lg\Delta)$  характеризуется коэффициентом корреляции 0.83.

Самая далекая станция, на записях которой визуально выделяются штормовые микросейсмы оз. Иссык-Куль – малоаппертурная сейсмическая группа Каратау, входящая в сеть станций НЯЦ РК, расположенная на расстоянии 440 км к западу от озера [3]. Интересно, что озеро Балхаш, расположенное в Казахстане, по площади акватории значительно превосходящее Иссык-Куль и не уступающее по амплитуде морских волн и скорости ветра, не оказывает такого влияния на уровень микросейсм, регистрируемых станциями, расположенными в Казахстане. Эффект изменения уровня микросейсм во время штормов не обнаружен и для малоаппертурной группы Маканчи [3], расположенной вблизи крупного, но неглубокого озера Алаколь (Восточный Казахстан). Уникальное влияние оз. Иссык-Куль может быть объяснено тем, что во время штормов генерируются водяные стоячие волны, под воздействием которых возникают штормовые микросейсмы,

чему благоприятствует рельеф озерной впадины, большая глубина озера, а также направление ветров.

#### Выводы

- 1. Подтвержден факт снижения эффективности системы наблюдений северотяньшаньских станций во время штормов на оз. Иссык-Куль.
- 2. Для 25 широкополосных сейсмических станций, установленных на территории Кыргызстана и Казахстана, проведен детальный анализ динамических характеристик сейсмического шума в штормовые дни и в спокойные дни на оз. Иссык-Куль и получены эмпирические зависимости, связывающие приращение спектральной плотности и ширину частотного диапазона штормовых микросейсм с расстоянием до озера.
- 3. Для всех станций обнаружено резкое возрастание спектральной плотности сейсмического шума в диапазоне периодов от 1.3 до 2.5 с во время штормов по сравнению со спокойными днями. Приращение уровня спектральной плотности шума достигает 30 дБ для самых близких станций (ANA, KAR, KDS) и уменьшается с расстоянием до станций. Самой далекой станцией, ощущающей штормы оз. Иссык-Куль, является станция Каратау, расположенная примерно в 400 км от озера.
- Для объяснения эмпирически полученных результатов следует провести математическое моделирование процессов генерации микросейсм оз. Иссык-Куль с учетом рельефа всей впадины и ее горного окружения.

#### Литература

- 1. Соколова, И.Н. Модель сейсмического шума по наблюдениям сейсмической станции «Подгорное» / И.Н. Соколова, А.С. Мукамбаев // Вестник НЯЦ РК. Вып. 3. 2007 (в печати).
- 2. Синёва, З.И. Изучение динамических характеристик сейсмического шума по данным цифровых станций казахстанской сети. / З.И. Синёва, Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // Вестник НЯЦ РК: Геофизика и проблемы нераспространения. 2000. Вып. 2. С. 24 30.
- 3. Михайлова, Н.Н. Спектральные характеристики сейсмического шума по данным Казахстанских станций мониторинга / Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // Вестник НЯЦ РК. - 2006 – Вып. 2. – С. 19 – 26.
- 4. Peterson J., Observation and Modeling of Seismic Background Noise / J Peterson. [et al] // Open-File Report 93 322, Albuquerque, New Mexico. 1993. P. 42.
- 5. Раутиан, Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстояниях до 3000 км / Т.Г. Раутиан // Труды ИФЗ АН СССР. 1964. № 32 (199). С. 72 98.
- 6. Аранович, З.И. Методика расчета эффективности сетей региональных сейсмических станций на примере Кавказа / З.И. Аранович [и др.] // Вопросы оптимизации и автоматизации наблюдений. Тбилиси: Мецниерба. 1977. С. 27 57.
- 7. Vernon, F. Kyrghizstan seismic telemetry network. IRIS Newslett / F. Vernon. 1992. Vol. 11, № 1. P. 7 9.
- 8. Roecker, S. Constrain of the crust and upper mantle of the Kyrgyz Tien Shan from the preliminary analysis of Ghengiz broadband seismic data. / S. Roecker // Russian Geology and Geophysics. 2001. Vol. 42, No. 10. P 1473 1484.
- 9. Каазик, П.Б. Анализ структуры микросейсм, регистрируемых группой с малой базой, развернутой вблизи оз. Иссык-Куль / П.Б. Каазик [и др.] // Режимные геофизические наблюдения. - М.: Наука, 1990. – С. 79 – 89.
- 10. Копничев, Ю.Ф. Новые данные о геодинамических процессах в аномальной зоне Северного Тянь-Шаня: возможная подготовка сильного землетрясения / Ю.Ф. Копничев [и др.] // Вестник НЯЦ РК. 2006. Вып. 2. С 60 70.
- 11. Бакиров, А.Б. ред. Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью / А.Б. Бакиров Бишкек: Илим, 2006. 116 с.

#### СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША 1,7 С ЖАҚЫН ПЕРИОДТАРЫНДА СЕЙСМИКАЛЫҚ ШУДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ ТУРАЛЫ

#### Соколова И.Н., Михайлова Н.Н.

#### ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Қырғыстандағы Ыстық көлде дауыл және тынық күндеріндегі тяньшаньдық 25 кеңжолақты сейсмикалық станциялары үшін сейсмикалық шулардың динамикалық сипаттамаларының түбегейлі талдауы жүргізілген. Барлық станциялар үшін дауыл күндерінде тынық күндерімен салыстырғанда 1,3 – 2,5 с. периодтар ауқымында сейсмикалық шудың спектрлік тығыздылығы едәуір көтерілуі, сондай-ақ, қашықтығына байланысты, логсызықтық заңы бойынша кемуі анықталған.

## CHARACTERISTICS OF SEISMIC NOISE AT PERIODS NEAR 1.7S ACCORDING TO DATA OF STATIONS LOCATED IN NORTHERN TIEN SHAN

#### I.N. Sokolova, N.N. Mikhailova

#### Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

Detailed analysis of dynamical characteristics of seismic noise in storm days and calm days in Issyk Kul Lake was done for 25 broadband seismic stations installed on the territory of Kyrgyzstan. All stations show sharp increase of spectral density of seismic noise in periods range from 1.3 to 2.5 s during storm days in comparison with calm days, and show decrease with distance according to logarithmic linear law.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 550.34:621.039.9

#### АНАЛИЗ МАГНИТУДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КАРАТАУ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ И ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЯХ

#### Синёва З.И., Михайлова Н.Н.

#### Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Приведены результаты оценки эффективности сейсмической группы Каратау, для чего построены и проанализированы карты минимальных магнитуд, графики дальности регистрации, графики повторяемости сейсмических событий с различными магнитудами. Установлены уровни представительных магнитуд и показано, что сейсмическая группа Каратау уступает сейсмической группе PS23-Маканчи по эффективности регистрации сейсмических событий и на телесейсмических, и на региональных расстояниях. Так, для станции Каратау значение параметра  $\Delta m$ , характеризующего переход от предельных минимальных значений магнитуды событий к значениям представительной магнитуды событий, регистрируемых на данном расстоянии, превышает 1 единицу магнитуды, в отличие от значений  $\Delta m \sim (0.3-0.5)$  единиц магнитуды, полученных для станции PS23-Маканчи как на телесейсмических, так и на региональных расстояниях.

В [1] приведены результаты анализа чувствительности сейсмической группы PS23-Маканчи на телесейсмических и региональных расстояниях, полученные по результатам исследований в 2004 г. В 2006 г. исследования продолжены применительно к другой сейсмической группе – Каратау, в составе сети, находящейся под управлением Института геофизических исследования Национального ядерного центра РК.

Сейсмическая группа Каратау (ККАR) является относительно новой станцией. Она построена в конце 2001 г в соответствии с Соглашением от 18.11.1997 г. между Республикой Казахстан и Соединенными Штатами Америки об установке и эксплуатации в Казахстане станций сейсмического мониторинга ядерных испытаний. Данные этой станции, начиная с января 2002 г., то есть, практически с самого начала их регулярного поступления и обра-

ботки в Центре сбора и обработки специальной сейсмической информации (ЦСОССИ), используются при составлении интерактивного сейсмического бюллетеня ЦСОССИ.

Сейсмическая группа расположена в юго-западном Казахстане и имеет координаты: 43.1034° северной широты и 70.5115° восточной долготы (рисунок 1а) [2]. По конфигурации она аналогична сейсмическим группам PS23-Маканчи и Акбулак [1, 3]. В ее составе 9 однокомпонентных и один трехкомпонентный скважинные сейсмометры. Радиус внутреннего кольца, образуемого тремя однокомпонентными вертикальными сейсмометрами, составляет примерно 500 м, радиус внешнего кольца, образуемого пятью однокомпонентными вертикальными сейсмометрами, составляет примерно 2 км (рисунок 1б). Трехкомпонентный сейсмометр и один однокомпонентный сейсмометр и один однокомпонентный сейсмометр в центре группы.

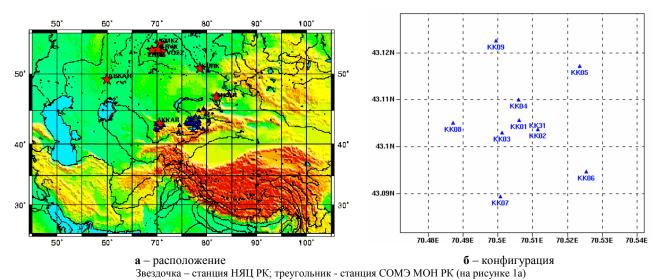


Рисунок 1.Сейсмическая группа Каратау (ККАК)

При исследовании магнитудной чувствительности станции Каратау на региональных расстояниях использована магнитуда по объемным волнам тру, определяемая по номограмме Михайловой Н.Н., Неверовой Н.П. [5]. Для изучения эффективности станции на телесейсмических расстояниях использованы данные бюллетеня REB (Reviewed event bulletin), составляемого в Международном центре данных (г. Вена), а на региональных расстояниях - данные сводного бюллетеня ЦСОССИ.

### Анализ чувствительности сейсмической группы Каратау на телесейсмических расстояниях

Анализ чувствительности сейсмической группы Каратау на телесейсмических расстояниях проведен по схеме, близкой к той, что была применена для сейсмической группы PS23-Маканчи [1]. При этом использованы данные бюллетеня REB за первые шесть месяцев 2004 г., из которого отобраны промежутки времени с устойчивым функционированием сейсмической группы Каратау. С помощью программы "dbpick, входящей в пакет программ DATASCOPE, используемый при рутинной обработке данных, произведено ассоциирование событий из бюллетеня REB с волновыми записями станции Каратау. Ассоциирование проведено только по перво-

му вступлению волны (по фазам Pn, P, PKP, PKiKP и др.). После предварительного отбора вступлений выполнена дополнительная их отбраковка. Для этого с помощью программы EP (NORSAR) методом f-k анализа определены азимуты подходов всех отобранных фаз, проведено сравнение наблюденных азимутов с их теоретическими значениями, полученными исходя из координат событий, приведенных в бюллетене REB. При разнице между наблюденными и теоретическими значениями азимутов, превышающей 25°, вступления отбраковывались. По этой методике для дальнейшего анализа отобрано 2 514 событий, зарегистрированных станцией Каратау за первое полугодие 2004 г., тогда как бюллетень REB за тот же период времени содержал 7711 событий.

На первом этапе исследований была проверена способность группы Каратау регистрировать события при самых благоприятных условиях. Для этого построена карта событий с минимальными магнитудами, которые смогла зарегистрировать станция Каратау (рисунок 3). Территория земного шара была разбита на ячейки, размером 1х1 градус. Из каталога REB за исследуемый период отобраны события, зарегистрированные станцией. Далее среди сейсмических событий, попавших в каждую из ячеек, отобраны события с минимальной магнитудой mb.

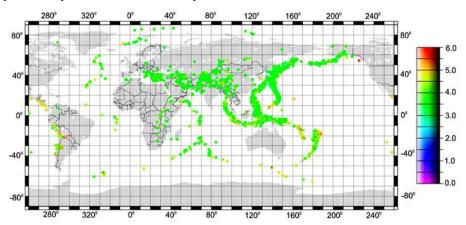


Рисунок 3. Карта минимальных магнитуд событий из REB за первую половину 2004 г., зарегистрированных станцией Каратау

Из рисунка 3 видно, что при благоприятных условиях станция Каратау может регистрировать события, произошедшие на материках Евразия и Африка, даже с магнитудой 3 — 3.5. В то же время, станция Каратау менее чувствительна к событиям, происходящим в Северной и Южной Америке. Чтобы оценить чувствительность станции Каратау к событиям в различных регионах земного шара, для каждого из 50 сейсмических регионов определено общее число событий из бюллетеня REB, а также число событий, зарегистрированных станцией. На ри-

сунке 4 дано сравнение количеств этих событий по каждому из регионов.

Статистическая информация по количеству зарегистрированных событий в каждом из 50 сейсмических регионов приведена в таблице 1.

Для большей наглядности, также как для станции PS23-Маканчи, построена карта (рисунок 5), на которой для каждого региона показаны значения отношения числа событий из REB, в которых участвуют данные станции Каратау, к общему числу событий, помещенных в REB.

## АНАЛИЗ МАГНИТУДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КАРАТАУ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ И ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЯХ

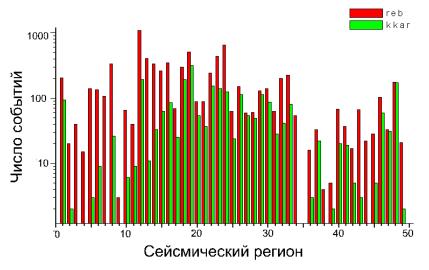


Рисунок 4. Сравнение числа событий из REB и зарегистрированных станцией Каратау (KKAR) для каждого из 50 сейсмических регионов земного шара

Таблица 1. Сравнение числа событий из REB с числом событий, зарегистрированных станцией Каратау, по регионам мира. Первая половина 2004 г.

Сейсми- ческий	Число (	событий		ительная итуда	Сейсми- ческий	Число с	обытий		ительная итуда
регион	из REB	в т.ч. по Каратау	по REB	в т.ч. по Каратау	регион	по REB	в т.ч. по Каратау	по REB	в т.ч. по Каратау
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	26	150	114	3.8	3.8
2	204	94	3.5	3.8	27	59	54	3.8	3.8
3	20	2	_	_	28	60	49	4.5	4.5
4	40	0	_	_	29	128	113	4.3	4.3
5	15	0	_	-	30	138	86	3.7	3.9
6	140	3	_	_	31	63	28	3.7	4
7	135	9	_	_	32	202	41	4	4.5
8	106	1	_	_	33	226	81	4	4.3
9	332	26	3.8	4.8	34	54	0	_	_
10	3	0	_	_	35	0	0	_	_
11	65	6	_	_	36	16	3	_	_
12	40	9	_	_	37	33	22	4	4.5
13	1096	193	4.4	4.8	38	4	0	_	_
14	408	11	_	_	39	5	2	_	_
15	334	33	4	5	40	68	20	3.8	4.4
16	262	63	3.8	4.5	41	37	19	3.8	4.2
17	349	85	4	4.5	42	17	5	-	-
18	69	25	3.8	4.2	43	67	3	_	-
19	298	194	4	4	44	22	1	_	-
20	509	318	3.7	3.9	45	28	5	_	-
21	88	54	3.7	3.9	46	103	59	3.8	4.2
22	89	37	4	4.2	47	33	31	3.7	3.7
23	244	154	4	4	48	176	172	3.7	3.7
24	437	138	3.8	4	49	21	2	_	_
25	655	125	3.8	4.5	50	0	0	_	-

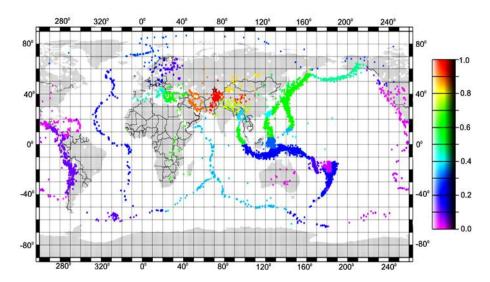


Рисунок 5. Карта значений отношения событий из каталога REB, зарегистрированных станцией Каратау, к общему числу событий из REB в данном сейсмическом регионе

Из рисунка 5 видно, что станция Каратау эффективно обнаруживает только события, происходящие в ее окрестностях (значение отношения близко к единице - красный цвет). Уже на расстояниях  $30-40^{\circ}$ , станция регистрирует только половину событий, вошедших в бюллетень REB (значение отношения до 0.5 – зеленый цвет), а на более далеких расстояниях ее чувствительность падает еще больше (значение отношения до 0.1-0.3 - синий и фиолетовый цвет).

На втором этапе исследований проведено определение магнитуды события для данного региона,

при которой события регистрируются представительно, без пропусков. Для этого построены кумулятивные графики повторяемости событий для каждого из тех сейсмических регионов, по которым было найдено более 20 событий, зарегистрированных станцией Каратау. Такое ограничение было введено для обеспечения статистически значимого количества событий. На рисунке 6 в качестве примера приведены кумулятивные графики повторяемости событий для двух сейсмических регионов — № 22 (Филиппины) и № 12 (острова Тонго).

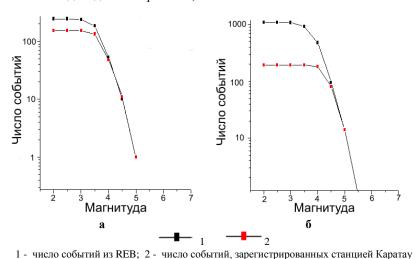


Рисунок 6. Кумулятивные графики повторяемости событий за первую половину 2004 г. для двух сейсмических регионов на телесейсмических расстояниях: а – 22-го (Филиппины); б – 12-го (острова Тонго)

Графики позволили определить представительные магнитуды для бюллетеня REB и для станции Каратау по каждому сейсмическому региону. Поскольку для станции Каратау магнитуды определялись по событиям, вошедшим в REB, они не могут быть меньше представительных магнитуд бюллете-

ня REB. Из этого следует, что, если для какого-либо региона представительные магнитуды для REB и для станции Каратау совпадают, то это означает, что представительная магнитуда событий для станции Каратау по этому региону, равна или меньше, чем для REB. В столбцах 4 - 5, 9 - 10 таблицы 1 приведе-

ны значения представительной магнитуды, полученные по графикам повторяемости для REB и для станции Каратау. Из таблицы можно видеть, что представительные магнитуды по REB и по станции Каратау совпадают всего лишь для 8 регионов из 50, тогда как для станции PS23-Маканчи [1] уровни представительной магнитуды совпадают по 27 сейсмическим регионам. Это свидетельствует о том, что станция Каратау проявляет относительно невысокую чувствительность при регистрации событий на телесейсмических расстояниях по сравнению со станцией PS23-Маканчи.

## АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КАРАТАУ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ

Для определения магнитудной чувствительности станции Каратау на региональных расстояниях использованы данные сводного бюллетеня ЦСОССИ за 2004 – 2005 гг., согласно которому за этот период станция зарегистрировала 8435 событий. Это наибольшее количество сейсмических событий за анализируемый период по сравнению с остальными станциями сети НЯЦ РК, что является следствием расположения станции Каратау в высокоактивном в сейсмическом отношении районе.

Для оценки возможностей группы Каратау при регистрации сейсмических событий на региональных расстояниях построена карта минимальных магнитуд, приведенная на рисунке 7. Способ построения карты аналогичен вышеописанному для телесейсмических данных, но исследуемая территория была разбита на ячейки, размером 0.5×0.5 градуса. В каждой ячейке путем перебора выбраны землетрясения из сводного

бюллетеня ЦСОССИ (2004 – 2005 гг.), в которых участвовали данные станции Каратау.

Как и в [1], наиболее низкие магнитуды наблюдаются в непосредственной близости от станции. По мере удаления от нее уровень минимальных магнитуд зарегистрированных землетрясений растет. На границах исследуемого региона уровень минимальных регистрируемых магнитуд увеличивается вплоть до 4 единиц магнитуд. Обращает на себя внимание то, что на построенной карте практически отсутствуют события северо-западной и западной части Казахстана, т.е. станция Каратау является малочувствительной к событиям из данного региона.

По рисунку 7 можно судить также о предельной возможности станции регистрировать сейсмические события, (то есть, о регистрации событий в самых благоприятных условиях).

Для более полного представления о возможностях станции необходимо иметь информацию не только о предельных магнитудах сейсмических событий, но и определить уровень магнитуд событий, регистрируемых станцией без пропусков, т.е. уровень представительной магнитуды для данной станции на данном расстоянии. При решении этой задачи весь район вокруг станции был разбит на концентрические зоны (рисунок 8), для каждой из которых составлены выборки сейсмических событий. При этом в выборку входили события, удовлетворяющие следующим условиям: 1 - событие включено в бюллетень ЦСОССИ за 2004 – 2005 гг. и одновременно зарегистрировано станцией Каратау; 2 - событие располагалось в одной из 9 зон вокруг станции Каратау: первой - на расстоянии 0 - 1 градуса, второй – на расстоянии 1 – 2 градуса и т.д.

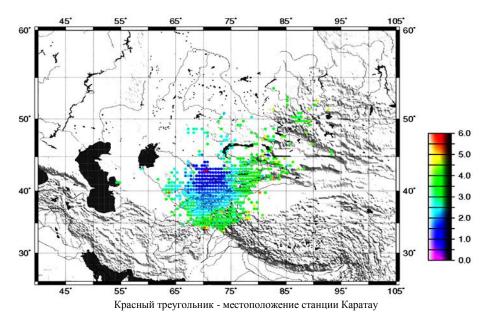


Рисунок 7. Карта минимальных магнитуд сейсмических событий, зарегистрированных станцией Каратау по данным сводного сейсмического бюллетеня ЦСОССИ за 2004 - 2005 гг.

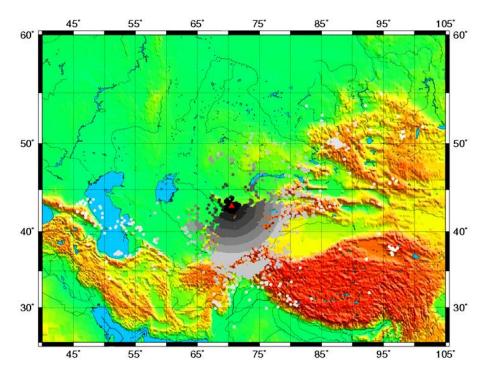


Рисунок 8. Концентрические зоны вокруг станции Каратау, из которых отбирались события для определения уровня представительной магнитуды

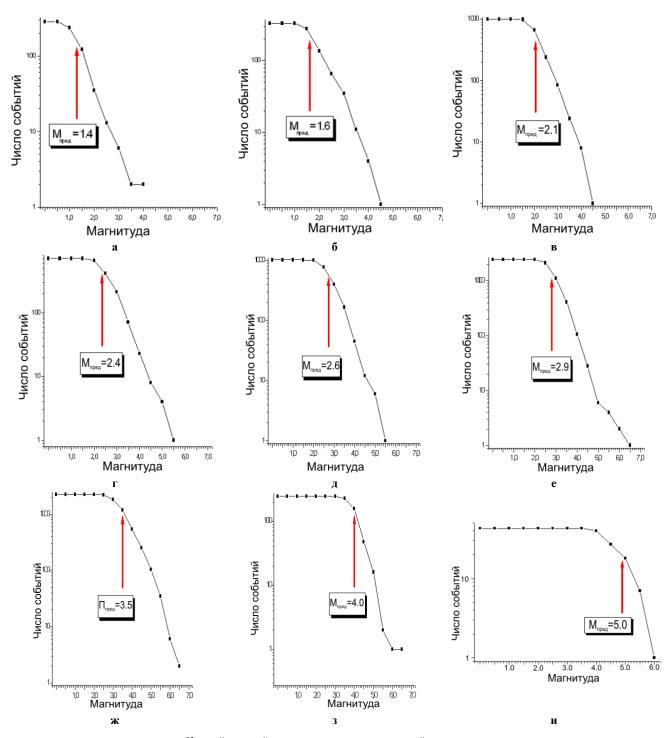
В таблице 2 приведены расстояния от станции Каратау по каждой зоне, а также количество отобранных событий (столбцы 3, 8), попавших в соответствующую зону (от 44 до 2276).

Для каждой из девяти зон построены кумулятивные графики повторяемости, по которым определен уровень представительной магнитуды для каждой из зон. Графики повторяемости событий для каждой зоны, наряду со значениями полученного на их основе уровня представительной магнитуды, приведены на рисунке 9.

Результаты определения значений уровня представительной магнитуды приведены в столбцах 4 и 9 таблицы 2. Практически для всех региональных расстояний для станции Каратау получены более высокие по сравнению со станцией PS23-Маканчи (столбцы 5, 10 таблицы 2 [1]) уровни представительной магнитуды, что говорит о более низкой чувствительности станции Каратау по сравнению со станцией PS23- Маканчи на региональных расстояниях.

Таблица 2. Сведения о представительной магнитуде регистрируемых событий на региональных расстояниях

Nº	Расстояние	Кол-во	Представительная магнитуда		Nº	Расстояние	Кол-во	Представительная магнитуда		
зоны	(градусы)	событий	Каратау	PS23- Маканчи	зоны	(градусы)	событий	Каратау	PS23- Маканчи	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0 – 1	341	1.4	1.0	6	5 – 6	2458	2.9	2.5	
2	1 – 2	332	1.6	1.5	7	6 – 10	2276	3.5	3	
3	2 – 3	1007	2.1	1.7	8	10 – 17	249	4	3.8	
4	3 – 4	714	2.4	2.0	9	17 – 25	44	5	-	
5	4 – 5	1014	2.6	2.3						



Красной стрелкой указан уровень представительной магнитуды

Рисунок 9.Станция Каратау. Кумулятивные графики повторяемости событии, построенные для окружающих зон с радиусами (град): a - (0 - 1); 6 - (1 - 2); 8 - (2 - 3); 2 - (3 - 4); d - (4 - 5); e - (5 - 6); w - (6 - 10); 3 - (10 - 17); u - (17 - 25)

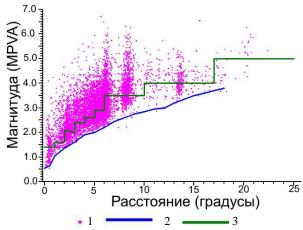
На рисунке 10 приведен сводный график зависимости магнитуды зарегистрированных событий от расстояний построенный для выяснения того, насколько представительная магнитуда превышает уровень минимальной магнитуды для станции Каратау, по сводному бюллетеню ЦСОССИ.

Сопоставление уровней минимальной и представительной магнитуды для станции Каратау выявило отличие с результатами для станции PS23-Маканчи. Для станции Каратау наблюдается значительная (1 единица магнитуды и более) разница между уровнем представительной магнитуды и уровнем минимальной магнитуды, тогда как для станции PS23-

Маканчи эта разница на расстояниях до 1000 км составляла 0.3-0.5 единиц магнитуды.

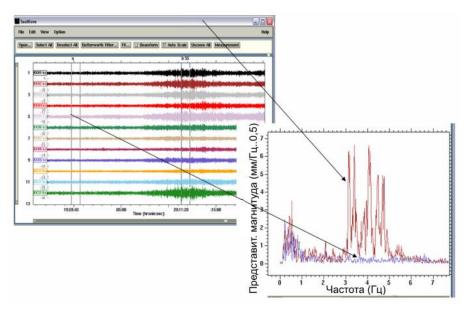
Данное расхождение может быть объяснено следующим образом. При обработке сейсмических данных, полученных станцией Каратау, замечено периодическое возникновение сильного шумового сигнала, который, по всей вероятности, носит несейсмический характер. На рисунке 11 приведен пример такого сигнала, а также его спектр Фурье.

При отсутствии таких помех станция Каратау демонстрирует неплохую чувствительность и может регистрировать относительно слабые события. Но при наличии подобного рода помех, чувствительность станции резко ухудшается. Из-за этих помех наблюдаются пропуски в регистрации относительно слабых событий, что и приводит к повышению уровня представительной магнитуды.



1 – событие из сводного бюллетеня ЦСОССИ; 2 – огибающая уровня минимальной магнитуды; 3 - представительная магнитуда

Рисунок 10. График предельной и представительной дальности регистрации сейсмических событий станцией Каратау



Слева - вид помехи на сейсмической записи; справа - сравнение спектра Фурье записи, свободной от помехи (синий цвет) и спектра помехи (коричневый цвет)

Рисунок 11. Станция Каратау. Пример регистрируемых помех

#### Выводы

Для оценки эффективности сейсмической группы Каратау проведен ряд процедур: построены карты минимальных магнитуд, графики дальности регистрации, графики повторяемости сейсмических событий с различными магнитудами. На их основе установлены уровни представительных магнитуд для телесейсмических и региональных расстояний. Установлено, что для станции Каратау значения параметра  $\Delta m$ , характеризующие переход от предель-

ных минимальных значений магнитуд событий, регистрируемых на данном расстоянии, к представительным магнитудам регистрируемых событий превышают 1 единицу магнитуды, что отличается от значений, полученных для станции PS23-Маканчи (0.3 – 0.5 единиц магнитуды). По полученным данным сделан вывод, что сейсмическая группа Каратау уступает в эффективности регистрации сейсмических событий группе PS23-Маканчи как на телесейсмических, так и на региональных расстояниях.

### АНАЛИЗ МАГНИТУДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КАРАТАУ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ И ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЯХ

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Михайлова, Н.Н. Оценка эффективности сейсмической группы PS-23 Маканчи при регистрации региональных и телесейсмических событий / Н.Н. Михайлова Н.Н., З.И. Синева // Вестник НЯЦ РК: Геофизика и проблемы нераспространения., 2004. Вып 2(18). С. 104 110.
- 2. Марченко, В.Г. Новая сейсмическая группа «Каратау» в Казахстане / В.Г. Марченко, А.И. Неделков, И.И. Комаров // Вестник НЯЦ РК. 2002. Вып. 2. С. 9 13.
- 3. Тейнор, Л. Новая сейсмическая группа Акбулак: выбор места размещения, аппаратура, система коммуникаций. Геофизика и проблемы нераспространения / Л.Тейнор [и др.] / Вестник НЯЦ РК, 2004. Вып. 2 (18). С. 5 12.
- 4. Михайлова, Н.Н. Калибровочная функция δ(Δ) для определения магнитуды MPVA землетрясений Северного Тянь-Шаня. Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне / Михайлова, Н.П. Неверова // Алма-Ата: Наука, 1986. – С. 38 – 44.

#### ҚАРАТАУ СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОБЫНЫҢ АУМАҚТЫҚ ЖӘНЕ ТЕЛЕСЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАШЫҚТЫҚТАРЫНДА МАГНИТУДАЛЫҚ СЕЗГІШТІГІН ТАЛДАУ

#### Синёва З.И., Михайлова Н.Н.

#### ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Қаратау сейсмикалық тобының тиімділігін бағалау нәтижелері келтірлген, ол үшін минималь магнитудалар картасы, тіркеу қашықтығының кестелері, әр магнитудасы бар сейсмикалық оқиғалардың қайталану кестелері жасалып талданылған. Өкілдік магнитудалар деңгейлері анықталған және Қаратау сейсмикалық тобы телесейсмикалық және аумақтық қашықтықтарында сейсмикалық оқиғаларын тіркеу тиімділігі бойынша PS23-Мақаншы сейсмикалық тобынан төмен болуы көрсетілген. Қаратау станциясы үшін оқиғалардың магнитудасының шекті минималь мәнінен оқиғалардың өкілдік магнитудасының мәндеріне өтуін сипаттайтын параметрі  $\Delta$ т магнитуданың 1 бірлігінен асады, ал PS23-Мақаншы станциясы үшін  $\Delta$ т ~ (0.3-0.5) магнитуданың бірлігі.

## ANALYSIS OF THE MAGNITUDE SENSITIVITY FOR KARATAU SEISMIC ARRAY AT REGIONAL AND TELESEISMIC DISTANCES

#### Z.I. Sinyova, N.N. Mikhailova

#### Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

This paper presents efficiency assessment results of Karatau seismic array for this purpose minimal magnitude maps, graphs of distant recording, recurrence graphs of seismic events with various magnitudes were plotted and analyzed. Representative magnitude levels were determined and it was showed that Karatau seismic array gave way to PS23-Makanchi in terms of seismic events recording efficiency both at teleseismic and regional distances. For Karatau station parameter value that stands for transition from utmost minimal magnitude values of an event to values of representative magnitude, which are recorded at this distance,  $\Delta m$  increases 1 magnitude unit, in contrast to  $\Delta m$  value  $\sim (0.3-0.5)$  magnitude units for PS23-Makanchi.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 550.344

#### ПОСТРОЕНИЕ ГОДОГРАФА ДЛЯ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА ПО ЗАПИСЯМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

#### Соколова И.Н.

#### Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

По записям промышленных ядерных взрывов, произведенных в советское время на территории Западного Казахстана и Прикаспийской впадины, построен годограф для западной части Казахстана. Проведено его сравнение с годографами, построенных по данным ГСЗ для южного Урала, Мугоджар и района Прикаспийской впадины (В.И. Шацилов, 1993), а так же с мировым годографом IASPEI91.

#### Введение

В последние годы на территории Казахстана создана и функционирует новая цифровая сеть сейсмических станций Национального ядерного центра РК. Пять станций этой системы включены в Международную сеть мониторинга IMS, три - в глобальную сеть сейсмических наблюдений GSN [1]. Данные сети НЯЦ РК активно используют при составлении различных сейсмологических бюллетеней, как региональных, так и глобальных. Это относится к станции Актюбинск (AS059) и сейсмической группе Акбулак в Западном Казахстане, которые введены в эксплуатацию сравнительно недавно - в 2005 г. и 2003 г., соответственно. Данные этих станций используют для составления оперативного бюллетеня, в службе срочных донесений, в решении других задач, в составе которых, в частности, - определение местоположения и глубины события.

В практике определения положения гипоцентра сейсмического события в настоящее время используется скоростная модель IASPEI91 (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior) [2]. Однако при рутинной обработке событий из района Западного Казахстана и Каспийского региона было отмечено существенное различие наблюденных времен вступлений основных региональных фаз, по сравнению с расчетными временами вступлений, полученными на базе модели IASPEI91. Отсутствие подходящей скоростной модели для этой территории в конечном итоге приводит к существенным погрешностям при локализации событий. Для построения уточненного годографа необходимо большое количество сейсмических событий с хорошо известными координатами и временем в очаге, а Западный Казахстан является слабосейсмичным районом. Отметим, что для рассматриваемого района существуют скоростные сейсмические модели, разработанные в казахстанском Институте сейсмологии на основе интерпретации и обобщения ретроспективных фондовых и опубликованных материалов глубинных сейсмических зондирований по системе профилей [3, 4], однако эти модели не были апробированы на конкретных событиях, не проведено их сравнение с другими годографами.

В связи со всем перечисленным построение регионального годографа для Западной части Казахстана представляет большой научный и практический интерес. Данная работа посвящена построению годографа на региональных расстояниях по записям промышленных ядерных взрывов (ПЯВ), произведенных в советское время на территории Западного Казахстана и Прикаспийской впадины, для которых координаты и время в очаге известны с достаточно высокой точностью.

#### ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве исходных материалов использовались сейсмограммы с записями промышленных ядерных взрывов, накопленные в архивах Комплексной сейсмологической экспедиции Института физики Земли Российской Академии наук (ИФЗ АН СССР) и Сейсмологической опытно - методической экспедиции (СОМЭ) МОН РК, а также цифровые записи сейсмической станции НЯЦ РК BRVK - Боровое. Для изучения кинематических характеристик различных волновых сейсмических групп на региональных расстояниях были отобраны промышленные ПЯВ, произведенные в бывшем СССР в 1966 - 1987 гг. на территории прикаспийской впадины, Центрального Казахстана и Западного Казахстана в районе, ограниченном координатами 40-50°N, 45-65°E [5-7] (рисунок 1). Всего выбрано 29 событий с магнитудами 4.5 - 6.0. Трассы от событий на станции пересекали Западный Казахстан и Прикаспийскую впадину, при этом эпицентральные расстояния для всех событий составляют менее 2000 км (рисунок 2).

Для анализа были использованы записи станций, расположенные на территории Северо-Западного Казахстана (Новотроицкое), Северного Казахстана, (на Кокчетавском щите - Кустанай, Арык-Балык, Красный Кордон, Макинка, Алабота, Джукей, Кошкарбай, Зеренда, Веденовка, Восточный, Чкалово, Боровое), Центрального Казахстана (Чимкент) и Центральной Азии (Зеравшан, Ургут, Нукус) (рисунок 1).

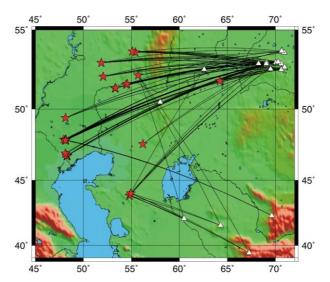


Рисунок 1. Трассы от ПЯВ (звездочки) до станций (треугольники), зарегистрировавших эти события

По архивным данным собраны сведения о координатах станций, времени их работы, типе аппаратуры и ее характеристиках. Точность определения координат для разных станций оказалась различной, поскольку для их определения использовались приборы GPS, топографические карты разного масштаба, в некоторых случаях – географические карты.

Сейсмическая аппаратура на станциях была разного типа - приборы РВЗТ и КСЭ (сейсмоприемники СМ-2), СКМ, СКД [8]. Регистрация на каналах РВЗТ и КСЭ проводилась на простую бумагу чернильным способом, а на СКМ и СКД — на фотобумагу. Для приборов РВЗТ, СКМ и СКД регистрировались три компоненты сейсмических колебаний, для КСЭ — одна вертикальная компонента. На станции Боровое использовалась цифровая аппаратура КОД, СЦР-СС, СЦР-ТСГ [9 - 11] с сейсмометрами СКМ-3.

#### МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЗА-ПИСЕЙ

Времена вступлений в группах продольных и поперечных волн на записях аналоговых станций определялись с меньшей точностью, чем для цифровой станции. Это связано с тем, что на аналоговых лентах точность определения времен вступлений существенным образом зависит от развертки сейсмограммы, типа регистрирующей аппаратуры и чувствительности станции. Кроме того, невозможность частотной фильтрации также ухудшает качество обработки.

Для правильной интерпретации волновой картины на аналоговых сейсмограммах предварительно на основании данных о координатах взрывов и регистрирующих станций рассчитывались эпицентральные расстояния. Далее для ориентировки в типах сейсмических волн на данном эпицентральном расстоянии использовался годограф КСЭ. Этот годограф был составлен на основании материалов, полученных на профиле сейсмических станций, расположенных по профилю Памир – р. Лена [12].

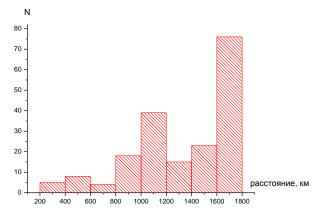


Рисунок 2. Гистограмма распределения эпицентральных расстояний

Следует отметить, что узкополосные каналы типа КСЭ, РВЗТ и СКМ, записи которых были использованы, не дают возможности в полной мере проанализировать волновую картину. Они фильтруют приходящий сейсмический сигнал в соответствии со своей характеристикой. На больших расстояниях записи искажены сильнее, поскольку спектр колебаний с расстоянием смещается в более длиннопериодную область, выходящую за полосу пропускания прибора. Волны S(Lg) характеризуются более длиннопериодными колебаниями, чем Р- волны, поэтому при больших расстояниях их труднее выделить и часто даже невозможно это сделать правильно. По этой причине, ошибки во временах вступлений для волн Sn и Lg значительно выше, чем для Р- волн, разброс данных по поперечным волнам также значительно больше, чем для продольных.

Определение времен вступлений проводилось по конкретным вступлениям, отмечаемым на записях. Составлялись таблицы времен вступлений всех выделенных фаз по каждому типу аппаратуры для данной станции. Архивные записи сейсмической станции Боровое на магнитных лентах были переведены предварительно в современный формат CSS3.0 [13]. Использование цифровых сейсмических записей станции Боровое для построения годографа позволило обеспечить большую точность определения времен при замерах [10, 11].

Визуализация и расстановка времен вступлений на записях проводилась при помощи программного обеспечения DATASCOPE [13]. На рисунке 3 показан пример использованной записи станции BRVK - Боровое ядерного взрыва 10.26.1973 (Кама - 2), произведенного в Башкирии.

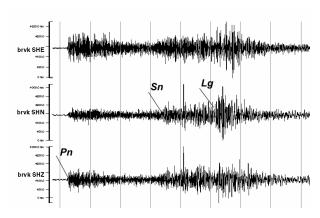


Рисунок 3. Сейсмограмма подземного ядерного взрыва  $10.26.1973,\ \varphi=53.65\,^\circ,\ \lambda=55.40\,^\circ.$  Станция BRVK - Боровое

## ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ВОЛНОВЫХ ГРУПП НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ

По результатам замеров были рассчитаны времена пробега основных региональных фаз и построены годографы. Для каждой региональной фазы были рассчитаны уравнения линейной регрессии (рисунок 4):

$$t(Pn) = 10.28 + 0.12 * \Delta, R = 0.999$$
 (1)

$$t(Sn)= 14.71+0.21* \Delta, R=0.998$$
 (2)

$$t(Lg) = -3.54 + 0.29 * \Delta, R = 0.999,$$
 (3)

где R - коэффициент корреляции.

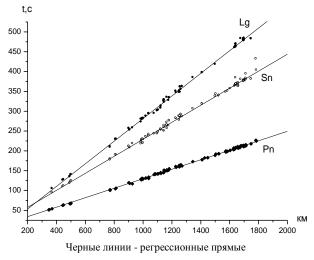


Рисунок 4. Годограф основных региональных фаз Pn, Sn и Lg, построенный по записям ПЯВ

Проведено сравнение годографа, построенного по записям ПЯВ, с двумя годографами Шацилова В.И., построенными по данным ГСЗ для двух разных районов Западного Казахстана.

Годограф «Шацилов-1» построен для территории Южного Урала и Мугоджар [3, 4]. На севере этот район охватывает часть России, для лучшего использования имевшихся надежных данных о скоростях в земной коре, на западе - граничит с Прикаспийской впадиной, на востоке – с Торгайским про-

гибом. В пределах данного района мощность земной коры изменяется от 42 км до 50 км, среднее ее значение равно 46 км. На рисунке 5 сопоставлены годограф «Шацилов-1» и новый годограф, построенный с использованием записей промышленных ПЯВ.

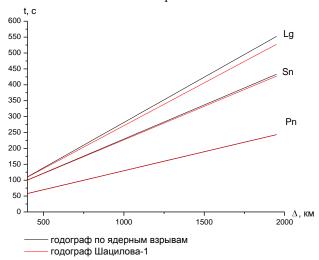


Рисунок 5. Сравнение годографа, построенного по записям ПЯВ и годографа «Шацилоа – 1», построенного для территории южного Урала и Мугоджар (для глубины 0 км)

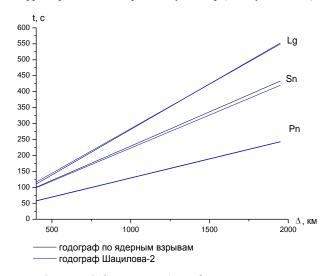


Рисунок 6. Сравнение годографа, построенного по записям ПЯВ и годографа «Шацилов – 2» для района Прикаспийской впадины (для глубины 0 км)

Как видно из сопоставления, значения скоростей по Pn- и Sn- волнам практически совпадают, тогда как скорость Lg-волны годографа, построенного по записям промышленных ПЯВ, значительно ниже, чем по годографу, построенному по данным ГСЗ.

Годограф «Шацилов-2» получен для района Прикаспийской впадины на юго-востоке Русской платформы. С востока район ограничен структурами Урала, с юго-востока – плато Устюрт [3]. Мощность земной коры изменяется здесь от 36 км до 43 км, среднее ее значение равно 39 км. По внутреннему строению земной коры район уникален, он характеризуется мощным (до 22 км) осадочным чехлом, в верхней части - очень низкоскоростным, в нижней части — высокоскоростным. На рисунке 6 годограф «Шацилов-2» сопоставлен с годографом, построенный по записям промышленных ПЯВ. Значения скоростей по Рп- и Lg- волнам практически совпадают, тогда как скорость Sn-волны годографа, построенного по данным промышленных ПЯВ, меньше, чем для годографа по данным ГСЗ.

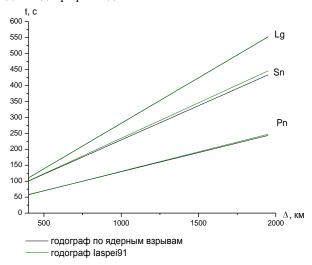


Рисунок 7. Сравнение годографа, построенного по записям мирных ядерных взрывов (черный цвет) и годографа IASPEI 91, глубина 0 км (зеленый ивет)

Было проведено также сравнение нового годографа с годографом IASPEI91, который в настоящее время используется при рутинной обработке сейсмических записей в Центре сбора и обработки специальной сейсмической информации (ЦСОССИ)

Института геофизических исследований НЯЦ РК (рисунок 7).

Из рисунка 7 следует, что для обоих годографов скорость Lg- волн практически совпадает, различия скоростей для волны Pn — незначительны. Иная картина наблюдается для волн Sn - характерен большой разброс данных, значения скорости Sn- волны по новому годографу выше, чем по годографу IASPEI91.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построение и исследование нового годографа для региональных расстояний по записям промышленных ядерных взрывов, произведенных в советское время на территории Западного Казахстана и Прикаспийской впадины, позволяют сделать несколько рекомендаций для улучшения качества определения гипоцентра сейсмических событий, происходящих в данном регионе:

- для станций, расположенных в Западном Казахстане (AS059-Актюбинск, Акбулак) целесообразно использовать годограф, построенный по записям ПЯВ, или годограф «Шацилов-1» (для района Мугоджар), но только для волн Pn и Sn.
- годограф IASPEI91 следует использовать при локализации событий, происходящих в Западном Казахстане, только для волн Pn и Lg, в случае их хорошего окружения станциями.
- для повышения точности локализации событий, происходящих в Западном Казахстане, необходимо установить дополнительную трехкомпонентную станцию в районе Прикаспия.

#### Литература

- 1. Mikhailova, N.N. Kazakhstan National Monitoring system of nuclear explosions and Earthquake / N.N. Mikhailova, I.N. Sokolova // Workshop Seismology in Central Asia, International Training Course on "Seismology and Seismic Hazard assessment", Bishkek, Kyrgyzstan. 2006. p. 21 23.
- 2. Borman, P. New Manual of Seismological Observatory Practice / P. Borman, ed // GFZ/ Postdam, 2002.
- 3. Шацилов, В.И. Скоростные модели земной коры Казахстана / В.И. Шацилов [и др.]. Алматы: Евразия, 1993. С. 105.
- 4. Кайдаш, Т.М. Р-скоростная структура литосферы в районе Мугоджар / Т.М. Кайдаш // Промышленность Казахстана. 2007. № 12. С.46 47.
- 5. Mikhailov, V.N. USSR Nuclear weapons tests and peaceful nuclear explosions, 1949 through 1990 / V.N Mikhailov (editor). RFNC-VNIIEF, Sarov, 1996. -- 96 p.
- 6. Мирное использование подземных ядерных взрывов / В.Н. Михайлов (редактор) // Ядерные взрывы в СССР.- М. 1994.
- 7. Дубасов, Ю.В. Хронология ядерных испытаний, проведенных СССР в атмосфере, космическом пространстве и под водой (1949 1962 гг.) / Ю.В. Дубасов [и др.] // Бюллетень центра общественной информации по атомной энергии. С. 36 43.
- 8. Аранович, З.И Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР / З.И. Аранович [и др.] / М.: Наука, 1974.
- 9. База данных по сейсмическим каналам и системам группирования геофизических обсерваторий института геофизических исследований соглашение N B301621: отчет о НИР / ИГИ НЯЦ РК; Мартысевич П.Н. [и др.]. Курчатов, 1996.
- 10. Richards, P.G. Borovove Geophysical Observatory, Kazakhstan / P.G. Richards // EOS, Trans. AGU, 1992 73, 201. P. 205 206.
- 11. Kim, W.Y. Instrumental responses of digital seismographs at Borovoye, Kazakhstan by inversion of transient calibration pulses / W.Y Kim., G. Ekstrom // BSSA, 1996. 86. P. 191 203.
- 12. Нерсесов, И.Л. Кинематика и динамика сейсмических волн на расстояниях до 3500 км от эпицентра // И.Л. Нерсесов, Т.Г. Раутиан // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР. М.:Наука, 1964. С. 63 87.
- 13. Anderson, J. Center for seismic studies. Version 3 Database: Schema reference manual / J. Anderson, W.E. Farell [et al.]// Technical Report, 1990. Arlington.

#### ӨНДІРІСТІК ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ ЖАЗБАЛАРЫН ҚОЛДАНЫП, БАТЫС ҚАЗАҚСТАНҒА ГОДОГРАФ ТҰРҒЫЗУ

#### Соколова И.Н.

#### ҚР ҰЯО РМК Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Совет үкіметі кезінде Батыс Қазақстанда және Каспий маңы ойпатында жасалған өндірістік ядролық жарылыстар жазбаларын қолданып Қазақстанның батыс бөлігіне годограф тұрғызылды. Оны ТСЗ деректері бойынша оңтүстік Орал, Мұғаджар және Каспий маңы ойпатына тұрғызылған (В.И.Шацилов) және IASPEI91 дүниежүзілік годографтарымен салыстырулары жасалды.

## A TRAVEL-TIME CURVE PLOTTING FOR THE WESTERN PART OF KAZAKHSTAN USING RECORDS OF INDUSTRIAL NUCLEAR EXPLOSIONS

#### I.N. Sokolova

#### Institute of Geophysical Research NNC, Kurchatov, Kazakhstan

A travel-time curve for the western part of Kazakhstan was plotted using records of industrial nuclear explosions conducted at Soviet time within the Western Kazakhstan and the Caspian cavity. The travel-time curve was compared with travel-time curve for south Ural, Mugodzhar and Caspian cavity region (V.I. Shatsilov) plotted by means of GSE data as well as with IASPEI91 travel-time curve.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 550.344

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ПЕРВИЧНЫХ И ПОВТОРНЫХ ВЗРЫВОВ

#### Соколова И.Н.

#### Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Приведены результаты исследования динамических характеристик сейсмических записей, энергетические и магнитудные оценки первичных и повторных подземных ядерных взрывов, произведенных в одних и тех же штольнях площадки Дегелен Семипалатинского испытательного полигона, а также ряда химических взрывов.

#### Введение

Сравнение сейсмических эффектов ядерных и химических взрывов имеет большое значение для задач контроля за выполнением Договоров и Соглашений о запрещении ядерных испытаний. Результаты такого анализа важны при определении по сейсмическому эффекту тротилового эквивалента взрыва, при проведении калибровочных экспериментов, а также в задачах обнаружения несанкционированных подземных ядерных взрывов.

Экспериментально установлено [1-3], что отнесенная к очагу энергия сейсмических волн  $E_c$ , возбуждаемых подземным ядерным взрывом, зависит от упругих и поглощающих свойств горных пород, вмещающих взорванный заряд и характеризуемых скоростью продольных волн vP, плотностью  $\rho$ , пористостью и водонасыщенностью. При взрывах зарядов равной мощности (т. е. равной энергии Е), помещенных в камеры одного и того же размера, но пройденных в различных горных породах, энергия сейсмических волн тем больше, чем больше скорость волн и плотность вмещающих горных пород, а также их водонасыщенность. Немаловажна при этом роль глубины заложения заряда. В [2] показано наличие корреляционной связи между интенсивностью сейсмических колебаний и пористостью сухих образцов пород, вмещающих заряд. В [4] проведен детальный анализ сейсмических эффектов двух 100-тонных калибровочных взрывов Омега-2 (1999 г.) и Омега-3 (2000 г.), проведенных на Семипалатинском испытательном полигоне в одной и той же штольне горного массива Дегелен. Авторами [4] показано, что сейсмическая энергия второго взрыва была значительно меньше, чем первого, что связано с влиянием разрушенности геологической среды. В продолжение этих исследований в настоящей работе проведено сравнение динамических характеристик сейсмических записей, энергетических и магнитудных оценок источников и других параметров подземных ядерных взрывов на примере ПЯВ, проведенных в одних и тех же штольнях горного массива Дегелен за 1964 – 1987 гг.

## СРАВНЕНИЕ МАГНИТУД ПЯВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ В "ЧИСТЫХ" ШТОЛЬНЯХ И ШТОЛЬНЯХ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Для горного массива Дегелен собраны хронологические сведения об испытаниях, проведенных в каждой из штолен. В некоторых штольнях проведено более одного испытания. Информация, отобранная по таким взрывам, а так же данные о мощности использованных зарядов, приведена в таблице 1 [5].

Сведения о магнитуде mb каждого из взрывов выбраны из двух глобальных каталогов: ISC (International Seismological Center), создаваемого в Международном сейсмологическом центре, и NEIC (National Event Information Center), который формируется Геологической службой США. По отобранным данным были исследованы зависимости значений магнитуды  $m_b$  событий от величины мощности взрыва в тротиловом эквиваленте Y с использованием обоим каталогам. На рисунке 1 для первых и повторных взрывов, проведенных в штольнях горного массива Дегелен, показаны выявленные зависимости магнитуды  $m_b$  (ISC) от величины мощности заряда. Получены следующие уравнение линейной регрессии:

- для первых взрывов

 $m_b = 4,74007+0,01185*Y (R=0,57),$ 

- для повторных взрывов:

mb = 5,16781+0,00786\*Y (R=0,68).

Здесь R – коэффициент корреляции.

Из полученных зависимостей видно, что при одной и той же мощности зарядов магнитуда повторных взрывов меньше, чем первых взрывов.

На рисунке 2 приведены зависимости значений магнитуды  $m_b$  (NEIC) от величины Y для первых и повторных взрывов. Получены следующие уравнения линейной регрессии:

- для первых взрывов:

 $m_b = 5,20534 + 0,00836 * Y (=0,66),$ 

- для повторных взрывов:

 $m_b = 4,73555+0,01272*Y (R=0,60).$ 

Наблюдается та же закономерность, что и для значений магнитуды по каталогу ISC: магнитуды повторных взрывов меньше, чем первых взрывов при одной и той же мощности зарядов.

Таблица 1. Параметры первых и повторных взрывов на участке Дегелен

		1 испь	ытание	2 испь	<b>ытание</b>			1 испь	<b>ытание</b>	2 испь	<b>ытание</b>
Nº	Nº		Мощ-		Мощ–	Nº	Nº		Мощ-		Мощ–
п/п	штольни	Дата	ность,	Дата	ность,	п/п	штольни	Дата	ность,	Дата	ность,
			кТ		кТ				кТ		κT
1	Α	04.02.65	15	11.05.65	5	27	133	15.07.75	15	29.05.78	15
2	A-1	02.02.62	20	29.07.65	5	28	136	29.10.77	50	31.05.79	15
3	A-4	16.05.64	20	21.04.66	14	29	150	19.02.82	15	11.03.83	42
4	A-6	15.03.64	20	30.09.64	15	30	163	20.02.75	77	19.05.76	15
5	B-2	06.06.64	20	27.03.65	15	31	164	06.05.87	58	20.12.87	6
6	3-1	08.10.65	15	19.08.66	10	32	168	17.07.87	58	06.02.88	6
7	3-2	10.12.72	25	26.12.80	15	33	175	30.07.77	15	27.09.79	6
8	Zh-1	17.06.65	10	07.09.66	5	34	176	16.05.74	23	24.06.83	6
9	Zh-2	21.11.65	29	07.03.69	20	35	185	23.07.76	10	24.05.78	15
10	Zh-3	03.03.65	15	19.11.66	15	36	192	05.10.75	15	30.11.79	15
11	No 11	20.03.66	100	28.05.67	37	37	195	10.07.74	16	18.07.79	15
12	No 13	19.10.66	25	02.09.67	<20	38	203	21.09.82	15	02.11.83	15
13	No 14	03.12.66	12	23.08.82	15	39	204	22.04.78	15	23.10.80	15
14	No 18	04.08.67	10	27.11.77	15	40	506	15.07.67	14	30.10.69	15
15	No 19	25.03.67	10	04.04.69	15	41	510	28.06.70	120	22.03.71	35
16	No 21	26.02.67	30	31.12.73	15	42	603	30.01.74	2	14.03.80	15
17	No 24	21.07.66	15	13.04.69	15	43	604	13.12.75	10	25.04.77	15
18	No 25	07.05.66	4	20.04.67	98	44	605	11.06.68	12	20.09.78	2
19	101	11.03.75	30	21.04.76	10	45	608	12.07.68	13	17.03.76	15
20	111	17.08.77	15	05.12.80	15	46	609	30.12.71	25	10.04.76	15
21	113	16.02.73	48	14.12.78	6	47	701	26.03.78	15	06.05.79	15
22	115	15.01.76	14	23.03.79	15	48	706	25.04.71	90	30.12.76	15
23	122	07.08.75	14	26.12.77	15	49	709	16.05.69	15	16.12.74	6
24	123	07.08.75	15	26.12.77	15	50	802	29.01.70	5	21.12.79	15
25	129	26.12.83	58	07.06.84	15	51	803	26.12.77	15	20.12.78	6
26	132	09.09.84	15	18.09.87	6	52	901	19.07.85	15	28.12.88	15

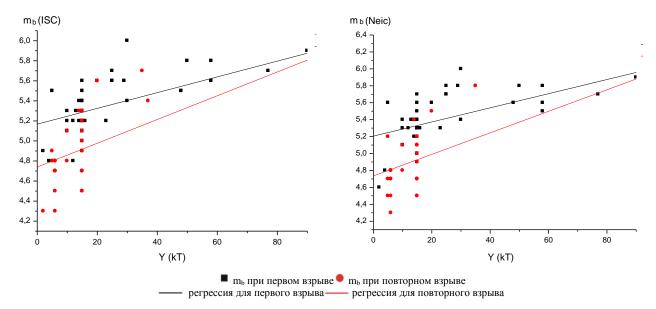


Рисунок 1. Зависимость магнитуды  $m_b$  (ISC) от величины Y для первых и повторных взрывов

Рисунок 2. Зависимость магнитуды  $m_b$  (NEIC) от величины Y для первых и повторных взрывов

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ПЕРВИЧНЫХ И ПОВТОРНЫХ ВЗРЫВОВ ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ НЯП РК

Для исследования динамических параметров сейсмических записей первичных и повторных взрывов, проведенных в штольнях горного массива Дегелен, были отобраны сейсмограммы двух станций (рисунок 3): Талгар (TLG) и Боровое (BRVK).

Использованы записи, полученные е сейсмометром СКМ-3 (затухание D=0.5, собственный период Ts=2 с). Рабочий диапазон частот регистрирующей аппаратуры по уровню -3 дБ составлял 0.5 - 9 Гц. Сейсмограммы, записанные на фотобумагу и имеющие временную развертку 120 мм/мин, были отсканированы и оцифрованы с помощью специального программного обеспечения NXSCAN [6] при частоте оцифровки 40 Гц.

По сейсмическим записям станций Талгар и Боровое изучена структура короткопериодных сейсмических полей подземных ядерных взрывов, произведенных в горном массиве Дегелен, проведен сравнительный анализ амплитуды первых и повторных взрывов в € штольнях. Сейсмограммы предварительно фильтровались с использованием узкополосного фильтра с центральной частотой 1.25 Гц и полосой пропускания 2/3 октавы на уровне −3 дБ от максимума. На рисунке 4 показана зависимость максимальной амплитуды Р-волн, замеренной с использованием фильтра 1.25 Гц на вертикальной компоненте, от массы заряда.

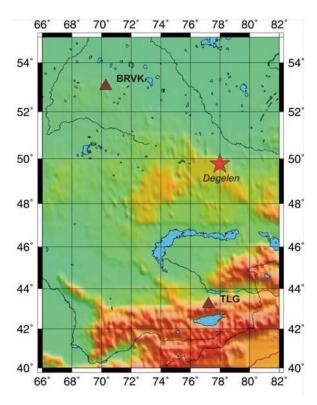


Рисунок 3. Расположение сейсмических станций (треугольник) относительно горного массива Дегелен (звездочка)

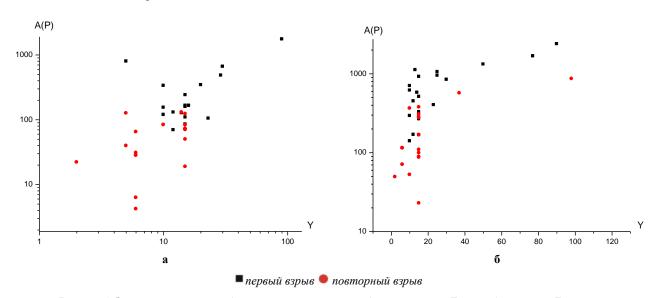


Рисунок 4. Зависимость амплитуды Р-волны от массы заряда: а - станция Талгар; б - станция Боровое. Фильтр 1.25 Гц, вертикальная компонента

Из рисунка 4 видно, что при повторных взрывах амплитуда Р-волны гораздо меньше, чем при первом взрыве. Особенно наглядно этот эффект проявился для взрывов в штольне № 24 (рисунок 5). Первое испытание в штольне произведено 21.07.1966 (мощность заряда 15 кт). Повторное испытание выполнено 13.04.1969 (мощность заряда такая же). Максимальная амплитуда Р при первом взрыве составила 241 нм, при повторном взрыве — 49.8 нм.

На рисунке 6 приведена зависимость максимальной амплитуды Lg-волны от массы заряда (фильтр 1.25 Гц, компонента вертикальная).

Из рисунка видно, что также как в случае Рволны, при повторных взрывах амплитуда Lg-волны гораздо меньше, чем при первом взрыве.

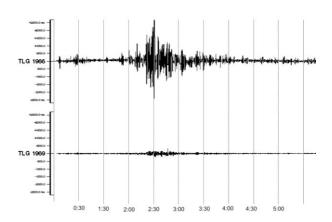


Рисунок 5. Сопоставление сейсмических записей взрывов в штольне № 24: вверху - 21.07.1966; внизу - 13.04.1969

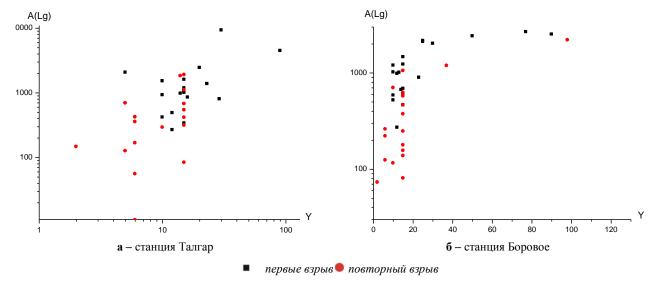


Рисунок 6. Зависимость амплитуд Lg-волны от массы заряда. Фильтр 1.25 Гц, вертикальная компонента

Кроме ядерных испытаний, на территории Семипалатинского испытательного полигона производились химические взрывы. Они выполнялись для обеспечения строительных проектов на полигоне, а также в технических и научных целях. Большинство взрывов были слабыми и характеризовались сейсмической магнитудой mb в диапазоне 3 - 4.5 [7]. Большое количество взрывов зарегистрировано сейсмическими станциями Комплексной сейсмологической экспедицией Института физики Земли (КСЭ ИФЗ), Сейсмологической опытно- методической экспедиции (СОМЭ) МОН РК и Института геофизических исследований Национального ядерного центра РК (ИГИ НЯЦ РК) как на близких, так и на региональных расстояниях. В таблице 2 приведены сведения о некоторых химических взрывах, проведенных в Восточном Казахстане, в том числе в пределах массива Дегелен.

Взрывы под номерами 1 и 2 в данной таблице являются экспериментальными химическими взрывами, каждый мощностью по 500 тонн ТНТ, проведены Институтом динамики геосфер (ИДГ) РАН на одном и том же участке горного массива Дегелен рядом с устьем штольни 160 [8]. Взрывы с номерами 3 - 4 – химические взрыв мощностью по 10 тонн ТНТ, произведенные в районе г. Караганда во время совместного Американо-Советского эксперимента, осуществленного бывшей Академией Наук СССР и Советом по охране природных ресурсов США [9]. И, наконец, взрывы с номерами 5 - 6 – калибровочные взрывы серии «Омега» мощностью 100 тонн ТНТ, произведенные в районе горного массива Дегелен с участием ИГИ НЯЦ РК [4].

На рисунке 7 приведены сейсмограммы взрывов Омега-2 и Омега-3, зарегистрированные сейсмической станцией Курчатов (KURK) на расстоянии  $\Delta$ =114 км.

N	Взрыв	Дата	Время	Широта	Долгота	Среда	Мощность	mpv	K
1	160-1	27.06.1985	11-57-04	49.73	78.01	диабаз, порфирит	500	3.3	8.5
2	160-2	29.06.1987	04-55-08	49.73	78.01	диабаз, порфирит	500	2.8	7.2
3	Караганда-1	02.09.1987	7-00-00.3	50.281	72.172	глина	10	3.45	7.25
4	Караганда-2	03.09.1987	7-00-00.6	50.281	72.172	глина	10.15	3.33	7.16
5	Омега -2	25.09.1999	05-00-05.85	49.782	77.966	базальт	100	3.9	8.47
6	Омега3	29.07.2000	06-10-04.03	49.782	77.966	базальт	100	3.43	7.93

Таблица 2. Параметры химических взрывов, произведенных в Восточном Казахстане

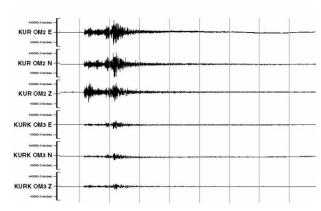


Рисунок 7. Сейсмограммы взрывов Омега-2 (три верхние) и Омега-3 (три нижние) записанные станцией KURK (без фильтрации)

Видно большое сходство формы записей, но и существенное различие уровней амплитуд, - уровень коды для взрыва Омега-3 ниже, чем для Омега-2 в среднем на 0.3 ед. лог. Для количественной оценки энергетических и магнитудных характеристик запи-

сей рассчитана магнитуда mpv [10], и энергетический класс К [11]. Результаты приведены в таблице 2. Для всех сильных химических взрывов наблюдается снижение сейсмического эффекта при проведении повторного взрыва в геологической среде, частично разрушенной первым взрывом. Таким образом, наблюдается явная зависимость сейсмического эффекта от степени разрушенности и трещиноватости пород. В [12] приводится зависимость энергетических классов калибровочных химических взрывов, произведенных на площадке Балапан и Дегелен в 1997 - 2000 гг. в сравнении с осредненной зависимостью энергетического класса от массы заряда [7]. Сейсмический эффект исследуемых взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне намного меньше того, каким он мог бы быть в других районах при той же мощности взрывов. Этот эффект является прямым следствием разрушения геологической среды в районе проведения мощных ядерных взрывов.

#### Литература

- 1. Пасечник, И.П. Характеристика сейсмических волн при ядерных взрывах и землетрясениях / И.П. Пасечник // М. :Наука, 1970. 194 с.
- Springer, D.L. P wave coupling of underground nuclear explosions / D.L. Springer // Bull. Seismol. Soc. Am. 1961. Vol. 56, № 4.
- 3. Werth, G.C. Comparison of amplitudes of seismic waves from nuclear explosions in four media. / G.C Werth, R.R Herbst // Geophys. Res. 1963. Vol. 68, № 5.
- 4. Михайлова., Н.Н. Сравнение калибровочных взрывов Омега-2 и Омега-3 по сейсмическим данным на региональных расстояниях / Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова // Геофизика и проблемы нераспространения. :Вестник НЯЦ РК. 2002. Вып.2. С. 36 45.
- 5. Mikhailov, V.N. USSR Nuclear weapons tests and peaceful nuclear explosions, 1949 through 1990 / V.N Mikhailov // RFNC-VNIIEF, Sarov : -1996.-96 p.
- 6. NXSCAN. Manual, 1992. IRIS.
- 7. Khalturin, V.I. The Seismic Signal Strength of Chemical Explosions / V.I. Khalturin, T.G. Rautian, P.G. Richards // BSSA December 1998. Vol. 88, № 6. P. 1511 1524.
- 8. Adushkin, V. Degelen Mountain chemical explosion cratering experiment / V. Adushkin, L. Pernik, A. Spivak /// Technical Report № 97 3011 to DSWA .- Institute for Dynamics of the Geospheres, −1979. − 110 p.
- 9. Given, H.K. High-frequency seismic observation in Eastern Kazakhstan, USSR, with emphasis on chemical explosion experiments / H.K. Given // J. Geophys Res., 1990. 95. P. 295 307.
- 10. Михайлова, Н.Н. Калибровочная функция для определения магнитуды MPVA землетрясений Северного Тянь-Шаня / Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне / Н.Н. Михайлова, Н.П. Неверова // Алма-Ата: Наука, 1983. С. 41 47.
- 11. Раутиан, Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстояниях 3000 км / Т.Г. Раутиан // Труды ИФЗ АН СССР, 1964. № 32 (199). С. 72 98.
- 12. Михайлова, Н.Н. Определения энергетических и магнитудных характеристик по сейсмическим записям химических взрывов 1997 2000 г.г. на Семипалатинском полигоне / Н.Н. Михайлова, Т.И. Германова, И.Л. Аристова // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2001. Вып.2. С. 90 95.

#### БІРІНШІ ЖӘНЕ ҚАЙТАЛАНЫЛҒАН ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖАЗБАЛАРЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

#### Соколова И.Н.

#### ҚР ҰЯО РМК Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Бұл жұмыста Семей сынау полигонындағы Дегелен алаңының сол бір штольняларында жасалған бастапқы және қайталанылған жерасты ядролық жарылыстардың сейсмикалық жазбаларының динамикалык мінездемелерін зерттеу нәтижелері, энергетикалык және магнитудалық бағалаулары келтірілген.

## INVESTIGATION OF DYNAMICAL PARAMETERS OF SEISMIC RECORDS OF INITIAL AND REPEATED EXPLOSIONS

#### I.N. Sokolova

#### Institute of Geophysical Research NNC, Kurchatov, Kazakhstan

This paper investigates the dynamical characteristics of seismic records, energy and magnitude estimations of underground nuclear explosions conducted at Degelen Site in the same boreholes.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 550.344

# СОПОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ ДЛЯ КАЗАХСТАНСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ BVAR И BRVK

#### Соколова И.Н.

#### Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

Приведены результаты сравнения структуры короткопериодных волновых полей на региональных расстояниях для сейсмических станций BVAR(AS057) и Боровое - BRVK, расположенных в Северном Казахстане.

#### Введение

Сейсмическая группа BVAR (AS057) введена в эксплуатацию 15 июля 2002 г., прошла сертификацию 17 декабря 2002 г. и с этого времени включена в международную систему сейсмического мониторинга в качестве вспомогательной станции. В [1] приведены данные о спектральной характеристике сейсмического шума по этой сейсмической группе, из которой следует, что модель шума для BVAR (AS057) близка к нижнеуровневой мировой модели [2], что является хорошей предпосылкой для высокой результативности группы в сейсмическом мониторинге. Пятилетний опыт эксплуатации BVAR (AS057) подтвердил ее высокую эффективность в обнаружении событий, как на региональных, так и на телесейсмических расстояниях. Вместе с тем, использование данных BVAR (AS057) в исследованиях по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов затруднительно, так как станция не зарегистрировала ни одного ядерного испытания. В то же время, в непосредственной близости от сейсмической группы BVAR(AS057) расстоянии порядка 8 км, - расположена широкополосная трехкомпонентная станция Боровое - BRVK. Эта цифровая станция работает с середины 1960-х годов, ею зарегистрировано значительное количество ядерных взрывов и землетрясений. Для повышения эффективности сейсмического мониторинга важно установить возможность совместного использования данных этих двух станций, в частности, для распознавания сейсмических событий и картирования поля поглощения сейсмических волн.

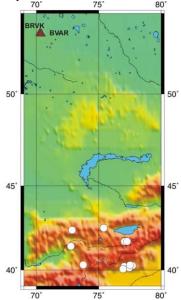
#### МЕТОЛИКА

Для анализа отобраны сейсмические записи двух станций: BVAR(AS057) и Боровое - BRVK, - зарегистрировавших события, произошедшие в районах Центрального и Восточного Тянь-Шаня, Джунгарии и Алтая. При обработке сейсмограмм, полученных для событий, зарегистрированных на расстояниях до 2000 км использовался годограф, полученный в КСЭ ОИФЗ РАН [3]. При этом выделялись основные фазы, принятые для региональных расстояний в районе Центральной Азии, –Pn(P), Pg, Sn и Lg. Кроме амплитуды основных региональных фаз, измерялась максимальная амплитуда в группе P-волн (Pm),

а также в волновом пакете, сформированном поперечными волнами (параметр Sm, соответствующий максимальной фазе на отрезке между вступлениями групп Sn и Lg). Использовались фильтры с центральными частотами 0.6, 1.25, 2.5, 5 Гц и полосой пропускания 2/3 октавы на уровне –3 Дб от максимума. С использованием результатов измерений рассчитаны логарифмы отношений амплитуд различных волновых групп, которые для краткости далее обозначены как Lg/Pn, Lg/Pg, Lg/Pm, Sm/Pn, Sm/Pg, Sm/Pn, Sn/Pg, Sn/Pg и Sn/Pm.

#### Анализ данных

*Центральный Тянь-Шань*. На рисунке 1 показаны эпицентры землетрясений, записи которых использованы при анализе.



Белый кружок - эпицентр землетрясения; треугольник - сейсмическая станция

Рисунок 1. Район исследуемого Центрального Тянь-Шаня

На рисунке 2 для данного района приведен пример полученных зависимостей параметров Lg/Pm (рисунок 2a) и Sm/Pm (рисунок 2б) от эпицентрального расстояния ( $\Delta$ , км) по двум станциям для фильтра с центральной частотой 1,25  $\Gamma$ ц.

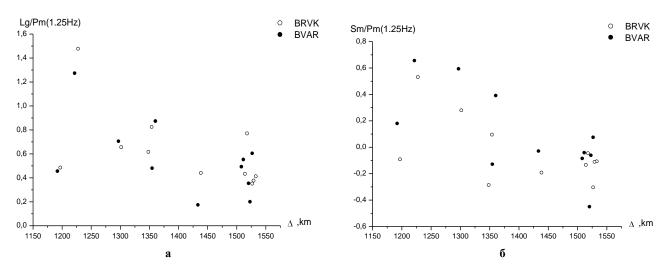


Рисунок 2. Зависимость параметров распознавания от эпицентральных расстояний: а - Lg/Pm; б - Sm/Pm. Район Центрального Тянь-Шаня. Станции BRVK и BVAR. Фильтрл 1.25 Гц.

Из рисунка 2 следует, что для исследуемого района величины Lg/Pm значительно выше, чем величины Sm/Pm, при этом различие рассматриваемых параметров для отдельных событий по записям двух станций, как правило, не превышает 0.3. В таблице 1 даны оценки величин параметров распознавания для серии фильтров  $(0.6-5.0~\Gamma \mathrm{U})$  с использованием анализируемых данных по двум станциям.

Из таблицы 1 следует, что средние значения параметра (BRVK-BVAR) )Lg/Pm на частотах 0.6, 2.5 и 5.0 Гц отрицательны (по модулю менее 0.20), при этом значения минимальны на частоте 1.25 Гц. Среднее значение параметра )Sm/Pm минимально на частоте 0.6 Гц, максимально – на частоте 2.5 Гц.

Восточный Тянь-Шань. Для данного района, включающего китайский ядерный полигон Лобнор, были отобраны и обработаны записи 13 землетрясений (рисунок 3). На рисунке 4 показана полученная зависимость параметра Lg/Pm от расстояния по данным двух станций на частоте 1.25 Гц.

Таблица 1. Средние значения )Lg/Pm и )Sm/Pm в зависимости от частоты. Станции BRVK- BVAR

Параметр,	Ча	Частота фильтрации, Гц				
его оценка	0.6	1.25	2.5	5.0		
)Sm/Pm:						
среднее	-0,019	-0,133	-0,218	-0,154		
стандарт. откл.	0,117	0,138	0,196	0,155		
)Lg/Pm:						
среднее	-0,093	0,062	-0,154	-0,19		
стандарт, откл.	0.116	0.146	0.212	0.276		

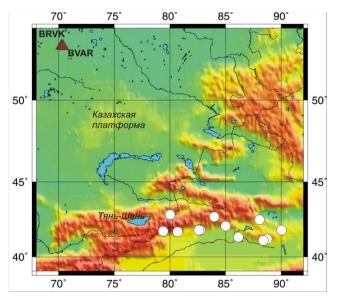


Рисунок 3. Район исследуемого Восточного Тянь-Шаня (условные обозначения на рисунке 1)

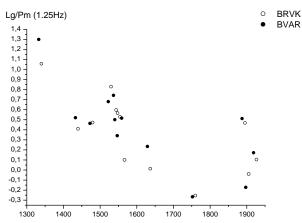


Рисунок 4. Зависимость параметра Lg/Pm от расстояния для района Восточного Тянь-Шаня. Станции BRVK и BVAR, Фильтр 1,25 Гц

### СОПОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ ДЛЯ КАЗАХСТАНСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ BVAR И BRVK

Видно, что величины )Lg/Pm по модулю не превышают 0.25. На частотах 0.6, 1.25 и 2.5  $\Gamma$ ц величины )Sm/Pm по модулю менее 0.20. В таблице 2 даны оценки величин параметров распознавания по данным двух станций для фильтров 0,6 - 2,5  $\Gamma$ ц.

Таблица 2. Средние значения )Lg/Pm и )Sm/Pm в зависимости от частоты (BRVK- BVAR)

Параметр,	Частота фильтрации, Гц					
его оценка	0.6 Гц	1.25 Гц	2.5 Гц			
)Sm/Pm:						
среднее	-0.020	-0.05	-0.092			
стандарт. откл.	0.114	0.107	0.110			
)Lg/Pm:						
среднее	-0.017	-0.023	-0.098			
стандарт. откл.	0.144	0.141	0.139			

Из таблицы 2 следует, что в данном случае средние величины )Lg/Pm и )Sm/Pm на всех частотах отрицательны, по модулю не превышают 0.10.

<u>Джунгария и Алтай.</u> Для этого района отобраны и обработаны записи 7 землетрясений (рисунок 5). На рисунке 6 показана полученная зависимость параметра Sm/Pm от эпицентрального расстояния для частоты  $1.25~\Gamma$ ц (по данным двух станций), а в таблице 3 даны оценки величин параметров распознавания для фильтров  $0.6-5.0~\Gamma$ ц.

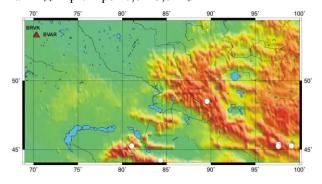


Рисунок 5. Район исследуемых территорий Джунгарии и Алтая (условные обозначения на рисунке 1)

Из таблицы 3 следует, что для данного района средние величины )Lg/Pm и )Sm/Pm по модулю не превышают 0.14.

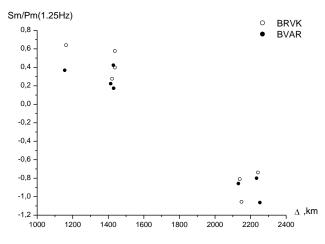


Рисунок 6. Зависимость параметра Sm/Pm от расстояния для районов Джунгарии и Алтая. Станции BRVK и BVAR. Фильтрл 1.25 Гц

Таблица 3. Средние значения )Lg/Pm и )Sm/Pm в зависимости от частоты (BRVK- BVAR)

Параметр, его	Частота фильтрации, Гц				
оценка	0.6	1.25	2.5	5.0	
)Sm/Pm:					
среднее	0.003	0.117	0.106	-0.135	
стандарт. откл.	0.190	0.100	0.143	0.076	
)Lg/Pm:					
среднее	-0.109	0.077			
стандарт. откл.	0.253	0.205			

Таким образом, проведенный анализ для трех рассмотренных районов - Центрального Тянь-Шаня Восточного Тянь-Шаня, Джунгарии и Алтая, - с событиями, происходящими на региональных расстояниях относительно регистрирующих станций Боровое - BRVK и BVAR (AS057), показал, что различие величин Lg/Pm и Sm/Pm, определяемых по их записям сравнительно невелики (до 0,2). Это позволяет сделать вывод о принципиальной возможности совместного анализа данных, полученных станцией Боровое – BRVK, начиная с 1960-х годов и станцией BVAR(AS057), начиная с 2002 г., в целях решения задач мониторинга ядерных взрывов и распознавания природы сейсмических событий. Существенно, что полученный вывод относится и к району расположения китайского ядерного полигона Лобнор.

#### Литература

- 1. Михайлова, Н.Н. Спектральные характеристики сейсмического шума по данным Казахстанских станций мониторинга / Н.Н. Михайлова, И.И. Комаров // Вестник НЯЦ РК. 2006 Вып. 2. С. 19 26.
- 2. Peterson, J. Observation and Modeling of Seismic Background Noise / J Peterson. [et al] // Open-File Report 93 322,. Albuquerque, New Mexico. 1993. P. 42.
- 3. Нерсесов, И.Л. Кинематика и динамика сейсмических волн на расстояниях до 3500 км от эпицентра / И.Л. Нерсесов, Т.Г. Раутиан / Экспериментальная сейсмика: Труды ИФЗ АН СССР. М.: Наука, 1964. С. 63-87.

### СОПОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ ДЛЯ КАЗАХСТАНСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ BVAR И BRVK

#### ҚАЗАҚСТАННЫҢ BVAR ЖӘНЕ BRVK СЕЙСМИКАЛЫҚ СТАНЦИАЛАРЫНА АЙМАҚТЫҚ ҚАШЫҚТЫҚТАРЫНДА ҚЫСҚАПЕРИОДТЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫН САЛЫСТЫРУ

#### Соколова И.Н.

#### ҚР ҰЯО РМК Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Бұл жұмыста Солтүстік Қазақстанда орналасқан BVAR және BRVK сейсмикалық станцияларына аймақтық қашықтықтарында қысқапериодтық толқындардың құрылымын салыстыру нәтижелері келтірілген.

### COMPARISON OF SHORT-PERIOD WAVEFIELD STRUCTURE AT REGIONAL DISTANCES FOR KAZAKHSTAN BVAR AND BRVK SEISMIC STATIONS

#### I.N. Sokolova

#### Institute of Geophysical Research NNC, Kurchatov, Kazakhstan

This paper compares the structure of short-period wave fields at regional distances for BVAR and BRVK seismic stations located in the north of Kazakhstan.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 621.039.9

#### ИСТОРИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

### Васильев А.П., Востриков А.А., Ерастов В.В., Данилов Б.М., Малышев Ю.К.

Москва, Россия

В статье приводятся основные моменты становления и развития Семипалатинской лаборатории контроля за ядерными испытаниями, история которой не закончилась с распадом СССР, а продолжается в делах казахстанских геофизиков Института геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан.

Своё название Семипалатинская лаборатория специального контроля получила от места дислокации на территории Семипалатинского испытательного полигона. Основанием для ее создания стала директива Генерального штаба от 7 июня 1957 г. о расширении более чем вдвое сети специального наблюдения за ядерными взрывами на иностранных полигонах, состоявшей тогда из 4 пунктов. В последующем день 7 июня в лаборатории ежегодно праздновался как день ее создания.

Одним из наиболее предпочтительных мест «посадки» новых лабораторий спецконтроля была бухта Провидения на Чукотке, территориально наиболее близкая к полигону США в штате Невада (удаление примерно 5000 км). Однако по причинам экономического плана новая лаборатория получила прописку на Семипалатинском полигоне [1].

#### ФОРМИРОВАНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ

Формирование новой, 9 отдельной, лаборатории спецконтроля (ОЛСК), началось на Семипалатинском полигоне, когда начальником полигона был генерал-майор И.Н. Гуреев, на базе научно-испытательного отдела средств обнаружения ядерных взрывов (12 отдел). Этот отдел создан в 1957 г. в целях развития технических средств дальнего обнаружения ядерных взрывов для Службы специального наблюдения после передачи её из ГРУ в 6 управление МО СССР. Для ОЛСК в войсковой части 52605 было выделено 2 комнаты, в одной из которых разместилось управление, в другой — учебный класс. Пока не был открыт штат ОЛСК, прибывавшие специалисты прикомандировывались к 12 отделу, которым руководил подполковник Б.А. Крыжов.

Первым офицером, назначенным на работу в 9 отдельную ЛСК при войсковой части 52605 в качестве помощника начальника лаборатории по МТО, был капитан Н.С. Анциферов (20 марта 1958 г.), вторым — в качестве начальника секретной части - специалист спецсвязи лейтенант А.И. Андросов (2 апреля 1958 г.) — (рисунок 1).



Рисунок 1. Старший лейтенант Андросов Анатолий Иванович — один из первых офицеров Семипалатинской лаборатории. 1958 г.



Рисунок 2. Полковник Силин Николай Александрович – первый начальник Семипалатинской лаборатории (1958 – 1963 гг.)

Летом 1958 г. на инженерные должности были назначены выпускники Киевского высшего инженерноавиационного училища инженер-капитаны Н.Е. Иванов, А.Ф. Козлов, С.Н. Глазатов. После окончания Харьковского военного авиационного училища связи, других высших и средних военных училищ прибыли офицеры в званиях от лейтенанта до капитана: В.Е. Яковенко, А.К. Велигоцкий, А. Орлов.

11 августа 1958 г. начальником 9 ОЛСК назначен подполковник Н.А. Силин, командовавший до этого на полигоне отдельным батальоном связи (рисунок 2). С его назначением процесс формирования лаборатории ускорился. Большая группа офицеров пополнила лабораторию 3 ноября 1958 г. Это были Ю.Л. Власов, Л.Г. Войтенков, А.М. Горбунов, Л.П. Скочилов. К 11 ноября 1958 г. 9 отдельная лаборатория была в основном сформирована, и её коллектив вплотную приступил к подготовительным работам по выполнению основной задачи - обеспечение контроля за проведением испытаний ядерного оружия на иностранных полигонах [2]. К 20 января 1959 г. управление ОЛСК состояло из начальника подполковника Н.А. Силина, замполита майора Ю.И. Макарьева, помощника по МТО капитана Н.С. Анциферова, начальника секретной части лейтенанта А.И. Андросова. В лаборатории было сформировано три группы: технических средств наблюдения (майор В.Г. Расторгуев), связи и службы единого времени (капитан В.П. Рубан), энергетическая (инженермайор П.И. Оронов). Перед первой группой ставилась основная задача лаборатории - регистрация сигналов ядерных взрывов. Вторая группа должна была обеспечить радиоперехват сообщений радиосетей и направлений, обслуживающих иностранные ядерные полигоны. Несмотря на то, что в лаборатории не хватало еще 15 офицеров, в ней шла напряженная работа по приему и развёртыванию поступающей аппаратуры с одновременным её освоением. Так, в начале 1959 г. 1 группа уже была оснащена аппаратурой для сбора аэрозолей в приземном слое воздуха с помощью марлевых планшетов, приготовления и анализа проб (в составе тиглей, муфельной печи, пересчётной установки ДП-100); аппаратурой радиотехнического метода (в составе осциллографов ОК-17М и ОК-21 с автоматическими фотоприставками, печатающих хронографов, селектора и оборудования фотолаборатории); двумя микробарографами ЛМБ-58 и самопишущими потенциометрами ЭПП-09. Во 2 группе монтировалась и осваивалась приёмная и передающая радиоаппаратура: коротковолновые радиоприёмные устройства, применявшиеся для слухового и механического перехвата; аппаратура разнесённого приёма, обеспечивавшая приём частотно-модулированных телеграфных передач; длинноволновые радиоприёмные устройства, предназначенные, главным образом, для приёма сигналов точного времени; аппаратура приёма и расшифровки кодированных радиопередач; стартстопные телеграфные аппараты и телетайпы; коротковолновый радиопередатчик и др.

С 1 апреля 1959 г. ОЛСК стала проводить ежедневный отбор и анализ проб на радиоактивность, а 4 мая 1959 г. для круглосуточной работы была включена аппаратура акустического метода с записью сигналов на самопишущий прибор ЭПП-09. 8 июня 1959 г. круглосуточное дежурство начала нести группа связи и службы единого времени с целью обнаружения и слежения за радионаправлениями и радиосетями, используемыми США, Англией, а, чуть позже, Францией, в период подготовки и проведения испытаний ядерного оружия на полигонах Тихого океана, в штате Невада и в Африке. С июля 1959 г. в 1 группе приступили к освоению методики регистрации и обработки электромагнитных импульсов (ЭМИ) после многочисленных доработок аппаратуры радиотехнического метода. В качестве тренировок до декабря того же года проводились сеансы регистрации электромагнитных импульсов ближних и дальних атмосфериков. Заметный вклад в совершенствование технических средств регистрации на начальном этапе работы ОЛСК внесли выпускники Ленинградской Краснознамённой военновоздушной инженерной академии им. А.Ф. Можайского инженер-лейтенанты В.А. Юрков, Г.Д. Коньков, В.З. Митасов, В.И. Комаров, прибывшие в воинскую часть - лабораторию в марте 1959 г. Ленинградцы тесно связали свою судьбу с этой частью и ССК, в короткие сроки превратились в высококлассных специалистов. В.А. Юрков и Г.Д. Коньков в последствии были назначены начальниками лабораторий ССК [3]. Одновременно с налаживанием во временных помещениях регистрации сигналов ядерных взрывов и проведением радионаблюдений за испытательными полигонами ОЛСК вела капитальное строительство технических зданий и приборных сооружений, дорог и подъездных путей.

В связи с подготовкой Франции к испытанию своего атомного заряда, с декабря 1959 г 9 ОЛСК активно включилась в оперативную работу. Первым успехом второй группы лаборатории стал своевременный перехват в сети французского полигона в Сахаре радиограммы с информацией об ориентировочной готовности полигона к первому испытанию в январе 1960 г. С учетом этого срока, лейтенантом В.К. Проваловым был установлен сейсмоприёмник и введён в работу короткопериодный сейсмический канал регистрации. Именно сейсмическим методом в 9 ОЛСК 13 февраля 1960 г. была впервые зарегистрирована сейсмическая волна, сопровождавшая наземный ядерный взрыв мощностью 2—150 кт, произведённый Францией на полигоне Регган в Алжире, в пустыне Сахара [4]. Это было несомненным достижением молодого коллектива лаборатории, развернувшего регистрирующую аппаратуру во временных помещениях, предоставленных войсковой частью 52605. За успешно проведённую регистрацию французского ядерного взрыва всему личному составу лаборатории была объявлена благодарность Главнокомандующего Ракетными войсками.

Ко времени регистрации первого ядерного взрыва штат лаборатории существенно увеличился (примерно в два раза) и был практически полностью укомплектован. Во втором полугодии 1961 г. лаборатория передислоцировалась в район совхоза Молдары, находящегося в 3,5 км от жилого городка полигона. Здесь, на двух площадках, разнесённых на 2,5 км друг от друга, были построены здания для размещения командования и размещения технических средств, приборные сооружения для установки датчиков, устроены антенные площадки. В главном военном городке 9 ОЛСК (площадка № 1) на площади 17,5 га размещались двухэтажное техническое здание, типовое приборное сооружение, антенные поля. В дополнительном военном городке (геофизическая площадка № 2) на площади 1,4 га, кроме одноэтажного технического здания, имелись приборная шахта глубиной 23 м, помехозащитные устройства акустического метода, немагнитный павильон, установка для измерений спектрографом СП-48 с отодвигающимся защитным кожухом. В последующем на площадке № 2 были пробурены две приборные скважины для аппаратуры «Парус». Следует подчеркнуть, что в создание капитальной материально-технической базы и в благоустройство территории лаборатории, послуживших основой для её дальнейшего развития, много физических и душевных сил было вложено первым офицерским коллективом во главе с начальником лаборатории полковником Н.А. Силиным, замполитом майором Ю.И. Макарьевым и главным инженером (с 1961 г.) инженер-майором В. Г. Расторгуевым. Основной рабочей силой в многочисленных хозяйственных работах был сержантский и рядовой состав срочной службы, выходивший на помощь строителям и благоустройство территории, после положенного отдыха и оперативного дежурства.

Следующим, после регистрации французских ядерных взрывов 1960 г., большим успехом коллектива лаборатории стала образцовая работа во время проведения интенсивных ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне в 1961 - 1962 гг. За выполнение важного правительственного задания по регистрации воздушных ядерных взрывов в ближней зоне взрывов личному составу лаборатории в 1963 г. была объявлена благодарность Министра обороны СССР, а полковник Н.А. Силин и ефрейтор П.П. Чугунов Указом Президиума Верховного Совета СССР были награждены медалями «За боевые заслуги». Трагическая гибель полковника Н.А. Силина и подполковника В.Г. Расторгуева 6 октября 1963 г. (утонули в Иртыше на рыбалке) на время приостановила уверенную поступь становления лаборатории.

### НАУКА И «КРЕСТ» – ОСНОВА ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

В начале 1964 г. начальником лаборатории был назначен подполковник В.В. Исаев, до этого служивший на Семипалатинском полигоне в должности старшего преподавателя Курсов усовершенствования офицерского состава ССК. Главным инженером стал инженер-майор Н.Е. Иванов, прошедший все ступеньки инженерной лесенки в лаборатории с начала её формирования, и исполнявший до назначения должность начальника группы технических средств наблюдения (рисунок 3).



Рисунок 3. Полковник Иванов Николай ЕгороВИЧ - ветеран лаборатории и ССК, первый начальник 9 зональной лаборатории спецконтроля

Мощным импульсом к дальнейшему развитию 9 ОЛСК послужило создание китайского ядерного полигона Лобнор, где 16.10.1964 г. проведено первое испытание атомного заряда. Несмотря на то, что лаборатория находилась на сравнительно небольшом удалении от полигона Лобнор, для более эффективной регистрации событий на этом полигоне в 9 ОЛСК в 1966 г. было организовано 3 выносных пункта (ВП), приближенных к границе с КНР: «Бахты», «Токты» и «Зайсан». На выносных пунктах была развёрнута аппаратура сейсмического и акустического методов. Благодаря информации с этих выносных пунктов эффективность лаборатории по контролю за событиями на полигоне Лобнор выросла не менее чем в 3 раза. Лабораторией были зарегистрированы все 43 ядерные испытания, проведенные КНР.

Для обслуживания выносных пунктов потребовался дополнительный личный состав, и по этой причине штат ОЛСК составил уже порядка 200 человек. Однако лаборатории росла не только количественно. Всё большее внимание сосредотачивалось на участии инженерно-технического состава в научной работе. Увеличивалось количество статей, подготовленных сотрудниками лаборатории и помещае-

мых в ежеквартальных информационных сводках, росло число внедряемых технических устройств, информация о которых бралась из этих же сводок. Одним из показателей роста научно-технического потенциала лаборатории являлась активная рационализаторская работа. Количество поданных и реализованных предложений постоянно увеличивалось и к 1967 г. достигло 66, хотя в 1959 г начиналось с 8. В результате рационализаторской работы в ОЛСК были созданы «Пульт для контроля работы радиотелеграфистов» (старший лейтенант В.П. Ефременков), «Макет пеленгатора 8002» и «Имитатор для настройки системы совпадения» (старший лейтенант Л.Г. Войтенков), «Блок автоматики к фотоприставке РФ-1» (инженер-капитан В.А. Юрков), «Измерительный мост повышенной надёжности» (инженер-капитан В.И. Комаров) и многие другие макеты, приставки, устройства, способствовавшие совершенствованию тактико-технических характеристик аппаратуры и более эффективной оперативной работе лаборатории. Рационализаторами ОЛСК в течение нескольких лет была выполнена важная работа для радиотехнического метода по совершенствованию системы совпадений (АСС-1), нашедшая применение во многих ЛСК ССК. В 1965 г. главным инженером инженер-майором Н.Е. Ивановым и инженер-капитаном В.С. Тихомировым на уровне изобретения была разработана и внедрена в оперативную работу лаборатории система совпадений по сейсмическому методу (АСС-2). По сути, был осуществлен многоканальный анализ в реальном масштабе времени сейсмических волн, регистрируемых наблюдательными пунктами, разнесёнными на тысячи километров. Предложение в том же году было внедрено во многих лабораториях ССК и значительно увеличило оперативность обнаружения и идентификации ядерных взрывов. На основе данных, получаемых АСС-2, в лабораториях начал применяться метод полуавтоматического определения координат источника и времени события с использованием СЦВМ «Планета-3».

Рационализаторская работа в лаборатории была одной из сильных сторон её деятельности и в дальнейшем. 9 ЛСК много раз занимала передовые места в системе ССК. Так, в 1971 г. лаборатория стала победителем, а в 1977 г. и 1978 г. завоевывала вторые места. За участие в Центральной выставке «Научнотехнический смотр молодёжи (HTCM)» на ВДНХ майор А.Н. Журавлёв и старший лейтенант А.А. Востриков были награждены дипломами и нагрудными значками «Лауреат HTCM». В 1978 г. майор Н.Т. Синько постановлением Главного комитета ВДНХ был удостоен бронзовой медали и денежной премии, за что приказом Министра обороны ему была объявлена благодарность. Достижения 9 ОЛСК в 1967 г. были отмечены командованием ССК, а начальник ОЛСК полковник В.В. Исаев Указом Президиума Верховного Совета СССР от 14.10.1967 г. был награждён орденом «Знак Почёта».

По инициативе начальника Службы спецконтроля (ССК) А.И. Устюменко с учетом творческой атмосферы Семипалатинской лаборатории и необходимой территории на полигоне была поручена экспериментальная проверка нового метода - группирования сейсмоприёмков, разнесенных по площади, для повышения пороговой чувствительности сейсмического контроля ядерных испытаний. В ССК разработкой вопросов сейсмического группирования начали заниматься в середине 60-х годов в 3 управлении ЦНИИ-12 МО под общим руководством подполковника С.П. Галентовского (рисунок 4). После изучения и анализа зарубежных публикаций С.П. Галентовским и подполковником Б.М. Даниловым (рисунок 5) были разработаны научно-технические основы создания систем группирования и тактико-технические требования к системе в целом и к её отдельным элементам. Были разработаны также технические требования на строительство и оснащение конкретной системы группирования, включая состав и структуру её аппаратурного комплекса и сети связи, осуществлено курирование разработки в Центральном проектном институте (ЦПИ) документации на строительные работы и прокладку кабельной сети, разработаны недостающие элементы аппаратурного комплекса [5].

Место для размещения ЭСГ «Крест» на Семипалатинском полигоне было выбрано в 1967 г. С.П. Галентовским совместно с сотрудниками ССК в 25 километрах от технической площадки № 1.



Рисунок 4. Доктор технических наук подполковник Галентовский Сергей Павлович – теоретик сейсмического группирования и научный руководитель создания группы «Крест» в Семипалатинской лаборатории



Рисунок 5. Кандидат технических наук подполковник Данилов Борис Михайлович — разработчик проекта и технических устройств для оснащения группы «Крест», руководитель работ от начала строительства до ввода в эксплуатацию

Важная роль в работах по созданию ЭСГ отводилась коллективу Семипалатинской ОЛСК, которая вначале обеспечила рекогносцировку для определения места размещения группы, а затем сопровождала капитальное строительство, участвовала в монтаже и наладке оборудования и, наконец, обслуживала группу и предоставляла 3-му управлению ЦНИИ-12 МО, проводившему дальнейшие исследования, результаты регистрации сейсмических сигналов и помех (рисунки 6, 7).



Слева направо: рядовой Петухов, ефрейтор Борисов, майор Ю.К. Малышев – руководитель пуско-наладочных работ на ЭСГ «Крест» (3 управление), ?, капитан А.Н. Журавлёв, ?, В.К. Балаев (3 управление)

Рисунок 6. Группа представителей 3 управления 12 ЦНИИ MO и войсковой части 14053 у каротажной станции перед техническим зданием группы «Крест».

Для оснащения группы были выбраны скважинные сейсмоприёмники СБУ-В, разработанные Г.Л. Шнирманом в ИФЗ АН СССР, партия которых по заказу ССК была изготовлена Уфимским заводом



Рисунок 7. Майор Ю.К. Малышев и капитан А.Н. Журавлёв во время настройки усилителей постоянного тока Ф-122 («Кубань»)

Для сейсмической группы была выбрана конфигурация (рисунок 8) в виде двух взаимно перпендикулярных профилей длиной по 22,5 км, с размещением на каждом из них по 11 сейсмоприёмников с примерно равными интервалами (от 1,85 до 2,7 км). Средний сейсмоприёмник был общим для обоих профилей. Экспериментальная сейсмическая группа получила название ЭСГ Крест".

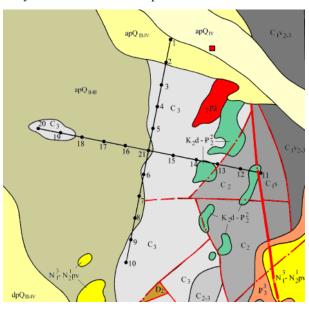


Рисунок 8. Конфигурация экспериментальной сейсмической группы «Крест»

"Геофизприбор". Недостающие для оснащения приёмных каналов ЭСГ высокочувствительные выносные усилители с дистанционным электропитанием были разработаны Б.М. Даниловым и изготовлены по заказу ССК на одном из экспериментальных предприятий г. Москвы. Там же были изготовлены элементы уникальной линии задержки, разработанной С.П. Галентовским с участием Б.М. Данилова и А.И. Рагули. Линия обеспечивала задержку сигналов от приёмных пунктов для обеспечения их фазирования длительностью до 1 сек. Для регистрации суммарного сигнала и сигналов, поступающих с отдельных приёмных пунктов, Б.М. Даниловым была рекомендована установка в центральном боксе группы пятиканальных регистрирующих усилителей Ф-122 с перьевой записью на бумагу. Технические требования на эти усилители были разработаны Б.М. Даниловым с участием В.Д. Феофилактова. Далее ССК поручила разработку усилителей Ленинградскому заводу "Вибратор". Б.М. Данилов как разработчик технических требований принимал участие в курировании заводской разработки, а также в испытаниях опытных образцов и сигнальных образцов серии этих усилителей. Полосовые электронные фильтры высокой избирательности, входившие в состав каналов регистрации, были разработаны подполковником Разнатовым В.Н. совместно с научными сотрудниками 3-го управления.

Строительство приборных сооружений на экспериментальной группе «Крест» и прокладка кабельной сети были завершены к лету 1969 г. В ССК была создана комиссия по приёмке строительной части работ под руководством начальника Семипалатинской лаборатории инженер-полковника Н.Е. Иванова. В состав комиссии входили от ССК - подполковник В.М. Дроздов, от 3-го управления ЦНИИ-12 МО - инженер-подполковник Б.М. Данилов и инженермайор Ю.К. Малышев, от 9 ЛСК - несколько офицеров. Основная часть работ по проверке качества приборных сооружений в оголовках приборных скважин, правильность разводки многожильных кабелей в этих сооружениях и в центральном боксе легли на специалистов 3-го управления. Работа комиссии в лето 1969 г. была затруднена степной жарой, песком, набивавшимся в обувь и одежду, а также массовым налётом саранчи. При объезде профилей ЭСГ приходилось часто останавливаться, чтобы очищать лобовое стекло машины от насекомых, залеплявших его подобно мокрому снегу. Во время приёмки у Б.М. Данилова возник ряд серьёзных замечаний по строительным работам, но главный инженер строительной части, сдававший объект и знавший об этих замечаниях, схитрил, представив на подпись акт, заранее подписанный другими членами комиссии, включая председателя. Б.М. Данилову не оставалось ничего иного, как изложить основные замечания в виде "особого мнения".

После устранения выявленных строительных огрехов началось техническое оснащение ЭСГ «Крест», в котором, кроме личного состава лаборатории, непосредственно участвовали сотрудники 3-го управления инженер-майор Ю.К. Малышев (от-

ветственный) и служащие Советской армии (СА) В. Г. Кононенко и В. К. Балаев. Последний из них в качестве представителя разработчика помогал также предприятию-изготовителю отлаживать выносные усилители и линии задержки. На заключительном этапе наладку и калибровку аппаратурного комплекса вместе с Б.М. Даниловым, Ю. К. Малышевым и А. М. Новиковым проводили инженеры лаборатории. Чтобы ускорить работы, которые затруднялись жарой (до 37°С в тени), пришлось отказаться от поездок на обед и ночлег в городок, развернуть палатку около центрального бокса и перейти на солдатскую пищу, доставляемую машиной дежурной смене.

Общее руководство пуско-наладочными работами осуществлял инженер-майор Малышев Ю.К. Освоением операций подготовки, настройки и установки сейсмометров СБУ-В с использованием каротажной станции занимался служащий СА Кононенко В.Г. Он же выполнял регулировку, настройку, монтаж и установку сейсмометров в скважинах. В основном, сейсмометры удавалось довести до кондиции, но некоторые образцы пришлось поначалу отстранять от установки из-за хруста пружин при малых амплитудах качания маятника. Технология установки отрабатывалась «на ходу». Были проблемы и с фиксацией каротажного кабеля на оголовке скважины. Пытаясь привести фиксатор в рабочее состояние, Кононенко нечаянно уронил в скважину автомобильную монтировку - катастрофа: сроки выполнения работ могли затянуться. Не было понятно как, но Кононенко с помощью рыболовного крючка смог выудить монтировку из скважины. Следует отметить работу группы солдат 9 ОЛСК, выделенных командованием в помощь разработчикам экспериментальной группы "Крест", во главе с капитаном А.Н. Журавлёвым. Этот инженер в звании капитана за время создания ЭСГ завершил учёбу на заочном факультете Академии им. Ф.Э. Дзержинского, был назначен старшим инженером группы, получил очередное воинское звание майор. В 1976 г. майор А.Н. Журавлёв был назначен начальником ЭСГ "Крест" и вскоре получил звание подполковник. Выделенные солдаты 9 ОЛСК были подстать способному капитану. Скромные, работящие, они вложили много труда для того чтобы система ожила. Особой прилежностью, сноровкой и инициативой отличался ефрейтор Борисов. Его золотые руки часто выручали разработчиков, особенно, когда требовалось срочно изготовить новое приспособление.

Приведением в рабочее состояние и монтажом предварительных усилителей на оголовках скважин занимался служащий СА Балаев В.К. Основные проблемы были связаны с повреждением гальванометров при транспортировке. Но особо досадная неприятность была выявлена через несколько дней после включения первых усилителей, размещенных в заглублённых надскважинных колодцах: во входные

разъемы усилителей затекал кондесат и выводил каналы из строя. Положение удалось исправить после герметизации разъёмов. Сейсмометры СБУ-В не имели калибровочной катушки, в связи с чем, также «на ходу», Ю.К. Малышев разработал оригинальный метод калибровки. В последствии этот метод применялся на системе группирования "Крест" в Боровом и на украинской большебазовой системе сейсмического группирования.

Волнительным было включение первых каналов, когда разработчики впервые увидели движение групп волн от сейсмометра к сейсмометру и когда, наконец, приступили к первичной оценке сквозных характеристик каналов и микросейсм. Еще большее внимание уделялось характеристикам синфазной суммы и кросс-корреляционного сигнала — тому, ради чего, собственно, и создавалась ЭСГ «Крест». Когда удалось увидеть сигнал удаленного сейсмического события с северного направления, выделявшийся над уровнем фона, стало понятно, что проделанная грандиозная работа была не напрасной и что даже аналоговая обработка сигналов группы «Крест» давала выигрыш в соотношении сигнал/шум.

Для обеспечения последующей целенаправленной работы ЭСГ "Крест" С.П. Галентовским, Б.М. Даниловым, Ю.К. Малышевым, С.Ф. Поляковым и другими сотрудниками 3-го управления была разработана "Методика испытаний ЭСГ". В дальнейшем, в течение 1971 - 1974 гг., под научным руководством С.П. Галентовского и с участием Б.М. Данилова в качестве ответственного исполнителя двух последовательных НИР был проведен большой цикл исследований с использованием материалов регистрации, получаемых инженерно-техническим составом Семипалатинской лаборатории на группе "Крест". Исследования относились к оценке эффективности сейсмической группы применительно к обнаружению ПЯВ малой мощности, корреляции сигналов и помех на приёмных пунктах группы, калибровке каналов со скважинными сейсмоприёмниками, принципам машинной обработки результатов регистрации и некоторым другим вопросам. В этих исследованиях участвовали А.Б. Пешков, А.М. Новиков, Л.Ф. Вербова, Ю.К. Малышев, А.П. Морозов, М.А. Комарова и другие сотрудники отдела 3 управления ЦНИИ-12 МО. Результаты показали, что группирование сейсмоприёмников существенно повышает эффективность обнаружения удалённых ядерных взрывов мощностью в единицы килотонн, что было одной из главных проблем контроля за ПЯВ. Одновременно выявилось, что полученная эффективность всё-таки ниже ожидаемой за счёт того, что корреляция сигналов на приёмных пунктах оказалась ниже, а корреляция помех выше предполагавшихся.

С началом работы экспериментальной сейсмической группы «Крест» её данные по значимости ста-

ли вторыми после данных Борового для установления фактов проведения ПЯВ малой мощности в Неваде для оперативной дежурной смены ССК.

Создание и функционирование экспериментальной сейсмической группы «Крест» в Семипалатинской лаборатории имело ещё одно важное следствие. Накопленный опыт позволил сформулировать технические требования к разработке технических средств новых, более совершенных систем группирования, основанных на цифровой регистрации и обработке сигналов. Эти технические требования в конце 1970-х были реализованы при изготовлении на промышленных предприятиях опытных образцов аппаратуры и оснащении ими радиосейсмических систем группирования в районах г. Макарова-1 в Житомирской обл. на Украине, пос. Боровое на севере Казахстана и г. Майли-Сай в Киргизии.

#### СЕМИПАЛАТИНСКАЯ ЗОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

В 1969 г. Семипалатинская лаборатория по числу и объёму выполняемых задач существенно переросла обычную отдельную лабораторию спецконтроля. Кроме технических средств, технических площадок и приборных сооружений, штатных для лаборатории, в ее состав входили 3 выносных пункта наблюдения, автономно действовавших на больших удалениях от лаборатории; работали телеметрические каналы и автоматизированные системы совпадений по радиотехническому и сейсмическому методам обнаружения с использованием коротковолновых радиоканалов с приёмом сигналов от 6 пунктов наблюдения и передачей их в направлении Центральной и Уссурийской лабораторий; была развёрнута группа сбора и предварительной обработки проб и их радиометрического анализа; завершалось строительство ЭСГ «Крест». Число контролируемых иностранных ядерных полигонов выросло до 9. Для обеспечения круглосуточного непрерывного наблюдения за этими полигонами и обслуживания всех объектов требовалось всё большее количество специалистов и обслуживающего персонала. Штат лаборатории увеличился почти до 400 военнослужащих, а лаборатории был придан новый статус - зональной лаборатории. Первым начальником 9-й Зональной лаборатории спецконтроля (9 ЗЛСК) был назначен один из первых (со дня основания лаборатории) офицеров инженер-подполковник Н.Е. Иванов, прошедший путь от инженера до главного инженера.

Развитие 9 лаборатории продолжалось. В 1968 г. на площадке № 5 (в 1 км к северо-западу от жилого городка полигона) по заказу ССК был построен объект «Молния»-«Каскад» - имитатор электромагнитного излучения ядерного взрыва (ЭМИ) [6]. Объект представлял собой трехэтажное здание с двумя смонтированными генераторами импульсного напряжения, накопительные конденсаторы, высоковольтное оборудование, а рядом - изолированная платформа с подъёмным мостом для тросса и аэростатов, поднимавших тросс на высоту 2 км, а в тан-

деме двух аэростатов - и до 4 км. Для обслуживания этого объекта был сформирована лаборатория спецконтроля, которая обеспечила строительство и монтаж оборудования, наладку и ввод в эксплуатацию объекта. К 1975 г. была обеспечена работа имитатора по сеансам, цель которой - проверка готовности аппаратуры радиотехнического метода к регистрации ЭМИ ядерных взрывов, отработка новых образцов радиотехнической аппаратуры, проведение исследований распространения сверхдлинных волн с участием нескольких научных организаций страны. В это время в ССК потребовалась дополнительная численность для формирования создаваемых радиосейсмических лабораторий группирования. Частично потребность в кадрах была обеспечена за счёт ограничения численности лаборатории, обслуживающей имитатор «Молния»-«Каскад», после передачи объекта в состав Семипалатинской лаборатории. Так в 1975 г. в состав 9 ЗЛСК была принята группа «высоковольтных генераторов и аэростатных антенн» и новая группа военнослужащих, насчитывавшая порядка 50 человек. Общая численность Семипалатинской 93ЛСК достигла рекордной величины - 450 человек. Для лучшего управления такой необычно крупной в ССК воинской частью - лабораторией в 1974 г. в ее штат была введена, наряду с главным инженером, должность ещё одного заместителя начальника лаборатории. На эту должность был назначен первый начальник экспериментальной сейсмической группы «Крест» подполковник Ю.П. Антонов. С 1978 г. эта должность стала называться «начальник штаба - заместитель командира части».

9 зональная лаборатория, наряду с повседневным круглосуточным наблюдением за иностранными полигонами, продолжала выполнять широкий спектр научных и экспериментальных работ в интересах ССК. В лаборатории практически постоянно работали экспериментальные комплекты аппаратуры, например, с целью регистрации начальной фазы радиоимпульса от китайских ядерных взрывов [7], с целью продолжительных испытаний новых образцов технических средств радиотехнического метода, с целью испытаний различного вида селекторов электромагнитного импульса, таких как многопараметрический селектор Галкина, настроенный на 14 признаков и несколько лет в начале 1970-х успешно работавший в 9 ЗЛСК [8]. В геофизической группе с 1972 г. наряду со штатными сейсмическими каналами работала широкополосная частотно-избирательная сейсмическая станция ЧИССО-5М, разработанная в Комплексной сейсмологической экспедиции (КСЭ) ИФЗ АН СССР Запольским К.К. Все документальные записи направлялись для изучения в Гарм – центр прогностического полигона КСЭ ИФЗ.

В геофизической группе в 9 ЗЛСК эксплуатировалась также аппаратура сейсмической регистрации событий в «ближней зоне». Этот комплект был специально создан для регистрации подземных ядер-

ных взрывов, которые проводились в непосредственной близости от места регистрации на площадках Семипалатинского испытательного полигона. В силу того, что в «ближней зоне» сейсмический сигнал от подземных ядерных взрывов был очень мощным, аппаратура была сформирована таким образом, чтобы усиление сигнала было небольшим, и с возможностью установки необходимого уровня усиления в зависимости от предполагаемой мощности взрыва. Запись сигнала велась с помощью гальванометрического комплекта на механический регистрир (РС-2М) с большой скоростью развертки таким образом, чтобы все основные волны были зарегистрированы световым лучом на фотобумаге за один оборот барабана. После этого регистрир останавливался, и фотобумага с записью сигнала проявлялась. На закрепленной и просохшей фотобумаге проводились первичные измерения основных параметров сейсмического сигнала, зарегистрированного от произошедшего испытания. По результатам первичной обработки сигнала и подготовки донесения в ССК и штаб полигона, проводилась обработка «материалов документальной записи» - так называлась фотобумага с записью сейсмограммы взрыва. Материалы впоследствии отсылались для последующей глубокой обработки в ССК.

Выполнявшиеся в лаборатории операции сами по себе не сложны, но степень ответственности за их выполнение была высочайшая, так как по этим данным в ССК делалась экспресс-оценка фактической мощности испытываемых ядерных зарядов, в которой больше других были заинтересованы члены госкомиссии, проводившей испытания, и руководители КБ разработчика из Минсредмаша. Несмотря на тщательность подготовки техники и операторов к каждому такому испытанию, курьёзы всё-таки случались и рассказы о них долго жили в лаборатории. Об одном из них рассказал ветеран ССК В.В. Ерастов, прибывший в 1973 г. лейтенантом на службу в Семипалатинскую лабораторию с большой группой первых выпускников 4 факультета Академии им. Ф.Э. Дзержинского (специальность «Средства специального контроля ядерных испытаний»). «...На одно из таких событий - вспоминает В.В. Ерастов, говоря о себе в третьем лице, - впервые приехал с «основной» площадки недавно назначенный на должность главного инженера лаборатории бывший начальник группы радиотехнических средств наблюдения подполковник Е.И. Лопатов, который до этого не занимался геофизическими методами контроля. Всё было подготовлено к регистрации сигнала, оставалось только заправить в регистрир отрезок фотобумаги длиной 1 м и закрепить ее специальной прозрачной планкой. (Необходимо пояснить, что все эти процедуры выполнялись в темной регистрационной комнате, поскольку запись велась на фотобумагу отражённым от гальванометра лучом света. Фотобумага отрезалась по шаблону в соседней темновой комнате и переносилась в регистрационную в специальном тубусе. Примерно за 10 - 15 сек до момента взрыва вручную запускался регистрир, при этом ориентировались по специальным авиационным часам с фосфоресцирующим циферблатом, с тем, чтобы были зарегистрированы момент вступления сейсмического сигнала и все вступления основных типов волн. Таким образом, вся запись продолжалась около 25-30 сек.). Вдруг в процессе намотки фотобумаги на барабан оказалось, что оператор - рядовой Потапов,- неаккуратно отрезал кусок бумаги, и она не закреплялась планкой. Лейтенант Ерастов, глядя на часы, с ужасом обнаружил, что до момента взрыва осталось очень мало времени и из-за такого, казалось бы «пустяка», может всё сорваться. Тогда он истошным голосом закричал: «Потапов, неси новую бумагу!» К счастью, Потапов оперативно отреагировал и принес нужный отрезок бумаги. Далее все происходило как на киноленте в немом кино: автоматически закреплялась бумага, одновременно запускался регистрир, в тот же миг боковым зрением Ерастов наблюдал вступление сигнала и чувствовал дрожь стен от сейсмоволны. Одним словом, Ерастову показалось, что все пошло насмарку. Когда он вышел из темновой комнаты, все офицеры, включая Лопатова, его обступили и стали интересоваться, как прошел эксперимент. Ерастов ответил, что есть сомнения в его успешном проведении. После этого произошел интересный диалог с участием Лопатова и Ерастова. Лопатов встал в строгую позу начальника и сказал: «Вы почему сорвали эксперимент?» Ерастов: «Товарищ подполковник, я сейчас все объясню». Лопатов: «Мне ничего объяснять не надо, Вы почему сорвали эксперимент?» Тем временем проявленную сейсмограмму принесли для обработки и выяснилось, что регистрир удалось запустить за 20 миллисекунд (!) до момента вступления сигнала». Главному инженеру пришлось признать находчивость и выдержку специалистов-геофизиков в критической ситуации. Он на практике убедился, что вполне заслуженно вместе с ним, начальником радиотехнической группы, всегда считавшейся элитным подразделением, 16 декабря 1972 г. медалью «За боевые заслуги» был награждён и главный инженер подполковник Г.Д. Коньков, долгое время отвечавший за геофизические средства наблюдения.

Коллектив лаборатории в 1976 г. принимал активное участие в проведении на территории Семипалатинского полигона государственных испытаний опытного образца подвижного радиосветотехнического комплекса, созданного в интересах войск, за что большая группа офицеров, сержантов и солдат во главе с начальником лаборатории полковником А.К. Марковым была награждена грамотами начальника Службы специального контроля.

К концу 1970-х годов, когда в самом разгаре была «холодная война», на ССК возложили задачу обеспечивать информацией органы военного управ-

ления в связи с возможным ядерным ударом по стране. Семипалатинская зональная лаборатория должна была обеспечивать штаб Среднеазиатского военного округа информацией о ядерных взрывах на территории радиусом 500 км, а также о сейсмической обстановке на территории Среднеазиатского военного округа. В начале 1980-х годов в Научноисследовательском центре специального контроля (НИЦ СК) был разработан радиотехнический автоматизированный стационарный комплекс обнаружения ядерных взрывов (АСК ОЯВ). В 1984 г. было принято решение развернуть подобные комплексы в Среднеазиатской зоне СССР. Сначала комплекс был развёрнут в ЛСК Боровской, Майли-Сайской, Семипалатинской, Улан-Баторской и Кировской. Обрабатывающий центр - в Боровской ЛСК, а затем, в 1985 г. - в Семипалатинской ЗЛСК. К сожалению, к этому времени произошли изменения в технической политике ССК и, особенно, её лабораторий. На первое место вышли задачи, связанные с войсковой службой, воинской дисциплиной, партийно-политической работой и общевоинскими дисциплинами в командирской подготовке. Задачи технического характера перешли на второй план. Это немедленно сказалось на квалификации офицеров, назначаемых ответственными за технические средства наблюдения в ЛСК. За офицерами групп приказом закреплялось несколько военнослужащих срочной службы, за которых они должны были нести полную ответственность. Офицеры стали отвечать за воинскую дисциплину солдат, их бытовые условия, проводить с ними занятия по боевой и политической подготовке. Естественно, что времени на поддержание в рабочем состоянии закреплённой аппаратуры у офицеров стало меньше. В лаборатории ССК стали направляться выпускники училищ без специального образования. Специалистов, способных работать с аппаратурой АСК ОЯВ и другой, относительно сложной аппаратурой, становилось всё меньше [9]. Поэтому работа АСК ОЯВ Среднеазиатской зоны постепенно стала сходить на нет. Однако положительным итогом политики по повышению боеготовности и укреплению воинского порядка в лаборатории стало строительство приёмо-передающего центра на площадке № 4 и трёхэтажного комплексного здания с казармой и столовой, учебными классами и спортзалом, медпунктом на площадке № 1. Комплексное здание, затянувшееся строительство которого было окончено в 1990 г. при начальнике лаборатории подполковнике С.И. Шушлебине, завершило формирование облика основной площадки 9 ЗЛСК

К концу 1980-х годов существенные изменения по сравнению с первоначальным вариантом претерпел состав выносных пунктов 9 ЗЛСК. В начале 1980-х годов прекратили существование ВП «Токты» и «Бахты», но еще продолжали работать ВП «Зайсан» и «Маканчи». В 1984 г. на ВП «Залесово»

было прекращено начатое строительство отдельной автоматизированной сейсмической станции. В 1989 г из-за усилившейся сейсмической активности и угрозы катастрофического землетрясения в районе ВП «Зайсан» был переведен в Залесово. -Строительство здесь продолжилось, была сформирована отдельная сейсмическая группа спецконтроля, впоследствии (после размещения на её базе лаборатории, выведенной из МНР), превратившаяся в лабораторию спецконтроля (рисунок 9). Следует отметить своевременность перевода в Залесово ВП «Зайсана», так как в 1990 г. землетрясением были разрушены покинутые технические и жилые здания, а в населённом пункте имелись многочисленные жертвы.



Рисунок 9. На оперативном дежурстве в 9 зональной лаборатории спецконтроля

#### В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕГОВОРОВ О ПОЛНОМ И ВСЕОБЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ЯДЕРНО-ГО ОРУЖИЯ

Оживление в работу 9 ЗЛСК внесли начавшиеся сейсмические наблюдения в районах Семипалатинского и Невадского полигонов в рамках Соглашения, заключённого 28 мая 1986 г. между АН СССР и американским Советом по охране природных ресурсов (NRDC). На местах, выбранных учёными вокруг Семипалатинского полигона: Каркаралинск, Баянаул и Карасу, - развернулись работы по бурению скважин и строительству приборных и технических помещений для установки сейсмического оборудования, а также жилых помещений для размещения обслуживающего персонала. Ввиду важности проводившихся работ, основными их исполнителями были строительные подразделения ГУ МО и Семипалатинского полигона, а непосредственным руководителем работ – генерал-майор Г.Г. Шидловский, заместитель начальника полигона по научной части, впоследствии - начальник Службы специального контроля. Специалисты Семипалатинской лаборатории участвовали в установке сейсмического оборудования на построенных пунктах и в его эксплуатации. Созданные пункты были использованы для калибровки региональных систем сейсмических наблюдений с помощью серии химических взрывов, а также для проведения в 1988 г. исторического первого совместного советско-американского эксперимента по контролю за выполнением Договора об ограничении подземных испытаний ядерного оружия (СЭК). После проведения экспериментов созданные пункты были переданы на баланс Семипалатинской лаборатории [10]. В этот же период личный состав лаборатории оказывал помощь специалистам НИЦ СК, ИЗМИРАН, ИПГ Росгидромет в обеспечении наземных измерений на геофизической площадке пункта наблюдения в Грачах во время проведения опытов 6 и 13 февраля 1988 г. Результаты, полученные наземной радиоаппаратурой, затем сопоставлялись с одновременно проводимыми спутниковыми радиоисследованиями [11].

В последующее время новой аппаратуры поступало в 9 ЗЛСК всё меньше. Последним комплектом современного оборудования стал комплекс «Парус-2», для которого были пробурены две 100-метровые скважины на технической площадке № 2. Комплекс был разработан в порядке подготовки к международному контролю за ядерными испытаниями, введён в эксплуатацию в 1992 г. и в дальнейшем послужил технической основой для создания автономного сейсмического пункта «Семипалатинск», проработавшего в рамках соглашения между Республикой Казахстан и Российской Федерацией до 2007 г.

Во второй половине 1970-х годов Семипалатинская лаборатория предоставляла технические помещения, аппаратуру и измерительные приборы, а также обеспечивала проведение экспериментальных исследований на Семипалатинском полигоне группе научных сотрудников НИЦ СК под руководством подполковника В.П. Строны. Экспедиции НИЦ СК организовывались для проведения исследований в интересах проверки (инспекции) на месте в порядке подготовки к переговорам о полном и всеобщем запрещении испытаний ядерного оружия. Тогда при содействии научного сектора полигона были получены уникальные данные по характеристикам различных остаточных (после ядерных взрывов) физических полей. Но тогда же выявилось, что на первоначальном этапе инспекции на месте ни один из методов, кроме пассивной сейсмической разведки (ПСР), не является информативным в отдельности. Этот вопрос обсуждался на трехсторонних переговорах в Женеве и во время рабочего визита советской научной делегации в США летом 1979 г., на которых стало ясно, что партнеры по переговорам не торопятся с обсуждением возможностей ПСР. Надо было срочно добывать собственные данные. Выполнение исследований микроафтершоков в ближнем окружении эпицентров ядерных взрывов было поручено Ю.К. Малышеву, принимавшему в тот период участие в переговорах. Было организовано несколько экспедиций сотрудников НИЦ СК (Малышев, Паршин, Голынский) на полигон. Под руководством Ю.К. Малышева был сформирован и отлажен комплекс аппаратуры для проведения экспериментов. Искусные руки Голынского и Паршина стали залогом успешной работы комплекса. По мере надобности комплекс доставлялся на полигон. Группе сотрудников института на полигоне выделялся автомобиль и к ним прикомандировывался обслуживающий персонал Семипалатинской лаборатории (солдаты срочной службы и водители). За длительный период автономной работы отряда были получены уникальные материалы, позволившие определить информативность ПСР во времени от момента взрыва, т.е. оценить эффективность метода. На этой основе были разработаны практические предложения по организации пассивной сейсмической разведки, определены тактико-технические характеристики аппаратуры и потребные исполнительские и финансовые ресурсы для ведения ПСР. Все эти наработки были использованы делегацией РФ на переговорах 1994 - 1996 гг. завершившихся принятием Генеральной Ассамблеей ООН 10.09.1996 г. Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

#### Гарнизонная жизнь Семипалатинской лаборатории

Расположение 9 зональной лаборатории на Семипалатинском полигоне и нахождение ее в составе крупного гарнизона во многом определяло специфику жизнедеятельности (рисунок 10). Отношения с командованием полигона у командования лаборатории, начиная с первого командира - полковника Н.А. Силина, - как правило, были хорошими. Прослуживший на полигоне 16 лет полковник Н.Е. Иванов отмечал, что командование гарнизона всегда шло навстречу в решении любых служебных и бытовых вопросов лаборатории [3].



Рисунок 10.Старший лейтенант А.А. Востриков у стенда родного города-героя Одессы на площадке № 1

Личный состав лаборатории был вовлечён во всё многообразие жизни полигона во внеслужебное время. Служба в лаборатории спецконтроля, практически с ненормированным рабочим днём, определяемым программами испытаний ядерного оружия на зарубежных полигонах, была трудна и ответственна, но все же жизнь не замыкалась в аппаратных залах и приборных сооружениях. И, может быть, именно благодаря активному участию в общественной работе, спортивных соревнованиях, художественной самодеятельности, напряженная оперативно-техническая работа проходила успешно (рисунки 11, 12).



Рисунок 11. Начальник группы «Крест майор В.А. Кульков на очередном субботнике по благоустройству территории. 1972 - 1973 гг.

На полигоне с первых дней его существования появилась традиция посадки деревьев в парках и вдоль дорог, у своих домов и у общественных зданий. Личный состав 9 ЗЛСК всячески поддерживал эту традицию, озеленяя все свои многочисленные технические площадки, наряду с участием со всем населением жилого городка в посадках и благоустройстве во время весенних и осенних субботников и воскресников (рисунок 13).



Рисунок 12. Зимний отдых на окраине г. Семипалатинск-21



Рисунок 13. Коллективом Семипалатинской лаборатории высажено и выхожено бесчисленное количество стволов и кустарников на 5 технических площадках и выносных пунктах

Спортом занимались почти все. Был развит футбол, волейбол, лёгкая атлетика, бокс. Даже экзотическая для армии борьба культивировалась в лаборатории. В лаборатории проходили службу и совершенствовали своё спортивное мастерство мастер спорта по боксу старший сержант В. Кривонос, кандитаты в мастера спорта по вольной борьбе: рядовые А.М. Гаджиев, В.М. Бацоев, М.И. Джамзаров, ефрейтор В.Ю Ефимов. Среди инженерно-технического состава были свои перворазрядники - офицеры А.А. Востриков, В.В. Ерастов. Иногда спортсмены лаборатории выезжали с командами полигона на областные соревнования, и тогда считалось за честь

заменить их на дежурствах. Была общеизвестна большая популярность художественной самодеятельности на полигоне, в которой принимали участие жители городк (Семипалатинск -21) со времени появления здесь семей испытателей. И тем более почётно было признание успехов сравнительно небольшого коллектива художественной самодеятельности 9 ЗЛСК. В 1974 - 1977 г. он занимал первые места на ежегодных смотрах-конкурсах Семипалатинского гарнизона и награждался переходящими призами. Во время проведения I Всесоюзного фестиваля самодеятельного творчества в 1975 - 1977 гг. коллектив художественной самодеятельности лаборатории награждался дипломом лауреата, а хор под управлением жены офицера Л.В. Лучной награждён Дипломом I степени.

Отличился коллектив 9 ЗЛСК и в военно-патриотической работе, активно проводившейся в гарнизоне. К 30-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне на технической площадке № 1 руками солдат, среди которых оказался учившийся на скульптора студент, был сооружён монумент «Воину-освободителю». В 1978 г. к подножию монумента у стендов, посвященных городам-героям, была заложена их священная земля. Памятник на основной технической площадке Семипалатинской лаборатории стал достопримечательностью полигона (рисунок 14).

Авторитет лаборатории был достаточно высок, поэтому в состав местных органов власти избирались её представители: начальник лаборатории инженер-полковник А.К. Марков (депутат городского Совета г. Семипалатинска-21, 1974 г.), начальник 6 группы майор А.В. Шуманов (депутат городского Совета г. Зайсан, 1976 г., бухгалтер службы МТО служащая СА Л.С. Вершинина (депутат городского Совета г. Семипалатинска-21, 1977 г.).



1-й слева - начальник политотдела лаборатории подполковник Н.Т. Соломин; 5-й слева - начальник лаборатории полковник А.К. Марков; 6-й слева - начальник полигона генерал-майор В.И. Ступин

Рисунок 14. Партийные и городские власти, командование полигона после церемонии заложения священной земли городовгероев к подножию памятника «Воину-освободителю» 9 мая 1978 г. на основной площадке Семипалатинской лаборатории.

С начала 1990-х годов после прекращения испытаний на Семипалатинском полигоне гарнизонная жизнь всё более замирала. Сокращались задачи для Семипалатинской лаборатории по контролю за испытаниями ядерного оружия на иностранных полигонах, была прекращена работа имитатора «Молния» «Каскад». Численность лаборатории медленно, но неуклонно снижалась. Все большую часть её составлял гражданский персонал. К моменту распада Со-

ветского Союза в лаборатории насчитывалось 255 военнослужащих и 40 служащих СА (рисунок 15).

В 1994 г. войсковая часть 14053, или Семипалатинская зональная лаборатория спецконтроля, тогда она возглавлялась полковником И.И. Гончаровым, была расформирована. Капитальные здания и сооружения на благоустроенных технических площадках были переданы Республике Казахстан.



Первый ряд (слева направо): подполковник И.И. Гончаров, подполковник А.Б. Зигаленко, начальник политотдела УИР на полигоне, заместитель начальника полигона по науке генерал-майор Ф.Ф. Сафонов, подполковник С.И. Шушлебин, полковник Е.И. Руколянский, начальник ССК МО СССР генерал-майор Г.Г. Шидловский, главный инженер УИР подполковник И.М. Долгих, подполковник Н.И. Федорченко. 2 ряд: старший лейтенант А.И. Стребков, подполковник Н.И. Самохин, подполковник Р.Г. Едиханов, капитан Ю.А. Коньков, капитан Д.И. Насретдинов, прапорщик С.А. Зайцев, капитан Н.О.С. Гаспарян, старший прапорщик В.В. Фахарнисов, прапорщик И.М. Тугужеков, майор С.А. Камышанский; 3 ряд:капитан Е.Ф. Ездаков, капитан В.В. Нехода, старший лейтенант К.И. Околелов, майор Ю.А. Субботин, майор С.П. Волков, старший лейтенант А.Н. Кравченко, капитан О.Н. Кулешов, подполковник Ю.И. Серебряков, старший лейтенант Л.Л. Литвинов. 4 ряд: старший лейтенант С.Н. Прокуронов, майор А.И. Руссов, майор В.В. Брусенцов, старший лейтенант В.В. Сиротин, подполковник В.В. Родюков, подполковник А.Н. Малявин, прапорщик В.В. Ваньшин, майор А.В. Рубцов. 5 ряд: майор В.А. Волков, капитан А.В. Соловьёв, старший лейтенант А.М. Зинов, старший лейтенант А.В. Токаренко, майор А.Н. Нагалов, лейтенант Д.Б. Васильев, старший лейтенант И.К. Провальский, старший лейтенант С.Н. П..?. 6 ряд: сержант А. Суянов, капитан И.В. Алексеев, прапорщик Д.В. Соловей

Рисунок 15. Личный состав Семипалатинской лаборатории у здания штаба на площадке № 1 (во время приёма дел и должности командира войсковой части 14053 подполковником С.И. Шушлебиным у полковника Е.И. Руколянского. 12.03.1990 г

#### Послесловие

История Семипалатинской лаборатории, взявшая (на бумаге) старт в бухте Провидения на Чукотке в 1957 г., не закончилась и продолжается делами казахстанских геофизиков Института геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан. Лодчонка, отчалившая от чукотского берега 50 лет назад и бороздившая океан времени по курсу обнаружения ядерных взрывов, постоянно совершенствовалась, превратилась в большое океанское научно-исследовательское судно, управлявшееся подготовленным экипажем и плававшее под советским флагом. К счастью, после непродолжительного дрейфа плавание было продолжено, но теперь уже на обновлённом корабле и

под другим флагом - Республики Казахстан. Новый, хорошо подготовленный коллектив специалистов, вооружённый современными знаниями, ведёт корабль по курсу ДВЗЯИ, геофизических наук, мира и сотрудничества. Более того, судно стало флагманским в теперь уже крупной флотилии научных кораблей: ГО «Боровое», сейсмических групп Маканчи, Каратау, Акбулак и станций Актюбинск.

Авторы статьи, в определенной степени причастные к становлению и развитию Семипалатинской лаборатории, желают Институту геофизических исследований НЯЦ РК семь футов под килём в его научном плавании в следующем 50-летии и новых свершений.

#### ИСТОРИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Васильев, А.П. Хроника лабораторий и пунктов наблюдения / А.П. Васильев // Рождённая атомным веком Часть 1, изд.2, М.: 2002. C.305 306.
- 2. Васильев, А.П. Хроника лабораторий и пунктов наблюдения / А.П. Васильев // Рождённая атомным веком Часть 1, изд.2, М.: 2002 С. 309 310.
- 3. Иванов, Н.Е. Лаборатория спецконтроля на Семипалатинском полигоне / Н.Е. Иванов // Курчатовский институт. История атомного проекта Вып.7, РНЦ Курчатовский институт, М.: 1996., С. 188 190.
- 4. Ядерное разоружение, нераспространение и национальная безопасность, Саров-Москва, 2001. с.28.
- 5. Данилов, Б.М. Некоторые наиболее существенные результаты разработки и развития сейсмических средств контроля за ядерными взрывами / Б.М. Данилов // Рождённая атомным веком Часть 1, изд. 2, М.:-2002 С. 129 130.
- 6. Шульцев, К.П. Имитатор излучения ядерного взрыва / К.П. Шульцев // Курчатовский институт. История атомного проекта Вып.7, РНЦ Курчатовский институт, М.: 1996. С. 237 240.
- 7. Кравченко, В.А. Командировки, командировки, но не только / В.А. Кравченко // Рождённая атомным веком Часть 2, изд.2, М.: 2002. с. 61.
- 8. Галкин, В.М. Годы формирования и становления научной базы ССК / В.М. Галкин В // Курчатовский институт. История атомного проекта Вып.7, РНЦ Курчатовский институт, М.: 1996. с. 180.
- 9. Черепанов, С.Н. Создание радиотехнического автоматизированного стационарного комплекса обнаружения ядерных взрывов / С.Н. Черепанов // Рождённая атомным веком Часть 3, изд.2, М.: 2002. С. 64 67.
- 10. Сутулов, Е.А Участие в советско-американских работах по сейсмическому контролю ядерных взрывов Е.А. Сутулов // Рождённая атомным веком Часть 2, изд.2, М.: 2002. С. 155 157.
- 11. Костин, В.М. Экспериментальные исследования возможностей спутникового мониторинга подземных ядерных испытаний / В.М. Костин, В.Н. Мурашёв // Рождённая атомным веком Часть 3, изд.2, М.: 2002 С. 181 182.

#### СЕМЕЙ ЛАБОРАТОРИЯСЫНЫҢ ТАРИХІ

Васильев А.П., Востриков А.А., Ерастов В.В., Данилов Б.М., Малышев Ю.К.

#### Мәскеу, Ресей

Мақалада, КСРО күйреуімен тарихі бітпей Қазақстан Республикасы Ұлтяқ ядролық орталығының Геофизикалық зерттеулер институтының қазақстандық геофизиктердің ісінде жалғасатын, ядролық сынауларын бақылау Семей лабораториясының орнатылу мен дамауының негізгі мезеттері келтірілген.

#### HISTORY OF SEMIPALATINSK LABORATORY

A.P. Vassiliev, A.A. Vostrikov, V.V. Yerastov, B.M. Danilov, Yu.K. Malyshev

#### Moscow, Russia

The paper gives basic moments of establishment and development of Semipalatinsk laboratory to control nuclear explosions, whose history was not over after USSR disintegration and it continues in work of Kazakhstani geophysicists of the Institute of Geophysical Research of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

УДК 550.34:621.039.9

#### К 60-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ГОРОДА КУРЧАТОВА

Разорёнов А.А., Станиловский А.И. *Москва, Россия* 

Статья посвящена 14 выпускникам московских техникумов 1948 г. - сотрудникам Института химической физики Академии наук СССР (его Специального сектора). Все они — непосредственные участники многих ядерных испытаний СССР. При этом подавляющее большинство из них являются непосредственными участниками первого атомного испытания СССР, проведённого 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне.

Я знаю – город будет, Я знаю – саду цвесть, (1929 г., В. Маяковский)

60 лет назад авторы статьи в составе группы из 14 человек, окончивших московские техникумы (11 из них окончили Московский электромеханический техникум имени Л.Б. Красина и 3 - Московский энергетический техникум), были направлены по распределению в Специальный сектор Института химической физики (ИХФ) Академии наук СССР. Распоряжением Первого Главного Управления при Совете Министров СССР (так тогда называлось Министерство среднего машиностроения СССР, ставшее затем Министерством Российской Федерации по атомной энергии а на 2007 г. - Федеральным Агентством по атомной энергии Российской Федерации - «Росатом») Спецсектор был создан вскоре по завершении Великой Отечественной войны для решения проблем, связанных с предстоявшими исследованиями воздействий атомного взрыва. В документах специалистов указывалось, что они направляются «тов. Н. Н.Семенову для тов. П. М. Рожановича». Это означало, что специалисты направлены в распоряжение директора Института химической физики, академика Н.Н. Семенова, в Специальный сектор Института для выполнения работ по тематике Семипалатинского испытательного полигона, руководимого тогда генерал-лейтенантом П. М. Рожановичем - первым начальником Семипалатинского полигона [1, 2].

Спецсектор включал в себя несколько подразделений: теоретический отдел, исследовательские лаборатории по физике взрыва, приборную лабораторию, занимавшуюся разработками методов и систем регистрации параметров взрыва, в том числе атомного. Работой Спецсектора руководил М.А.Садовский, член-корреспондент АН СССР (в дальнейшем – академик), одновременно являвшийся заместителем директора ИХФ и научным руководителем Семипалатинского полигона [1].

Молодые специалисты, получившие распределение в ИХФ, работали в группах приборной лаборатории Спецсектора, которую возглавлял видный ученый и талантливый конструктор Георгий Льво-

вич Шнирман  $[5\div 9]$  — фото 1). В год 60-летия города Курчатова Г.Л. Шнирману исполнилось 100 лет со дня рождения.



Фото 1. Г.Л. Шнирман – руководитель приборной лаборатории Спецсектора ИХФ АН СССР (07.07.1907 – 06.01.1993)

Приборная лаборатория разрабатывала методы и системы регистрации параметров атомного взрыва, в сотрудничестве с конструкторским бюро и экспериментальными мастерскими обеспечивала испытательные полигоны и соответствующие научно-исследовательские учреждения необходимой регистрирующей аппаратурой (электронной, электромеханической, механической, оптической и пр.), выпускавшейся сериями (порой значительными), а также системами автоматики по управлению полигонными измерительными комплексами. Здесь были разработаны сверхскоростные киносъемочные камеры, шлейфные осциллографы, катодные осциллографы, измерители коротких интервалов времени с высоким разрешением, системы автоматики, электрические измерительные

системы для регистрации параметров ядерных взрывов, сейсмометры и акселерометры для регистрации сильных движений, сейсмометры с оптической микрозаписью на фотопленку для длительной автономной работы в точках, весьма удаленных от мест проведения взрывов, сейсмометры для дальнего обнаружения сильных возмущений, авиационная аппаратура для регистрации параметров воздушного ядерного взрыва и многое-многое другое. В частности, например, в группе А.И.Соколика создавались уникальные электронные осциллографы, работающие в режиме ожидания и предназначенные для регистрации однократных быстропротекающих процессов, в том числе и на ядерных полигонах. В последующем А.И.Соколик – организатор (и первый заведующий) лаборатории электронной осциллографии Спецсектора. В группе П.В.Кевлишвили разрабатывались уникальные электронные системы для регистрации сверхкоротких интервалов времени, системы электронной автоматики, цифровые и аналоговые электронные системы регистрации нестационарных. процессов (в последующем П.В.Кевлишвили - заведующий лабораторией электронной автоматики и исполняющий обязанности начальника Спецсектора ИФЗ АН СССР, основатель Геофизической сейсмостанции в поселке Боровое Казахской ССР). По свидетельству М.А. Садовского 89% аппаратуры, работавшей в Семипалатинске в 1949 г. при первом ядерном взрыве, было сконструировано, разработано и изготовлено в Спецсекторе ИХФ под руководством Шнирмана Г.Л.

В лаборатории проходили стажировку офицеры, служившие на полигонах, их обучали работе с аппаратурой, а в отдельных случаях они привлекались к разработке блоков и узлов аппаратуры. Некоторые офицеры, долго прослужившие на полигоне, после увольнения переходили на гражданскую работу в Спецсектор, как например, Иван Акимович Белый, Герман Иванович Князев, Юрий Васильевич Кондратьев, Николай Дмитриевич Мартынов.

По оценкам Е.Э. Голлера - члена группы из 14 специалистов-техников [3], - в первом атомном испытании 29 августа 1949 г. всего от Института химической физики АН СССР (соответственно и его Спецсектора) принимало участие не менее 36 человек. При этом самым молодым был 18-летний юноша В.И. Зернов, механик по профессии, поступивший в ИХФ по найму незадолго до поездки на полигон. Он занимался на полигоне изготовлением механических узлов и сборкой полевых приборов для регистрации параметров взрыва. В свободное от работы время его регулярно приглашали «исполнять обязанности» штатного члена футбольной команды научного сектора полигона, что он и делал с успехом. Однако вернёмся к вопросу о специалистахтехниках. Все 14 специалистов-техников (в дальнейшем инженеров и научных сотрудников) многократно участвовали в проводившихся ядерных испытаниях, а 11 из них были непосредственными участниками первого атомного испытания СССР 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне.

Продолжительность непрерывного пребывания на полигоне подавляющего числа участников составляла тогда от полугода до года. Длительные многократные выездные работы на Семипалатинском и других полигонах, явились хорошей жизненной школой. Для многих суммарное время пребывания на казахстанской земле, в первую очередь, в теперешнем городе Курчатове, составляет несколько лет, и, безусловно, это позволяет с гордостью считать, что 14-ть специалистов-техников Спецсектора ИХФ АН ССР жили и работали в славном своими делами «особом городе Курчатове». Вот полный список этих специалистов: Голлер Ефим Элиезерович (1929 года рождения), Газелериди Владлен Ираклиевич (1927 г.р.), Дрожбин Юрий Андреевич (1926 г.р.), Елисеев Евгений Васильевич (1925 г.р.), Зверев Александр Сергеевич (1927 г.р.), Князев Владимир Николаевич (1926 г.р.), Королёв Игорь Александрович (1928 г.р.), Ликин Олег Борисович (1927 г.р.), Логинов Валерий Викторович (1928 г.р.), Новгородов Алексей Фёдорович (1928 г.р.), Плешанов Юрий Емельянович (1927 г.р.), Разорёнов Александр Александрович (1929 г.р.), Станиловский Анатолий Иванович (1928 г.р.), Усейко Игорь Павлович (1927 г.р.).

Во второй половине 50-х годов после укрупнения приборная лаборатория разделилась на несколько узкопрофильных подразделений, впоследствии самостоятельных лабораторий, объединенных глобальностью общей темы. В 1960 г. М.А. Садовского избирают директором Института физики Земли Академии наук СССР имени О.Ю.Шмидта, а в 1963 г., после запрещения проведения ядерных испытаний в иных сферах, кроме подземной, и Спецсектор переводят в состав этого института. В 1991 г. Спецсектор по инициативе академика М.А.Садовского был преобразован в самостоятельный научно-исследовательский институт – Институт динамики геосфер Российской Академии наук (ИДГ РАН), первым директором которого стал член-корреспондент (позже - академик) В.В. Адушкин.

В юбилейный год 50-летия первого атомного испытания у А.И. Станиловского, уже много лет работающего в филиале ИХФ в Черноголовке, в полусотне километров от Москвы, взял интервью корреспондент местной газеты. В результате появилась публикация [10] о пребывании на полигонах дружной группы из 14 молодых техников — радистов и электриков (имеющая весьма выразительный заголовок «Забыть прошлое — не иметь будущего»), с их коллективной фотографией (фото 2).



Нижний ряд (слева направо): 1 - Плешанов Ю.Е., 2 - Дрожбин Ю.А., 3 - Усейко И.П., 4 - Новгородов А.Ф. Верхний ряд: 5 - Голлер Е.Э., 6 - Разорёнов А.А., 7 - Логинов В.В., 8 - Станиловский А.И., 9 - Ликин О.Б., 10 - Князев В.Н., 11 - Елисеев Е.В., 12 - Зверев А.С. (отсутствуют Королёв И.А. и Газелериди В.И)

Фото 2. Тридцать лет спустя. Октябрь 1999 г. (фотография сотрудников ИХФ АН СССР из статьи "Забыть прошлое – не иметь будущего" [10])

На фото отсутствуют только двое из первоначальной группы специалистов, один — Королёв И.А. - по житейским обстоятельствам, другой - В. И. Газелериди, - открывший печальный счет потерь в возрасте 45 лет (за 7 лет до 30-летия первого атомного взрыва на Семипалатинском полигоне). При подготовке данной публикации стало известно ещё об одной печальной потере: в середине 2007 г. после тяжёлой и продолжительной болезни в 80-летнем возрасте скончался О.Б. Ликин.

Число ныне здравствующих участников первого испытания СССР из штатного состава от ИХФ АН СССР составляет пять человек (включая авторов статьи): Зернов Валентин Иванович, Дрожбин Юрий Андреевич, Логинов Валерий Викторович, Разорёнов Александр Александрович, Станиловский Анатолий Иванович. Первые трое находятся на пенсии, А.А. Разорёнов и А.И. Станиловский продолжают работать по специальности в «альма—матер» с учетом организационных метаморфоз: один — в Институте динамики геосфер РАН, другой — в Институте проблем химической физики РАН под Ногинском.

Ниже вкратце характеризуется род работ, выполнявшихся ныне здравствующими членами группы из 14 человек на первом (а также на последующих) атомных испытаниях, и их дальнейшая деятельность.

**А.И.** Станиловский на первом и последующих испытаниях обслуживал комплексы электронной осциллографии с предварительной проверкой внешних систем автоматики и профилактической работой с ними. Кроме того, в обслуживание входило обеспечение питания осциллографических систем по схеме «аккумулятор (с предварительной зарядкой) —

умформер — блок питания осциллографа». Специализация при дальнейшей повседневной работе: электрические вычислительные машины, компьютерные системы и сети.

Ю.А. Дрожбин на первом испытании обеспечивал обслуживание электрических и электронных схем и систем автоматики специальных высокоскоростных киносъемочных камер с зеркальными развёртками. На первом и последующих испытаниях выполнял работы по обслужитванию комплексов электронной тосциллографии. Для первого испытания совместно с бригадой обеспечивал тензометрический предварительный контроль устойчивости элементов конструкции высотной башни (предназначенной для подрыва на ней атомного заряда). В задачу входили наклейка (и монтаж) тензодатчиков на силовые элементы конструкции и последующий тензометрический контроль деформирования этих элементов при дискретном нагружении конструкции башни, что осуществлялось последовательным подъемом на башню посредством лифта грузов необходимой величины. В дальнейшей повседневной работе Ю.А Дрожбин занимался разработкой систем с электронно-оптическими преобразователями.

**А.С. Зверев п**ри испытании на полигоне первой термоядерной бомбы обеспечивал эксплуатацию систем регистрации теплового излучения воздушного ядерного взрыва. Его специализация по основной работе - разработка методов регистрации механических воздействий модельных полевых взрывов, а также взрывов, производимых во взрывных камерах.

**В.В.** Логинов для первого и последующих атомных испытаний разрабатывал и занимался эксплуа-

тацией специальных электронных усилителей с выходом на катодные и шлейфные осциллографы для регистрации параметров различных процессов, в совокупности составляющих атомный взрыв (от регистрации выхода нейтронов по методике КТ [17] до регистрации параметров воздушной ударной волны), а также участвовал в составе бригады совместно с Ю.А. Дрожбиным в тензометрировании элементов конструкции центровой башни полигона при подготовке первого испытания. В дальнейшем после переходе на другую работу специализировался в области радиолокации.

А.А. Разорёнов до первого отъезда на полигон участвовал в электромонтаже панелей программного автомата управления полигонными измерениями (автомат поля АП) и в разработке вспомогательных устройств для проверки его функционирования. А на полигоне занимался сборкой и монтажом партии (порядка 10 экземпляров) трехкомпонентных вибрографов, разработанных непосредственно на полигоне Г.Л. Шнирманом и там же изготовленных бригадой механиков ИХФ (приборы устанавливались на горизонтальных поверхностях в сооружениях и грунте. Ввиду острого дефицита времени, в этих приборах максимально широко применялись «покупные» детали. Так, например, в каждой компоненте конструкции трехкомпонентных вибрографов целиком использовалась магнитная система серийного электродинамического радиорепродуктора совместно с его диффузорной звуковой катушкой, устанавливаемой затем на маятнике вибрографа). Кроме того, А.А. Разорёнов проводил ремонт шлейфов штатных полигонных осциллографов ОШ-1, изрядное количество которых, используемых при наладочных работах различной регистрирующей аппаратуры, к тому времени уже вышло из строя. После поступления на полигон автомата поля АП А.А. Разорёнов участвовал вначале в проведении монтажа коммуникаций к АП, а затем, после стационарной установки его на командном пункте в сооружении 12П, - проводил текущий перемонтаж внутри автомата, необходимый для окончательной наладки совместной работы систем программного автомата с системами автоматики поля. Как полагает А.А. Разорёнов, здесь он был использован в качестве монтажника в силу его подходящей физической комплекции (рост больше 180 см, масса менее 60 кг), что позволяло, начиная со сборки автомата в Институте химической физики АН СССР, относительно «свободно» добираться с инструментами до самых отдаленных узлов внутри автомата для проведения необходимого перемонтажа.

Спустя примерно пять лет после первого в СССР атомного испытания в Спецсекторе для Семипалатинского полигона был изготовлен новый программный автомат БА («боевой автомат»), а примерно еще через год был сделан программный автомат МА («морской автомат»), предназначенный уже для Но-

воземельского полигона. Курировали эти работы в Спецсекторе представители соответствующих организаций: по БА - полковник Борис Александрович Крыжов и майор Владимир Семенович Кожарин; по МА, - помнится, В.П. Ковалев и Е.А. Нахуцришвили. Сотрудник Семипалатинского полигона полковник А.И. Мамаев, один из членов московской бригады по наладке и освоению работы программного автомата АП, полусерьезно-полушутя заметил, что первый автомат поля (АП) является исторически весьма ценным агрегатом, и поэтому после завершения его эксплуатации наверняка станет значимым экспонатом Высокого военного музея. Однако этому не суждено было случиться. Автомат АП не сохранился. С.Л.Давыдов - первый оператор первого программного автомата, работавшего на первом атомном испытании, сообщил в [11] о факте утраты автомата АП; но для наглядности подтверждения его существования в истории он привёл в [11] схематический рисунок АП. С позиций документальности эта весьма скупая информация наводит на мысль, что фото-и кинодокументы о работе автомата АП также не сохранились, особенно если учесть, что современники вынужденно рассматривают в кино и на фото не работу автомата АП в реальном историческом времени, а работу «младшего брата», появившегося примерно на 5 лет позже автомата БА. Однако на демонстрируемых ныне кинокадрах о последующих проводившихся в СССР ядерных испытаниях работу автомата упроавления измерительным комплексом комментирует С.Л. Давыдов - первый оператор первого программного автомата, работавшего на первом атомном испытании.

При проведении последующих (после 1949 г.) атомных испытаний А.А. Разорёнов больше никогда не направлялся для выполнения каких-либо работ в сооружение 12 П командного пункта полигона.

Предметом дальнейших исследований Разорёнова были различные физические процессы, сопровождающие ядерный взрыв: а) тепловое и световое излучение, ударная волна воздушного взрыва и их воздействие на различные объекты, как на наземные, так и находящиеся в воздухе - самолёты-носители; б) влияние конвективного нагрева излучением приземного слоя воздуха на характер распространения ударной волны, т.е. на её усиление; в) влияние сильных, весьма сильных и весьма слабых движений грунта и наземных объектов при воздушных, наземных и подземных взрывах; г) наличие «остаточного» давления в полостях штольневого взрыва (правда, без ощутимых результатов из-за системных повреждений коммуникаций под влиянием пика ускорения для первой забивки штольни во много тысяч «g») и др. Кроме того, он непосредственно занимался вопросами автоматизации полевых измерений, разработкой систем полевой регистрации нестационарных процессов [[6, 13]. Методические вопросы регистрации некоторых параметров воздушного ядерного взрыва, например, в условиях полёта самолёта («самолёта-носителя», или «самолёта-лаборатории») до недавнего времени нестоль широко известные по литературе, освещены в [14]. Эта работа может представлять интерес для оценки степени проработки отдельных вопросов проекта на тот период времени, или, например, подспудных движущих сил, которые могли влиять на процесс развития проекта, а также для ознакомления с самолётным программным автоматом СА, разработанным в Спецсекторе для автоматического управления комплексом регистрирующей аппаратуры, устанавливаемой на «самолёте-лаборатории», но практически не использованном. В дальнейшем А.А. Разорёнов занимался разработкой приборов для геофизических исследований, в частности текущая актуальная тема - скважинный радиальный многокомпонентный дефоромометр для долговременного наблюдения за развитием квазистатических деформационных процессов в твердых средах (например, склоны, подверженные оползням) [15].

Еще одна публикация [16], относящаяся к работе группы 14 молодых специалистов 1948 г. распределения, состоялась в 2001 г. (акима г. Курчатова Вихрева В.И). В ней, отдавая должное и называя имена

главных корифеев советского атомного проекта, аким г. Курчатова В.И. Вихрев доброжелательно отзывается и о деятельности молодых специалистов — техников, неоднократно командировавшихся на полигон для обслуживания приборных измерительных комплексов, разработанных в Спецсекторе. Обзор [16] был воспринят с глубоким чувством благодарности. Однако, к сожалению, в тексте публикации фамилии части членов этой группы (5 из 14) оказались искаженными, поэтому данная статья имеет еще и цель устранить искажения фамилий, допущенные в [16] и в ней приведен пофамильный перечень группы - отдельно и под фотографией.

Наиболее способные молодые люди, отобранные во время учебы для ответственной работы, на протяжении всех лет жизни подтверждали беззаветную преданность делу. «...Ядерные программы были чем-то большим, чем стратегия, и ядерная история есть не только история оружия, но и общества, и личных судеб. Этот факт скрывался за секретностью холодной войны, но тем не менее, именно в человеческой стороне этой истории надо искать надежду на то, что ядерную опасность можно преодолеть...» (Д. Холлоуэй «В поисках Харитона»).

#### Литература

- 1. Акчурин, И.А. Семипалатинский ядерный полигон. Создание, становление, деятельность, МО РФ 12 ЦНИИ/ И.А. Акчурин. 2007. «Голден-Би». 258 с.
- 2. Князев, Г.И. Тринадцать лет на ядерном полигоне. Россия делает сама / Г.И.Князев // История атомного проекта. М.: РНЦ Курчатовский институт, 1995.- Вып. 2. С. 126.
- 3. Голлер, Е.Э. Первые шаги / Е.Э. Голлер // История атомного проекта: Институт химической физики РАН и проблема создания ядерного оружия. М.: РНЦ Курчатовский институт, 1997. - Вып. 11. С. 174.
- 4. Ядерные испытания СССР/ под рук. В.Н.Михайлова. М.: ИздАТ, 1997. С. 303.
- 5. Садовский, М.А. Институт химической физики / М.А. Садовский // История атомного проекта: Институт химической физики РАН и проблема создания ядерного оружия М. РНЦ Курчатовский институт, 1997. Вып. 11. С. 45.
- 6. Шнирман, Г.Л. Аппаратурные наблюдения (избранные труды) / Г.Л. Шнирман // М.: РАН ОИФЗ имени О.Ю.Шмидта, 2003. 304с.
- 7. Голлер, Е.Э. Георгий Львович Шнирман / Е.Э. Голлер, А.А. Разорёнов, Н.М. Сицинская // Сейсмические приборы— М.: ОИФЗ РАН, 1996. Вып. 25 26 С. 3 8.
- 8. Башилов, И.П. Георгий Львович Шнирман создатель быстродействующих приборов / И.П. Башилов // Успехи физических наук М, 1994. Т. 164, №7 С. 775 779.
- 9. Голлер, Е.Э. Лаборатория Г.Л. Шнирмана. Начало / Е.Э. Голлер // История атомного проекта: Институт химической физики РАН и проблема создания ядерного оружия М.: РНЦ Курчатовский институт, 1997. Вып. 11. С. 161 173.
- 10. Стунжас, М. Забыть прошлое не иметь будущего / М. Стунжас // Черноголовская газета 1999 г. 2 − 8 октября, № 40 (435) С. 1, 6, 11, 13.
- 11. Давыдов, С.Л. Задача, ставшая делом жизни. Россия делает сама / С.Л. Давыдов // История атомного проекта. М.: РНЦ Курчатовский институт, 1995. Вып. 2. С. 129.
- 12. Пестов, С.В. Бомба: три ада XX века.: документально-публицистический детектив (в двух томах) / С.В. Пестов // М.: TEPPA, «Книжный клуб»,  $2001. T.\ 1 384\ c.$ ,  $\tau.\ 2 432\ c.$
- 13. Адушкин, В.В. О методах измерения светового излучения воздушного ядерного взрыва / Под редакцией В.Н.Михайлова, В.В. Адушкин, Б.З. Горбенко, Г.А. Овсянников, А.А. Разорёнов // Ядерные испытания»: книга 1 Ядерные испытания в Арктике (научно-публицистическая монография), том 2 (в двух частях): Арктический ядерный полигон, (часть 2). М.: ОАО «Московские учебники», 2006. С. 246.
- 14. Разорёнов, А.А. Авиационная регистрация воздушного ядерного взрыва / Под редакцией академика РАН В.Н.Михайлова, А.А. Разорёнов // Ядерные испытания, книга 1 Ядерные испытания в Арктике (научно-публицистическая монография), том 2 (в двух частях): Арктический ядерный полигон, (часть 2). М.: ОАО «Московские учебники», 2006. 459с.

#### К 60-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ГОРОДА КУРЧАТОВА

- 15. Родионов, В.Н. О результатах первого опыта регистрации медленных движений на склоне /В.Н. Родионов, А.А. Разорёнов // Физические поля и динамика взаимодействующих геосфер: сб. научных трудов ИДГ РАН. М7 ООО «Геос». С. 305.
- 16. Вихрев, В.И. Особый город Курчатов. Феномен неизвестного континента / В.И. Вихрев, Новосибирск: АО«Интурист», Издательский дом «Вояж», 2001. 161 с.
- 17. Голлер, Е.Э. Измерения на полигоне Новая Земля по методикам "ИВ" и "КТ" / Под редакцией академика РАН В.Н.Михайлова, Е.Э.Голлер // Ядерные испытания: книга 1 -Ядерные испытания в Арктике (научно-публицистическая монография), том 2 (в двух частях): Арктический ядерный полигон, (часть 2) // М.: ОАО «Московские учебники», 2006. С. 305.

#### КУРЧАТОВ ҚАЛАСЫНЫҢ 60-ЖЫЛДЫҚ МЕРЕЙТОЙЫ ҚАРСАҢЫНДА

#### Разорёнов А.А., Станиловский А.И.

Мәскеу, Ресей

Мақала, Мәскеу техникумдарын 1948 ж. бітірген 14 мамандарына – Семей полигонында 1949 ж. тамыздың 29-да өткізілген КСРО бірінші атомдық сынауына тікелей қатысқан, КСРО Ғылыми академиясының Химиялық физика институтының (оның Арнайы секторы) қызметкерлеріне арналған.

#### TO 60TH ANNIVERSARY OF KURHCATOV TOWN

A.A. Razorenov, A.I. Stanilovsky

Moscow, Russia

The paper is dedicated to 14 graduates of Moscow colleges of 1948 – personnel of the Institute of Chemical Physics of the Academy of Sciences USSR (its Special branch), directly participated in the first atomic explosion of USSR, done in August 29, 1949 at Semipalatinsk Test Site.

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

#### СЕЙСМОЛОГ – ЭТО ЗВУЧИТ ГОРДО (К ЮБИЛЕЮ МИХАЙЛОВОЙ НАТАЛИИ НИКОЛАЕВНЫ)



В Казахстане не так много специалистов-сейсмологов, которыми могут гордиться их современники. Одной из них является Наталья Николаевна, доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе - руководитель Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации Института геофизических исследований (ИГИ) НЯЦ РК.

Хорошо известно, что с возрастом каждый из нас чаще обращается к прошлому, обозревает сделанное и пережитое, оценивает жизненные взлеты, падения, а так же встречи с людьми и идеями, оказавшими заметное влияние. В течение более сорока лет автор этих строк общается со многими людьми в области геофизической и сейсмологической науки, в число которых входит и юбиляр. Долгая совместная деятельность с Натальей Николаевной с годами переросла в дружбу, которая продолжается до сегодняшнего дня.

Михайлова Н.Н. родилась в г. Алматы. С золотой медалью окончила среднюю школу, а в 1969 г. с отличием закончила физический факультет Казахского государственного университета (КазГУ) им. С.М. Кирова по специальности «теоретическая физика». По распределению она была направлена в Институт геологических наук АН Казахской ССР для работы в новой для нее отрасли - геофизика. С 1976 г. после перевода во вновь организованный Институт сейсмологии в составе АН Казахской ССР ее профессиональная деятельность связана с сейсмологией, на благо которой она трудится уже более 30 лет.

Научная деятельность Наталии Николаевны была сконцентрирована на нескольких направлениях — наблюдательная практическая сейсмология, инженерная сейсмология, мониторинг ядерных взрывов и землетрясений, - и связана соответственно с тремя коллективами: Сейсмологической опытно-методической экспедицией (СОМЭ) — 1976 - 1987 гг., Института сейсмологии АН КазССР — 1988 - 1999 гг., Института геофизических исследований Национального ядерного центра РК — 1999 — по сегодняшний день.

В СОМЭ в течение 12 лет Наталия Николаевна возглавляла группу обработки данных сети сейсмических станций Казахстана. В то время казахстанская сейсмология начиналась практически с нуля, но в успехе, который сопутствовал Наталии Николаевне и ее коллегам, сыграла важную роль поддержка корифеев советской сейсмологии И.Л. Нерсесова, Т.Г. Раутиан и др., работавших в это время в Комплексной сейсмологической экспедиции Института физики Земли АН СССР в г. Талгаре Алматинской области. Прошедшие 70-е годы были временем бурного развития экспериментальной сейсмологии в Казахстане, и под руководством и непосредственном участии Натальи Николаевны осваивались и внедрялись в производство новые методы и методики обработки материалов сейсмологических наблюдений. Важнейшими достижениями стали разработанная в 80-е годы по ее инициативе и ее активном участии электронная база данных «СЕЙСМО», программное обеспечение для анализа сейсмических данных: не потерявшая своего значения до сих пор шкала магнитуд, которой пользуются все сейсмологи в Казахстане и в Центральной Азии. Наталия Николаевна автор и ответственный составитель двухтомного «Каталога землетрясений Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий», автор многочисленных статей по сейсмичности Северного Тянь-Шаня и Средней Азии, а также по анализу отдельных сильных землетрясений на территориях Казахстана и сопредельных стран.

Глубокие знания и практические навыки, целеустремленность и высокая ответственность позволили Наталье Николаевне возглавить научное подразделение Института сейсмологии - лабораторию инженерной сейсмологии. Для Казахстана это было новое направление - сейсмология сильных движений. При проектировании зданий и сооружений необходимо уметь предсказать наибольшие колебания, которым может подвергнуться при эксплуатации возводимое здание. К сожалению, здесь трудности начинаются уже на первом этапе - экспериментальный материал накапливается очень медленно, так как сильные землетрясения происходят редко, а число станций в Казахстане, регистрирующих сильные движения, недостаточно. Наталье Николаевне, благодаря упорству, готовности к восприятию нового, жадности (в хорошем смысле) к эмпирическим сейсмологическим данным, удалось преодолеть эти трудности и достичь важных результатов. Ею разработана методика оценки параметров сильных движений при будущих сильных землетрясениях, получены зависимости параметров колебаний от направленности очага, механизма очага и т.д. применительно к району г. Алматы. По материалам этих исследований в 1984 г. в г. Москве Наталия Николаевна защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Жизнь, как ей и положено, постоянно меняется но, увы, не всегда в лучшую сторону. В начале 1990 г. в Институт сейсмологии пришли новые руководители и с ними новые проблемы. Под видом реформы были ликвидированы сейсмологические подразделения института. Все мы переживали происходящее, не находя поддержки в вышестоящих инстанциях. Наступил неблагоприятный период, из института ушли ведущие специалисты, внесшие значительный вклад в его организацию и развитие сейсмологии в Казахстане. Среди них были Н. Н.Михайлова, автор данной статьи и ряд других ученых.

Руководство Института физики Земли АН СССР, бывшего головным в области сейсмологии в СССР, предложило нам должности главных научных сотрудников в Комплексной сейсмологической экспедиции (КСЭ) ИФЗ АН СССР в г. Талгаре и поручило, учитывая наш опыт, продолжить исследования по изучению сейсмичности и сейсмической опасности Казахстана. Это позволило в течение еще четырех лет заниматься сейсмологией Казахстана, увлеченно вести анализ и осмысление собранных сейсмологических материалов. Результатом этих работ для Натальи Николаевны стала защита в 1996 г. в Москве докторской диссертации на тему «Сейсмическая опасность в количественных характеристиках колебаний грунта» по специальности «физика твердой Земли».

В 1999 г. Наталью Николаевну пригласили возглавить создававшийся Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации в составе Института геофизических исследований НЯЦ РК. За короткое время этот Центр данных стал, по праву, одним из лучших в Международной системе мониторинга. Здесь решаются проблемы как технического и технологического, так и методического и научно-исследовательского обеспечения. За время работы в Центре данных Наталия Николаевна опубликовала ряд интересных работ. Один цикл работ этого периода относится к исследованиям калибровочных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне, другой - к изучению закономерностей сейсмических шумов. Все эти годы она была и продолжает оставаться руководителем тем Научно-технических программ, контрактов и договоров. Занимаясь вопросами ядерного мониторинга, Наталия Николаевна не оставляла и любимую тему - изучение сейсмичности и сейсмическое районирование Казахстана. Именно ей принадлежат первые работы по изучению сейсмичности тех областей Казахстана, которые ранее не считались сейсмичными. Это - изучение Шалгинского землетрясения 2001 г. в Центральном Казахстане, землетрясений на севере Казахстана (Боровое, Степняк, Рудный) и в Западном Казахстане. Ею с соавторами впервые была разработана инструментальная шкала интенсивности землетрясений, которая в 2004 г. введена в Казахстане как нормативная (Шкала для оценки интенсивности землетрясений MSK-64). Научные разработки Н.Н. Михайловой вошли в принятые в 2006 г. новые строительные нормы и правила для Казахстана. Она один из авторов норм «Строительство в сейсмических районах» (Алматы, 2006).

Наталья Николаевна ведет большую педагогическую работу. Несколько лет она является профессором КазНТУ им. К.И. Сатпаева, читает лекции по курсу «Сейсмические воздействия» на кафедре геофизики этого университета и в КБТУ на кафедре геологии и охраны недр. Знания, большой практический и научный опыт, творческий потенциал оказались активно востребованными в настоящее время. Наталия Николаевна является членом НТС НЯЦ РК, руководителем секции НТС ИГИ НЯЦ РК, членом диссертационного совета при КазНТУ им. К.И. Сатпаева, членом диссертационного совета Узбекского института сейсмологии, членом Междуведомственной комиссии по прогнозу землетрясений, членом американской ассоциации сейсмологов. У нее более 200 печатных работ в различных республиканских и зарубежных изданиях. Она прекрасный оппонент и редактор, была ответственным редактором ряда монографий по сейсмологической тематике. Автор настоящих строк не раз убеждался в этом, в качестве оппонента ее всегда отличает углубленный анализ и конструктивный подход.

За свои научные и производственные успехи Наталия Николаевна награждалась почетными грамотами АН КазССР, МЭМР РК, НЯЦ РК, ИГИ НЯЦ РК. Вместе с мужем Михаилом Михайловым они вырастили и воспитали прекрасную дочь Викторию, которая подарила им двух внуков.

Сейчас Наталия Николаевна находится на пике творческой и жизненной активности. Пожелаем Наталье Николаевне крепкого здоровья, творческого и физического долголетия и благополучия ее близким.

Алкуат Нурмагамбетов, заведующий кафедрой геофизики КазHTV им. К.И. Сатпаева, доктор геолого-минералогических наук, профессор

**Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

### АБИЛ КУАНГАЛИЕВИЧ ЖЕТБАЕВ (к 70-летию со дня рождения)



16 апреля 2008 года исполнилось бы 70 лет со дня рождения **Абила Куангалиевича Жетбаева** – доктора физико-математических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники, член-корреспондента АН КазССР, ведущего ученого страны в области ядерной спектроскопии и радиационной физики твердого тела.

Абил Куангалиевич Жетбаев родился в Астраханской области.

В 1956 году окончил среднюю школу в поселке Приволжье Астраханской области. В том же году Абил Куангалиевич поступил на физический факультет Казахского государственного университета им.С.М. Кирова, который окончил в 1961 году по специальности «физика».

1961 год - начало трудовой деятельности в Институте ядерной физики Академии наук Казахской ССР (ИЯФ АН КазССР).

В 1963 году он был направлен на краткосрочную стажировку в Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ в лабораторию профессора В.С. Шпинеля, где впервые в

СССР были начаты исследования по эффекту Мессбауэра. Вскоре в ИЯФ АН КазССР по проекту Абила Куангалиевича начались работы по созданию экспериментальной установки. Первый успешный эксперимент по наблюдению эффекта Мессбауэра в ИЯФ был осуществлен летом 1964 г. на установке с механической системой доплеровского смещения энергии у-квантов на изотопе <sup>182W</sup> с источником <sup>182</sup>Та, активированным на реакторе ИЯФ АН УзССР в Ташкенте. Одновременно создавалась установка с электродинамической системой движения источника и электронная аппаратура к ней, осваивались криогенная техника и методика получения изотопа <sup>57</sup>Со на циклотроне Уральского (Свердловского) по-

литехнического института. В то время ни реактор, ни циклотрон в ИЯФ еще не были построены.

С вводом новой установки начались интенсивные исследования соединений железа химического и геологического происхождения.

В 1968 году Абил Куангалиевич защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Исследование температурной зависимости мессбауэровских параметров соединений железа».

В эти годы Абил Куангалиевич со своей группой освоил практически все разновидности мессбауэровской спектроскопии.

На выведенных пучках нейтронов атомного реактора был создан спектрометр для исследований дифракции медленных нейтронов и налажена методика нейтронной радиографии.

В 1975 году в соответствии с решением VIII Всесоюзного координационного совещания по исследовательским реакторам (Алма-Ата, 1974 год) он создает лабораторию нейтронографических исследований, в последующем переименованную в лабораторию ядерной гамма-резонансной спектроскопии.

За короткий период под руководством Абила Куангалиевича лаборатория стала одним из лучших научных подразделений института. К концу 70-х годов в лаборатории полностью сформировалась научно-экспериментальная база, состоящая из нейтронографической и нейтронно-радиографической установок, пяти мессбауэровских спектрометров и дополнительного оборудования, позволяющего проводить эксперименты в широком интервале температур (от 4 до 2000 К) в окислительно-восстановительной, инертной атмосфере и глубоком вакууме.

Исследования, проводимые под научным руководством А.К. Жетбаева, охватывали обширный круг актуальных проблем ядерной спектроскопии, радиационной физики твердого тела и физики сверхпроводимости.

Он основал в ИЯФ гамма-резонансную спектроскопию, структурную и магнитную нейтронографию, нейтронную радиографию.

Абил Куангалиевич предложил ряд методических разработок по мессбауэровской спектроскопии, представляющих принципиальную новизну, в частности:

 метод селективной регистрации ГР-спектров продуктов ядерных реакций, позволяющий избирательно зондировать микроскопические (на уровне атомного масштаба) области торможения атомов в твердых телах. Этот же метод расширяет круг объектов, поддающихся ГР-спектроскопии;

- впервые в СССР разработана технология изготовления источников мессбауэровского излучения 6,25 КэВ, испускаемого при распаде ядра вольфрама-181 и резонансных поглотителей из металлического тантала. Отработана методика наблюдения эффекта Мессбауэра на тантале-181, обладающего сверхчувствительными ядерными параметрами к внутренним полям и поэтому казавшегося недоступным экспериментальному освоению. Благодаря тому, что отношение Γ/E<sub>0</sub> в 30 раз меньше, чем для железа-57, резонанс на тантале-181 является рекордно чувствительным инструментом для изучения сверхтонких взаимодействий;
- новый принцип создания ГР-спектрометров с вращающимся источником, который позволяет упрощенно решать широкий класс задач от аналитических до фундаментальных, например, исследование фононных спектров;
- мессбауэровский спектрометр с магнитным энергоанализатором конверсионных и вторичных электронов и позиционно-чувствительным детектором для послойного зондирования поверхности.

А.К. Жетбаев основал новое научное направление - ЯГР-спектроскопия радиационных явлений в твердых телах, разрешил ряд актуальных задач радиационной физики, в частности:

- дал экспериментальное обоснование концепции «термических пиков» в различных классах твердых тел - соединения, металлы, сплавы и металлические стекла;
- описал на атомном уровне механизмы взаимодействия и диффузии точечных дефектов, первичные проявления фазообразования и упорядочения-разупорядочения под облучением;
- обнаружил новое явление радиационной стабилизации магнитных свойств ферритов. С помощью мессбауэровской спектроскопии и нейтронографии на примере гематита было доказано, что после облучении быстрыми нейтронами реактора и заряженными частицами в образцах стабилизируется высокотемпературная (существующая при 260 К < T < 956 K) ориентация магнитных моментов в плоскости (III) вплоть до 4,2 К.

Разрешил ряд прикладных проблем, в частности:

применил нейтронную радиографию в исследованиях по прямому преобразованию ядерной энергии в электрическую. С помощью нейтронной радиографии была проведена диагностика состояния термоэмиссионных преобразователей (ТЭП), прошедших длительные ресурсные испытания в активной зоне реактора, что позволило получить качественно новые, ранее недоступные, сведения о работе ТЭП, например, детально прослежен процесс

- переконденсации паров цезия в электрогенерирующем канале и перераспределение топлива в нем;
- впервые в СНГ синтезирован сверхпроводник на основе таллия с самой высокой температурой перехода 125 К, технология синтеза передана на Пышминский опытный завод «ГИРЕДМЕТ», который начал его производство;
- предложил идею создания дозиметров коллективного пользования и организовал их производство.
- В 1983 году А.К. Жетбаев защитил докторскую диссертацию на тему: «Исследование радиационных эффектов в твердых телах методами гамма-резонансной спектроскопии» по специальности «01.04.01 экспериментальная физика».

А.К. Жетбаев оказал определяющее влияние на становление и развитие ядерный у-резонансной спектроскопии в Казахстане. Благодаря его практической помощи мессбауэровские группы образованы в КазГУ, КазНТУ, Институте оргкатализа и электрохимии и др.

Он организовал и провел в Алматы ряд крупных всесоюзных и международных конференций и совещаний.

Согласно решению ИЮПАК (Международный союз чистой и прикладной химии при ЮНЕСКО) и в соответствии с планом мероприятий по научнотехническому сотрудничеству СССР с зарубежными странами, утвержденному Постановлением ГКНТ и Распоряжением Президиума АН СССР в г. Алма-Ате с 26 сентября по 1 октября 1983 года была проведена Международная конференция по применениям эффекта Мессбауэра (ІСАМЕ-83) с участием автора эффекта - профессора Мессбауэра. Определение г. Алматы в качестве места проведения конференции стало возможным благодаря «... большим успехам казахстанских ученых в области радиационной физики и физики твердого тела, металлургии и химии с применением эффекта Мессбауэра» (из Распоряжения Президиума АН СССР).

Вся трудовая деятельность Абила Куангалиевича протекала в ИЯФ. В 1987 году Абил Куангалиевич был назначен и.о.директора ИЯФ АН КазССР, а в 1988 году избран директором этого института на альтернативной основе и проработал на этом посту десять лет.

В этот сложный период, когда шло постоянное сокращение кадрового потенциала и финансирования науки, дирекции Института удалось сделать главное - сохранить научный потенциал института.

А.К. Жетбаев вел большую педагогическую деятельность. В разное время он читал лекции и спецкурсы в КазГУ, КазПТИ, КазЖенПИ. В республиканской печати опубликовал ряд научно-популярных работ на казахском языке, в том числе книгу «Нейтрондар», выступал по радио и телевидению.

### АБИЛ КУАНГАЛИЕВИЧ ЖЕТБАЕВ (к 70-летию со дня рождения)

Под его руководством защищены две докторские и тринадцать кандидатских диссертаций. Он имел более 200 научных трудов и 4 авторских свидетельства.

Абил Куангалиевич Жетбаев известен и признан научной общественностью как специалист по ядерной спектроскопии и радиационной физике твердого тела, исследовавший сверхтонкие взаимодействия между электронной и ядерной подсистемами в конденсированных средах.

Абил Куангалиевич являлся крупным ученым и умелым организатором науки. Его заслуги в области научной и практической деятельности послужили

основанием для присвоения ему в 1993 году звания «Заслуженный деятель науки и техники Республики Казахстан».

В 1994 году Абил Куангалиевич избран членом-корреспондентом Академии наук Республики Казахстан.

Абил Куангалиевич Жетбаев скоропостижно скончался 1 марта 1999 года. Светлая память о Абиле Куангалиевиче Жетбаеве — талантливом учёном и прекрасном человеке — сохранится в сердцах коллег, учеников и людей, которым посчастливилось знать его лично.

**Вестник НЯЦ РК** 

#### СПИСОК АВТОРОВ

Васильев А.П., 78 Востриков А.А., 78 Голубов Б.Н., 33 Горбунова Э.М., 27 Данилов Б.М., 78 Ерастов В.В., 78 Иванов А.И., 27 Малышев Ю.К., 78 Михайлова Н.Н., 17, 48, 54 Погода Э.В., 44 Разорёнов А.А., 93 Силачев И.Ю., 5 Синёва З.И., 54 Соколова И.Н., 17, 48, 63, 68, 74 Станиловский А.И., 93 Тлебаев К.Б., 11, 13 Ушницкий В.Е., 33 **Вестник НЯЦ РК** выпуск 1, март 2008

#### ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статьи предоставляются в виде электронной (на гибком диске или по электронной почте присоединенным (attachment) файлом) в формате MS WORD и печатной копии.

Текст печатается на листах формата A4 ( $210 \times 297$  мм) с полями: сверху 30 мм; снизу 30 мм; слева 20 мм; справа 20 мм, на принтере с высоким разрешением (300-600 dpi). Горизонтальное расположение листов не допускается.

Используются шрифт Times New Roman высотой 10 пунктов для обычного текста и 12 пунктов для заголовков. Пожалуйста, для заголовков используйте стили (Заголовок 1, 2...) и не используйте их для обычного текста, таблиц и подрисуночных подписей.

Текст печатается через одинарный междустрочный интервал, между абзацами – один пустой абзац или интервал перед абзацем 12 пунктов.

В левом верхнем углу должен быть указан индекс УДК. Название статьи печатается ниже заглавными буквами. Через 3 интервала после названия, печатаются фамилии, имена, отчества авторов и полное наименование, город и страна местонахождения организации, которую они представляют. После этого, отступив 2 пустых абзаца или с интервалом перед абзацем 24 пункта, печатается основной текст.

#### При написании статей необходимо придерживаться следующих требований:

- Статья должна содержать аннотации на казахском, английском и русском языках (130-150 слов) с указанием названия статьи, фамилии, имени, отчества авторов и полного названия, города и страны местонахождения организации, которую они представляют;
- Ссылки на литературные источники даются в тексте статьи цифрами в квадратных [1] скобках по мере упоминания. Список литературы следует привести по ГОСТу 7.1-2003;
- Иллюстрации (графики, схемы, диаграммы) должны быть выполнены на компьютере (ширина рисунка 8 или 14 см), либо в виде четких чертежей, выполненных тушью на белом листе формата А4. Особое внимание обратите на надписи на рисунке они должны быть различимы при уменьшении до указанных выше размеров. На обороте рисунка проставляется его номер. В рукописном варианте на полях указывается место размещения рисунка. Рисунки должны быть представлены отдельно в одном из форматов \*.tif, \*.gif, \*.png, \*.pcx, \*.dxf с разрешениями 600 dpi.
- Математические формулы в тексте должны быть набраны как объект Microsoft Equation или MathType. Химические формулы и мелкие рисунки в тексте должны быть вставлены как объекты Рисунок Microsoft Word. Следует нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

#### К статье прилагаются следующие документы:

- рецензия высококвалифицированного специалиста (доктора наук) в соответствующей отрасли науки;
- выписка из протокола заседания кафедры или методического совета с рекомендацией к печати;
- акт экспертизы (экспертное заключение);
- на отдельном листе автор сообщает сведения о себе: фамилия, имя, отчество, ученая степень, должность, кафедра и указывает служебный и домашний телефоны, адрес электронной почты.

Текст должен быть тщательным образом выверен и отредактирован. В конце статья должна быть подписана автором с указанием домашнего адреса и номеров служебного и домашнего телефонов, адрес электронной почты.

Статьи, оформление которых не соответствует указанным требованиям, к публикации не допускаются.

**Ответственный секретарь** д.т.н. М.К. Мукушева тел. (722-51) 2-33-35, E-mail: MUKUSHEVA@NNC.KZ

**Технический редактор** А.Г. Кислухин тел. (722-51) 2-33-33, E-mail: KISLUHIN@NNC.KZ

**Адрес редакции:** 071100, Казахстан, г. Курчатов, ул. Ленина, 6. http://www.nnc.kz/vestnik

© Редакция сборника «Вестник НЯЦ РК», 2001.

Регистрационное свидетельство №1203-Ж от 15.04.2000г. Выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан

Тираж 300 экз.

Выпуск набран и отпечатан в типографии Национального ядерного центра Республики Казахстан 071100, Казахстан, г. Курчатов, ул. Ленина, 6.

