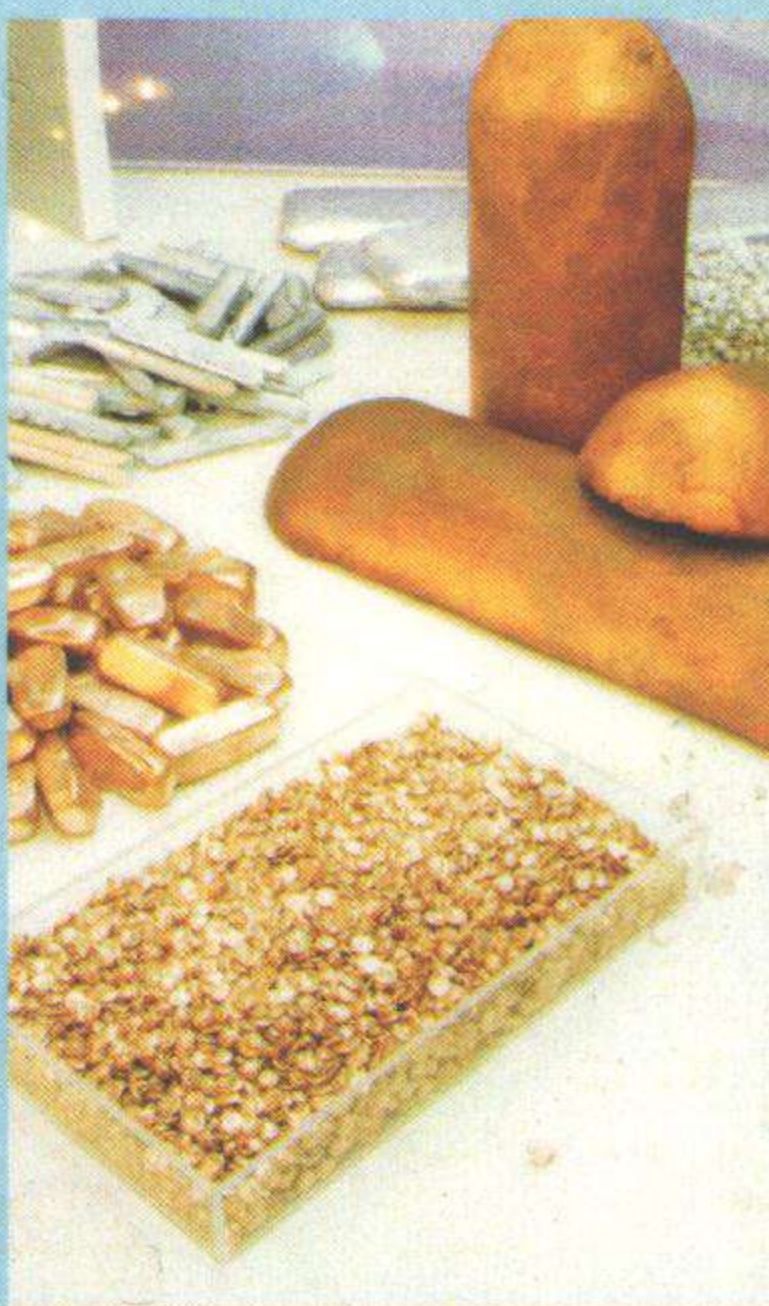




ЯДЕРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ Республики Казахстан



Ядерный потенциал Республики Казахстан

Алматы - 2007 г.

ББК 31.4я 43
Я34

Я34 Ядерный потенциал Республики Казахстан: Сборник докладов / Ассоциация «Ядерное общество Казахстана». – Алматы, 2008, 164 стр.

ISBN 9965-32-597-9

Семинары «Ядерный потенциал Казахстана» организуются ассоциацией «Ядерное общество Казахстана» ежегодно для молодых специалистов ядерных предприятий. Каждый семинар проходит на базе разных предприятий ядерной отрасли.

Цели и задачи:

- активизация творческой деятельности и поддержка научного и технического творчества молодых ученых и специалистов ядерных предприятий;
- содействие профессиональному росту молодежи, развитию молодежных научных инициатив и закреплению молодых ученых и специалистов на ядерных предприятиях РК;
- представление, защита и реализация профессиональных, интеллектуальных, юридических интересов и прав молодых ученых и специалистов ядерных предприятий РК.

На семинарах обсуждаются проблемы уранодобывающей промышленности; производства ядерного топлива; атомной энергии, ядерной физики, радиоэкологии, геофизики; юридические, макроэкономические и образовательные аспекты в ядерной отрасли.

В семинарах ежегодно принимают участие представители организаций ядерного профиля: НАК «Казатомпром», АО «Ульбинский металлургический завод», НЯЦ РК, ИАЭ НЯЦ РК, ИЯФ НЯЦ РК, ИГИ НЯЦ РК, КАТЭП-АЭ, а также студентов КазНУ им. Аль-Фараби и КазНТУ им. Сатпаева.

По единодушному мнению участников семинары являются весьма полезными, стимулирующими к дальнейшему взаимодействию.

ББК 31.4я 43

ISBN 9965-32-597-9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

*Парфенов Д.Н.,
НАК Казатомпром*

АО НАК «Казатомпром» является четвертой по величине уранодобывающей компанией в мире и национальным оператором Республики Казахстан по импорту и экспорту урана, редких металлов и других материалов двойного назначения (единственная компания, которая может получить лицензию на добычу урана в стране). 100% акций компании принадлежит государству в лице Правительства Республики Казахстан. Казатомпром был включен в перечень стратегически важных объектов Указом №810 Правительства РК от 30 июля 2004 г.

В 40-х годах в Советском Союзе была разработана программа создания ядерного оружия. В связи с этим в 1944 г Государственный Комитет Оборона (ГКО) СССР обязал Комитет по делам геологии проводить всеми геологическими организациями поиски месторождений урана в районах Средней Азии, Казахстана, Эстонии, Карельской ССР, в Западной и Восточной Сибири. Данное постановление начинает отсчет так называемых «массовых» поисков урана.

Наиболее ранние геологоразведочные работы в Казахстане приходится на созданную в 1947г Волковскую экспедицию (ныне АО «Волковгеология»). В 1951 г было открыто первое урановое месторождение в Казахстане- Курдай. В 1954 г было выявлено месторождение Ботабурум в Западном Прибалхашье, а затем в 1956 г Кызылсайская группа месторождений. За период 1953-55 гг на севере Казахстана было выявлено двенадцать месторождений урана. В октябре 1955 г было принято решение организовать Степную экспедицию на базе северной группы партий Волковской экспедиции. Одновременно с работами на севере велись активные поиски урана на западе Казахстана (месторождение Меловое -1958 г), юго-востоке (месторождение Кольджат - 1964 г), в Центральном Казахстане (месторождение Джидели - 1965 г).

В начале 60-х годов в Казахстане завершился первый этап создания минерально-сырьевой базы урана, которая обеспечила устойчивую работу Целинного, Прикаспийского и Киргизского перерабатывающих комбинатов.

Во второй половине 60-х годов в США была доказана возможность добычи урана из бедных руд «песчаниковых» месторождений способом скважинного подземного выщелачивания (ПВ), что коренным образом изменило положение в сырьевой базе Казахстана. К концу 70-х были выявлены уникальные «песчаниковые» месторождения Инкай, Буденновское, Мынкудук, Моинкум, крупные- Канжуган, Ирколь, Северный и Южный Карамурун, Харасан, Заречное. Запасы и ресурсы урана в недрах отдельных месторождений превышают 300 тыс.т.

1980-82 годах выпуск урановой продукции в Казахстане достиг максимальных объемов. Уран добывался почти на 30 месторождениях. Численность работников, занятых на предприятиях атомной промышленности, составляла более 70000.

С 1953 по 1999 год объем добытого урана на территории республики составил почти 225 миллионов фунтов U_3O_8 . В начале 90-х годов преобладала добыча его обычным способом и составляла 70% всего объема. Однако переход от командной экономики к рынку продиктовал необходимость использования исключительно технологии подземного выщелачивания.

Первое уменьшение госзаказов на уран произошло в 1983 году. Производство упало на 25-30% и держалось на этом уровне в последующие годы.

Вследствие политики разоружения, начатой в середине 80-х годов, и свёртывания программы развития атомной энергетики после черновильских событий (особенно с 1988 года) происходило дальнейшее сокращение добычи урана на рудниках Целинного и Прикаспийского горнодобывающих и перерабатывающих комбинатов. Из-за нерентабельности шахтной и карьерной добычи и низких цен на мировом рынке в Казахстане было закрыто шесть рудоуправлений, а на двух добыча приостановлена.

В августе 1955 г было принято решение о строительстве Целинного Горно-Химического Комбината (ЦГХК- ныне Казахско- Канадское предприятие «КазСабтон»). В целом ЦГХК перерабатывал руду с пяти рудоуправлений. В феврале 1964 г началось строительство гидро- металлургического завода ЦГХК, предназначенного для извлечения урана с помощью серной кислоты из молибденовой и фосфорной руд. К 1971 г строительство индустриального комплекса ЦГХК, в целом, было завершено.

В конце 60-х годов Прикаспийский горно-металлургический комбинат (ныне «Каскор») становится одним из основных производителей урана в Казахстане (ПГМК). Создание ПГМК было связано с открытием уникальных урановых месторождений в Мангышлакской области. Производство на комбинате было подчинено нуждам Военно-промышленного комплекса страны. Символом власти ВПК было создание областного центра- города Актау (ранее Шевченко). В 1968 году началось строительство Завода по опреснению воды, который затем стал частью Мангышлакского Энергетического Завода. Ядром экономики области были заводы и фабрики, принадлежавшие ПГМК: Химический и Гидро- Металлургический заводы, Механо-ремонтный завод, Завод серной кислоты, Завод азотных удобрений, Строительно- ремонтный Трест, Центральная Исследовательская Лаборатория. Добыча урана открытым способом на месторождениях Меловое и Томак также управлялась ПГМК.

Создание Целинного Горно- химического комбината и Прикаспийского Горно-Металлургического комбината сделало Казахстан одним из лидеров в производстве урановых продуктов. Современные города, построенные на средства Министерства Среднего Машиностроения СССР стали играть важную роль в экономике республики.

В 70-х годах, благодаря централизованному инвестированию, выросли новые «урановые» города: г. Таукент и г. Степное в Чимкентской области, г. Аксуек и Мирный в Жамбылской области. В 80-х годах новый урано- молибденовый рудник был создан в г. Шалгия Жезказганской области.

Расширяющаяся сеть урановых рудников на юге Казахстана не смогла бы функционировать без строительства соответствующих перерабатывающих мощностей. Поэтому было принято решение о строительстве крупного Гидро- металлургического завода в г. Кара-Балта в Киргизии.

Добыча урановой руды и ее переработка являются начальным звеном в ядерно-топливном цикле. Определенные этапы цикла осуществлялись на передовом предприятии СССР – Ульяновском Металлургическом заводе (г. Усть- Каменогорск), который был пущен в эксплуатацию в 1949 году. Во время строительства завода предполагалось, что завод будет перерабатывать урановый концентрат из Китая. Однако урановая продукция из Китая оказалась непригодной для использования на УМЗ, и завод стал использовать урановый концентрат производителей со всего бывшего СССР, а также бывшей ГДР, Болгарии, Чехословакии.

УМЗ служил нуждам ВПК СССР, поэтому здесь концентрировалась самая передовая технология, высококачественное оборудование и лучшие специалисты в области металлургии и атомной промышленности. В 60-70 годы УМЗ создавал топливо для атомных подводных лодок, участвовал в программе разработки топлива для космической ракеты с ядерной силовой установкой и других научно-технических программах Советского Союза.

Однако основным продуктом УМЗ до сегодняшнего дня являются топливные таблетки для атомных станций. Следующим важным производством на УМЗ является производство бериллиевой продукции. Бериллий- уникальный металл, обладающий редкими свойствами: сверхпрочностью и сверхлегкостью. Благодаря своим характеристикам бериллий используется в военной промышленности (производство ядерных бомб, ракет и т.д.), самолетостроении, автомобилестроении.

Завод производит также танталовую продукцию и плавиковую кислоту.

Осенью 1991 года, после обретения республикой независимости, все предприятия атомной промышленности, находящиеся на территории Казахстана, перешли в распоряжение Правительства Республики. Кризис отрасли продолжался вплоть до 1998 года. В результате реструктуризации промышленности ее производительность упала с более 8,0 миллионов начала 90-х до чуть более 2,0 миллионов фунтов U_3O_8 в 1997 году

Основными проблемами, вставшими в этот период перед атомной отраслью, были:

- разобщенность предприятий, ранее входивших в Министерство среднего машиностроения СССР;

- отсутствие государственного органа, контролирующего экспорт ядерных материалов из республики, что не только приводило к потере экспортной выручки, но и подрывало имидж Казахстана на мировом рынке;
- потеря российского рынка и, как следствие, снижение объемов производства продукции;
- антидемпинговый процесс против бывшего СССР и независимых государств – СНГ;
- падение цен на уран (в результате произошедших в 1979 и 1986 годах аварий на АЭС в США и СССР, приведших к свертыванию национальных программ по АЭС, и политики разоружения, в результате чего возникло резкое перепроизводство урана);
- и как следствие – реальная угроза закрытия рудников, поскольку себестоимость извлекаемого урана оказалась выше рыночной;
- сохранение кадрового потенциала предприятий.

На конец 1991 года работало лишь 8 предприятий, ранее входивших в единый ядерно-топливный комплекс СССР: рудоуправления – «Центральное», «Степное», №6, «Волковгеология», «Целинный горно-химический комбинат», «Каскор», Горно-химический комбинат «Ульба», Мангистауский атомный энергокомбинат.

Несмотря на тяжелое положение в экономике Казахстана в 1991 году, сложившееся из-за разрыва кооперационных связей бывшего СССР, предприятия урановой индустрии обладали достаточными резервами для преодоления кризиса. Имелись дешевые разведанные запасы природного урана, значительный научно-производственный потенциал по отдельным стадиям ядерно-топливного цикла, уникальные мощности по производству редких элементов.

С 1992 года Россия полностью отказалась от заказа на казахстанский природный уран, поставив тем самым горнодобывающие и перерабатывающие предприятия отрасли в очень тяжелое положение.

В связи с этим Правительство Республики Казахстан приняло решение объединить все предприятия, входящие в систему атомной энергетики и промышленности в Казахскую государственную корпорацию предприятий атомной энергетики и промышленности (КАТЭП). Перед ней были поставлены следующие цели: объединение предприятий бывшего среднего машиностроения; разработка стратегии сохранения отрасли и последующего ее преобразования; защита интересов суверенного государства и его предприятий на мировом урановом рынке; координация деятельности всей отрасли; проведение работы по конверсии и диверсификации предприятий с учетом их производственного и кадрового потенциала. Остро встала проблема выхода казахстанского урана на мировой рынок и разрешение сложной ситуации, в которую попали страны бывшего Союза.

В начале 90-х годов Советский Союз в связи с прекращением гонки вооружений начал экспорт природного урана на рынок США через посредническую американскую

торговую фирму «Конкорд-Нуэско». Это привело к падению цен на уран до \$8 за фунт и возбуждению антидемпингового процесса против СССР. Дело было начато 29 ноября 1991 года, а 25 марта 1992 года Департамент Коммерции США решил, что расследование следует продолжить и в отношении всех стран СНГ.

В этот момент нужны были решительные действия. Распоряжением Премьер-министра Республики была сформирована рабочая группа из специалистов КАТЭП. Корпорация наняла юридическую фирму «Шерман и Стерлинг», привлечены также специалисты фирмы «Меркейтор» и выработана концепция защиты интересов Казахстана на рынке США.

После длительных переговоров концепция казахстанской делегации была принята. В результате 16 октября 1992 года было подписано «Соглашение о приостановлении антидемпингового процесса против Республики Казахстан». Его подписание (была получена квота на продажу урана на американском рынке) – большой успех молодого независимого государства. Это позволило (единственному государству из стран СНГ) уже в 1993 году поставить на рынок США 760 тонн закиси-оксида урана.

31 августа 1993 года Постановлением Кабинета Министров Республики Корпорация была преобразована в Национальную акционерную компанию «КАТЭП». Это дало положительный эффект – была полностью исключена вероятность бесконтрольного экспорта ядерных материалов с территории страны. С этого времени (по примеру Франции и Германии) для укрепления позиции на мировом урановом рынке Казахстан представляло одно консолидированное юридическое лицо, осуществляющее производство, экспорт и транспортировку урана.

Пятилетний опыт работы «КАТЭП» показал, что развитие урановой отрасли при существующей организационной структуре управления требует глобализации задач, обеспечивающих функции стратегического и координационного планирования, управления производственной деятельностью предприятий, привлечения кредитных и инвестиционных средств, финансового и административного контроля. Специфика производства, стратегическая значимость урановых минеральных ресурсов, секретность технологии, ограниченность и своеобразие мирового уранового рынка диктовали необходимость сохранения монополии уранового производства.

Исходя из этого, следующим этапом реформирования отрасли стало создание в 1997 году Указом Президента Республики Казахстан Национальной атомной компании «Казатомпром».

Диверсифицированная деятельность компании охватывает:

- проведение геологоразведочных работ;
- добычу природного урана;
- производство урановой продукции;
- производство бериллиевой продукции;
- производство танталовой, ниобиевой продукции и плавиковой кислоты;
- переработка молибдена;

- производство электрической, тепловой энергии и воды;
- решение научных, технических, технологических проблем, проблем охраны окружающей среды;
- подготовку квалифицированных кадров для предприятий отрасли.

Сегодня НАК «Казатомпром» представляет собой холдинг со следующими структурными подразделениями:

- Головной офис «Казатомпром»
- АО «Волковгеология», оказывает услуги по бурению и разведке.
- Горнорудная компания-добыча природного урана
- Ульбинский металлургический завод, г. Усть-Каменогорск- Урановое, Бериллиевое, Танталовое производство.
- МАЭК-Казатомпром, г. Актау
- Институт Высоких технологий, Алматы, отвечающий за развитие науки и научных исследований.
- Казахстанский Ядерный университет, Алматы
- Учебно-методический центр Геотехнология
- Степногорский горнохимический Комбинат, находящийся в доверительном управлении
- Социальная компания «Казатомпром-Демеу»
- Совместные предприятия:

«Инкай», совместное предприятие по добыче урана с канадской компанией Cameco Corporation.

«Камко», совместное предприятие по добыче урана с французской компанией AREVA

Казахстанско-российско-кыргызстанское совместное предприятие **«Заречное»**, по добыче урана с компанией Техснабэкспорт (Россия)

«УКР ТВС», Украинско-казахстанско-российское совместное предприятие по изготовлению ядерного топлива

ТОО «Аннак», совместное предприятие по добыче урана с японскими компаниями Kansai Electric Power Co.,Inc и Sumitomo Corporation.

По существующим контрактам на недропользование, урановые запасы компании составляют 985, 278 тонн, что в 140 раз больше добытого объема урана в Казахстане за 2007 г. В 2007 г. этот показатель составил 6,637 тонн урана. Используемый «Казатомпромом» метод подземного выщелачивания (ПВ) отличается низкой себестоимостью и высокая экологическая безопасность. Свыше 50% урана в Казахстане может быть извлечено по себестоимости ниже 30 USD/фунт.

По состоянию на текущий момент в компании сформирован диверсифицированный портфель заказов, включающий основные центры развития и будущего роста рынка ядерно-топливного цикла, такие как США, Китай, Япония, Южная Корея, Российская Федерация и др.

Вся урановая продукция Компании экспортируется по долгосрочным контрактам. В настоящее время «Казатомпром» законтрактовал почти весь объем урановой продукции, который будет произведен до 2010 г., и большую часть объема до 2012 г. (до расширения мощностей). В числе основных покупателей U3O8 - Nukem Inc. (США), China Nuclear Energy Company, Korean Hydro & Nuclear Power и Itochu Corporation. Практика продаж урановой продукции включает физические поставки и передачу права собственности на конвертерах. Среди конверсионных предприятий, партнеров «Казатомпрома» - Areva (Франция), Cameco (Канада), ConverDyn (США).

В 2007 г. общий объем продаж «Казатомпрома» достиг рекордного показателя - \$970 млн. 66% приходится на долю урановой продукции, включая 3,584 тонн U3O8 стоимостью \$571 млн.

Согласно своей стратегии диверсификации, в 2007 г. компания приобрела 10% долю участия в холдинговых компаниях Westinghouse Electric Company LLC. Данное приобретение позволит «Казатомпрому» получить доступ к поставкам ядерного топлива на АЭС, спроектированные Westinghouse.

Стратегическая цель компании «Казатомпром» - стать вертикально интегрированной мировой компанией и достичь лидерства в добычи урана к 2010 году, с доведением объемов добычи до 15000 тонн урана в год.

Градообразующими предприятиями «Казатомпром» являются филиалы, находящиеся в зоне пустынь и удаленные от ближайших населенных пунктов. В связи с этим, компания берет на себя обязательства по содержанию жизненно важных объектов социально-экономического назначения.

В настоящее время компанией разработана и реализуется Программа Развития Малого и Среднего Бизнеса в поселках Таукент, Шиели и Кыземшек.

Основные цели программы

- Производство социально значимых товаров, работ, услуг необходимых для создания нормальных условий жизни;
- Создание активной бизнес среды;
- Обеспечение занятости населения.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРАНОНОСНЫХ ПЕСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНКАЙ

*Антонов Д.С., Исаков З.А., Александров Ю.С., Мукушева А.С., Жатканбаев Е.Е.
ТОО «Институт высоких технологий», ТОО СП «Бетпак Дала» НАК «Казатом-
пром», Алматы, Республика Казахстан*

В основных направлениях развития НАК «Казатомпром» предусмотрено на основе достижений науки и техники обеспечить наращивание мощностей по выпуску урановой продукции.

Проектирование добычных полигонов предприятий подземного выщелачивания, ввод в эксплуатацию новых участков месторождения требует сбора ряда данных, характеризующих месторождение, постоянного изучения, подбора наиболее выгодных условия осуществления производства.

Технологические исследования керна являются обязательной частью в общем комплексе проектных решений предприятий подземного выщелачивания. Основное назначение исследований сводится к получению геотехнологических показателей, которые используются в качестве исходных данных для проектирования опытно-промышленного комплекса по добыче урана способом подземного выщелачивания.

Шу-Сырасуйская урановорудная провинция, в состав которой входит месторождения Инкай, расположена в Южно-Казахстанской области Республики Казахстан [1].

Месторождение Инкай относится к гидрогенному типу, было открыто в 70-х годах XX века, частично разрабатывалось в 80-х годах, после чего было законсервировано. С 2007 года эксплуатация месторождения возобновляется.

В настоящей работе представлены результаты лабораторных исследований образцов руды месторождения Инкай. Изучен гранулометрический, химический и минералого-петрографический состав руды, проведены лабораторные испытания по выщелачиванию урана из рудоносных песков, исследовано влияние серной кислоты и её концентрации на скорость процесса выщелачивания урана, исследовано влияние добавок окислителей (Fe^{3+} , H_2O_2) на процесс выщелачивания урана.

В работе были использованы следующие методы исследований: ситовой анализ, фракционирование в дистиллированной воде, микроскопия, оптико-петрографический анализ, рентгенофазовый анализ, рентгеноспектральный анализ, гамма-спектрометрия, химические методы. Обобщённые результаты анализов представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Гранулометрический состав технологической пробы месторождения Инкай

Фракция, мм										
+10.0	-10,0 +7.0	-7.0 +5.0	-5.0 +3.0	-3.0 +2.0	-2.0 +1.0	-1.0 +0.5	-0.5 +0.25	-0.25 +0.1	-0.1 +0.05	-0.05
Содержание, %										
5.1	3.3	5.1	9.3	9.7	19.7	3.1	20.3	18.8	4.5	1.0

Таблица 2

Химический состав технологической пробы месторождения Инкай

Компонент	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	U_3O_8
%	82.9	0.2	6.3	2.6	0.6	0.02	2.2	0.3	0.072
Компонент	Na_2O	K_2O	P_2O_5	$\text{S}_{\text{общ}}$	CO_2	$\text{C}_{\text{орг}}$	Влага	Σ	
%	0.9	2.2	0.03	0.4	0.5	0.3	0.2	99.6	

Таблица 3

Средний минеральный состав технологической пробы месторождения Инкай

Минералы	%
Кварц SiO_2	66.7
Калиевый полевой шпат KAlSi_3O_8	13.1
Полевые шпаты (плаггиоклаз) $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	8,3
Каолинит $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$	4.0
Слюды (мусковит) $[\text{K}_2\text{Al}_4(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20})(\text{OH},\text{F})_4]$	2.2
Кальцит (возможно Mg-кальцит) $[\text{Ca},\text{Mg}(\text{CO}_3)_2]$	2.8
Минералы железа	2.9
Минералы урана	0.072

На месторождении Инкай рудное тело представлено средне и крупнозернистым песком с примесью гальки и преобладающим размером частиц $-2 +0,1$ мм.

Минеральный состав руд, как и вмещающих пород, складывается из кварца, полевых шпатов и обломков кремнистых и алюмосиликатных пород, т.е. устойчивых (кварц, кремнистые породы) и менее устойчивые (полевые шпаты, алюмосиликатные породы) к воздействию кислотных и щелочных реагентов используемых в практике подземного выщелачивания [1; 2]. Уран представлен в основном настуром, отмечается коффинит.

Низкое содержание карбонатов в руде свидетельствует о том, что наиболее подходящим выщелачивающим реагентом, в данном случае является серная кислота. Поэтому дальнейшее опробование керна на выщелачивание урана проводили серной кислотой.

Для определения геотехнологических параметров влияющих на процесс подземного выщелачивания урана была проведена серия экспериментов. Лабораторные исследования по выщелачиванию урана проводились в фильтрационных трубках по стандартной методике изложенной в работах [2; 3].

Состав выщелачивающих растворов на стадии закисления представлен в таблице 4. В процессе выщелачивания концентрацию серной кислоты в выщелачивающем растворе постепенно снижали (кроме опыта 1), так чтобы обеспечить на выходе величину pH продуктивных растворов 2,0 – 2,5. В опыте 6 выщелачивание проводилось в «мягком» режиме – постепенное увеличение кислотности выщелачивающего раствора с 5 до 30 г/л, и затем, снижая до 3 г/л. В опыте 7 определяли влияние окислителей на процесс выщелачивания, в качестве окислителя использовали ионы трёхвалентного железа, окисленные перекисью водорода.

Таблица 4

Состав исходных выщелачивающих растворов

№ опыта	Концентрация (H ₂ SO ₄), г/л	Окислитель
1	5	
2	10	
3	20	
4	30	
5	40	
6	5→30	
7	30	Fe ³⁺ 1 г/л

На рисунке 1 представлена зависимость изменения концентрации урана в отбираемых пробах продуктивных растворов от Ж:Т. Кривая полученная в результате проведения опыта 1 имеет один пик с максимальной концентрацией урана при pH = 7.5-8.5, также в этот период в растворах обнаружено наличие бикарбонат ионов HCO₃⁻, что очевидно соответствует выщелачиванию урана по кислотно-бикарбонатному механизму (см. ниже).

Вторая кривая (опыты 2-7) характеризует изменение концентрации урана в продуктивных растворах в процессе выщелачивания в опытах 2-7. При этом частные зависимости имеют аналогичный вид, поэтому на рисунке показана усреднённая кривая, объединяющая зависимости каждого опыта, в которых процесс выщелачивания сопровождается появлением двух пиков с максимальной концентрацией урана в продуктивных растворах.

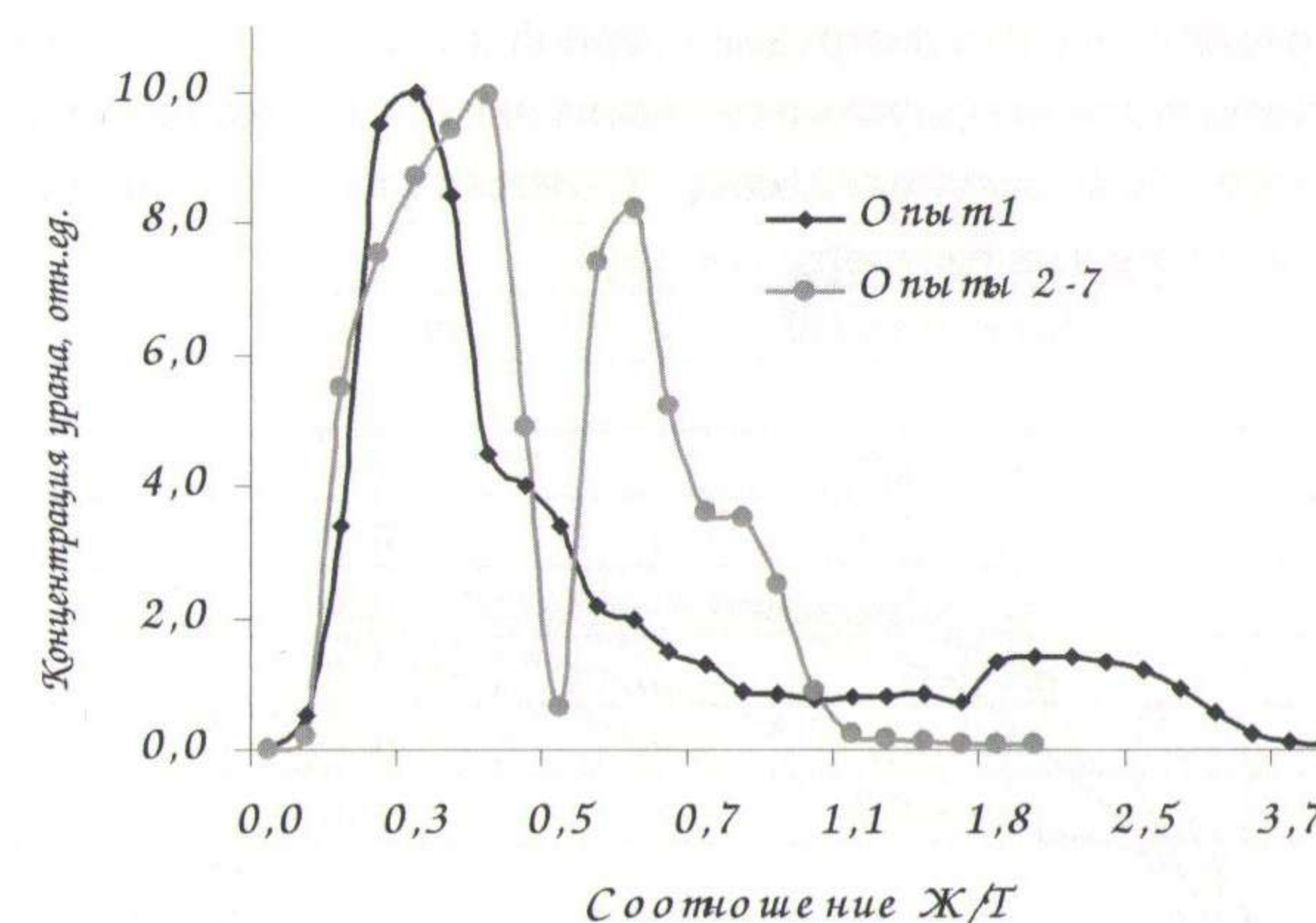
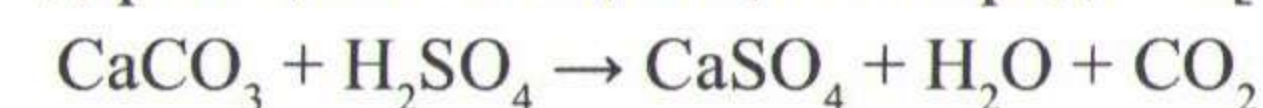


Рисунок 1. Зависимость изменения концентрации урана в продуктивных растворах от Ж:Т

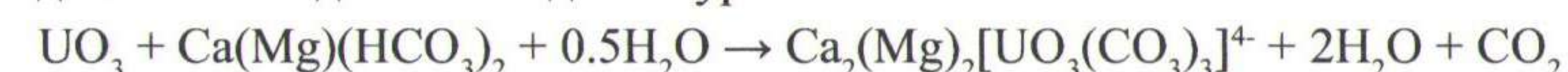
Появление первого пика на выходной кривой (опыты 2-7) концентрации урана соответствует pH продуктивных растворов 7.5-8.5. Также во время первого пика в продуктивных растворах обнаружено наличие бикарбонат ионов HCO₃⁻, которые образуют с ионами уранила хорошо растворимые комплексные соединения. Вероятно, в данном случае имеет место выщелачивание урана по кислотно-бикарбонатному механизму, когда при введении в трубку разбавленной серной кислоты происходит взаимодействие последней с карбонат содержащими вмещающими породами [2]:



Образующийся диоксид углерода растворяется в воде с образованием угольной кислоты, которая также взаимодействует с карбонатами вмещающих пород:



И далее взаимодействие идёт по уравнению



Второй пик (pH=3,5-2,5) соответствует выщелачиванию урана по кислотному механизму, когда произошло взаимодействие кислоты с рудовмещающими породами и началось растворение минералов урана в серной кислоте.

На рисунке 2 представлена зависимость степени извлечения урана от Ж:Т. Из графика видно, что наилучшие показатели по выщелачиванию урана получены при исполь-

зовании выщелачивающих растворов с концентрацией серной кислоты 30 г/л и выше. Однако увеличение концентрации кислоты с 30 до 40 г/л приводит к незначительному возрастанию скорости выщелачивания урана. При использовании выщелачивающих растворов с концентрацией серной кислоты 5 г/л скорость выщелачивания урана низкая.

Использование растворов с концентрацией серной кислоты 5 г/л не позволяет получить в процессе выщелачивания двух максимумов на кривой концентрации урана в продуктивных растворах (см. рисунок 1, опыт 1), что и является причиной низкой скорости перехода урана из руды в раствор.

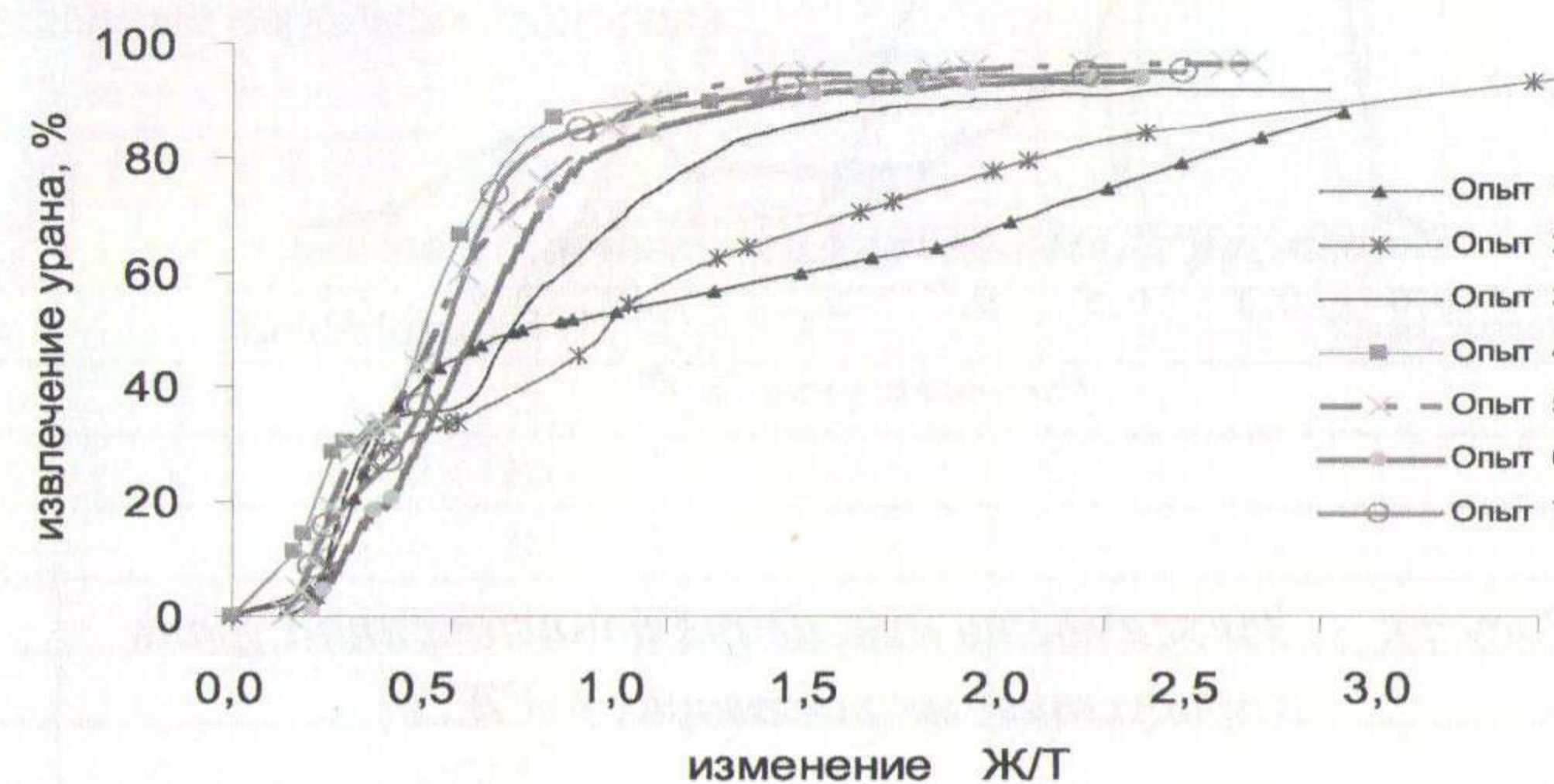


Рисунок 2. Зависимость степени извлечения урана от Ж:Т.

В опыте 6, где закисление проводилось в «мягком» режиме, скорость выщелачивания достаточно высокая и позволяет несколько уменьшить коьматационные эффекты. Цель данного опыта – снизить химическую коьматацию возникающую в период закисления.

Применение окислителей повышает степень извлечения урана на 1,28 %.

В таблице 5 представлены величины средней скорости фильтрации выщелачивающего раствора через слой руды на различных стадиях выщелачивания. Во всех опытах в период закисления наблюдается временная коьматация, которая затем исчезает. Очевидно в этот период кислые растворы, обогащённые железом и алюминием в результате реакции с породами, продвигаясь по направлению к выходу, нейтрализуются за счёт взаимодействия с новыми объёмами пород, и гидроксиды железа и алюминия вследствие увеличения в растворах концентрации ионов OH^- выпадают в осадок.

Выпавшие в осадок гидроксиды из-за весьма рыхлого характера осадка и ухудшают проницаемость пробы, что выражается в снижении объёмов отбираемых проб продуктивных растворов. Однако последующими порциями более кислых растворов, ней-

трализуемыми в прогрессивно уменьшающейся степени, выпавшие гидроксиды вновь растворяются, так что через некоторое время после выхода продуктивных растворов с $\text{pH}=2$ ниже описанные коьматационные эффекты исчезают [4].

Таблица 5.

Средняя скорость фильтрации выщелачивающего раствора через слой руды на различных стадиях выщелачивания

Опыт	Средняя скорость фильтрации, м/сут		
	Закисление	Выщелачивание	Довыщелачивание
1	0.07-0.08	0.15-0.18	0.15-0.18
2	0.08	0.22-0.24	0.22-0.24
3	0.08	0.22-0.24	0.22-0.24
4	0.08	0.26-0.28	0.26-0.28
5	0.05-0.06	0.22-0.23	0.22-0.23
6	0.09	0.23-0.24	0.23-0.24
7	0.09	0.23-0.24	0.23-0.24

Из таблицы 5 видно, что наибольшая коьматация проявляется в опыте 1, когда на протяжении всего опыта не изменялась концентрация кислоты в выщелачивающем растворе (5 г/л) и в опыте 5, где на закисление использовался раствор с концентрацией серной кислоты 40 г/л.

Следует отметить, что опыты по фильтрационному выщелачиванию проводились на технологической пробе с нарушенной структурой, поэтому по полученным результатам по скорости фильтрации невозможно сделать окончательных выводов о фильтрационных свойствах изучаемого образца. Тем не менее, определение скорости фильтрации на перемешанном материале даёт возможность оценки изменения проницаемости рудной пробы в результате взаимодействия раствора реагента с пороодообразующими минералами.

В результате проведённых исследований выявлено, что рудные пробы месторождения Инкай представлены средне- и крупнозернистым полевошпаткварцевым песком, с низким содержанием карбонатов.

Ураноносные пески месторождения Инкай характеризуются благоприятными показателями для сернокислотного подземного скважинного выщелачивания урана. Урановая минерализация легко вскрывается растворами серной кислоты с концентрацией в пределах от 5 до 40 г/л.

Степень извлечения урана достигнутая в лабораторных условиях составляет, для всех опытов 90 % и выше.

Использование на стадии закисления выщелачивающих растворов с концентрацией серной кислоты до 10 г/л характеризуется медленным протеканием стадии закисления и медленной скоростью вскрытия урановой минерализации.

Повышение скорости закисления и скорости выщелачивания урана наблюдается при использовании выщелачивающих растворов с концентрацией серной кислоты 30 г/л.

Использование выщелачивающих растворов с концентрацией кислоты 40 г/л – не рационально, т.к. незначительно увеличивает скорость выщелачивания урана и стадию закисления, а также способствует ухудшению фильтрационных свойств рудной пробы.

Применение окислителей (Fe^{3+} , H_2O_2) в вышеуказанном варианте выщелачивания повышает извлечение урана на 1,28 %.

Использованная литература

1. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. – Алматы: Гылым, 1997. – 384 с.
2. Шевченко В.Б., Судариков Б.Н. Технология урана. М. 1961 г.
3. Справочник по геотехнологии урана. /В.И. Белецкий, Л.К. Богатков, Н.И. Волков и др.; Под. ред. Д.И. Скороварова.-М. 1997 г. -672 с.
4. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. М. 1995 г.

ПЕРВАЯ АТЭС В НЕЗАВИСИМОМ КАЗАХСТАНЕ

Аусенов К. Ж.,

*Акционерное общество «Казахстанско-Российская компания «Атомные станции»,
город Алматы, Республика Казахстан*

1. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС в КАЗАХСТАНЕ

Одним из 30 направлений Послания Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана Стратегия “Казахстан-2030” на Новом этапе развития Казахстана, внутренней и внешней политики от 28 февраля 2007 года (Двенадцатое направление) является создание основ атомной энергетики. Диверсификация источников энергии требует развития атомной энергетики с целью обеспечения ресурсов для устойчивого развития всей территории страны. Необходимо осуществить разработку технико-экономического обоснования строительства атомной электростанции в Казахстане.

7 декабря 2006 года Министром энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан Б.С. Измухамбетовым и Руководителем Федерального агентства по атомной энергии (Росатом) С.В. Кириенко подписана Комплексная программа российско-казахстанского сотрудничества в области использования атомной энергии в мирных целях (далее-Комплексная программа).

Одним из направлений данной Комплексной программы является сотрудничество в области атомной энергетики, т.е. проведение совместной разработки и реализации инновационных проектов по созданию реакторов нового поколения малой и средней мощности и создание на паритетных началах совместного предприятия по продвижению на рынок Казахстана и мировой рынок инновационных проектов атомных энергоблоков малой и средней мощности.

Ожидаемые результаты, в соответствии с Планом мероприятий бюджетной программы к концу 2008 года, будут следующими:

1. Получено архитектурно-планировочное задание местного органа по делам архитектуры и градостроительства на разработку проекта АЭС
2. Получено решение акимата Мангыстауской области на проектирование АЭС.
3. Выполнены инженерно-геологические изыскания на площадке строительства АЭС.
4. Проведены общественные слушания и разработан предОВОС на строительство АЭС в соответствии с Экологическим кодексом РК.
5. Получены технические условия на подключение к инженерным сетям г. Актау.

6. Разработано технико-экономическое обоснование строительства АЭС в Мангистауской области.

7. По результатам ТЭО будет разработано задание на проектирование АЭС в целом, как комплекса зданий и сооружений.

8. Завершен первый этап разработки технических проектов РУ, ТУ и АСУ ТП.

Выполнение работ в соответствии с предлагаемой бюджетной заявкой и с учетом сложившейся структуры атомной промышленности Казахстана и ее места в международном разделении труда позволит:

- обосновать инвестиции строительства 2-блочной АЭС с реакторными установками ВБЭР-300 общей мощностью 650 МВт(э), отвечающей современным международным требованиям по экономичности, безопасности, надежности, устойчивости к нераспространению ядерных материалов с использованием научно-технического потенциала существующих в Российской Федерации и Республике Казахстан научных, проектных и конструкторских организаций;

- повысить стандарты общенаучного и технологического уровня научных и проектных институтов Республики Казахстан, участвующих в выполнении работ.

В Казахстане существует ряд оснований и мотиваций, благоприятствующих развитию национальной атомной энергетики:

- мощная сырьевая база – крупные запасы урана;
- наличие научно-технического и инженерного потенциала;
- успешно действующие промышленные предприятия.

Строительство АЭС внесет существенный вклад в социально-экономическое развитие страны, поскольку обеспечит не только развитие сектора атомной энергетики, но и других секторов экономики Республики Казахстан, являющихся потребителями электроэнергии, позволит обеспечить создание новых рабочих мест с высоким уровнем квалификации занятого персонала.

При этом благоприятно складывающаяся конъюнктура мирового рынка по строительству АЭС малой и средней мощности создает реальные предпосылки для продвижения проекта АЭС с энергоблоками ВБЭР-300 на международные рынки с использованием накопленного опыта в проектировании, строительстве и эксплуатации указанной АЭС в Республике Казахстан в качестве референтного.

Запуск референтного энергоблока возможен в 2016 году при условии разработки ТЭО и принятия Правительством Республики Казахстан решения о строительстве АЭС в 2008 году.

2. БЕЗОПАСНОСТЬ АЭС с РУ ВБЭР-300

2.1. Безопасность и экология

Концепция безопасности АТЭЦ с блочной реакторной установкой ВБЭР-300 основана на следующих принципах:

- глубокоэшелонированная защита;
- использовании свойств внутренней самозащищенности реактора;
- применении пассивных систем безопасности;
- апробированная практикой устойчивость к экстремальным внешним воздействиям.

Свойства внутренней самозащищенности направлены на самоограничение энерговыделения и самоглушение реактора, ограничение давления и температуры теплоносителя первого контура, скорости разогрева, масштабов разгерметизации первого контура и темпа истечения, масштабов повреждения топлива, сохранение целостности корпуса реактора в тяжелых авариях. Указанные свойства обуславливаются представленными ниже конструктивными решениями, формирующими облик **“пассивного реактора”** устойчивого к всевозможным возмущениям.

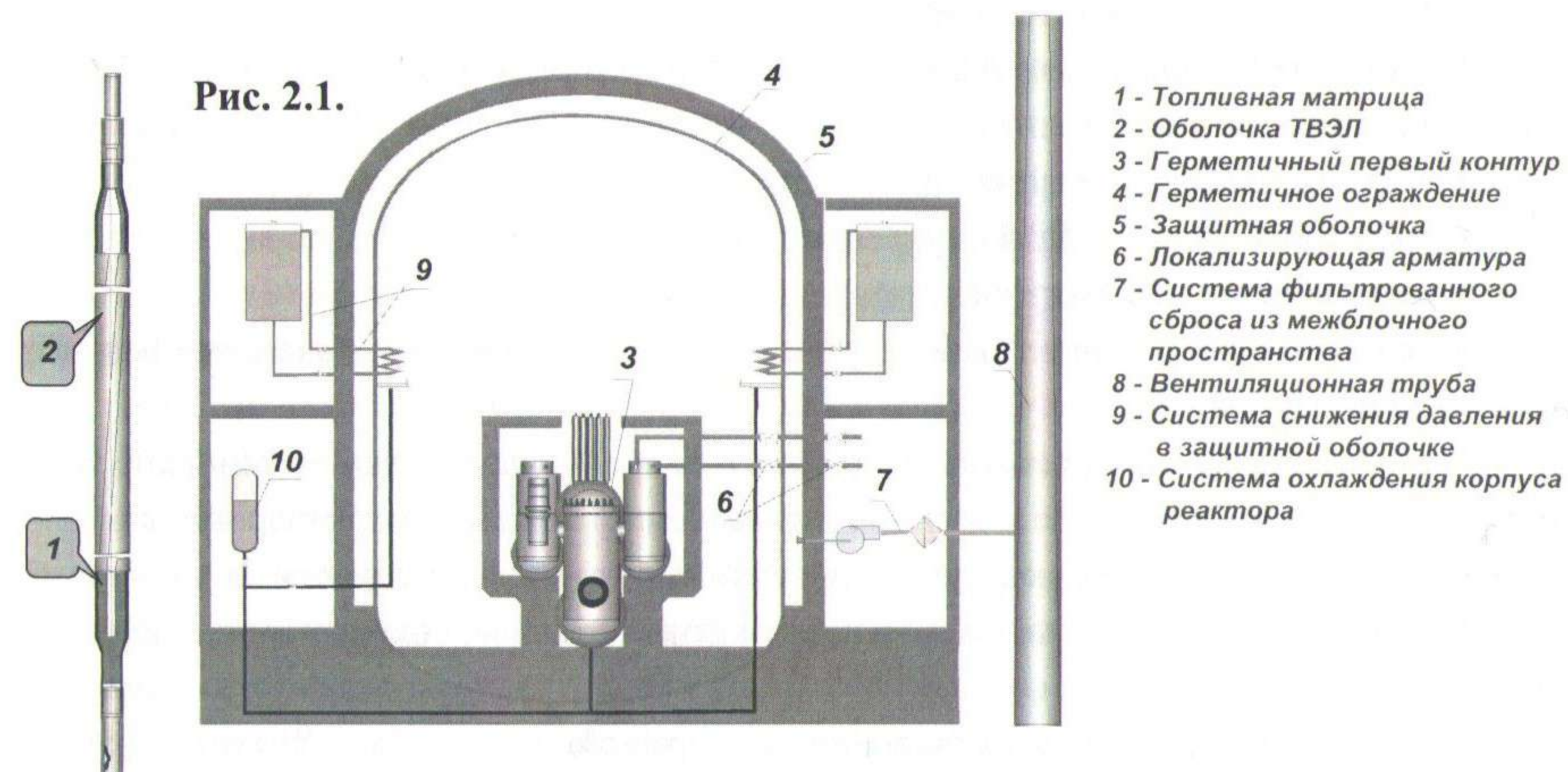
Активная зона реактора обладает пониженной до 76,8 кВт/л энергонапряженностью, отрицательными коэффициентами реактивности по температуре топлива и теплоносителя, по удельному объему теплоносителя, а также отрицательными паровым и интегральным мощностным коэффициентами реактивности.

Пассивные системы безопасности составляют основу технических мер по обеспечению безопасности, в рамках которых реализованы следующие принципиальные решения по обеспечению высокого уровня надежности:

- пассивное функционирование систем на всем спектре проектных аварий, включая аварии с потерей теплоносителя, в течение времени не менее 72 часов;
- резервирование и разнообразие средств останова реактора, охлаждения активной зоны и отвода остаточных тепловыделений;
- локализация радиоактивных продуктов с использованием пассивных систем, резервированной быстродействующей нормально закрытой пневмоарматуры;
- разделение каналов систем безопасности для исключения отказов по общей причине;
- использование элементов, отвечающих принципу безопасного отказа.

Устойчивость к внешним воздействиям, а также действиям диверсионного характера, обеспечивается размещением систем и оборудования с радиационноопасными средами в сооружениях (помещениях), рассчитанных на характеристики внешних воздействий без их разрушения, вплоть до прямого удара самолета или его частей. Технические решения по системам важным для безопасности энергоблока АТЭЦ как в строительной, так и в технологической части приняты с учетом внешних воздействий природного и техногенного характера. Резервированные каналы систем, выполняющие функции безопасности разнесены территориально.

Системы удержания радиоактивных веществ



2.2. Радиационная безопасность АТЭЦ с реакторной установкой ВБЭР-300 позволяет размещать ее вблизи города аналогично АСТ-500. При этом обеспечиваются требования по учету влияния атомных станций на население и окружающую среду, установленные современными требованиями к размещению атомных станций.

Радиационная безопасность при проектных авариях:

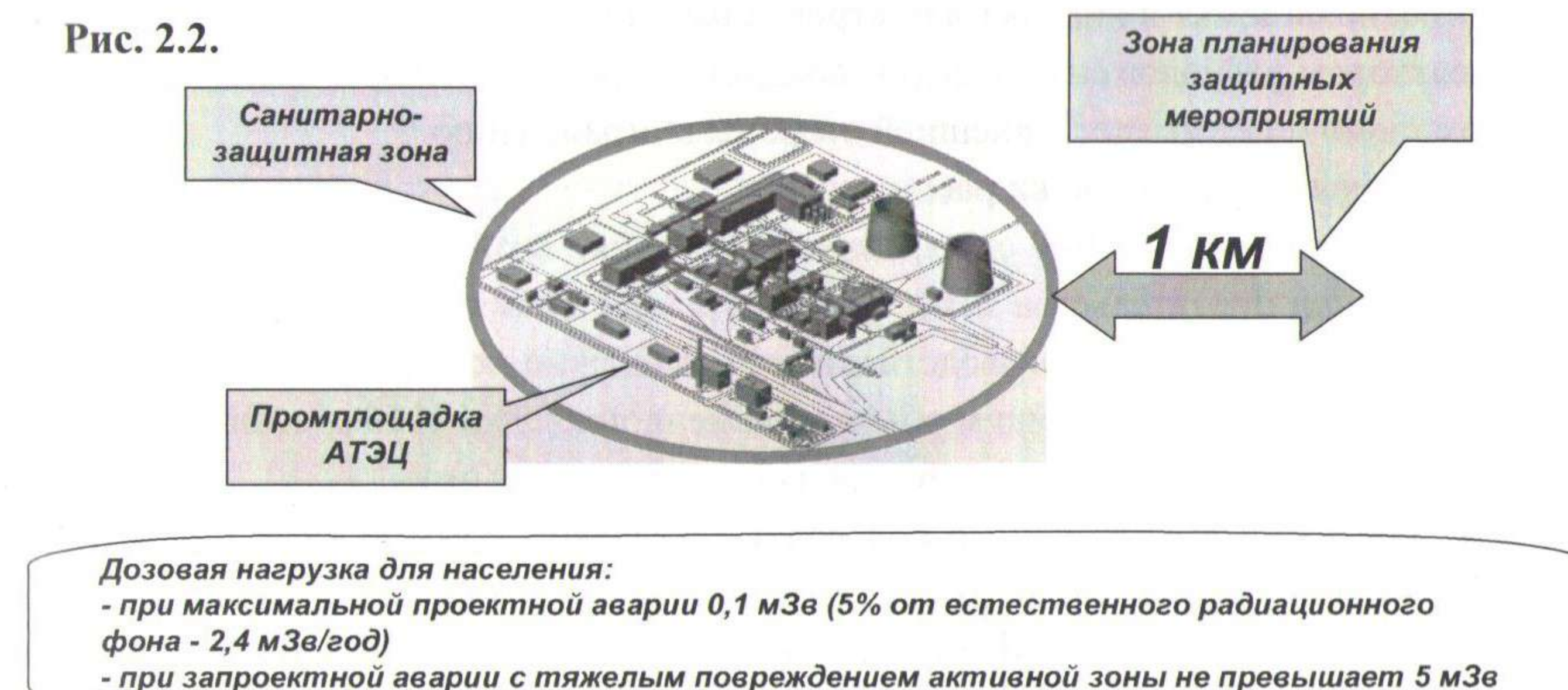
- Радиационные последствия проектных аварий практически не изменяют естественный радиационный фон вблизи станции. Дозовая нагрузка на население при проектной аварии с наихудшими радиационными последствиями составляет менее 5% естественного радиационного фона.
- Санитарно-защитная зона для условий нормальной эксплуатации, нарушений нормальной эксплуатации и проектных аварий может быть ограничена площадкой АТЭЦ.

Радиационная безопасность при запроектных авариях

- Наличие высоконадежных пассивных систем безопасности и разнообразных средств управления запроектными авариями обеспечивают уровень радиационного воздействия значительно ниже естественного радиационного фона.
- В постулированной запроектной аварии с осушением и тяжелым повреждением активной зоны дозы облучения населения на расстоянии 1 км от площадки АТЭЦ не превысят нижних значений критериев для принятия мер по защите населения.
- Зона планирования защитных мероприятий при постулированной запроектной аварии с тяжелым повреждением активной зоны может быть ограничена радиусом 1 км. Проблемы эвакуации населения не существует.

Первый контур реакторной установки выполнен **герметичным**, что при нормальной эксплуатации **исключает протечки и выход радиоактивных продуктов** в помещения АТЭЦ.

Рис. 2.2.



Достигнутый высокий уровень радиационной безопасности реакторной установки ВБЭР-300 соответствует современным требованиям к реакторам нового поколения и **позволяет размещать ее вблизи городов**

Для АТЭЦ ВБЭР-300 дозовая нагрузка на население при нормальной эксплуатации пренебрежимо мала и не превышает 0,3 мкЗв/год, что составляет 0,01% по сравнению с естественным радиационным фоном (2,4 мЗв/год).

Результаты анализа радиационного воздействия на окружающую среду в проектных и запроектных авариях показывают, что **санитарно-защитная зона может быть ограничена площадкой АТЭЦ**.

Многоуровневая система физических барьеров снижает выход радиоактивных продуктов до величин, не угрожающих здоровью близлежащего населения и не приносящих вреда окружающей среде. Необходимость эвакуации населения отсутствует.

С экологической точки зрения, **кардинальным преимуществом АТЭЦ по сравнению со станциями на органическом топливе**, является отсутствие больших выбросов и отходов продуктов сгорания органического топлива: CO, CO₂, окислов азота, серы, бензопиренов, свинца, радиоактивных элементов, содержащихся в продуктах сгорания, шлака и т.д., а также отсутствие поглощения огромного количества кислорода воздуха на процесс сжигания топлива.

3. ВЫБОР ПЛОЩАДКИ АЭС

3.1. Характеристика наиболее вероятной площадки для размещения АЭС (Рис. 3.1).

Предполагаемая площадка для строительства энергетической установки с ядерным реактором расположена с северо-западной стороны основной площадки «МАЭК Казатомпром» и примыкает с внешней стороны к ограждению.

На территории площадки расположены:

- здания и сооружения одноэтажной постройки возведенные как временные на период строительства БН-350. В настоящее время эти здания и сооружения арендуются под производственные и складские помещения. Временные здания и сооружения общим объемом каменной кладки 1175 м³ необходимо будет разобрать при подготовке площадки под строительство.
- постоянные и временные подъездные железнодорожные пути, используемые «МАЭКом» для подачи грузов и оборудования на основную площадку.

Площадку пересекает теплопровод связи ТЭЦ-2 – ТЭЦ-1 Ø 1000 мм и линия связи от ТГ-10 до ОРУ-110 ТЭЦ-2 напряжением 110 кВ.

На территории площадки имеется земельный участок 0,64 га в частном пользовании, на котором расположен цех по производству железобетонных изделий. При подготовке территории под строительство земельный участок подлежит выкупу.

Согласно имеющейся топографической съемки, площадка имеет спокойный рельеф с общим уклоном к Каспийскому морю. Фондовые материалы геологических изысканий прошлых лет выполненные под строительство реактора БН-350 позволяют судить о структуре грунтов в основаниях зданий и сооружений энергетической установки. При условии утверждения схемы привязки энергетической установки к данной площадке потребуются детальные геологические изыскания и сейсмическое микрорайонирование для определения отсутствия или наличия разломов и линз слабых грунтов под основаниями зданий и сооружений.

Участок постоянной автомобильной дороги «Город – Зона отдыха» проходящей с северо-западной стороны от предполагаемой площадки строительство энергетической установки попадет в зону строительно-монтажных работ и будет перекрыта. Для чего необходимо выполнить обводной участок автодороги от района АТЗ до площадки ЗПД-6-2 «МАЭК» длиной $\ell=1,5$ км с двумя переходами через инженерные коммуникации.

На период строительства, площадки укрупнительной сборки оборудования и конструкций, административные, бытовые, складские здания монтажных организаций, можно расположить на прилегающей к строительной площадке территории, с северо-западной и северной сторон.

Временные подъездные железнодорожные пути и автомобильные дороги к площадкам монтажных организаций примкнут к существующим в этом районе постоянным дорогам.

Снабжение площадок электроэнергией и водой, возможно, выполнить от действующих сетей.

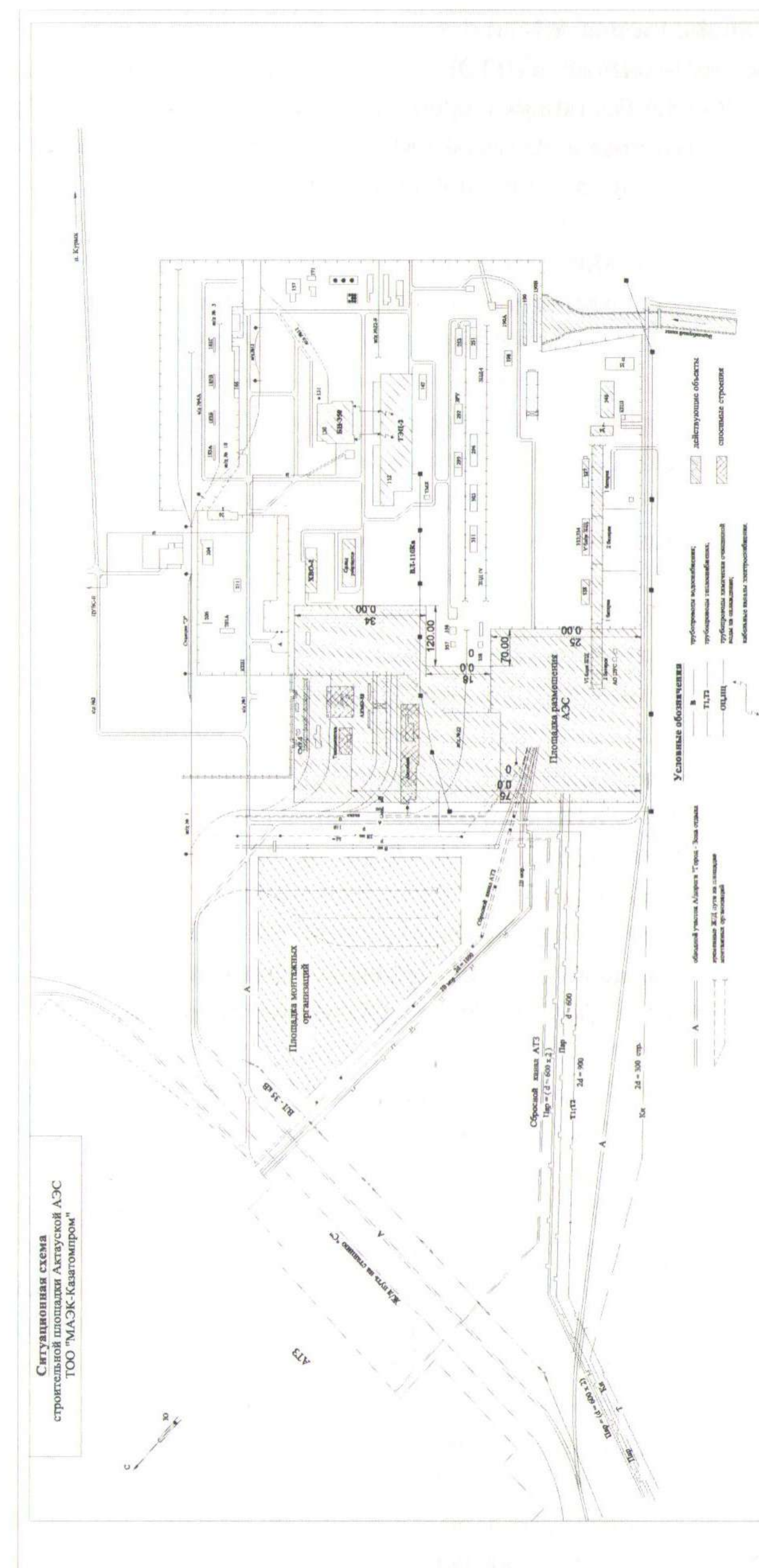


Рисунок 3.1 «Ситуационная схема строительной площадки Актауской АЭС»

3.2. Преимущества площадки под АЭС в г. Актау.

- Наличие источника теплоснабжения (ТЭЦ-2) и действующего паропровода $D_y=600$ мм подачи пара на ТОО «Sat Operating» с пропускной способностью до $Q=250$ т/ч в непосредственной близости от предполагаемой площадки строительства позволяет отказаться от строительства ПРК (пуско-резервной котельной).

Параметры пара: $p=13\div 18$ кгс/см²,
 $t=260\div 270^\circ\text{C}$.

Удаленность от предполагаемой площадки:

- источника теплоснабжения 1000 м;
- паропровода $D_y=600$ мм 500 м.

- Наличие источника охлаждающей воды (морской):

- Располагаемая производительность морской насосной ТЭЦ-2:

$$\Sigma Q=346 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

- Существующие генерирующие источники потребляют:

$$Q = (90+100) \times 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

- Промышленные предприятия региона потребляют:

$$Q = (25+30) \times 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

- Таким образом, источник охлаждающей воды располагает резервом в количестве более $200 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$

- Наличие источника химочищенной воды (ХВО-2 ТЭЦ-2).

- Проектная производительность ХВО-2 по обессоленной воде $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$

- Существующие генерирующие источники потребляют до $700 \text{ м}^3/\text{ч}$

- Таким образом, для восполнения технологических потерь пара и воды при эксплуатации первого блока АЭС имеется резерв в количестве $800 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Удельная электрическая проводимость обессоленной воды составляет $0,3 \text{ мкСм}/\text{см}^3$.

При вводе в эксплуатацию последующих блоков ХВО реконструируется

с увеличением производительности.

- Наличие опыта безопасного (на основе отработанной технологии эксплуатации БН-350), бесперебойного теплоснабжения и надежного водообеспечения для нужд города Актау.

- Существующая инфраструктура позволяет доставлять изготовленное крупногабаритное оборудование для атомной станции морским транспортом и далее, непосредственно на промежуточную базу и строительную площадку железнодорожным транспортом. Имеются в наличии портовые краны грузоподъемностью 60 тонн, передвижные грузоподъемные механизмы на автомобильном шасси (автокраны) грузоподъемностью до 500 тонн.

- Наличие учебной базы подготовки специалистов для ядерной энергетики на базе Университета города Актау.

- Подготовка кадров для строительства и эксплуатации на базе МАЭК - Казатомпром в факультетах АЭС действующего Университета им. Ш. Есенова в г. Актау.

Начало подготовки студентов в Актауском университете по специальности "Атомные электрические станции и установки" - сентябрь 1993 года. Первый выпуск инженеров-физиков состоялся в 2000 году. В связи с выводом из эксплуатации РУ БН-350 в 2004 году состоялся последний выпуск по специальности АЭС. Всего за этот период подготовлено 54 специалиста, из них дипломы с отличием получили 19 чел.

В 1998 году в университете состоялся первый выпуск инженеров-строителей по специальности «Строительство атомных энергетических станций». Подготовка осуществляется и по сегодняшний день. Всего подготовлено 139 человек, из них дипломы с отличием получили 27 человек, защищена одна кандидатская диссертация.

- Возможность создания на базе выводимого из эксплуатации БН-350 учебно-тренировочного центра практической подготовки персонала для АЭС

- Возможность использования процесса вывода из эксплуатации реактора БН-350 при проектировании нового блока и выводе из эксплуатации этого блока атомной станции.

4. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОПЛИВНЫХ ЗАТРАТ (ГАЗ – ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО).

Необходимость строительства атомной станции обусловлено:

- общей тенденцией удорожания органического топлива для тепловых электростанций, работающих на природном газе. Удорожание стоимости природного газа приводит к росту тарифов на отпуск электрической и тепловой энергии потребителям. Наиболее вероятным последствием удорожания продукции является не способность оплачивать получаемые услуги слоями населения и мелкими предпринимателями, что ставит под удар развитие данного вида бизнеса;
- низким значением топливной составляющей для атомных станций, что дает возможность сдерживать рост тарифов даже в случае удорожания стоимости ядерного топлива по сравнению с газовой составляющей тепловых электростанций при эксплуатации энергоблоков.
- применением более современных концепций и технологий по сравнению с имеющимися технологиями на «МАЭК».

С учетом исходных данных по стоимости ТВС для реактора типа ВВЭР-300 (Таблица 4.2) сделаны оценочные расчеты эксплуатационных затрат на электроэнергию и тепловую энергию при работе «МАЭК» на газе и работе с учетом реактора ВВЭР-300 (Таблица 4.1) с использованием консервативного подхода, то есть при расчетах затрат приняты максимальные значения величин.

Для реактора ВВЭР-300 используются тепловыделяющие сборки аналогичные ТВС реактора ВВЭР-1000 (ТВСА), прошедшие испытания на Калининской АЭС в активной зоне реактора ВВЭР-1000.

Стоимость одной ТВС будет лежать (по курсу 1 рубль – 5 тенге) в диапазоне от 6 463 180 до 8 859 300 тенге или (по курсу 1 доллар США – 118 тенге) от 54 772,7 до 75 078,81 долларов США.

В активной зоне реактора ВБЭР-300 находится 85 ТВС. Следовательно, первая загрузка активной зоны реактора в ценах 2004 года будет лежать (по курсу 1 рубль – 5 тенге) в диапазоне **от 549 370 300 до 753 040 500 тенге** или (по курсу 1 доллар США – 118 тенге) **от 4 655 680 до 6 381 699 долларов США**.

С учетом того, что:

- время непрерывной работы активной зоны ВБЭР-300 до останова на перегрузку составляет 1,2 года и для подпитки необходимо 5,4 тонны урана обогащением по изотопу U-235 равным 4,7%;
- на 85 ТВС полной загрузки приходится 23,3 тонны урана обогащением по изотопу U-235 равным 4,7%, то есть на 1 ТВС приходится около 0,2741 тонны урана, - на частичную перегрузку понадобится $5,4 / 0,2741 = 19,7 \approx 20$ ТВС через каждые 1,2 года при условии сохранения КИУМ=0,9 (коэффициент использования установленной мощности). При сроке службы реактора 60 лет понадобится 50 частичных перегрузок и замена 1000 ТВС.

Значит, консервативно, затраты на топливо составят сумму первой загрузки и частичных перегрузок за весь срок эксплуатации:

- Минимальные $549\,370\,300 + 6\,463\,180\,000 = 7\,012\,550\,300$ тенге (59 428 392,4 долларов США)
- Максимальные $753\,040\,500 + 8\,859\,300\,000 = 9\,612\,340\,500$ тенге (81 460 512,7 долларов США)

Проанализировав информацию, приходим к следующим выводам (Таблица 4.1):

1. При удорожании цены газа с 35,51 до 150 долларов США действующие тарифы увеличатся в 2,7 раза на электроэнергию и в 2,9 раза на тепловую энергию.
2. Численные значения величин тарифов при цене газа 150 долларов США при работе с реактором (от 1 до 3 блоков) в 2,3-6,9 раза ниже по электроэнергии и 1,1-3,3 раза по тепловой энергии, чем только при работе с использованием природного газа.

5. РЕСУРС РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ «МАЭК – КАЗАТОМПРОМ»

ТОО «МАЭК – Казатомпром», по состоянию на 2006 г имеет установленного оборудования на 1287 МВт. К 2015 г. эта величина составит 985 МВт без продления или 1155 МВт с продлением срока эксплуатации, а к 2026 г. соответственно 120 МВт и 545 МВт.

Одновременно с этим, в Мангистауском регионе будет происходить увеличение потребления энергоресурсов за счет развития промышленности региона, города и прилегающих населенных пунктов (металлургический завод, завод по производству стальных труб и металлопроката, завод металлоконструкций и т. д.).

Дефицит мощностей за счет «старения» оборудования к 2020 г может составить 80 МВт, при условии продления срока эксплуатации оборудования. Таким образом, целесообразно в период 2015-2020 годы дорабатывать ресурс тепловых электростанций и выводить их из эксплуатации, не вкладывая средства в капитальный ремонт, замещая выбывающие мощности за счет развития атомной энергетики.

Таблица 4.1

«Эксплуатационные затраты на электроэнергию и теплоэнергию при работе «МАЭКа»
на газе и работе с учетом ВБЭР»

	Ед.изм.	действующие тарифы		Тарифы с ВБЭР		
		цена газа - 35,51\$	цена газа - 150\$	Замещение существующих мощностей 1 блоком	Замещение существующих мощностей 2 блоками	Замещение существующих мощностей 3 блоками
Электроэнергия						
1 тариф	тенге/кВтч	4,68	12,450	5,42	3,33	1,78
2 себестоимость	"-	4,33	12,17	5,13	3,05	1,49
3 топливная составляющая	"-	1,92	7,34	2,86	1,65	0,76
Теплоэнергия						
4 тариф	тенге/Гкал	1 120,00	3272,00	2940,00	1633,00	991,00
5 себестоимость	"-	1 120,00	3272,00	2940,00	1633,00	991,00
6 топливная составляющая	"-	742,79	2563,00	2229,00	1268,00	705,3

Примечание:

Тарифы рассчитаны без учета погашения основного долга и вознаграждения за использованием кредита

Таблица 4.2

«Машиностроительный завод г. Электросталь»

Среднегодовая цена, руб.	1999	2000	2001	2002	2003	2004 1 кв.	2004 2 кв.
ТВС ВБЭР-1000	2 028 423	2 147 672	1 990 098	2 178 106	2 039 759	1 771 860	1 292 636
ТВЭЛ ВБЭР-1000	6 501	6 884	6 379	6 981	6 538	5 679	4 078

Использованная литература

1. Послание Президента Республики Казахстан Н.А.Назарбаева народу Казахстана. Новый Казахстан в новом мире, Астана, 28 февраля 2007 года.
2. Пояснительная записка к бюджетной заявке «Разработка технико-экономического обоснования строительства АЭС с РУ ВБЭР-300 в Мангистауской области», Астана, 2007.
3. «Реакторная установка средней мощности ВБЭР-300 на базе судовых технологий», Доклад главного конструктора ФГУП «ОКБМ» О.Б. Самойлова, Нижний Новгород, 2006.
4. «АЭС с реакторной установкой ВБЭР-300 на основе технологий судовых блочных реакторов», Федеральное государственное унитарное предприятие «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И. Африкантова» [электронный ресурс], 2006 — Режим доступа: <http://www.okbm.nnov.ru>, свободный. — Яз. рус., англ.
5. «Основные направления строительства Актауской АЭС», Доклад «МАЭК-Казатомпром», Актау, 2006.

НАУЧНО - ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ, КАК ИНСТРУМЕНТ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Автор к.э.н. **Байтасов К.М.**

Казахстанский ядерный университет

Руководством РК и лично Президентом Назарбаевым Н.А. принято решение о развитии Казахстана как государства с современной технологической экономикой с целью вхождения в число 50 «развитых» стран мира, но для этого необходимо иметь современные технологии, эффективное промышленное производство и профессиональные кадры. Причем, как отмечают мировые эксперты, наличие высококвалифицированных кадров - это основополагающий фактор, так как технику и технологию можно приобрести за счет свободных финансовых ресурсов (стабфонда), однако приобретенное оборудование и технологии потребуют высококвалифицированных кадров. Потребность Казахстана в них составляет более 100 тысяч человек ежегодно. К 2015 году, по прогнозам министерств образования, науки, труда и социальной защиты населения, потребность возрастет до 500 тысяч человек в год. Действующие учебные заведения не восполняют даже нынешние потребности.

Следует отметить, что рыночные трансформации по эволюционной модели в Китае и других восточных странах, называемых «малыми тиграми», проводились планомерно и целеустремленно под четким государственным регулированием и контролем, это позволило достичь выдающихся успехов в экономическом обновлении и росте. По темпам роста ВВП они вышли на передовые позиции среди других стран мира. Эти страны быстро стали конкурентоспособными как на внутреннем, так и внешних рынках. Эволюцию экономических систем можно представить в форме следующим образом:

Формы	Факторы
Сырьевая экономика	Сырье
Промышленное производство	Труд и оборудование
Сервисная экономика	Услуги и капитал
Экономика знаний	Информация и знания

Следовательно, инновация в эпоху «экономики знаний», требует наличия условий для их возникновения:

1) Динамичная и эффективная система управления – организационная структура, позволяющая создавать инновационные продукты. Развитие управленческих инноваций - это целенаправленное изменение состава функций, организационных структур, технологии и процессов управления, ориентированные на ускорение, оптимизация решений задач стоящих перед отраслью.

2) Наличие профессиональных кадров. Технологический уровень инновационной отрасли предъявляет высокие требования к ее персоналу, так как поддержку передовых технологий способны обеспечивать только профессионалы высокого уровня.

3) Современная производственная база. Внедрение не только современного производственного оборудования, но и передовых информационных систем, консолидированных хранилищ научно-технической информации и т.п.

4) Социальная среда. Социальные нововведения направлены на формирование особой среды и условий труда на предприятии, формирующих рациональное производственное поведение сотрудников, основанное на саморазвитии и самообучении; деловой и научной инициативе; формирование исследовательского мышления работников в единой среде общения.

Основную массу мировых инноваций формируют специализированные исследовательские центры. Основные их виды:

- Промышленные инновационные центры (к примеру, исследовательский центр Intel в Хайфе, Шанхайский центр Google и т.д.)
- Научные центры (Ливерморская Национальная лаборатория, наукоград Обнинск и т.д.)
- Образовательные центры (Массачусетский институт технологий, МГУ и т.д.)

Презентация исследовательского центра Intel в Хайфе (2005 г. – проект разработки многоядерного процессора нового поколения) завершилась весьма интересным утверждением: “Инновация иногда рождается незапланированным образом, следовательно, процесс интеллектуального поиска инновационной идеи должен быть непрерывным”.

Экономический успех «прорывных» отраслей, в частности атомной промышленности, в настоящее время зависит не только от имеющихся материально-вещественных ресурсов (природных, финансовых и т.п), но и от «человеческого капитала» способного формировать обширный и диверсифицированный портфель инновационных идей.

Поэтому на первый план выступает фактор инновационной активности – целенаправленной поддержки высокой восприимчивости работников отрасли к нововведениям посредством создания благоприятных условий для «прорывных» проектов.

В мировой практике выделены основные методы формирования инновационного мышления:

- Непрерывное обучение
- Научно-образовательная среда
- Информационная поддержка исследований
- Исследовательская база
- Производственная практика и стажировки
- Возможность практического внедрения.

Существуют разные способы создания и удержания конкурентных преимуществ, в том числе и для конкретной отрасли в социально-экономической системе. Однако, конкурентные преимущества, которых удастся добиться за счет эксплуатации материальных факторов, как правило, недолговечны, они подвержены влиянию мировой политической и экономической конъюнктуры, а стало быть, весьма и весьма проблематичны.

Развитие отрасли в первую очередь зависит от сложной комбинации факторов, к формированию которых эта отрасль имеет непосредственное отношение. Речь идет о таких факторах, как наука, образование и инновации. Состояние системы подготовки высококвалифицированных кадров имеет при этом первостепенное значение.

Для удовлетворения потребности предприятий Национальной атомной компании «Казатомпром» в квалифицированных специалистах, подготовленных с учетом специфики атомной отрасли и обеспечения непрерывного, целенаправленного процесса повышения квалификации персонала, осуществляемый в соответствии с образовательными стандартами, потребностью и стратегическими целями Национальной атомной компании «Казатомпром» и был создан Казахстанский ядерный университет.

Для реализации поставленных задач Казахстанский ядерный университет «выбрал» в качестве приоритетных направлений своего развития:

- Формирование качественной лабораторной базы
- Единый информационный центр
- Практико-ориентированное обучение
- Продолжительная производственная практика
- Интеграция в международные проекты
- Корпоративные тренинги и семинары

Интеграция науки, образования и производства формирует источники инноваций, работающих по принципу «цепной реакции»

СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*Маркенбаев Ж.Д., Нуржанов К.Е., Уралбаев А.Ш., Бокенов А.С., Жартыбеков К.Ж.,
Таукентское горно-химическое предприятие,
п. Таукент, Казахстан*

В Таукентском горно-химическом предприятии (ТГХП), расположенном в Южно-Казахстанской области, осуществляется переработка продуктивных растворов подземного скважинного выщелачивания с получением химконцентрата природного урана (ХКПУ). Данная технологическая схема включает себя следующие переделы:

- сорбционное концентрирование урана из продуктивных растворов подземного скважинного выщелачивания на анионите;
- донасыщение анионита и доулавливание урана;
- нитратная десорбция анионита с получением уранового товарного регенерата;
- осаждение урана из товарного регенерата;
- фильтрация полученных кристаллов с получением химконцентрата урана.

Исходным сырьем для получения химконцентрата урана на участке переработки продуктивных растворов (УППР) являются продуктивные растворы, полученные после сернокислотного выщелачивания урана.

В колоннах сорбции применяются аниониты ВП-1АП и АМП, но в процессе эксплуатации установки производились подгрузки анионитов Bayer, Levatit и Amberlite. В настоящее время на УППР используется смесь анионитов различной рабочей фракции (0,5 – 1,0 мм).

Исходным сырьем для получения химконцентрата урана на УППР являются продуктивные растворы с pH 1,4 - 2,0; ОВП 360-420 мВ и нижеследующим солевым составом, г/л:

кислотность 1-3;	нитрат-ион - 0,2 - 0,6;
уран - 30-60 мг/л;	хлор-ион - 0,1 - 0,5;
сульфат-ион 13,3 - 20,0;	алюминий 0,3 - 0,8;
железо 3-х валентное - 0,3-0,6;	кремний 0,12 - 0,2;
магний 0,2 - 0,5;	сухой остаток 15-25.

Продуктивные растворы, фильтруясь через зажатый слой анионита в колонне снизу вверх, в результате ионного обмена обедняются по урану до сбросных содержаний. Обедненный по урану возвратный раствор (ВР) после контрольной фильтрации на наклонных грохотах, сбрасывается в пескоотстойник ВР. Управление процессом сорбции ведется по содержанию урана в маточных растворах сорбции.

Допустимое содержание урана в маточных растворах не более 2 мг/л. После получения сбросных содержаний урана в маточных растворах, производится перегрузка анионита. Насыщенный по урану анионит выгружается из нижней части колонны в объеме 3м³. Далее анионит донасыщается ураном из бедной фракции товарного регенерата и поступает на десорбцию (элюирование) урана нитратными растворами, проходя три последовательно соединенные колонны.

В качестве десорбирующего раствора используется аммиачная селитра (NH₄NO₃) до заданной концентрации по нитрат-иону (60-100 г/л). Бедная фракция товарных регенератов (содержание урана до 20-25 г/л) выводится на донасыщение анионита, а богатая фракция (содержание урана свыше 20 - 25 г/л) подается на каскад осаждения ХКПУ.

Богатая фракция товарного регенерата поступает в первую емкость на нейтрализацию карбонатными растворами до pH=3,0-3,2, затем раствор самотеком поступает во вторую емкость, где происходит повышение значений pH до 5,4-5,6 и выпадение основной массы кристаллов урана. Из второй пульпа кристаллов поступает в третью емкость, где происходит интенсивный рост кристаллов, сопровождаемый самопроизвольным повышением значений pH до 6,6-6,8. Дальнейший рост значений pH нежелателен, ввиду того, что часть кристаллов снова начинает растворяться.

В емкости каскада осаждения подается пар для поддержания оптимальной температуры осаждения 40-60°C, существенно влияющий на крупность кристаллов, а также на глубину осаждения урана из товарных регенератов. Сюда же подается сжатый воздух для отдувки углекислоты и аммиака.

Далее пульпа кристаллов поступает в отстойники, где происходит осаждение кристаллов. Осветленные растворы поступают на доукрепление, а сгущенный продукт подается на фильтрацию на фильтрпрессы. После фильтрации готовый продукт затаривается контейнера и, после опробования, отправляется потребителю, а осветленный раствор возвращается на отстаивание.

Существующая технологическая схема переработки продуктивных растворов с получением химконцентрата природного урана отработывалось в течение 20 лет. Но на введенном в эксплуатацию аффинажном заводе ТГХП впервые в Республике применен способ прямой экстракционной перечистки товарных регенератов, перерабатывающего комплекса рудника, минуя операции осаждения, транспортировку и растворения химических концентратов природного урана. Технологическая схема экстракционной перечистки урана из товарных регенератов состоит из следующих переделов:

- экстракция урана из товарных регенератов;
- твердофазная рекстракция урана карбонатными растворами;
- репульпация кристаллов АУТК свежими растворами карбоната аммония + керосином;
- прокалка кристаллов АУТК до закиси-окиси урана.

Экстракционная переработка нитратно-серноокислого регенерата с содержанием урана 30-35 г/л и нитрат-иона 15-25 г/л осуществляется в двух последовательных 3-х ступенчатых экстракторах типа смеситель-отстойник. В качестве экстрагентов используется смесь ТАА + Д2ЭГФК. Рафинат (маточник) экстракции возвращается в пескоотстойник и направляется на ионный обмен (сорбцию). В процессе экстракции попутно с ураном интенсивно экстрагируется нитрат-ион.

При контакте насыщенной органической фазы (экстракт) с технической водой, примеси (в том числе нитрат-ион) переходят в водный раствор в соответствии со своими коэффициентами распределения.

Промывка экстракта технической водой при соотношении О:В = 10:1 позволяет выделить в водную фазу около 40 г/л нитрат-иона. Насыщенную нитрат-ионом техническую воду можно использовать в процессе десорбции после доведения до заданной концентрации по нитрат-иону и для пассивации насосного оборудования на эксплуатируемых блоках подземного скважинного выщелачивания.

Насыщенная органическая фаза направляется на твердофазную реэкстракцию. Реэкстракция урана проводится 20 % раствором углеаммонийных солей. После реэкстракции пульпа, содержащая кристаллы АУТК, подается в конусный отстойник, где происходит её разделение на три фракции

После твердофазной реэкстракции кристаллы АУТК поступают на репульпацию, органическая фаза направляется в процесс экстракции, а водная фаза (оборотный карбонатный раствор) возвращается на операцию твердофазной реэкстракции и в процесс приготовления свежего карбонатного раствора. После репульпации пульпу фильтруют, и отфильтрованные кристаллы АУТК прокаливают до закиси-окси урана.

РЕАКТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ С ПЛАВЛЕНИЕМ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

*Пахниц А.В., Витюк В.А.,
ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК, г. Курчатов,
Республика Казахстан*

1. Введение

Специфической проблемой поведения активной зоны энергетического реактора на быстрых нейтронах в аварийных ситуациях является возможность образования бассейна расплавленного топлива, в котором возможно создание критических, по размножению нейтронов, условий из-за относительно высокого обогащения топлива (явление повторной критичности). Повторная критичность, в свою очередь, может привести к дополнительному перегреву поврежденного реактора и массивному выходу радиоактивности за пределы защитных барьеров.

Устранение проблемы повторной критичности может быть достигнуто путем установления ясной логики, основанной на экспериментальных доказательствах, которые показывают, что активная зона реактора имеет внутренне присущие свойства, исключающие возможность возникновения повторной критичности в условиях разрушения активной зоны. Если расплавленное топливо не выводится из активной зоны, в ее объеме может быть сформирован большой бассейн расплава, который периодически будет достигать состояния повторной критичности. Если же обеспечить раннее выведение топлива из активной зоны, она становится свободной от возможности возникновения повторной критичности. Расплавленное топливо с накопленной в нем энергией может быть удалено из активной зоны в процессе ее плавления через каналы выведения расплава.

Экспериментальная программа по исследованию тяжелых аварий энергетических реакторов с плавлением активной зоны выполняется в сотрудничестве с Japan Atomic Energy Agency (JAEA) с использованием экспериментальных установок Национального ядерного центра Республики Казахстан, предназначенных для исследований проблем безопасности ядерной энергетики. Целью этой программы является получение экспериментальных доказательств исключения возможности повторной критичности в перспективных реакторах на быстрых нейтронах, охлаждаемых натрием.

2. Реакторные эксперименты

Накопленный опыт исследований и экспериментальные результаты по различным аспектам поведения элементов и материалов реакторной техники являются

итоном длительного использования реактора ИГР [1], который, будучи введенным в эксплуатацию в 1961 году, остается одним из лучших импульсных исследовательских реакторов в мире с максимальной плотностью потока тепловых нейтронов $0,7 \times 10^{17} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ и с максимальным флюенсом нейтронов $3,7 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$.

Методический и технологический опыт эксплуатации реактора ИГР позволил сформировать основу для реализации экспериментальной программы по исследованию тяжелых аварий энергетических реакторов с плавлением активной зоны.

Программа внутриреакторных экспериментов, проводимых на реакторе ИГР, показана на рис.1. На заключительном этапе программы выполняются три полномасштабных эксперимента. Целью первого полномасштабного эксперимента без натрия (FD: Fuel Discharge) является отработка технологии проведения двух последующих экспериментов с натрием и получение данных по ключевым феноменам сценария вывода топлива. Целью заключительных полномасштабных экспериментов ID1 и ID2 (ID: Integral Demonstration) является получение информации о выведении топлива из активной зоны, которая может быть использована при разработке перспективных реакторов [2].

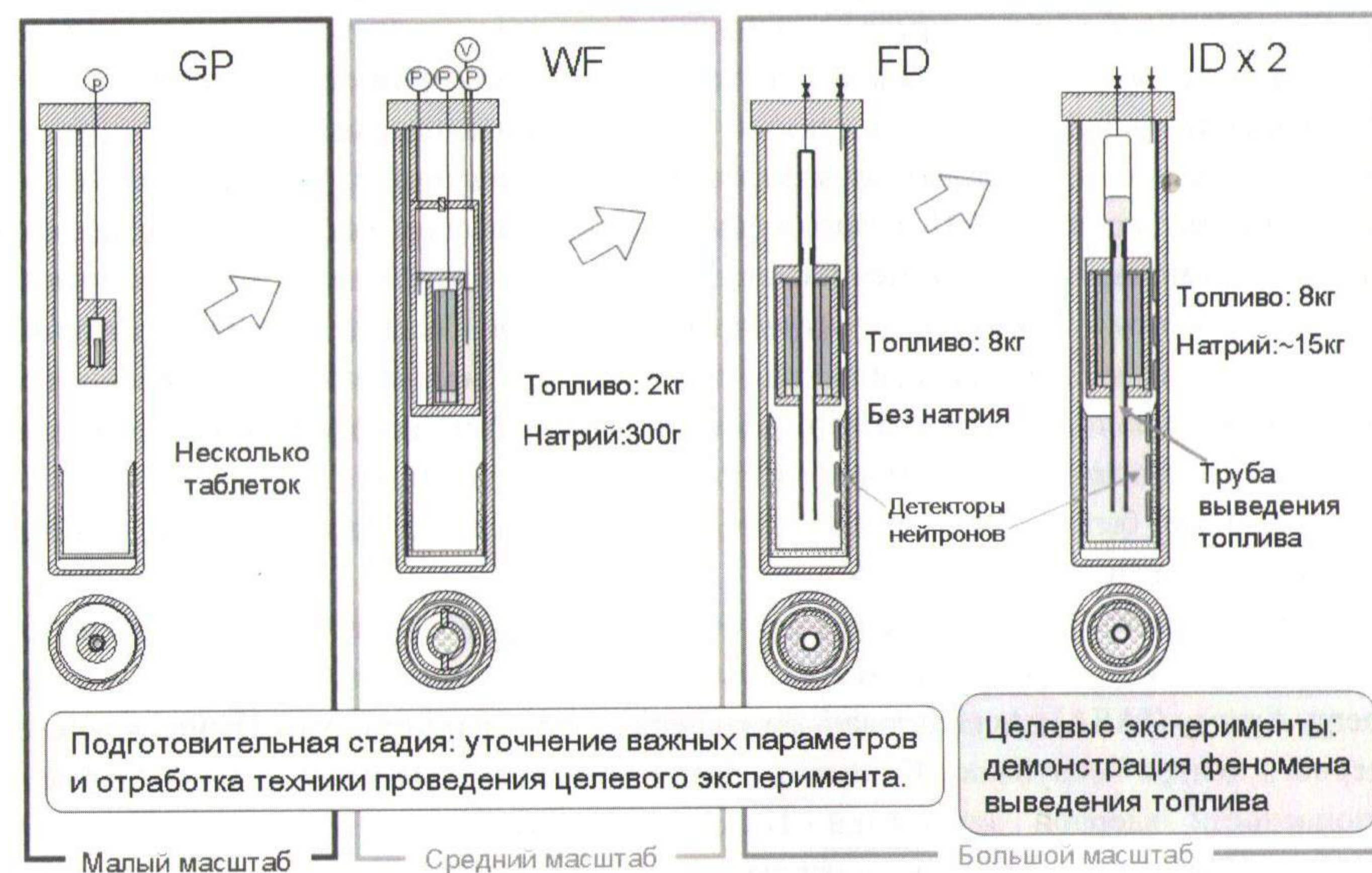


Рисунок 1. Программа внутриреакторных экспериментов

Возможно, что начало выведения топлива, будет совпадать с разрушением нержавеющей стальной стенки на границе между расплавленным топливом и каналом выведения, первоначально заполненным жидким натрием. Для исследования процесса

разрушения нержавеющей стальной стенки, контактирующей с жидким натрием, на подготовительной стадии программы был проведен среднемасштабный эксперимент WF (WF: wall failure).

3. Среднемасштабный реакторный эксперимент WF

3.1 Экспериментальное устройство WF

Схема экспериментального устройства WF показана на рис.2. Внутри трубы из нержавеющей стали с внешним диаметром 54 мм и толщиной стенки 3 мм, была установлена ТВС из 12 твэлов. Каждый твэл был изготовлен из топливных таблеток типа ВВЭР-1000 (наружный диаметр 7.55 мм, диаметр центрально отверстия 1.5 мм), помещенных в оболочку из нержавеющей стали с наружным диаметром 9.0 мм и толщиной стенки 0.5 мм. В активной части твэла (400 мм) были установлены топливные таблетки с обогащением 4.4 %, в бланкете (в нижней части твэла на длине около 50 мм) были установлены топливные таблетки с естественным обогащением диоксида урана. Полная масса UO_2 составляла 2.311 кг (топливо - 2.07 кг, бланкет - 0.241 кг). Внешняя поверхность трубы из нержавеющей стали была разделена на два одинаковых участка по окружности, при этом газовый зазор толщиной 3 мм, заполненный аргоном, с одной стороны, и зазор толщиной 10 мм, заполненный натрием, с другой стороны окружали трубу. Такая конструкция позволяла создать одни и те же условия теплового взаимодействия расплавленного топлива одновременно с двумя стенками, не охлаждаемой и охлаждаемой натрием, соответственно. Этот подход позволял оценить эффект присутствия натрия за стенкой.

Экспериментальная секция WF была установлена в силовой корпус. Ввод энергии для плавления и поддержания в жидком состоянии UO_2 был обеспечен за счет мощного нейтронного импульса в центральном экспериментальном канале реактора ИГР (перед нейтронным импульсом вся экспериментальная секция была разогрета встроенными электрическими нагревателями до температуры около 400°C).

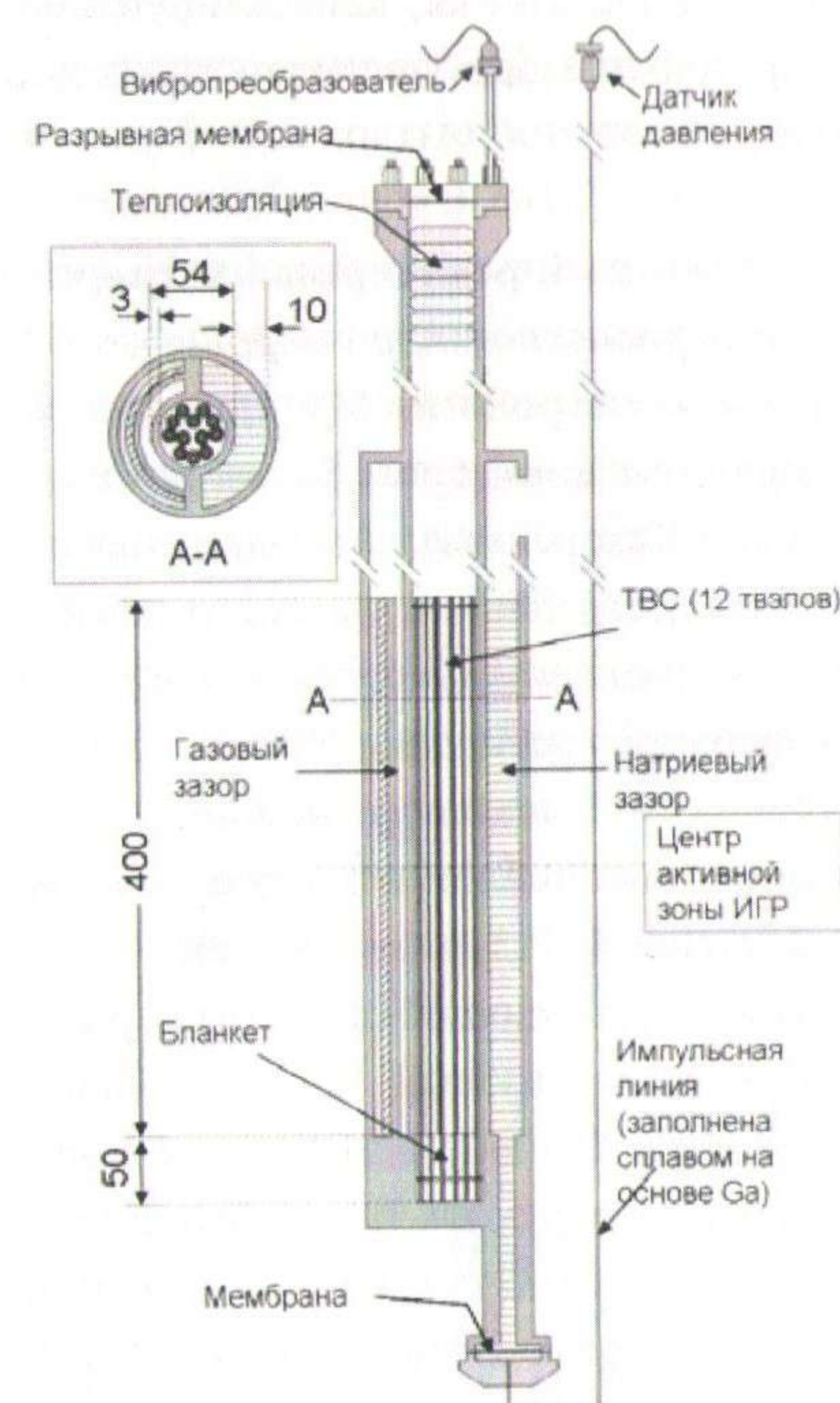
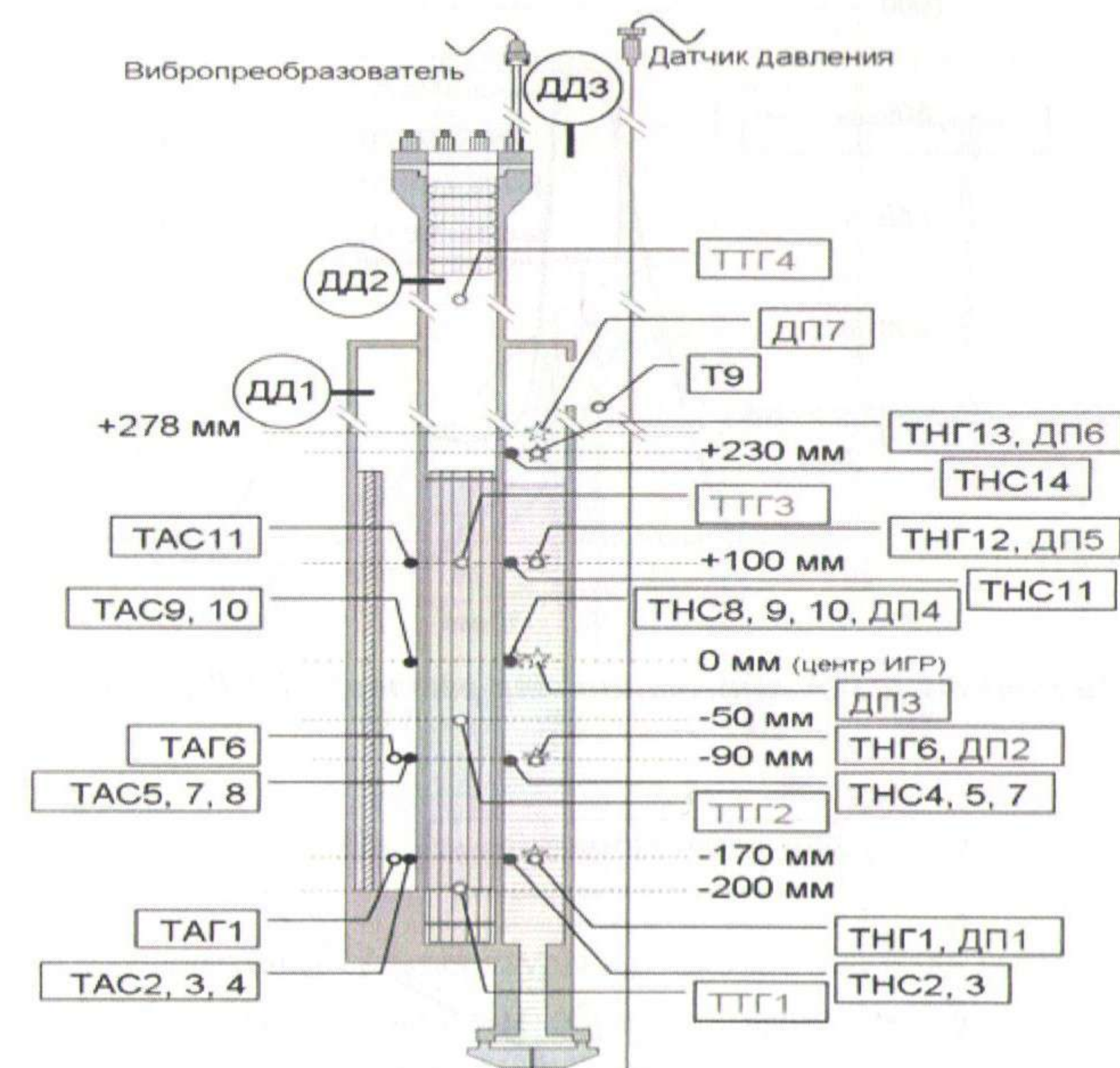


Рисунок 2. Экспериментальная секция WF

3.2 Система измерения параметров в эксперименте WF

В ходе эксперимента WF проверялась функциональная эффективность всех измерительных устройств, которые предполагалось использовать в будущих полномасштабных экспериментах. В экспериментальном устройстве WF было установлено большое количество средств измерения (рис.3), включая хромель-алюмелевые (ХА) и вольфрам-рениевые термопары (ВР), датчики давления в газе и в натрии, вибропреобразователь и датчики пустот. Термопары были установлены с целью определения теплового состояния экспериментальной секции, включая состояние топлива. Датчики давления и вибропреобразователь использовались для измерения давления и акустических событий, которые являлись следствием разрушения стенки. Датчики пустот использовались для измерения параметров натрия в процессе его кипения и образования пустот в его объеме, что, как предполагалось, будет происходить в процессе разрушения стенки.



ТТГ: термопары типа ВР в полости ТВС,
ТАГ: термопары типа ХА в газовом зазоре,
ТАС: горячие спаи установлены на наружной поверхности стенки нержавеющей трубы со стороны газового зазора (ТАС4, 7, 10 типа ВР и остальные – типа ХА),
ТНГ: термопары типа ХА в натриевом зазоре,
ТНС: горячие спаи установлены на наружной поверхности стенки нержавеющей трубы со стороны натриевого зазора (ТНС4, 7, 10 типа ВР и остальные – типа ХА),
ДП: датчики пустот (ДП1, 2, 3, 5, 6, 7 - чувствительная часть в середине натриевого зазора, ДП4 - около поверхности нержавеющей трубы)

Рисунок 3. Измерения в эксперименте WF

ТТГ: термопары типа ВР в полости ТВС, ТАГ: термопары типа ХА в газовом зазоре, ТАС: горячие спаи установлены на наружной поверхности стенки нержавеющей трубы со стороны газового зазора (ТАС4, 7, 10 типа ВР и остальные типа ХА), ТНГ: термопары типа ХА в натриевом зазоре, ТНС: горячие спаи установлены на наружной поверхности стенки нержавеющей трубы со стороны натриевого зазора (ТНС4, 7, 10 типа ВР и остальные типа ХА), ДП: датчики пустот.

4. Результаты эксперимента WF

4.1 Реализованная диаграмма мощности

На этапе планирования эксперимента WF были проведены предварительные расчеты для ожидаемых условий состояния топлива в экспериментальном устройстве, по результатам которых была выбрана диаграмма изменения мощности (рис.4).

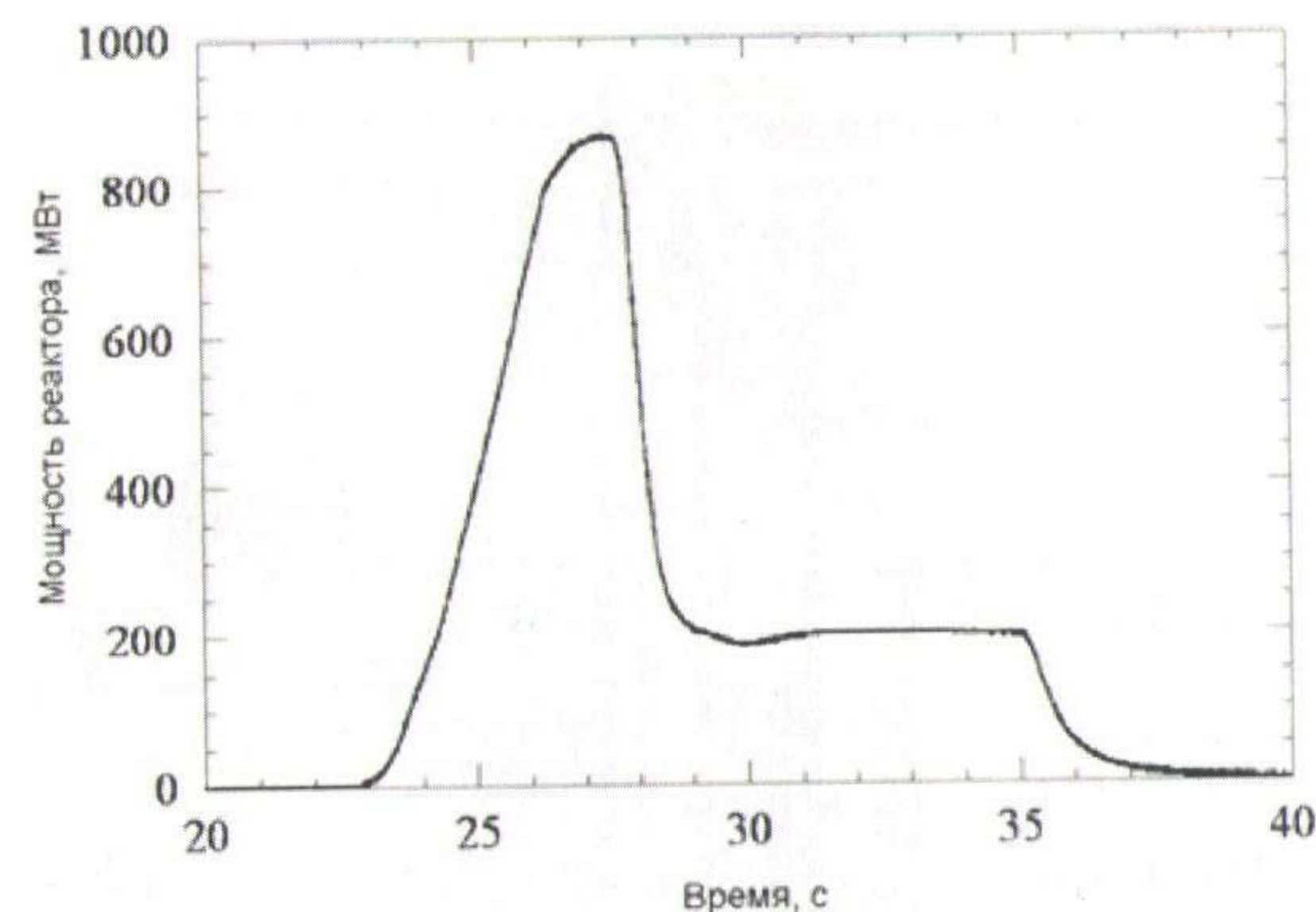


Рисунок 4. Диаграмма изменения мощности реактора ИГР в эксперименте WF

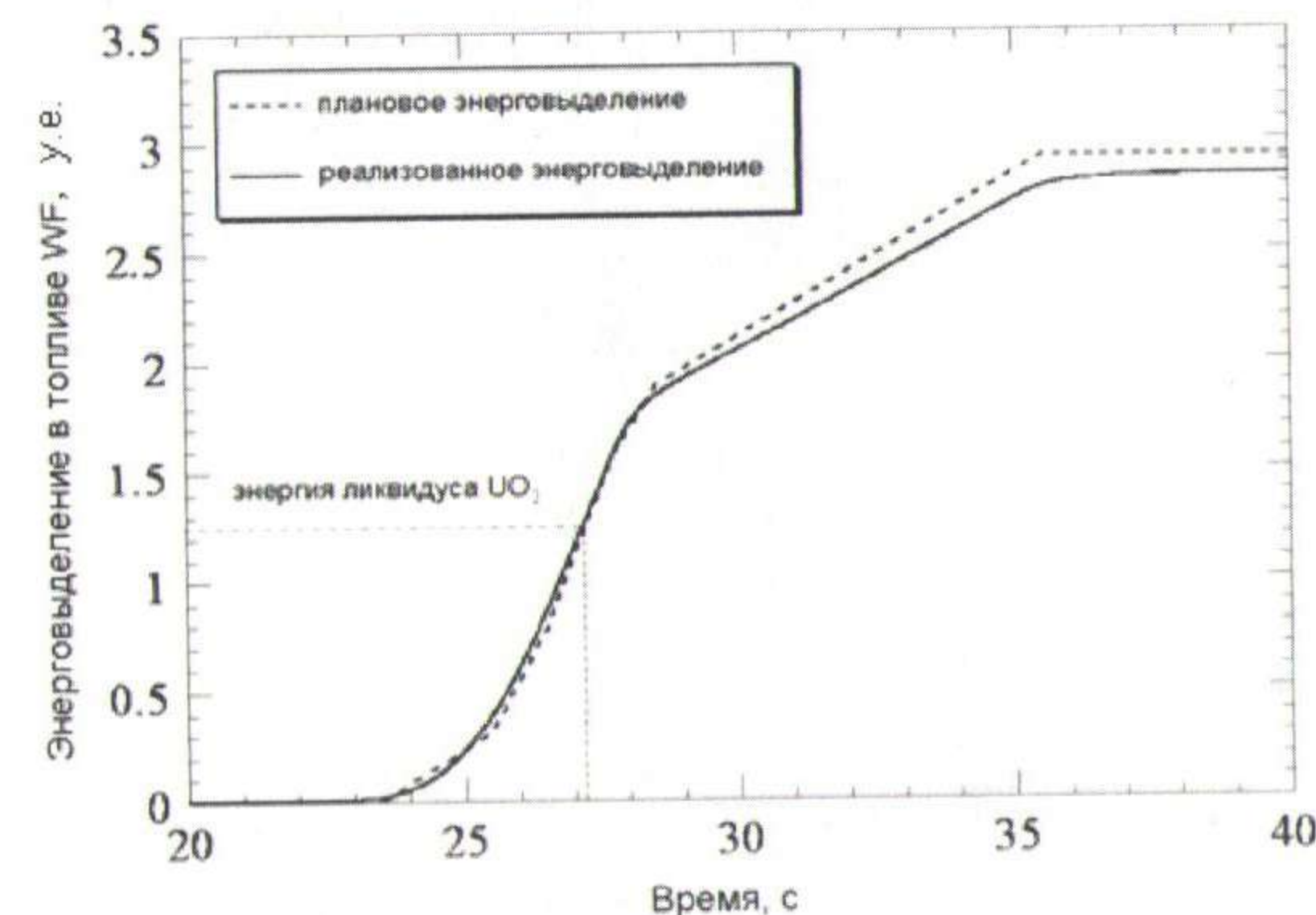


Рисунок 5. Плановое и реализованное энерговыделение в топливе экспериментального устройства WF

Как видно из рис. 5, энерговыделение в топливе экспериментального устройства WF, реализованное в эксперименте, удовлетворительно совпадает с заданным значением.

4.2 Интерпретация последовательности событий

4.2.1 Формирование бассейна расплава

Зная массу твэлов ТВС, можно рассчитать уровень расплава полностью переплавленного топлива и оболочек твэлов (приблизительно -50 мм относительно центра активной зоны реактора ИГР). Контроль состояния бассейна расплава в ходе эксперимента осуществлялся по показаниям ряда термопар, расположенных на различных высотах в полости ТВС [3] (рис.6).

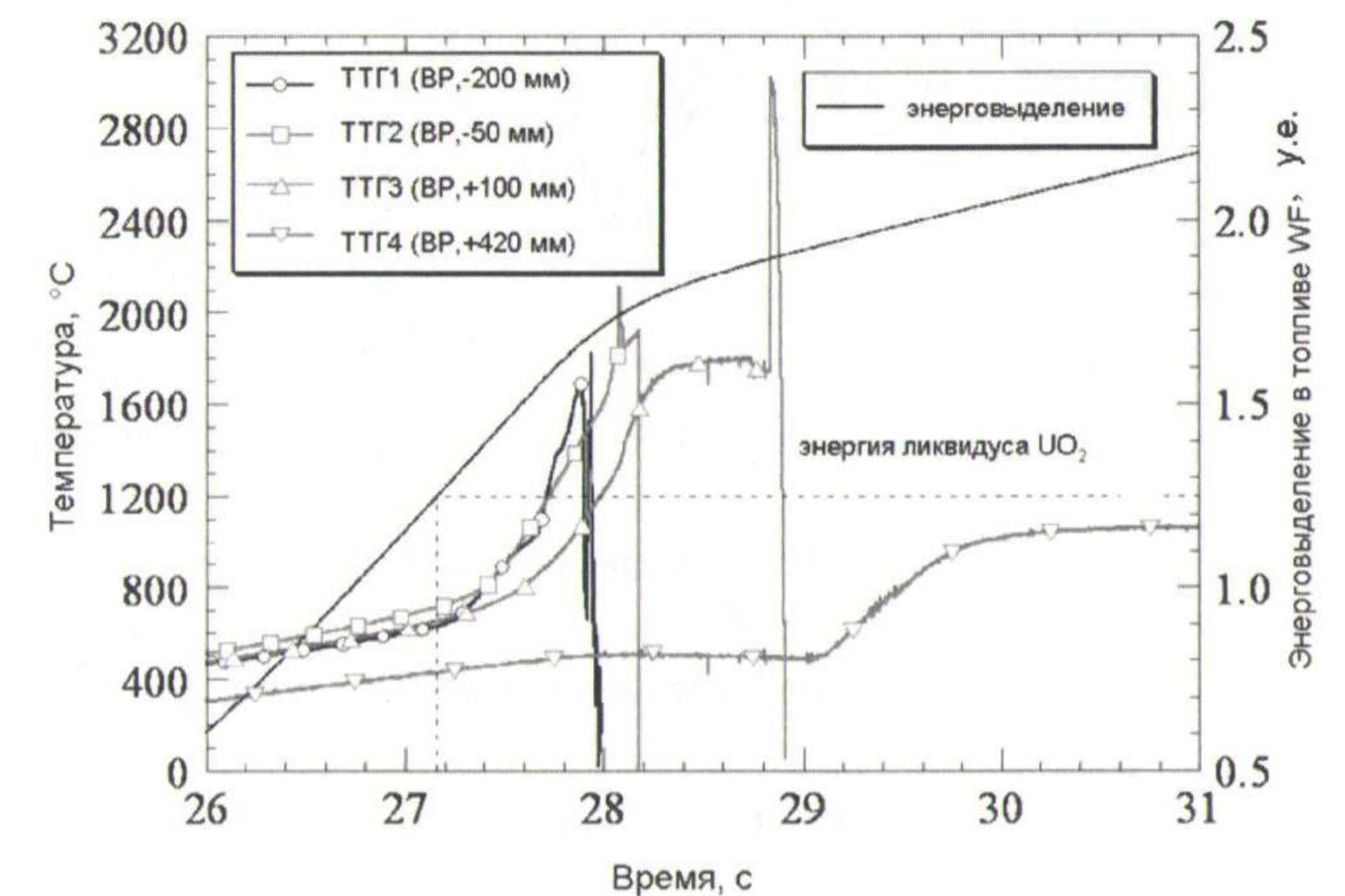


Рисунок 6. Показания термопар в полости ТВС

Начальное увеличение температуры со скоростью 100-160°C/с (до момента времени 27.2 с) объясняется, главным образом, эффектом гамма-разогрева самих термопар (это предположение было подтверждено в предварительных калибровочных экспериментах на низких уровнях мощности). В период 27.2 - 28.2 с скорость увеличения температуры по показаниям термопар ТТГ1, ТТГ2 и ТТГ3 возрастает, при этом термопары ТТГ1 и ТТГ2 теряют работоспособность (сигналы термопар после их очевидного выхода из строя на графике не показаны). Выход из строя этих двух термопар является совершенно естественным событием, поскольку горячие спаи этих термопар находились ниже отметки уровня расплава (все термопары были введены в ТВС сверху). По видимому, термопара ТТГ3 сохранила работоспособность вплоть до момента времени 28.9 с потому что ее горячий спай находился вне расплава. Что касается термопары ТТГ4, она была расположена сверху над ТВС и сохранила работоспособность после 29 с. В целом, показания термопар ТТГ могут быть интерпретированы как свидетельство образования бассейна расплава в период 27.2 - 28.2 с. Энерговыделение в топливе к моменту времени 28.2 с уже превышало величину, необходимую для плавления UO_2 .

4.2.2 Разрушение стенки со стороны газового зазора

Измерения давления для каждой отдельной полости (полость ТВС, газовый зазор и натриевый зазор) осуществлялись с целью определения моментов времени разрушения стенок (рис.7). Изменение темпа роста давления в полости ТВС и в газовом зазоре зафиксировано на 28.2 с. Предположительно в этот момент произошло объединение соседних полостей, и горячий газ из полости ТВС стал поступать в газовый зазор.

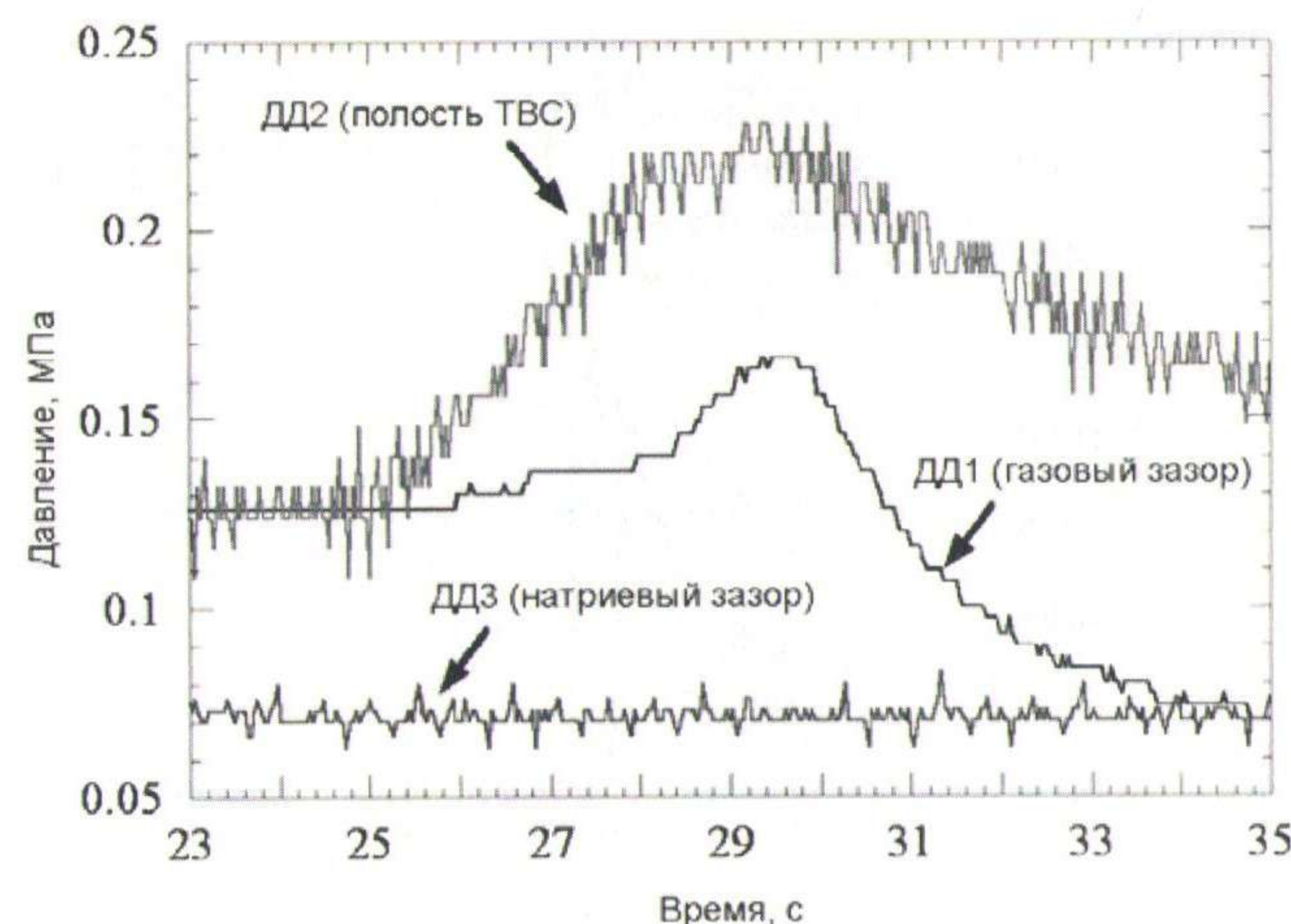


Рисунок 7. Результаты измерения давления

Показания термопар, установленных на различной высоте в газовом зазоре, представлены на рис.8. Показания термопар ТАС2 и ТАС3 указывают на увеличение скорости роста температуры, начиная с момента времени 27.6 с, что является очевидным свидетельством контакта расплава с со стенкой в области расположения горячих спаев. С задержкой 0.6 с начинается резкое увеличение показаний термопары ТАГ1 (повторяет показания ТАС2). Можно предположить, что увеличение температуры и последующий выход термопары из строя произошли из-за поступления расплава в газовый зазор и контакта горячего спаев термопары ТАГ1 с расплавом (она была разрушена с небольшой задержкой). Разрушение стенки нержавеющей трубы, обращенной к газовому зазору и имеющей толщину 3 мм, произошло, вероятно, в нижней части (около отметки -170 мм) в момент времени около 28.2 с.

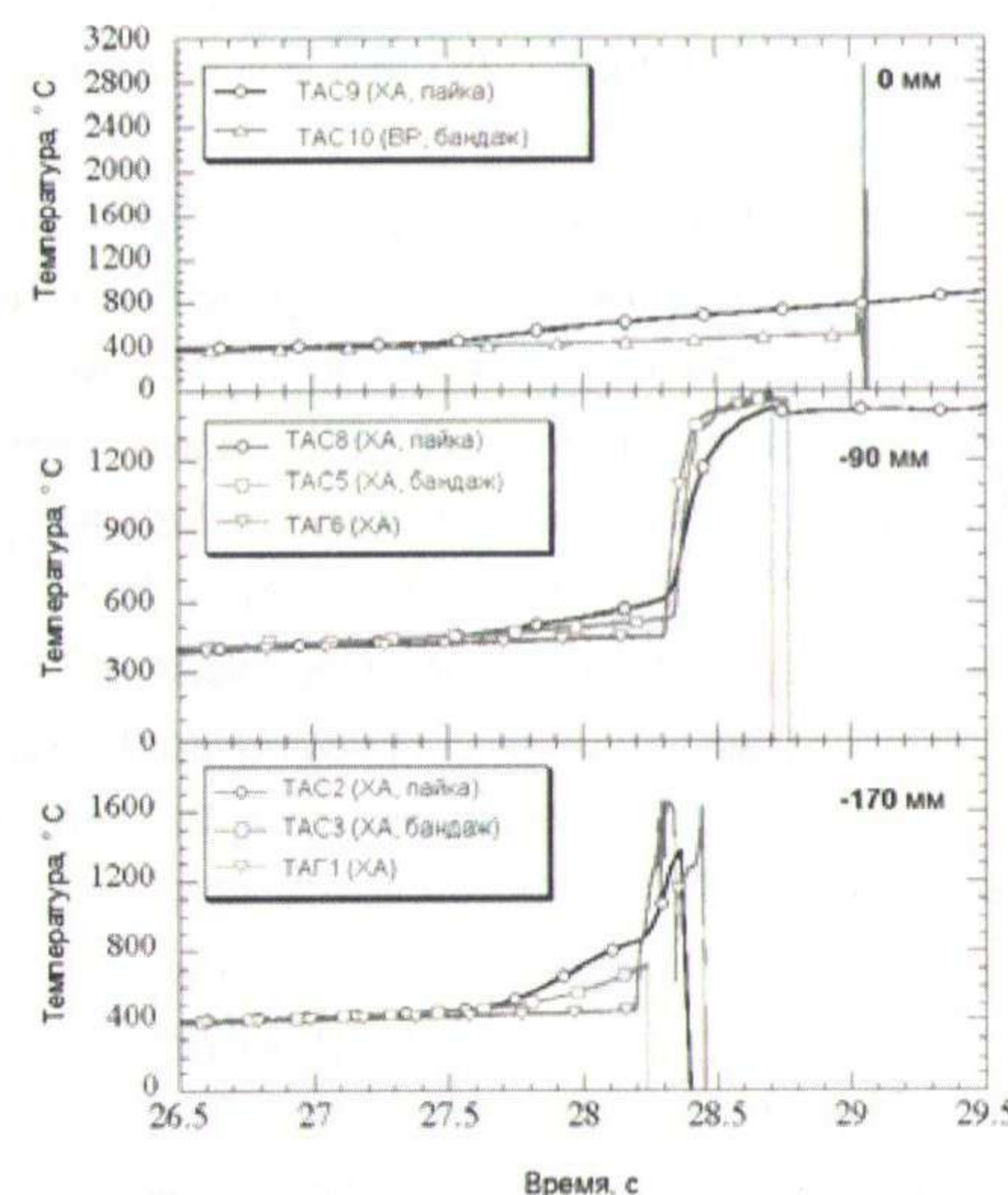
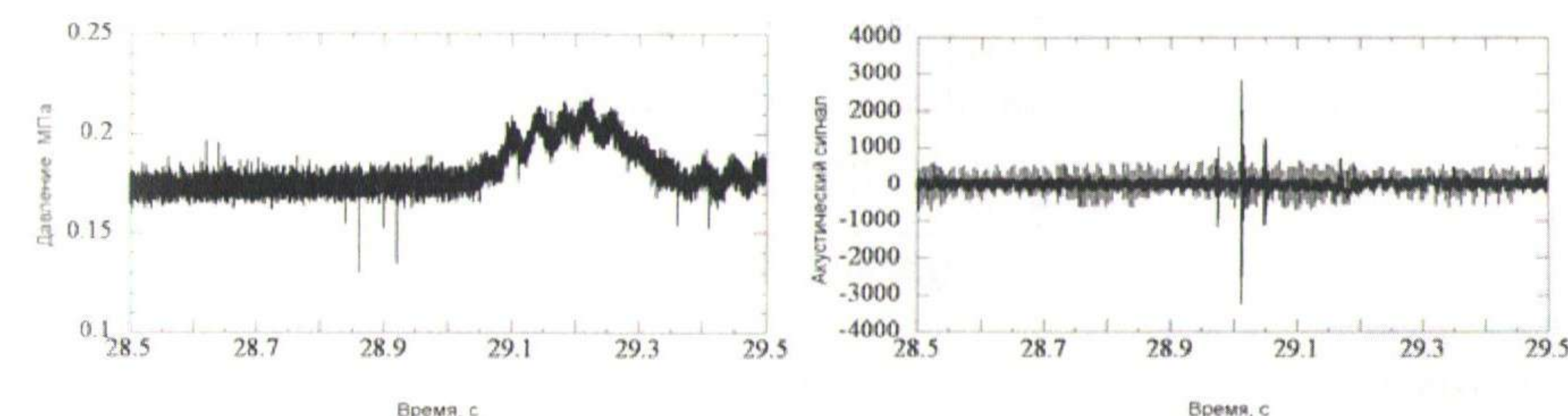


Рисунок 8. Показания термопар в газовом зазоре

4.2.3. Разрушение стенки со стороны натриевого зазора

Выравнивание давления в газовом и натриевом зазоре наблюдалось в момент времени 34 с, при этом увеличение давления в газовом зазоре началось в момент времени 29.6 с (рис. 7). Предположительно в это время обе полости пространственно объединились.

Как свидетельства разрушения стенки со стороны натриевого зазора, наблюдались некоторые специфические явления, происходящие при контакте топлива с натрием и при перемещении горячих материалов. Показания системы измерения давления натрия и вибропреобразователя показаны на рис.9 (а) и (б). Импульсы акустического сигнала (измеренные в 28.976 с, 29.012 с и 29.049 с, соответственно) и увеличение давления в натрии на 0.5 МПа (начавшееся в 29.04 с), как предполагается, являются результатом относительно мягкого взаимодействия топлива с натрием.



(а) сигнал системы измерения давления в натрии

(б) сигнал вибропреобразователя

Рисунок 9. Показания системы измерения давления в натрии и системы измерения акустических сигналов

Показания термопар, установленных на различных уровнях по высоте в натриевом зазоре, представлены на рис.10. Следует отметить, что температура натрия по показаниям термопар ТНГ1 и ТНГ6 превысила температуру стенки, при этом термопара ТНГ6 показала температуру выше температуры кипения натрия в момент времени 29.05 с. И только после этого произошло разрушение термопары ТНС10 (типа ВР). Разрушение термопар может быть интерпретировано как результат поступления горячего материала в зазор. Скорее всего, разрушение стенки началось в нижней ее части, так как температура стенки в момент времени ~29 с (по показаниям термопары ТНС2) была максимальной по сравнению с показаниями любых других термопар, установленных на ее поверхности.

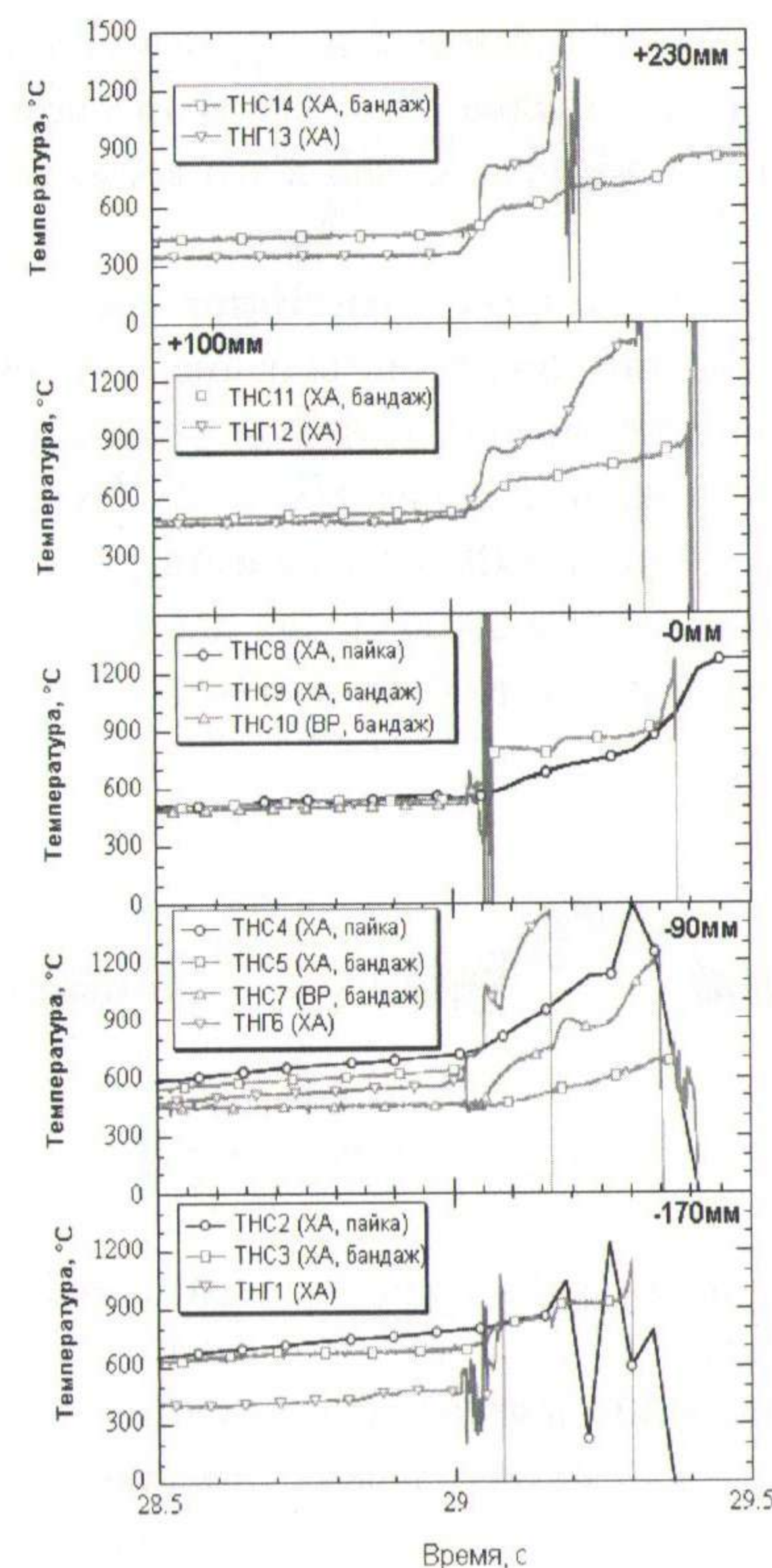


Рисунок 10. Показания термопар в натриевом зазоре

4.3 Условия разрушения стенки

Распределение температуры по стенкам для каждой из сторон (по показаниям термопар с горячими спаями, припаянными к стенке) приведено на рис. 11. Распределение температуры для стенки со стороны газового зазора в момент времени 28.2 с (непосредственно перед разрушением стенки) приведено в сравнении с распределением температуры для стенки со стороны натриевого зазора для того же самого момента времени (28.2 с) и для момента 29 с. Видно, что в момент времени 28.2 с температура у стенки со стороны газового зазора выше, и эффект охлаждения противоположной стенки натрием очевиден. С другой стороны, если сравнить температуру стенки со стороны газового зазора в момент времени 28.2 с и температуру стенки со стороны натриевого зазора в момент времени 29 с, то обнаружим подобие в тепловом состоянии обеих стенок.

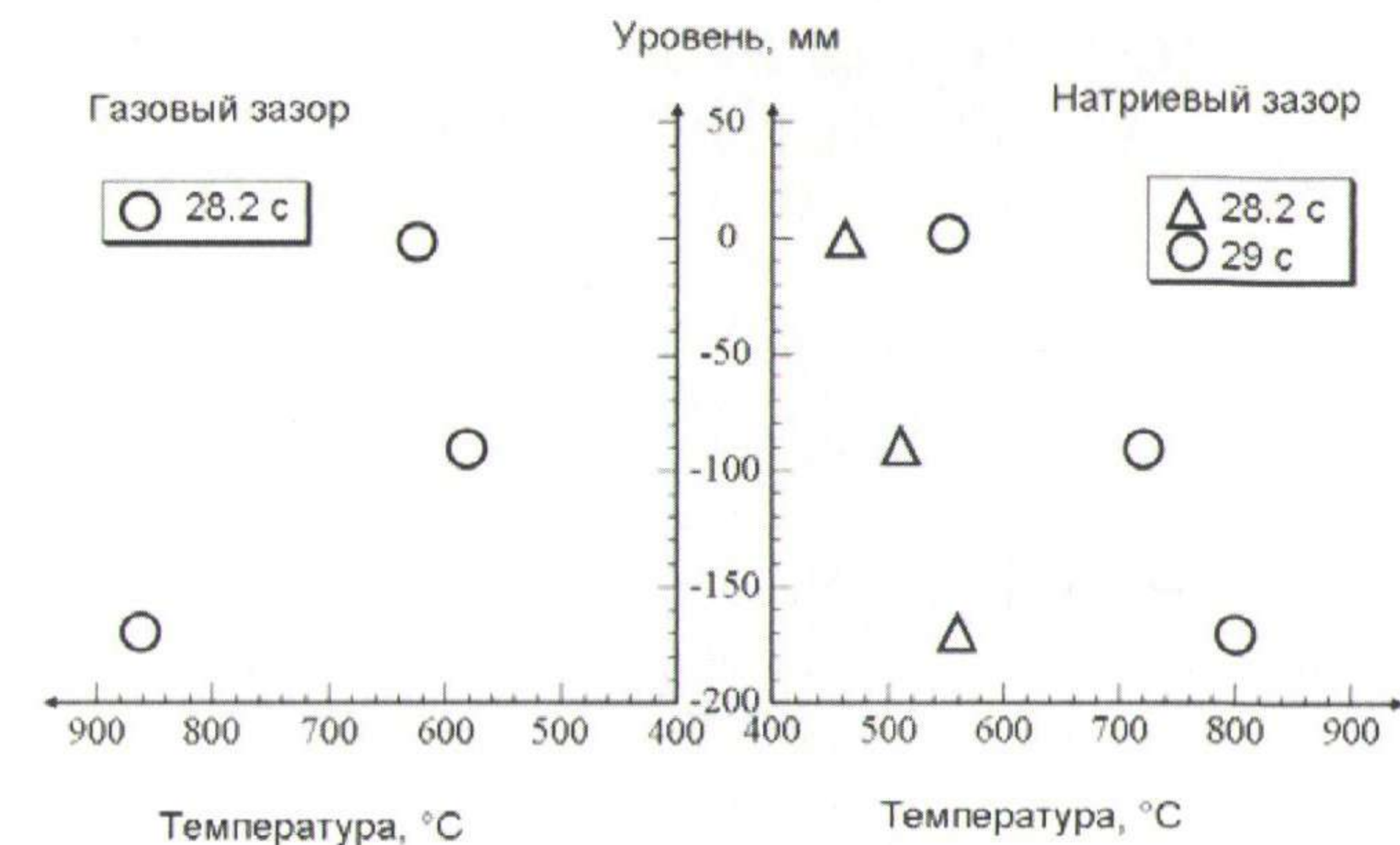


Рисунок 11. Сравнение температуры стенок непосредственно перед их разрушением

5. Заключение

В рамках исследований тяжелых аварий энергетических реакторов с плавлением активной зоны был проведен среднемасштабный эксперимент WF, в котором получены следующие результаты:

- 1). Была апробирована методология проведения последующих полномасштабных экспериментов.
- 2). Было установлено, что расплавленное топливо (с большой запасенной теплотой) может проникать через стенки каналов отвода, и может быть удалено из активной зоны на ранней стадии развития аварийной ситуации.

Использованная литература:

1. И.В.Курчатов, С.М.Фейнберг, Н.А.Доллежалъ и др. Импульсный графитовый реактор. "Атомная энергия" т.12 вып.4. 1960 г.
2. Васильев Ю.С., Вурим А.Д., Гайдайчук В.А., Колодешников А.А. и др. Исследования по проблемам безопасности ядерных энергетических установок на исследовательском реакторе ИГР. Международная научно-техническая конференция «Исследовательские реакторы в XXI веке», НИКИЭТ, Москва, 22-23 июня 2006 г. Тезисы докладов, стр. 46-47.
3. «Анализ результатов эксперимента WF»; Отчет о НИР, ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК, инв. №1982 от 03.07.2007 г.

НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В ЗЕМНОЙ КОРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Гордиенко Д. Д.,

Институт геофизических исследований НЯЦ РК,

Курчатов, Казахстан

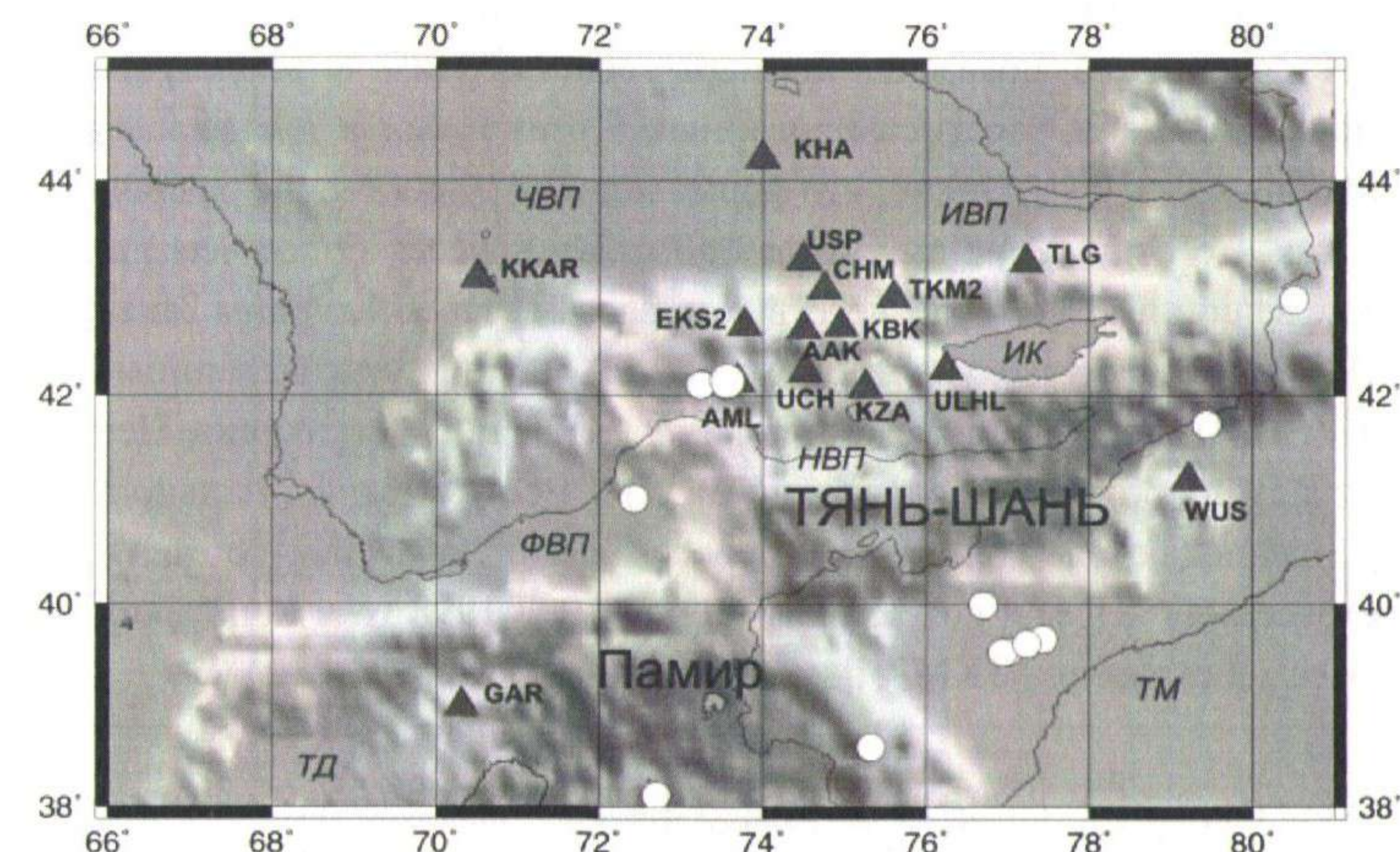
Исследованы характеристики поля поглощения короткопериодных поперечных волн в земной коре Тянь-Шаня. Обработано более 230 записей землетрясений на расстояниях ~300–600 км. Использован метод, основанный на анализе отношения амплитуд волн Lg и Pg. Показано, что поле поглощения в земной коре Тянь-Шаня характеризуется большой неоднородностью. Сильное поглощение соответствует очаговым областям Сусамырского землетрясения 19 августа 1992 г. ($M=7,3$), а также роя сильных землетрясений в Кашгарии в 1997–1998 гг. Большинство трасс с пониженными значениями Lg/Pg (более 70%) пересекают небольшую зону северного Тянь-Шаня, где расположена сейсмическая группа KNET. В этой зоне выделена также кольцевая структура, сформированная эпицентрами относительно глубоких землетрясений, произошедших в 1999–2005 гг. Полученные нами и другими авторами данные показывают, что в аномальной зоне происходят активные геодинамические процессы, возможно связанные с подготовкой сильного землетрясения.

Введение

Короткопериодные S-волны наиболее чувствительны к присутствию жидкой фазы, поэтому по их характеристикам можно выделять области с повышенным содержанием флюидов в земной коре и верхах мантии [1–5]. В настоящей работе проводится картирование земной коры Тянь-Шаня и прилегающих районов – южной окраины Казахской платформы и Западного Тарима по поглощению поперечных волн.

Система наблюдений и использованные материалы

Использованы записи 15 цифровых станций, установленных в основном на выходах коренных пород (рисунок 1). Обработано более 230 записей коровых землетрясений с магнитудами менее 5.5, зарегистрированных в 1994–2006 гг. на эпицентральных расстояниях ~300–600 км.



Треугольники – сейсмические станции, кружки – эпицентры землетрясений с $M \geq 6.0$, начиная с 1991 г. Большой значок – эпицентр Сусамырского землетрясения 19.08.1992. Указаны впадины: ЧВП – Чуйская, ИВП – Илийская, НВП – Нарынская, ФВП – Ферганская. ТД – Афгано-Таджикская депрессия, ТМ – Таримский массив. ИК – оз. Иссык-Куль

Рисунок 1. Карта района исследований

Методика исследований

В работе использован метод, основанный на анализе соотношения амплитуд волн Lg и Pg [5]. Как известно, эти волны представляют совокупность соответственно поперечных и продольных волн, отраженных от границ коры под заданными углами [3]. В связи с этим отношение их амплитуд (параметр $\lg(A_{Lg}/A_{Pg})$), которое мы для краткости будем называть Lg/Pg, служит, при прочих равных условиях, мерой поглощения S-волн в земной коре на всей трассе от очага до станции. В данной работе мы рассматривали записи землетрясений в относительно узком диапазоне эпицентральных расстояний, в котором средние значения параметра Lg/Pg сравнительно мало изменяются с ростом Δ ; в связи с этим в первом приближении можно не вводить поправку за расстояние. Путем анализа большого количества трасс, пересекающих рассматриваемую территорию, можно выделять районы, характеризующиеся относительно повышенным и пониженным поглощением. Преимущество такого подхода, в частности, состоит в том, что с помощью него можно получать информацию о строении земной коры в районах крупных впадин, где затруднена установка чувствительных станций из-за высокого уровня микросейсмического фона.

В связи с тем, что поглощение существенно зависит от частоты колебаний, использована узкополосная частотная фильтрация (фильтр с центральной частотой 1.25 Гц и шириной 2.3 октавы, аналогичный соответствующему ЧИСС-фильтру [3]).

Анализ данных

На рисунке 2 показаны примеры сейсмограмм 8 землетрясений из разных районов Тянь-Шаня, зарегистрированных 5 станциями в диапазоне эпицентральных расстояний 320-530 км. Видно, что форма записей существенно различается для разных трасс, так что отношение амплитуд Lg/Pg варьируется более чем на порядок. Очень высокие величины Lg/Pg соответствуют трассам, пересекающим Западный Тянь-Шань (ст. KKAH), Исыккульскую впадину (TKM2), идущим вдоль границы Северного Тянь-Шаня (CHM) и вдоль Илийской впадины (KHA), пересекающим Центральный Тянь-Шань в субширотном направлении (WUS). Вместе с тем аномально низкие величины Lg/Pg наблюдаются для трасс, пересекающих очаговые области Сусамырского землетрясения (CHM) и роя землетрясений 1997-1998 гг. в Кашгарии (CHM), а также для трассы к станции TKM2, идущей с юго-юго-запада.

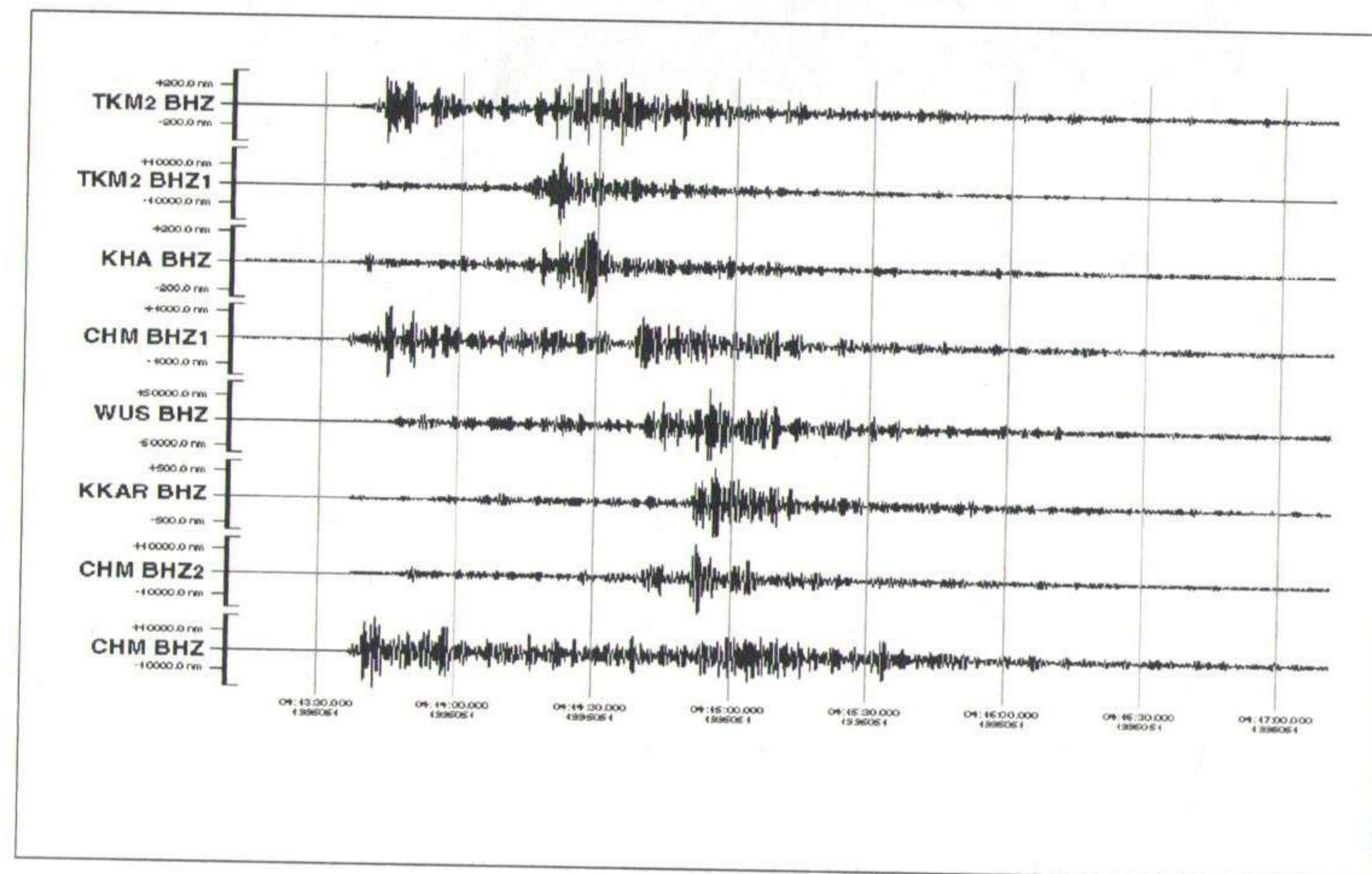
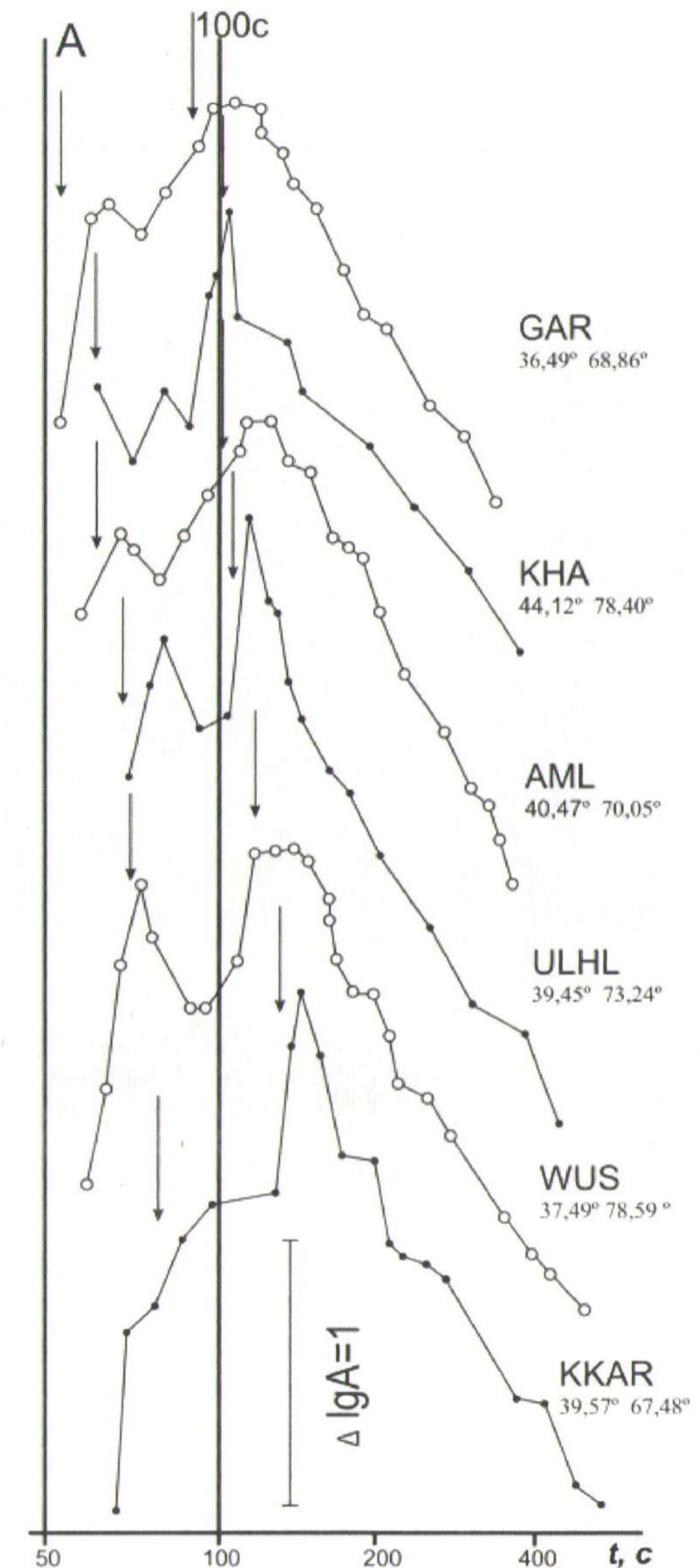


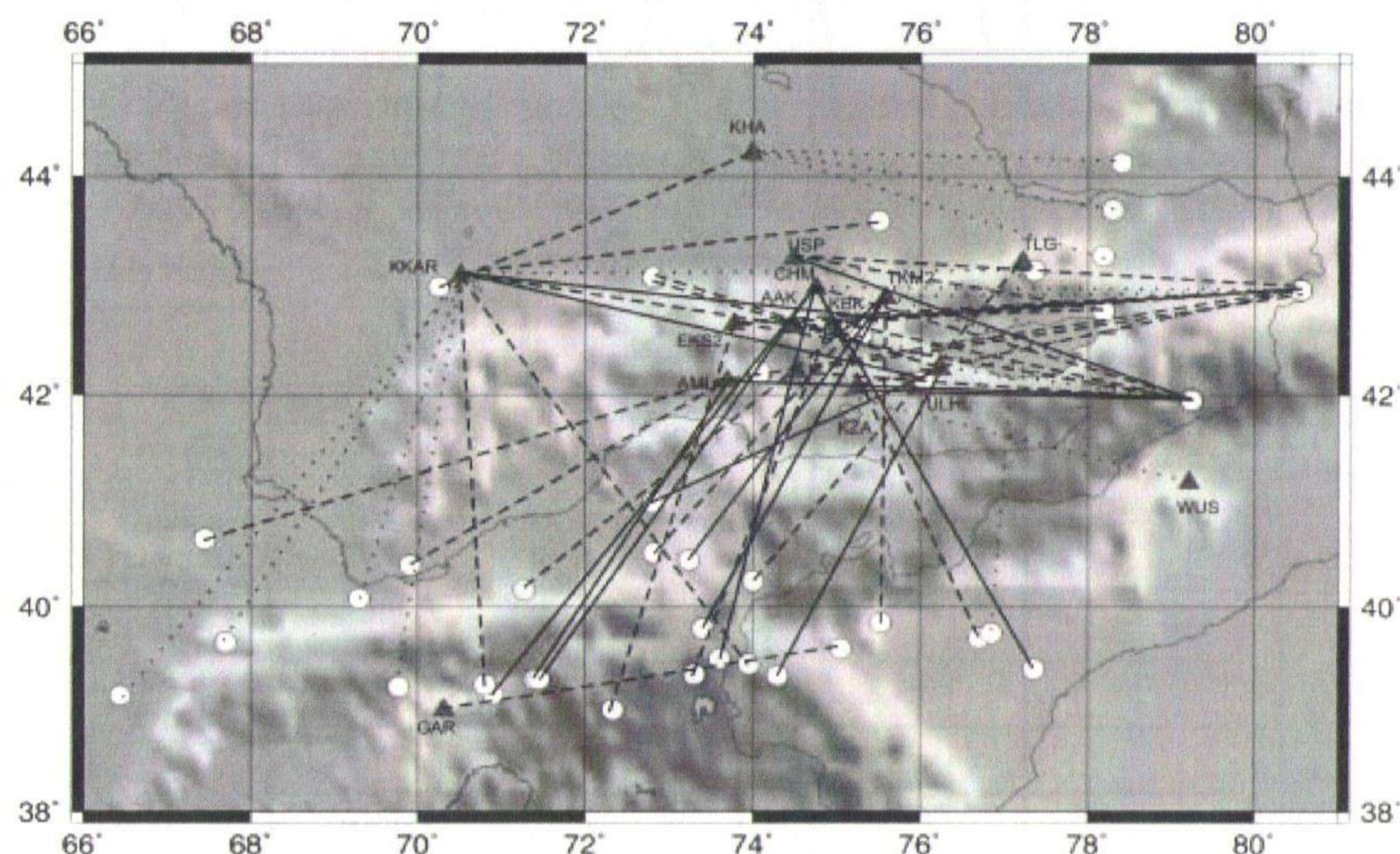
Рисунок 2. Примеры сейсмограмм землетрясений из разных районов Тянь-Шаня. ЧИСС-канал, 1.25 Гц, вертикальная компонента

На рисунке 3 представлены огибающие записей землетрясений, полученные разными станциями. Из рисунка следует, что для трасс, пересекающих горные районы или впадины с осадками сравнительно небольшой мощности (в данном случае Илийской), наблюдается импульсивная группа Lg с быстрым нарастанием амплитуд и резким спадом после достижения максимума. Группа Lg сопровождается своей кодой, переход к которой маркируется резким уменьшением наклона огибающей. В то же время для трасс, идущих через крупные впадины, заполненные мощными осадочными толщами (Ферганскую впадину, Афгано-Таджикскую депрессию и Таримский массив) группа Lg имеет «размытую» форму с медленным достижением максимума и длительным участком слабо затухающих амплитуд.



Стрелки – моменты вступления волн Lg и Pg по годографу
Рисунок 3. Огибающие записей землетрясений из района Тянь-Шаня. Указаны названия станций и координаты эпицентров

На рисунке 4 показана карта района Тянь-Шаня и его ближайших окрестностей с трассами, для которых наблюдаются разные значения параметра Lg/Pg . Подавляющее большинство данных получено путем осреднения величин Lg/Pg для нескольких записей (от 3 до 10) из небольшой зоны, центр которой соответствует началу трассы. (При этом средние значения Lg/Pg для таких трасс варьируются от -0.09 до 0.99, а стандартные отклонения – от 0.02 до 0.27).



Сплошные линии – низкие величины Lg/Pg , пунктир – промежуточные, точки – высокие. Треугольники – сейсмические станции, кружки – центры зон, для которых усреднялись величины Lg/Pg

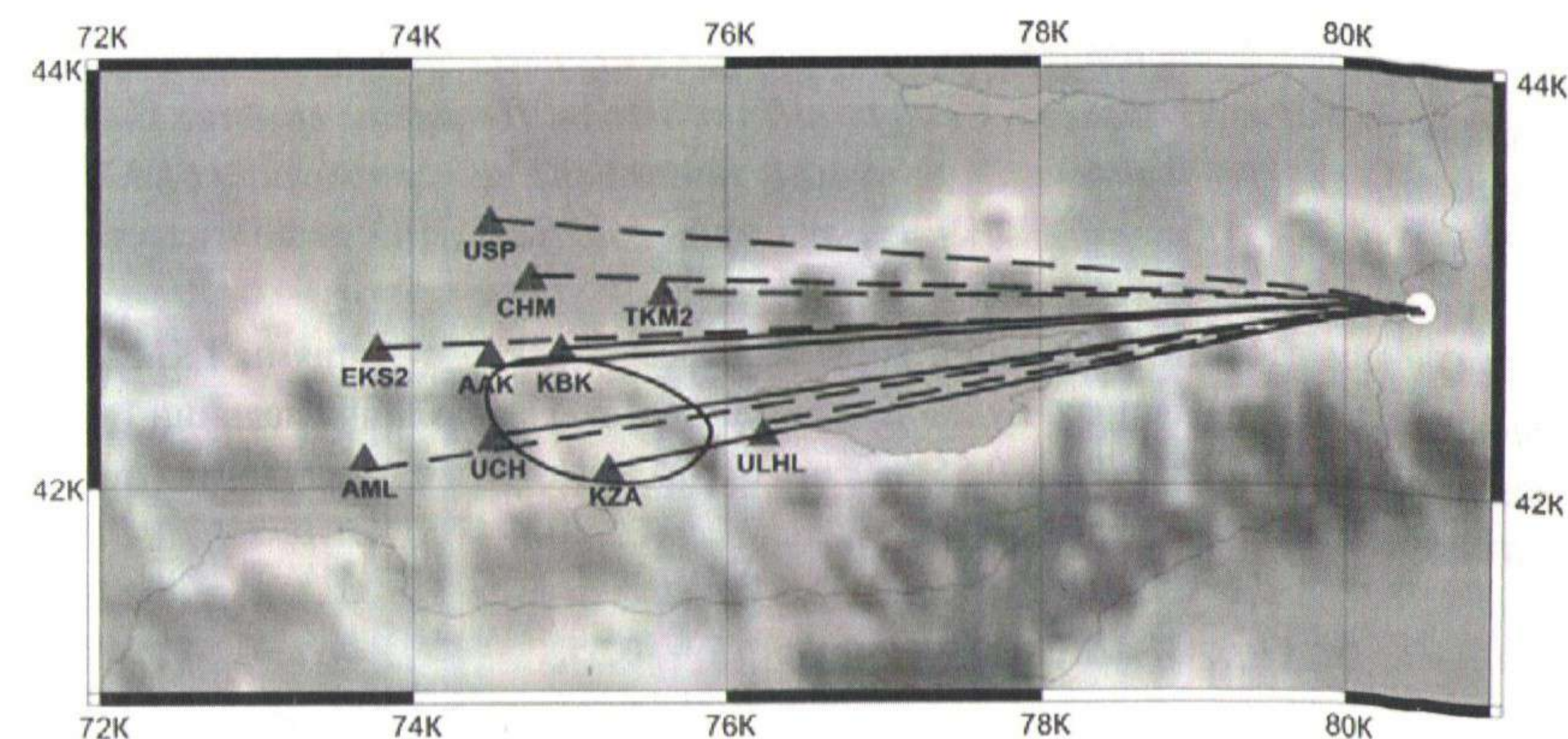
Рисунок 4. Трассы с разными величинами Lg/Pg в районе Тянь-Шаня

Видно, что высокие значения Lg/Pg (≥ 0.60) наблюдаются для трасс, пересекающих Западный Тянь-Шань, северную окраину Северного Тянь-Шаня (хребты Заилийский и Кунгей Алатау), Илийскую впадину, небольшие впадины Центрального Тянь-Шаня (Иссыккульскую и Нарынскую). Промежуточные значения параметра ($0.60 \geq Lg/Pg > 0.25$) соответствуют большинству трасс, пересекающих горные районы плюс небольшие впадины, а также две крупные впадины (Афгано-Таджикскую и Ферганскую). (Отметим, что трассы через Афгано-Таджикскую впадину и Тарим с эпицентрами к югу от $38^\circ N$ на рисунке 4 не показаны в целях экономии места).

Наибольший интерес представляют трассы, для которых получены очень низкие величины Lg/Pg (≤ 0.25). К ним относятся трассы, идущие через Западный Тарим, а также пересекающие две наиболее активные в сейсмическом отношении за последние

15 лет области Тянь-Шаня (очаговые зоны Сусамырского землетрясения 19 августа 1992 г. ($M=7.3$) и роя сильных землетрясений 1997-1998 гг. в Кашгарии (7 событий с $M=5.6-6.4$, см. рисунок 1). Важно отметить, что большинство трасс с пониженными значениями Lg/Pg (более 70%) пересекает небольшую зону Северного Тянь-Шаня, в которой расположена сейсмическая группа KNET. Особенно хорошо этот эффект проявляется по данным станции KKA, для которой трассы охватывают большой диапазон азимутов. Кроме того, 8 (из 14) таких трасс соответствуют данным, полученным в 2005-2006 гг. Для сравнения заметим, что общее количество трасс, соответствующих данным за 1994-2004 гг., составляет 40, а за 2005 и 4 месяца 2006 г. – 18. Отсюда следует, что доля трасс с низкими величинами Lg/Pg в 2005-2006 гг. выросла почти в 3 раза.

На рисунке 5 показана карта района Северного Тянь-Шаня с трассами (по записям землетрясения 01.12.2003 в районе хр. Кетмень с $M=6.0$ и его афтершоков), для которых наблюдаются различные значения отношения амплитуд Lg и Pg волн. Видно, что для трасс пересекающих аномальную зону, параметр Lg/Pg очень низкий.



Сплошные линии – низкие величины Lg/Pg , пунктир – высокие. Треугольники – сейсмические станции, кружок – эпицентр землетрясения 01.12.2003 (хр. Кетмень)

Рисунок 5. Трассы с разными величинами Lg/Pg в районе Северного Тянь-Шаня

Эллипс сформирован очагами относительно глубоких событий ($h > 15$ км) за период 1999-2005 гг.

На рисунке 6 показана зависимость $Lg/Pg(\Delta)$ для трасс, пересекающих аномальную зону. Если в целом в диапазоне расстояний 350-550 км для района Тянь-Шаня выявить зависимость параметра Lg/Pg от Δ на фоне разброса данных не удастся [5], то в данном случае рассматриваемые величины быстро падают при пересечении этой области (в первую очередь для станций KBK, AAK и UCH).

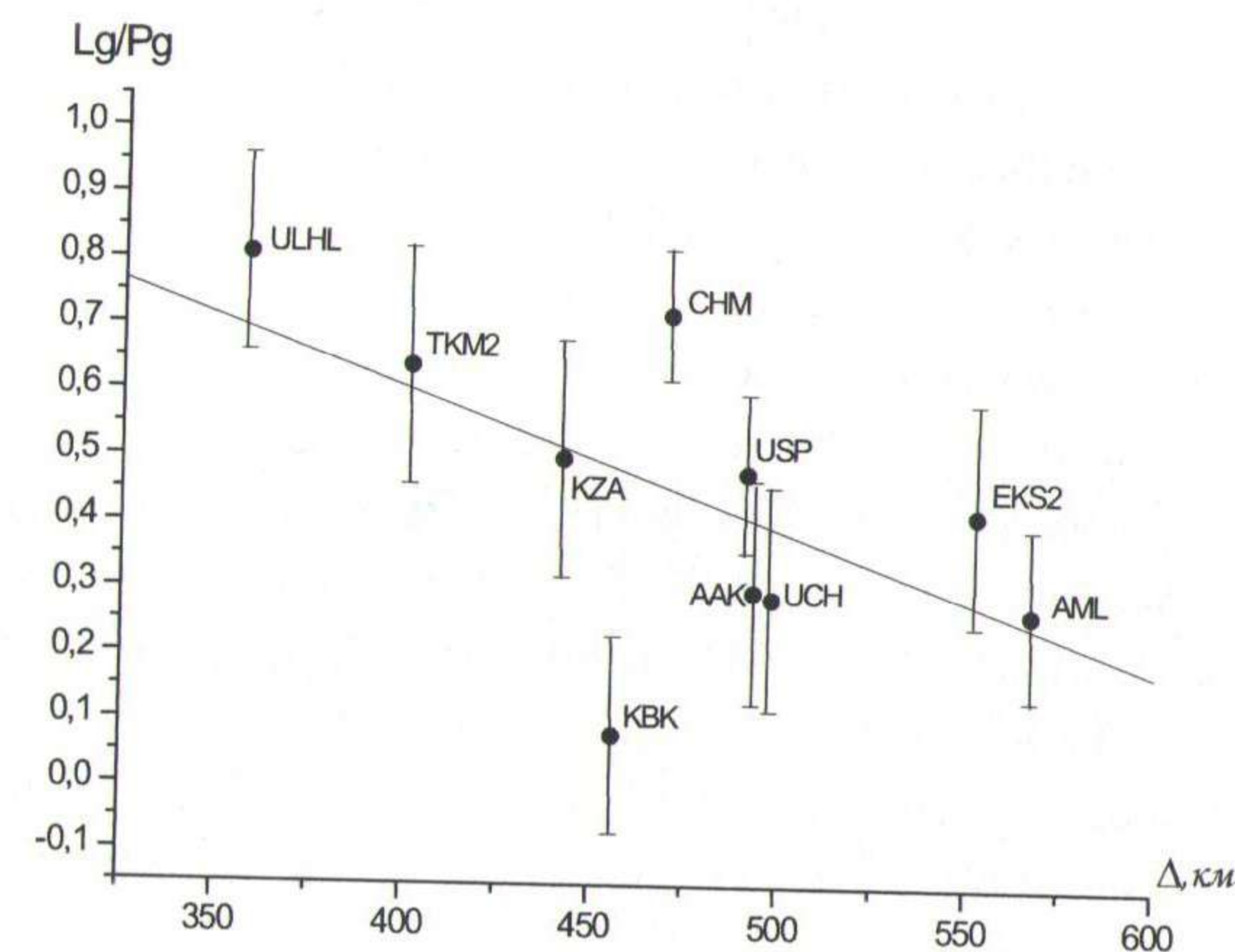


Рисунок 6. Зависимость параметра Lg/Pg от расстояния для трасс, пересекающих аномальную область Северного Тянь-Шаня. Показаны средние значения и стандартные отклонения, полученные по записям землетрясения 01.12.2003 и его афтершоков

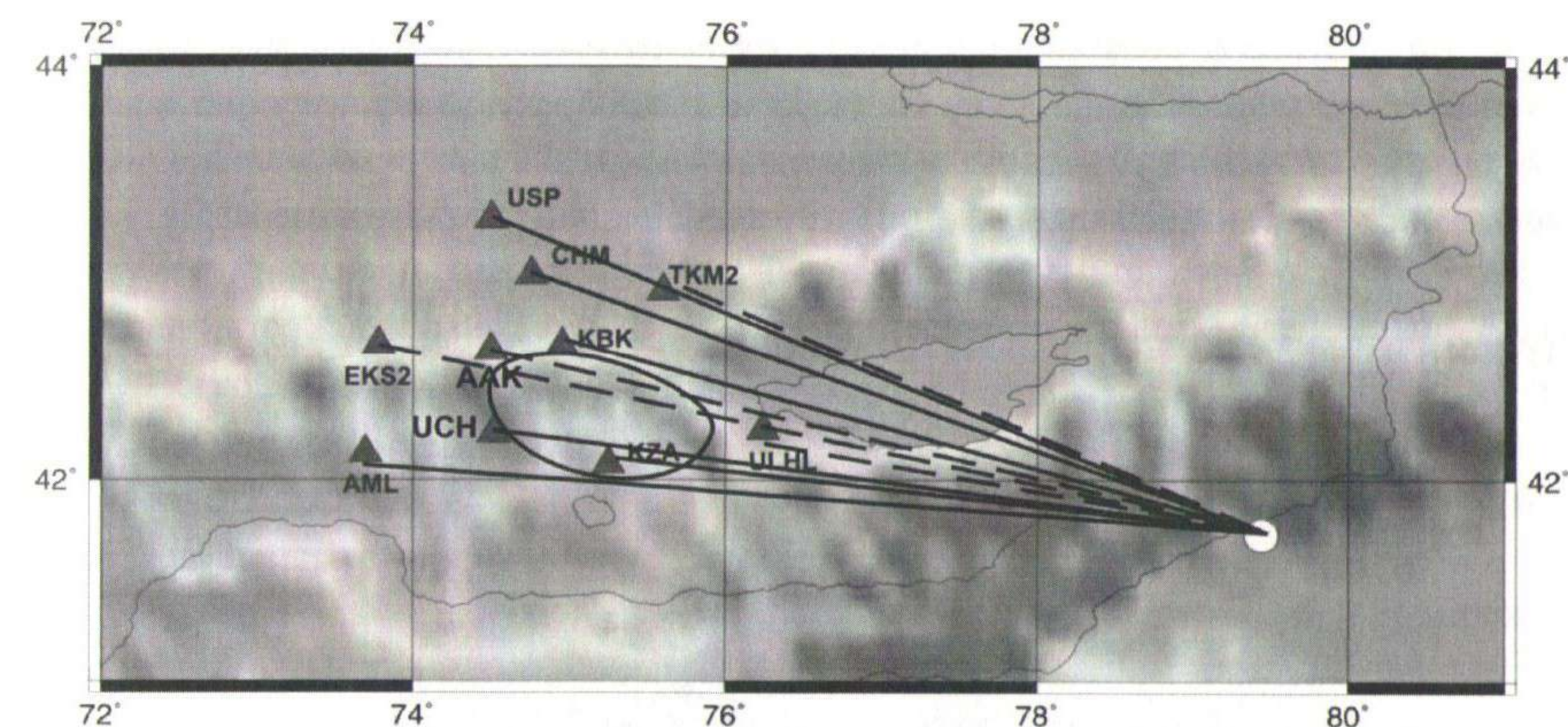
Оценим добротность земной коры на отрезке между станциями TKM2 и KBK, основываясь на этих данных. Будем предполагать, что все различия величин Lg/Pg для указанных станций ($\Delta Lg/Pg = 0.55$) накапливаются на отрезке между ними ($\Delta r \sim 55$ км). Для оценки используем формулу

$$\lg(A_{Lg}/A_{Pg}) \sim 0.43[-\pi\Delta r(1/c_s Q_s - 1/c_p Q_p)]/T = -0.55, \quad (1)$$

где: c_s и c_p – средние скорости S- и P-волн в коре (соответственно 3.5 и 6.0 км/с); $T=0.8$ с.

Основываясь на полученных ранее данных, примем $Q_p=2Q_s$ [4]. В этом случае находим: $Q_s \sim 35$, $Q_p \sim 70$.

Та же самая тенденция проявляется для другого землетрясения из района Кашгарии (14 февраля 2005 г, $M=6.2$, см. рис.7).



Кружок – эпицентр землетрясения 02.14.2005. Остальные обозначения – см. на рисунке 5

Рисунок 7. Трассы с разными величинами Lg/Pg в районе Тянь-Шаня

Из рисунка 8 следует, что в данном случае очень низкие величины наблюдаются для трасс на станции KBK, UCH, USP и особенно KZA.

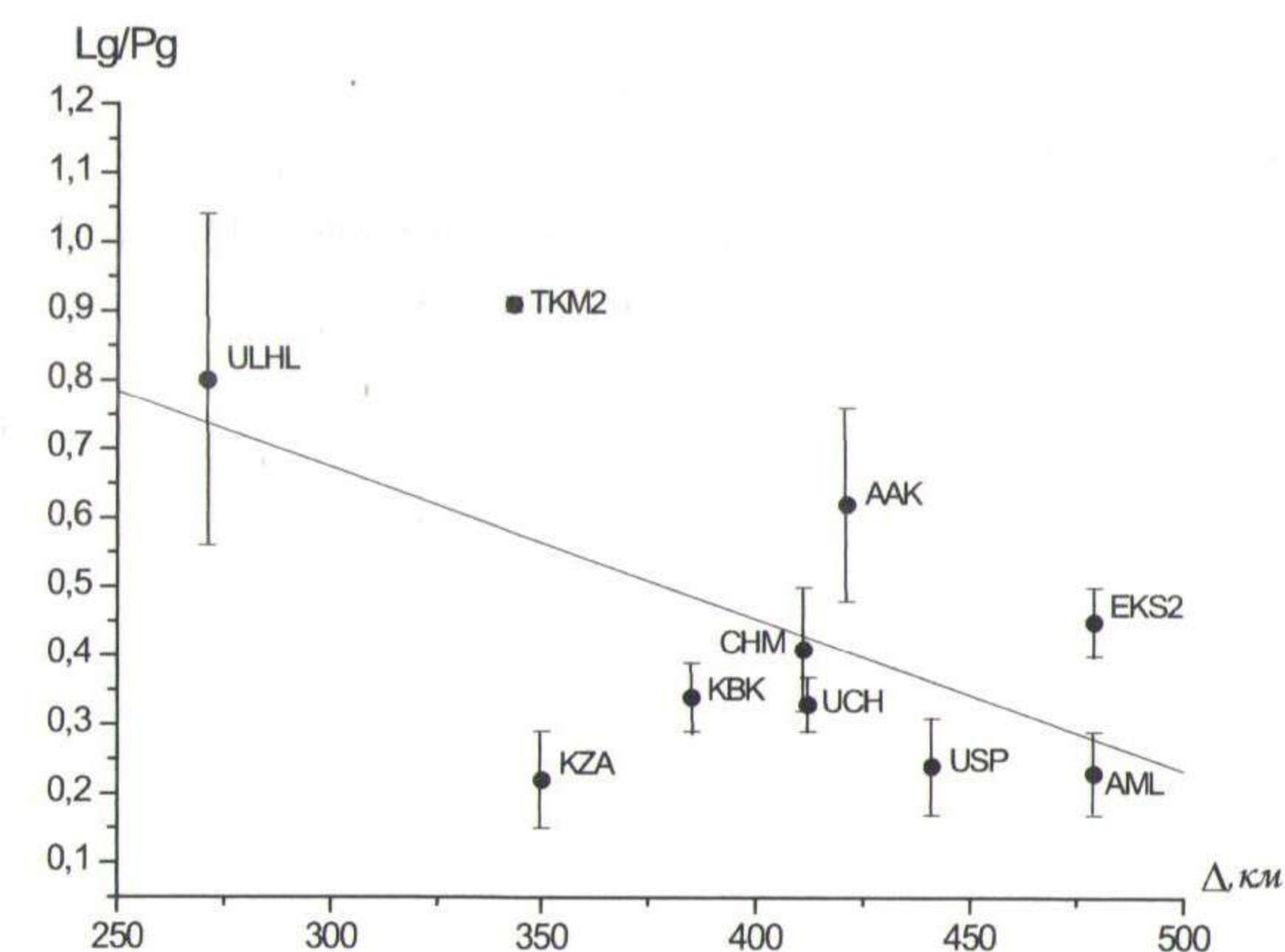
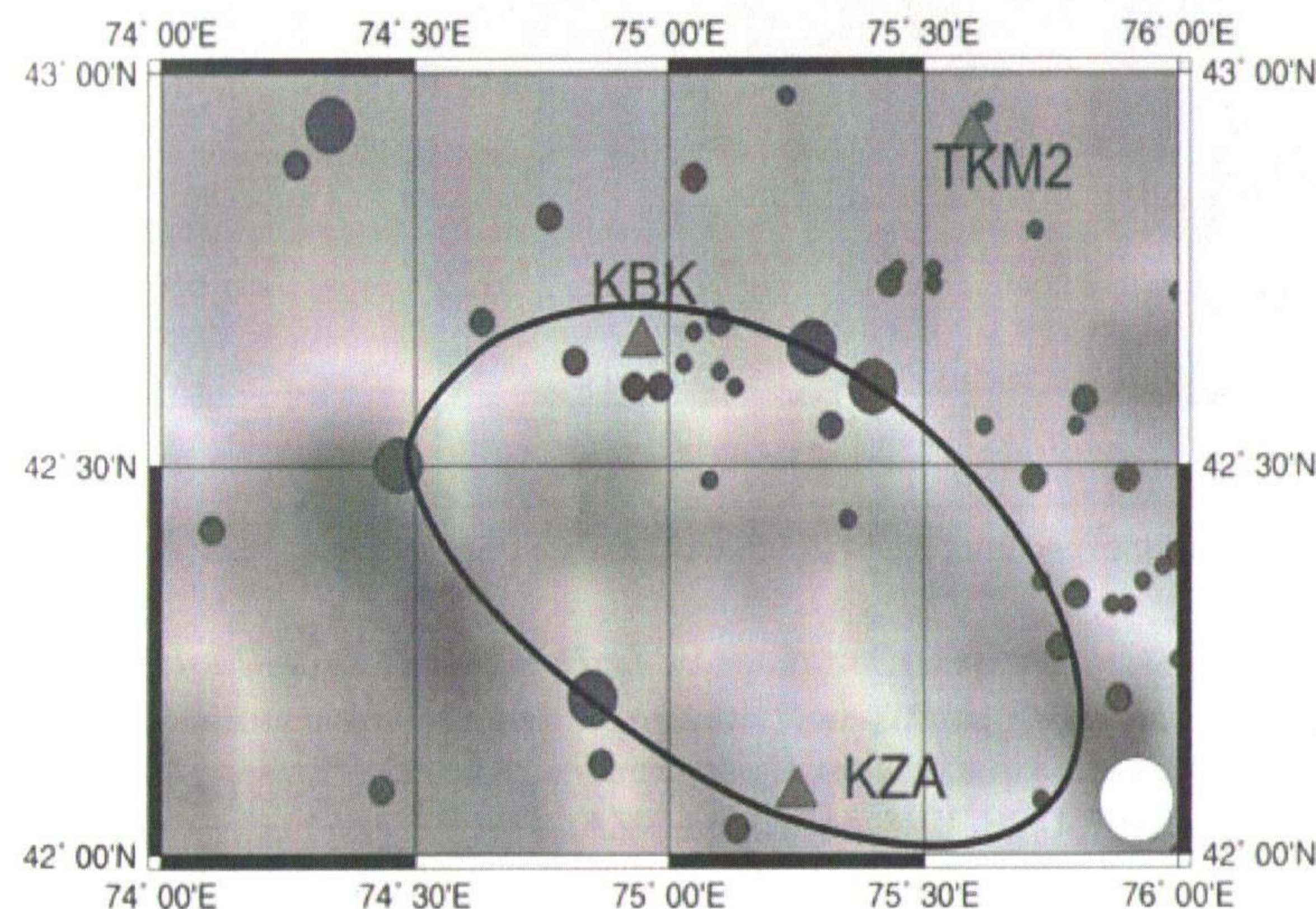


Рисунок 8. Зависимость параметра Lg/Pg от расстояния для трасс, пересекающих аномальную область Северного Тянь-Шаня. Показаны средние значения и стандартные отклонения, полученные по записям землетрясения 14.02.2005 и его афтершоков (р-н Кашгарии)

На рисунке 9 показаны эпицентры относительно глубоких землетрясений за 1999-2006 гг. в аномальной зоне. Видно, что они образуют характерную кольцевую структуру. Согласно полученным ранее данным, появление относительно глубоких событий служит важным признаком подготовки сильного землетрясения [11].



Треугольники – сейсмические станции. Самый крупный значок – эпицентр землетрясения 25.12.2006 ($M=5.8$)

Рисунок 9. Эпицентры глубоких землетрясений ($h > 15$ км) в аномальной области за 1999-2005 гг.

Отметим, что 25 декабря 2006 г. на окраине аномальной зоны произошло землетрясение с магнитудой $M=5.8$, макросейсмический эффект которого в эпицентральной зоне составил 7-8 баллов (оно вызвало большие разрушения в Кочкорском районе Киргизии). Это событие ощущалось в г. Алматы с интенсивностью 4-5 баллов.

Обсуждение

Заметим сначала, что «размытая» форма группы Lg, наблюдающаяся для трасс, пересекающих крупные впадины, объясняется образованием большого количества обменных волн типа S-R и P-R на поверхности осадочных бассейнов [3,6]. В горных районах эти волны сравнительно быстро затухают [6], и для них характерна «нормальная» форма записей с резкой группой Lg.

Из рисунка 4 следует, что в большей части рассматриваемого региона наблюдается пониженное поглощение, что свидетельствует об относительно низком содержании свободных флюидов в земной коре. Высокие величины Lg/Pg соответствуют южной окраине Казахской платформы – Чуйской и особенно Илийской впадинам, что согласуется с повышенными скоростями P- и S-волн в земной коре этой области [7]. Интересно, что Западный Тянь-Шань в целом характеризуется значительно более слабым поглощением в коре по сравнению с Центральным Тянь-Шанем. В то же время относительно повышенное поглощение наблюдается к югу от Тянь-Шаня – в коре Афгано-Таджикской депрессии и Западного Тарима, что связано, скорее всего, с большой мощностью осадочных отложений в этих районах [8].

Высокое поглощение для трасс, пересекающих очаговые зоны Сусамырского землетрясения, а также роя событий 1997-1998 гг. в Кашгарии согласуется со сделанными ранее выводами о подъеме мантийных флюидов в земную кору в таких областях до и после сильных коровых землетрясений [1, 2, 5]. В этой связи особый интерес представляет зона аномально высокого поглощения в районе Северного Тянь-Шаня (район группы KNET), где в течение нескольких сотен лет не было сильных землетрясений с $M \geq 6.5$. Отметим, что полученная нами оценка Q_s для нее даже ниже, чем для разогретой коры Тибета, где имеются проявления четвертичного и современного вулканизма [9]. Ранее было показано, что эта зона характеризуется повышенным поглощением и в верхах мантии [4]. Анализ совокупности геолого-геофизических данных привел авторов работы [10] к заключению, что здесь происходят активные геодинамические процессы, связанные с подготовкой сильного корового землетрясения. Полученные нами данные не противоречат этому заключению (а существенное увеличение доли трасс с высоким поглощением S-волн в 2005-2006 гг. свидетельствует о резком ускорении таких процессов в последнее время). С этим согласуются и данные об относительно глубокой сейсмичности в указанной зоне. Все перечисленное позволяет говорить о необходимости проведения в указанном районе комплексных геофизических и геохимических исследований в целях краткосрочного прогноза сильного сейсмического события.

Использованная литература:

1. Копничев, Ю.Ф. Пространственно-временные вариации поля поглощения S-волн в очаговых зонах сильных землетрясений Тянь-Шаня. / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Физика Земли, 2003. - № 7. - С. 35 - 47.
2. Husen S. Postseismic fluid flow after the large subduction earthquake of Antofagasta, Chile / S. Husen, E. Kissling // Geology. - 2001.- V. 29, N 9. - P. 847 - 850.
3. Копничев, Ю.Ф. Короткопериодные сейсмические волновые поля / Ю.Ф. Копничев/ М. – Наука, 1985. - С. 176.

4. Копничев, Ю.Ф. Неоднородности литосферы и очаги сильных землетрясений Центрального Тянь-Шаня / Ю.Ф. Копничев, Г. Павлис, И.Н. Соколова // Докл. РАН. - 2002. - Т. 387, №4. - С. 528 - 532.
5. Гордиенко Д.Д.. Пространственно-временные вариации поля поглощения поперечных волн в земной коре и верхней мантии Центральной и Южной Азии / Д.Д. Гордиенко, Ю.Ф.Копничев, И.Н. Соколова И.Н. // Геодезия, картография, геоинформационные системы / Вестник высшей школы. - 2005.
6. Kopnichev, Yu.F. On the nature of an unusual wave train observed in the Northern Tien Shan region / Yu. F. Kopnichev, Sokolova I.N. // Bull. Seismol. Soc. Amer. - 2004. - V.94, N 1. - P. 1 - 15.
7. Roecker, S. Three-dimensional elastic wave velocity structure of the Western and Central Tien Shan / S. Roecker, T.M. Sabitova., L.P. Vinnik et al // J. Geophys. Res. - 1993. - V.98, N B9. - P. 15779 - 15795.
8. Крестников, В.Н. История развития колебательных движений земной коры Памира и сопредельных частей Азии / В.Н. Крестников. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - С. 179.
9. Fan, G. Characteristics of Lg attenuation in the Tibetan Plateau / G. Fan, T.Lay // J. Geophys. Res.- 2002. - V.107, N B1. doi: 10.1029/2001JB000804.
10. Копничев, Ю.Ф. О геодинамических процессах в районе Центрального Тянь-Шаня: выделение аномальной области по сейсмическим данным / Ю.Ф. Копничев, Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова // Геофизика и проблемы нераспространения / Вестник НЯЦ РК, 2004. - Вып.3. - С. 119 - 123.
11. Копничев, Ю.Ф. Геодинамические процессы в очаговой зоне Байсорунского землетрясения 12 ноября 1990 г. (Северный Тянь-Шань) / Ю.Ф. Копничев, Н.Н.Михайлова // Докл. АН., 2000. - Т.373, № 1. - С. 93 - 97.

ОБРАЗОВАНИЕ В СФЕРЕ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ОМУ

Абен Д.А., Кожманов Т.А.,

Представительство Центра исследований проблем нераспространения

им. Джеймса Мартина

Монтерейского института международных исследований г. Алматы, Казахстан

Несмотря на то, что угроза ядерной войны времен Холодной войны миновала, само ядерное оружие, а также стремление к обладанию им никуда не исчезло и по-прежнему оказывает большое влияние на международные отношения. В условиях нового многополярного мира угроза распространения ОМУ, средств его доставки, а также связанных с ними материалов, технологий и оборудования стала более явственной и острой. Новые вызовы международной безопасности, такие как терроризм и политический экстремизм также оказывают дестабилизирующее воздействие на общую ситуацию безопасности в мире.

В этой связи особую актуальность приобретает образование в области нераспространения. Как отмечается в проведенном согласно Резолюции Генеральной Ассамблеи ООН 55/33 Е от 20 ноября 2000 г. исследовании, посвященном вопросам образования в области разоружения и нераспространения, образование и обучение являются важными, но не используемыми в полную силу, средствами борьбы с распространением оружия массового уничтожения, средств их доставки и обычных вооружений, а также с возникшим после окончания Холодной войны состоянием самоуспокоенности и невежества в этой сфере. Образование также играет важную роль в повышении осведомленности относительно множества факторов на локальном, национальном, региональном и глобальном уровнях, оказывающих влияние на международный мир и стабильность.

Согласно официальной позиции ООН, отраженной в проведенном исследовании и выработанных рекомендациях по этому вопросу, главной целью образования и обучения в области разоружения и нераспространения «является передача знаний и навыков с тем, чтобы дать возможность конкретным людям, как гражданам своей страны и всего мира, внести свой вклад в достижение всеобщего и полного разоружения под эффективным международным контролем». Необходимо отметить, что свой вклад в работу правительственной группы, проводившей данное исследование, внес Уильям Поттер основатель и директор ЦИПН, являющийся так же членом Консультативной комиссии по вопросам разоружения при Генеральном секретаре ООН.

Центр исследований проблем нераспространения им. Джеймса Мартина при Монтерейском институте международных исследований является крупнейшей в мире неправительственной организацией, чья миссия заключается в осуществлении образовательной деятельности в сфере нераспространения, а основной задачей является подготовка следующего поколения специалистов в сфере нераспространения.

Одной из наиболее крупных программ Центра является Программа по исследованию нераспространения в Новых Независимых Государствах (ННГ). Кроме того, Центр осуществляет следующие программы: Международные организации и нераспространение, Исследование нераспространения в Восточной Азии, Нераспространение химического и биологического оружия и терроризм с применением ОМУ, Анализ и оценка проблем нераспространения в мире, Группа по образованию (сертификат по нераспространению, образовательные ресурсы, а также программа для старшеклассников). Центр имеет отделения в Монтерее, Вашингтоне и Алматы.

Основные направления деятельности Центра включают в себя проведение аналитических исследований, подготовка печатных и электронных изданий и публикаций, информирование и привлечение внимания государств и международных организаций к насущным проблемам в области нераспространения, а также образование и подготовка следующего поколения специалистов в области нераспространения для работы в государственных структурах, международных организациях, исследовательских организациях и вузах.

Центр активно участвует в академической программе Монтерейского института, в частности в преподавании курсов в рамках сертификата по нераспространению – единственной в США программы магистерского уровня в сфере нераспространения. Эта программа рассчитана на 2 года в рамках магистратуры по международной политике, но возможно и ускоренное получение сертификата в течение 1 года. Наряду с общими дисциплинами по международной политике и безопасности сертификат по нераспространению включает в себя 3-4 полномасштабных курса по международно-правовым аспектам нераспространения, а также ряд трехдневных семинаров по ядерным и ракетным технологиям, химическому и биологическому оружию. Существует Программа стажировок в международных и межправительственных организациях (МАГАТЭ, ООН, Конференция по разоружению в Женеве и др.). В примерный перечень курсов в рамках сертификата входят «Введение в нераспространение», «Терроризм и ОМУ», «Вопросы ядерной безопасности в Юго-Восточной Азии», «Переговоры по сокращению ядерных вооружений», а также «Международные организации и режимы в области нераспространения».

Кроме участия в академической программе Монтерейского института, Центр осуществляет программы для профессионалов и специалистов в сфере нераспространения.

Программа стажировки (Visiting Fellows Program) для специалистов из ННГ и Китая осуществляется с 1991 г. В ней участвуют представители государственных структур, преподаватели, ученые и исследователи, журналисты, представители промышленности и специалисты предприятий. Программа включает в себя курс лекций (30-35 лекций) и написание самостоятельной исследовательской работы. Лекции читают ведущие

эксперты центра и Монтерейского института. Есть возможность посещения предметов, входящих в учебную программу института в рамках сертификата по нераспространению. Стажер также участвует в научно-исследовательской и другой деятельности центра. Для участия в программе обязателен хороший уровень английского языка.

Программа «Английский язык и нераспространение» (English Language and Nonproliferation, ELAN), осуществляемая с 1998 г., – это двухмесячный курс интенсивного обучения английскому языку в Монтерейском институте с упором на терминологию в области нераспространения. Помимо языковой подготовки участникам предлагается цикл лекций по проблемам нераспространения и вопросам экспортного контроля. Программа, финансируемая Министерством энергетики США, ориентирована на специалистов из бывшего СССР, работающих в системе экспортного контроля.

Центр регулярно организует встречи участников своих программ стажировок, которые объединены в так называемую Core Group – Международное сообщество специалистов по нераспространению. Кроме того, Центр проводит стажировки для аспирантов и кандидатов наук (post-doctoral fellowships), интенсивные семинары в Вашингтоне для государственных чиновников высшего звена, а также конференции, семинары и заседания рабочих групп в рамках различных проектов под эгидой Центра в США, России и ННГ. Кроме того, Центр принимал активное участие в международной конференции по вопросам нераспространения, организованной американским Фондом Карнеги и российским ПИР-Центром.

Одним из ключевых направлений деятельности Центра является содействие вузам России в разработке и проведении образовательных программ. Для оказания методической помощи преподавателям гуманитарных и технических вузов Центр проводит семинары и специальные программы по вопросам преподавания тематики, связанной с нераспространением ОМУ. Более того, Центр помогает вузам в разработке конкретных академических курсов, модулей и программ, разрабатывает программы пилотных курсов, предоставляет экспертов для чтения лекций, а также предоставляет соответствующую литературу и учебные пособия. В рамках образовательных программ в Центре проходят подготовку преподаватели и координаторы пилотных курсов. Центр способствует модификации курсов и переводу их в разряд обязательных предметов.

Центр организует семинары и другие образовательные мероприятия для преподавателей вузов. Так, в ноябре 2002 г. был проведен семинар по нераспространению для представителей региональных университетов России и Содружества независимых государств (СНГ). В январе 2003 г. в Обнинске был организован семинар по вопросам образования в области нераспространения, физической защиты, учета и контроля ядерных материалов (ФЗУК ЯМ). В сентябре 2003 г. в Москве совместно с МГИМО Центр провел семинар по вопросам образования в области нераспространения в России и СНГ, а в сентябре 2004 г. в Новоуральске (Свердловская область) учебный семинар под названием «Программа повышения квалификации преподавателей в

области ядерного нераспространения». В июне 2005 г. Центр в сотрудничестве с ПИР-Центром организовал в Москве семинар под названием «Обеспечение устойчивости исследований и образования в области нераспространения ОМУ в России».

В ноябре 2006 г. ЦИПН совместно с Московским инженерно-физическим институтом (МИФИ) провел на базе Московского института повышения квалификации (МИПК) «Атомэнерго» (г. Москва) международный семинар под названием «Образование в области нераспространения, культуры безопасности, физической защиты, учета и контроля ядерных материалов». Семинар собрал широкий круг преподавателей, инструкторов и экспертов, чтобы обсудить проблемы подготовки будущих специалистов по ядерной безопасности, физической защите, учету и контролю ядерных материалов (ФЗУК ЯМ) и ядерному нераспространению, а также вопросы повышения квалификации сегодняшних специалистов в этой области.

Также в ноябре 2006 г. в Новоуральске (Свердловская область) в рамках проекта «Международное сотрудничество в области нераспространения» прошла международная конференция старшеклассников «Развитие технологий в области атомной энергетики», организованная Информационно-образовательным центром атомных городов Урала при поддержке Министерства энергетики США и ЦИПН. Эта конференция стала завершающим этапом целой серии мероприятий в рамках данного проекта, включая обучающий семинар для учителей в марте 2006 г.

Кроме вышеописанных образовательных программ и проектов, Центр осуществляет активную деятельность по повышению осведомленности о нераспространении ОМУ, средств его доставки, а также связанных с ними материалов, технологий и оборудования среди государственных служащих непосредственно вовлеченных в реализацию экспортного контроля. Так, например, с этой целью в октябре 2006 г. ЦИПН провел в Алматы семинар для сотрудников таможенной и пограничной служб Таджикистана, а в апреле 2007 г. аналогичное мероприятие было организовано в Ашхабаде для представителей таможенного и пограничного ведомств Туркменистана.

Показательным примером успешной деятельности Центра в области образования также является спецкурс кафедры политологии факультета философии и политологии Казахского национального университета им. аль-Фараби под названием «Международная безопасность и контроль над вооружениями», автор которого проходила стажировку в ЦИПН в Монтерее и который успешно преподается для студентов старших курсов уже несколько лет. В преподавании этого спецкурса, нацеленного на передачу студентам знаний и навыков обо всех международно-правовых, экономических и политических аспектах нераспространения, также принимали участие сотрудники Центра в качестве приглашенных лекторов.

В уже упомянутом исследовании ООН по образованию в области разоружения и нераспространения отмечается, что, несмотря на крупные достижения в этом направлении работа в этой области еще далеко от своего завершения. Необходимо наращивать совместные усилия правительств, академического сообщества и

неправительственных организаций по продвижению инновационных образовательных программ на всех уровнях образования (начальная, средняя и высшая школа, а также послевузовское образование), что потребует более масштабного и долговременного сотрудничества в этом направлении между всеми заинтересованными сторонами.

Таким образом, являясь ведущим научно-исследовательским центром, деятельность которого посвящена изучению вопросов, связанных с нераспространением ОМУ, Центр исследований проблем нераспространения им. Джеймса Мартина Монтерейского института международных исследований вносит существенный вклад в предотвращение распространения ОМУ посредством распространения соответствующей информации, проведения аналитических исследований и подготовки нового поколения специалистов в данной сфере.

АНАЛИЗ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА ПО ОБЛАСТЯМ КАЗАХСТАНА

*Галинская И.А., Хвошнянская И.Р., Неклюдова Л.В.,
Зейнулина Т.У., Сагитаев Р.С., Гулиев Н.И.,*

КАТЭП-АЭ, Центр радиационной защиты и экологии, г. Алматы, Казахстан

Целью данного доклада является анализ доз облучения персонала медицинских рентгеновских кабинетов Акмолинской, Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей на основании измерений, проведенных радиационной лабораторией ТОО «КАТЭП-АЭ» за период с 2003 по 2006 годы.

Растущая численность профессионально облучаемых лиц требует оценки возможных биологических последствий хронического воздействия малых доз ионизирующих излучений. В качестве показателей уровня риска популяции в целом и отдельных ее категорий могут быть использованы среднегодовые индивидуальные дозы.

Индивидуальный дозиметрический контроль радиационной лабораторией ТОО «КАТЭП-АЭ» обеспечивается старшему, среднему и младшему персоналу рентгеновских кабинетов и радиологических отделений. К проведению современных сочетанных рентгенологических исследований нередко привлекают врачей и средний медицинский персонал смежных специальностей (хирурги, анестезиологи, бронхологи, гинекологи и др.), не состоящих в штате рентгенологических отделений. Дозы профессионального облучения этой категории персонала приближаются, а часто и превышают уровень облучения персонала рентгеновских отделений.

Измерения доз проводятся с использованием автоматизированного термолюминесцентного дозиметрического считывающего устройства Харшоу » США. Погрешность измерений $\pm 5\%$.

За указанный период из этих областей систематическим индивидуальным дозиметрическим контролем были обеспечены свыше 1000 человек.

Как видно из графиков, максимальные годовые дозы на 1 человека составили: в Восточно-Казахстанской области в 2003 году-1.9 мЗв/год, в 2004 – 1,36, в 2005 – 2.17 и в 2006 – 2,44 мЗв/год; в Акмолинской области в 2003 г 1.14 мЗв/год, 2004 – 1.56, 2005 – 1.59, 2006 -2.03 мЗв/год; в Павлодарской области в 2003 году- 1,21, в 2004 – 0,69, в 2005- 1,38, в 2006 – 1,36 мЗв/год. Если взять всех обследованных людей за 4 года, то средние годовые дозы на 1 человека составили : в Акмолинской области-0,85 мЗв/год, Восточно-Казахстанской -1,12 мЗв, Павлодарской – 0.80 мЗв. Таким образом, подавляющее большинство врачей-рентгенологов и рентгенлаборантов получают дозы до 2.0 мЗв в год, что позволяет взять эти цифры в качестве контрольных уровней. Хотя по литературным данным буквально 10 лет назад среднегодовые индивидуальные дозы состав-

ляли от 3.9 мЗв до 6.9 мЗв. Большого различия в дозах, получаемых медработниками городских и сельских учреждений не выявлено. Это можно объяснить благоприятными сдвигами в структуре рентгенологических процедур (уменьшение рентгеноскопий), а также совершенствованием аппаратуры и средств защиты.

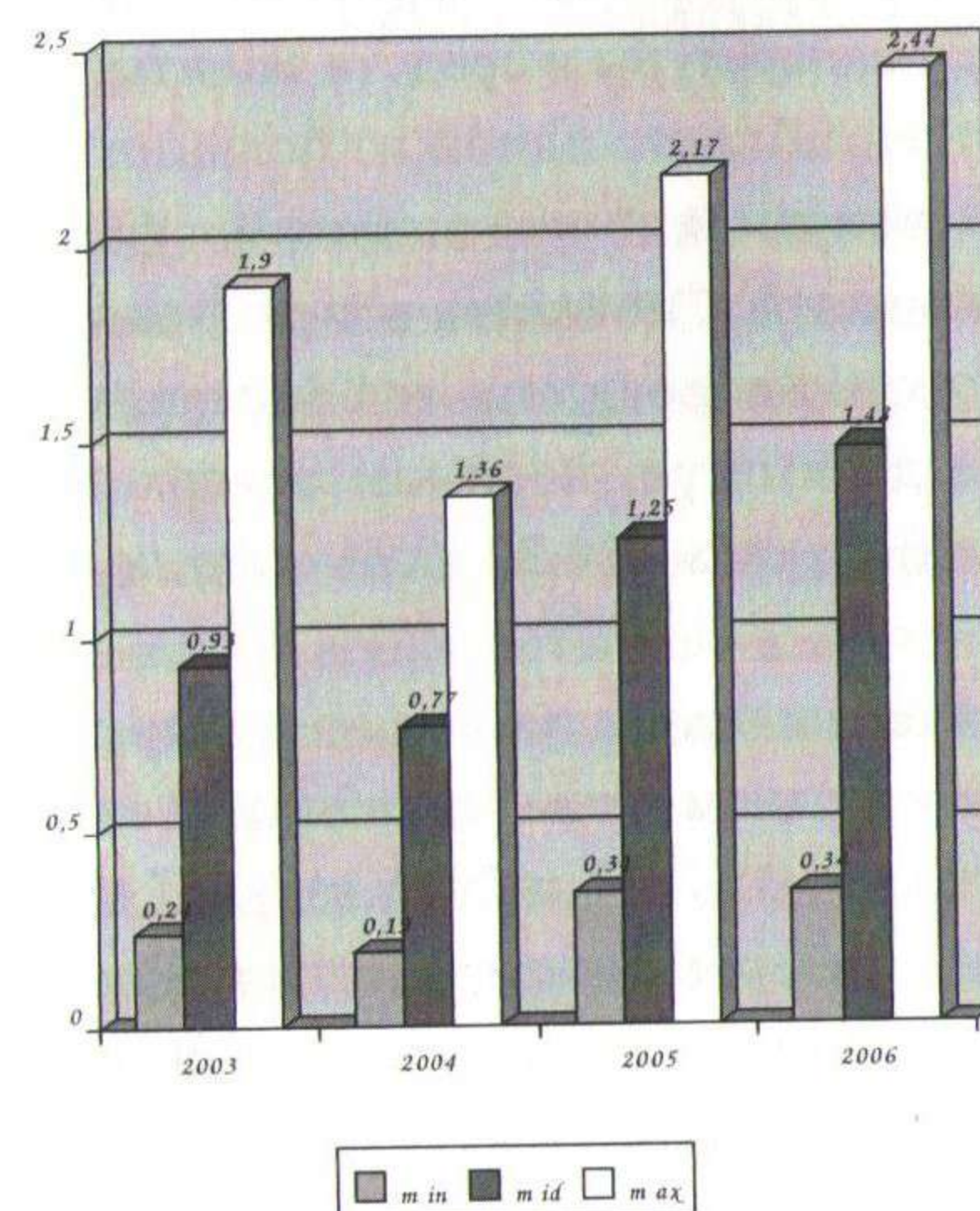
Сотрудниками рентгенокабинета одной из больниц проведен эксперимент. Дозиметры ими носились одновременно под защитным фартуком и поверх его в течение квартала. Дозы на дозиметрах, носимых поверх защитного фартука, оказались в 7 – 10 раз выше, чем на таких же, носимых под фартуком в соответствии с инструкцией. Например: доза на дозиметре, носимом поверх защитного фартука-10 мЗв, а под фартуком-1.03; над фартуком -14.23, 7.11 мЗв, под фартуком соответственно - 1.3; 0.11 мЗв

Однако встречаются единичные случаи, когда сотрудники якобы получают высокие дозы. Так, в 2004 году в одном и том же кабинете сотрудниками получены дозы: 41.0; 50.7 мЗв/год, в других 19, 35, 128, в 2006 году – 211 мЗв/год. Все такие случаи обязательно по требованию лаборатории расследуются администрацией учреждения, их объяснительные записки фиксируются в отдельном журнале. Чаще всего это оказывались ложные облучения, так как некоторые сотрудники из-за боязни потерять льготы намеренно облучали кассеты с дозиметрами. При определении среднегодовых доз персонала не учитывалась неоднородность поля облучения тела работника, что при больших выборках вносит пренебрежимо малую дополнительную погрешность, так как большинство специалистов ведет разнообразные исследования, при этом направление излучения часто меняется и облучение тела врача при длительных экспозициях выравнивается. Данные ИДК приведены без вычета вклада технологически измененного естественного радиационного фона.

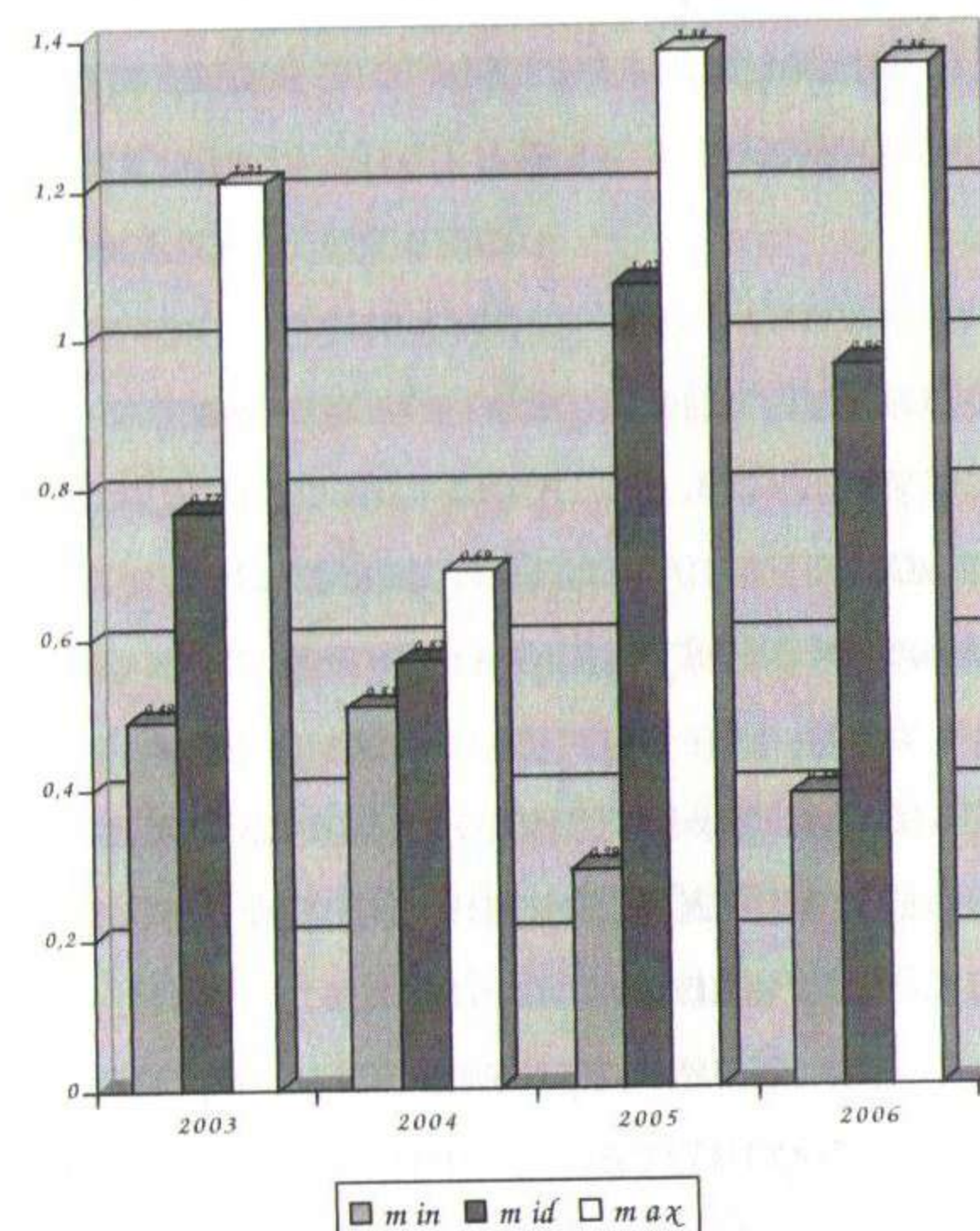
Выводы:

1. В 99% случаев дозы облучения работников медицинских учреждений, работающих с ионизирующим излучением, не превышают пределов доз;
2. Анализ получаемых медицинскими работниками индивидуальных доз облучения позволит разработать методику разработки контрольных уровней в этих учреждениях;
3. Полученные результаты при квалифицированной системе их регистрации и достаточной точности измерения являются ценнейшим материалом для оценки биологического действия малых доз излучения;
4. Необходимо проводить дозиметрический контроль привлеченных специалистов, участвующих в сочетанных рентгенологических исследованиях.

Средняя годовая эффективная доза, полученная медицинским персоналом Восточно-Казахстанской области за 2003-2006 гг., составила 1,12 мЗв.

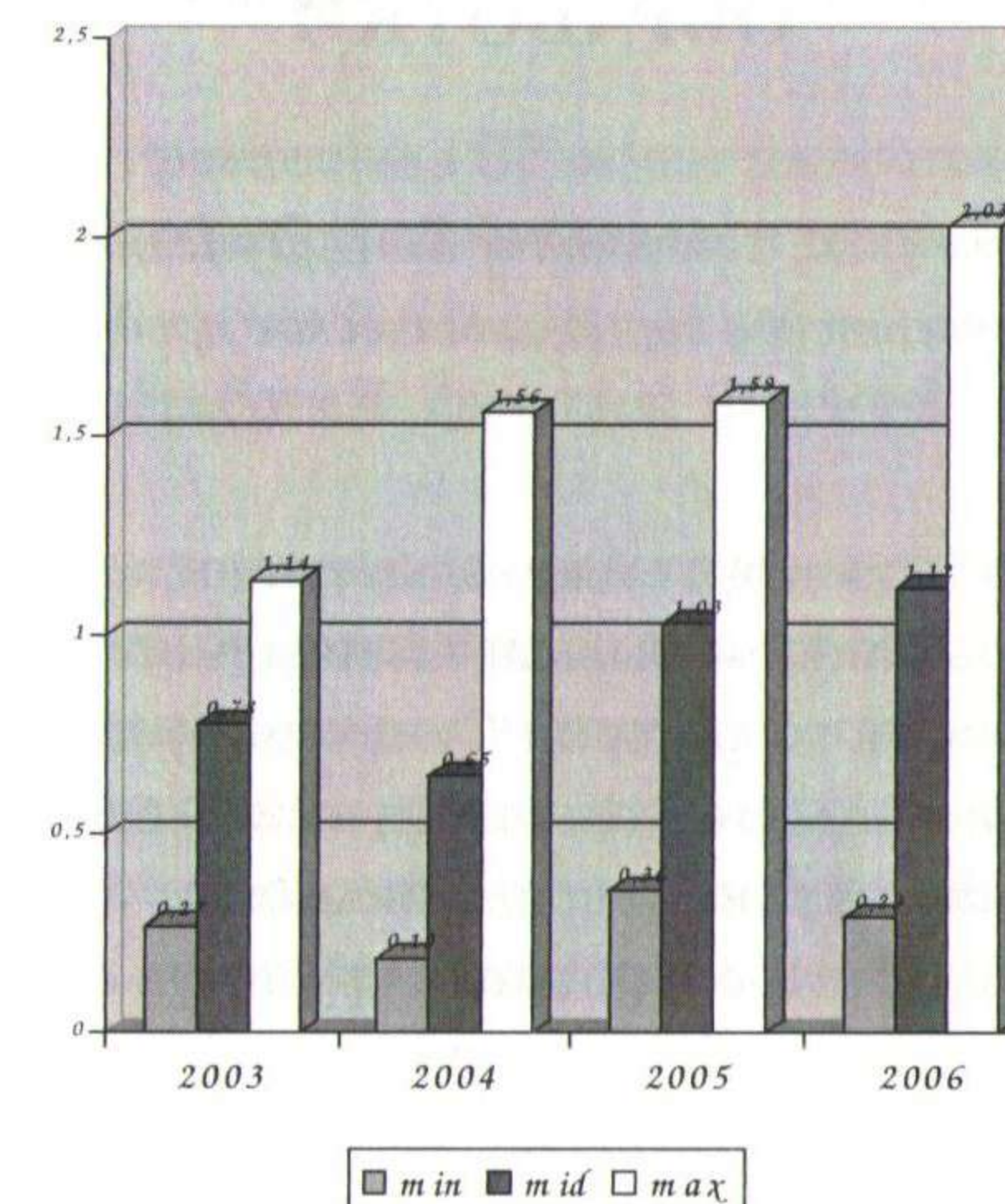


Средняя годовая эффективная доза, полученная медицинским персоналом Павлодарской области за 2003-2006 гг., составила 0,80 мЗв



Примечание: Средняя годовая эффективная доза по контролируемым медицинским учреждениям за 2003-2006 гг. составила 4 % от допустимого уровня дозы.

Средняя годовая эффективная доза, полученная медицинским персоналом Акмолинской области за 2003-2006 гг., составила 0,85 мЗв.



Примечание: Средняя годовая эффективная доза по контролируемым медицинским учреждениям за 2003-2006 гг. составила 4,45 % от допустимого уровня дозы.

ЛИКВИДАЦИЯ КОЛЬМАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПВ ПУТЕМ СЕРНО-КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ

*Айдуисенов Б.А., Токсанбаев Б.М., Дуйсенбаев М.А.,
ТОО «Таукентское горно-химическое предприятие»*

Аннотация

В реферате написаны основные виды кольматации на геотехнологических скважинах при подземном скважинном выщелачивания месторождения «Канжуган» и «Мойынкум» находящегося на территории Сузакского района Южно-Казахстанской области, а также подробно описаны технологические параметры при применении сернокислотной обработки скважины применяемых на вышеназванных рудниках. Разработаны меры безопасности и организации труда при сернокислотном обработке скважины.

Существующие проблемы на ТГХП

В ходе эксплуатации месторождения Канжуган и Мойынкум в подавляющем большинстве случаев наблюдается снижение дебита или приёмистости скважин, обусловленное отложением на фильтре и в прифильтровой зоне кольматирующих образований химического происхождения, глинистых частиц, оставшихся в результате некачественного удаления бурового раствора при освоении скважины, образовании песчаных пробок в фильтре вследствие суффозии песка из продуктивного пласта, механической кольматации закачных и откачных скважин, в результате наличия в выщелачивающих растворах мехвзвесей. В связи с этим возникает необходимость в проведении различных мероприятий по восстановлению дебита - удаление песчаных пробок, а также кольматирующих образований с поверхности фильтра и прифильтровой зоны с этим возникает необходимость в проведении работ по их удалению с применением химреагентов.

Применяемые работы по чистке геотехнологических скважин.

Реагентная обработка скважин – химический способ восстановления производительности скважин заключающийся в подаче специальных химических растворов в фильтровую колонну и при фильтровую зону для растворения кольматирующих образований.

Реагентная обработка скважин применяется на участках работ характеризующихся сильной химической кольматацией и в случаях, когда физические способы очистки фильтровой колонны и при фильтровой зоне не дают положительного результата.

Реагентная обработка технологических скважин проводится после проведения ремонтно-восстановительных работ по удалению песчаных пробок, промывки фильтровой колонны и отстойника, эрлифтной прокачки скважины.

Предлагаются

Реагентные способы проведения РВР осуществляются следующими методами:

- соляно кислотной обработкой фильтров и прифильтровой зоны 10-20% соляной кислотой;
- сернокислотной обработкой фильтров и прифильтровой зоны 50-98% серной кислотой;

Подача кислоты в зону установки фильтров осуществляется:

- свободным наливом в скважину и последующей продувкой её буферной жидкостью (выщелачивающим раствором, технической водой) в фильтровую зону при статическом уровне жидкости ниже уровня земли;
- принудительной подачей насосом через буровой снаряд или шлам, с герметизацией устья скважины при статическом уровне растворов в скважине выше уровня земли (само излив).

При подземном выщелачивании приходится сталкиваться с различными начальными гидрохимическими условиями, это прежде всего касается общей минерализации – в частности минерализации подземных вод, основными компонентами которой являются : HCO_3 , SO_2 , Cl , Ca , Mg , Na .

Расход кислоты на выщелачивание урана. А следовательно и содержание примесей в растворе определяется минералогическим составом руд, вмещающих пород и условиями процесса выщелачивания. Отдельные компоненты рудовмещающих пород при взаимодействии с растворами серной кислоты имеют различную степень перехода в растворенное состояние и миграции в растворах.

В процессе эксплуатации скважин ПВ результате нарушения баланса между растворами «ВР» и «ПР», а также наличие значительных эффективных мощностей вмещающих пород может приводить к подтяжке подземных вод не попавших под воздействие процесса ПВ, что тоже создает дополнительные благоприятные условия для выпадения в осадок многих элементов находящихся в растворе.

Предлагаемая технология очистки скважин с применением сернокислотной обработки.

Вышеуказанные гидрохимические условия процесса ПВ являются основными причинами химической кольматации обсадных колонн фильтров и при фильтровых зон скважин.

Проблема кольматации особо остро стоит на месторождениях «Мойынкум» и «Канжуган»

В период закисления работы по декольматации фильтров и при фильтровых зон скважин проводится с применением зачисляющих растворов (кислотность 30-50г/л).

Однако после завершения периода закисления, ориентировочно после 6 - 7 месяцев, участок переводится в режим выщелачивания, при этом кислотность в задачных растворах снижается до 4-5 г/л, эффективность химической обработки скважин выщелачивающими растворами снижается (кислотность 4-5г/л)

Поднимать кислотность в выщелачивающем растворе до 15-20г/л с целью увеличения эффективности химической обработки откачных скважин экономически не целесообразно так как в этом случае затраты кислоты вырастут в 3 - 4 раза.

Практика подземного выщелачивания подтверждает опускание более тяжелых растворов в нижнюю часть водоносного горизонта. Чем больше концентрация раствора, а следовательно и его плотность, тем выше скорость гравитационного опускания.

Во время закисления продуктивного горизонта происходит изменение проницаемости пород и руд в результате химической реакции их с раствором реагента и частичной кольматации поровых каналов продуктами взаимодействия. В результате кольматации снижаются дебиты откачных и закачных скважин. Различают несколько видов кольматации.

Химическая временная, или обратимая кольматация развивается на первых этапах выщелачивания на границе фронта перемещения кислых растворов за счет обогащения растворов соединениями железа и алюминия, которые выпадают в осадок при смене pH. Например Fe (OH). Начинает выпадать в осадок в интервале pH от 1,5 до 4,1 а Al(OH). —от 3,3 до 5,2. Цвет таких растворов обычно бурый или белесый. При снижении pH растворов ниже 2-2,5 гидроксиды растворяются, а проницаемость пород восстанавливается. Минимальное значение коэффициента фильтрации отмечается при максимальной ширине зоны химической кольматации гидроксидами, т.е. в момент достижения ею фильтра откачной скважины. Начиная с этого момента, зона кольматации сокращается, а коэффициент фильтрации увеличивается. Характерно, что период восстановления фильтрационных свойств обычно в 3-5 раз превышает период снижения коэффициента фильтрации.

Кольматирующее действие гидроксидов уменьшается с увеличением концентрации кислоты.

Виды кольматации в геотехнологических скважинах подземного выщелачивания.

Химическая постоянная кольматация обусловлена выпадением гипса в поровое пространство и практически не зависит от величины pH, и определяется содержанием CaSO_4 породах.

Газовая кольматация проявляется обычно в результате выделения в поровом пространстве пород свободного газа, чаще углекислого. Этот вид кольматации обычно приурочен к начальному этапу отработки. Однако в некоторых случаях, например, при искусственном нагнетании в качестве окислителя воздуха, может наблюдаться на протяжении всей отработки.

Ионообменная кольматация может наблюдаться в породах, содержащих значительное количество глинистых минералов. Она приводит к постепенному ухудшению проницаемости песчано — глинистых пород в результате набухания глинистых частиц.

Механическая кольматация может наблюдаться в результате подачи загрязненных растворов, суффозионных процессов или неправильного подбора конструкции фильтра. Механическая кольматация может присутствовать при любой стадии отработки.

Принятое решение и технология очистки скважин.

В нашем месторождениях используется сернокислотной обработкой фильтров и прифилтровой зоны растворами с содержанием серной кислоты 30-50 г/л. Подача кислоты в зону установки фильтров осуществляется принудительной подачей под давлением с магистрального кислотопровода через смеситель с герметизацией устья скважины при статическом уровне растворов в скважине выше уровня земли (самоизлив). Время обработки длится в течение 5-6 дней, после чего проводится устранение накопления кислоты в прифилтровой зоне посредством закачки ВР в течение двух суток. После проведения мероприятий по чистке скважины методом сернокислотной обработки дебит откачных скважин и приемистость закачных скважин повышается в десять раз, а также повышается содержание урана в откачных скважинах.

Меры безопасности при использовании реагентной обработки.

Реагентная обработка технологических скважин должна осуществляться технологическим персоналом участка ГТП, согласно инструкции под руководством мастера по наряду-допуску.

Организация работ

1. Работы по подготовке реагентной обработке технологических скважин выполняются кислотными хозяйствами участка ГТП, имеющих необходимую для этого технику и подготовленный персонал;
2. Решение о проведении работ по реагентной обработке технологической скважине принимается совместным решением эксплуатационно-технической службой участка ГТП и службой ГТБ рудника на основании данных по результатам применения предшествующих методов РВР, ГИС и требований технологического регламента отработки блока (ячейки);
3. Техническое руководство работами осуществляется технической службой участка ГТП;

Подготовка к работе

1. Установить переносной смеситель с расходомерами ВР и кислоты.
2. Подключить и произвести подачи ВР и кислоты с магистрального трубопровода.

Способы подачи серной кислоты.

1) Подача кислоты свободным наливом:

- а) Подключить сливной шланг к трубопроводу ВР, опустить в скважину и открыть вентиль;
- б) Отрегулировать вентилем скорость подачи продавочной жидкости (ВР) определённой технологической службой участка. Объём поданной продавочной жидкости контролируется временем её подачи в скважину;
- в) После подачи расчётного объёма продавочной жидкости, закрыть вентиль и демонтировать сливной шланг. Продолжительность реагентной обработки скважины (отстоя) определяется для каждого участка (блока, ячейки) индивидуально технологической службой участка (рудника), но должна быть не менее 12 часов;
- г) После окончания отстоя скважины в режиме реагентной обработки, определяют параметры скважины по дебиту эрлифтной прокачкой или приемистости методом налива;
- д) При получении заданных параметров скважину включают в работу;
- е) При не достижении требуемых параметров, решение о проведении повторной реагентной обработки или применении других методов РВР принимается технической службой ГТП;
- ж) Технические параметры и результаты проведения реагентной обработки скважины заносятся в рабочий журнал;

2) Принудительная подача кислоты:

- а) Выполняется весь комплекс работ предусмотренных при подачи кислоты методом свободного налива кроме п. 2;
- б) Работы по п. 2 производить в следующем порядке: установить герметизирующий оголовок и обвязать скважины в закачном режиме, подключить скважину к напорному трубопроводу ВР.

Допускается использование буровой установки для закачки кислоты и продавочной жидкости в фильтровую зону через буровой снаряд.

Заключение

Применение данной технологии, сернокислотной обработки, геотехнологических скважин подземного скважинного выщелачивания на месторождениях «Канжуган» и «Мойынкум» дал положительный эффект. Данный метод очистки от скважин улучшил экономические и технологические параметры месторождения. Предлагаем данный метод очистки скважин на других гидрогенных месторождениях похожие с нашим.

Использованная литература:

1. Зеликман А.Н. Металлургия редкоземельных металлов, тория и урана.-М.: «Металлургия», 1961
2. Громов Б.В. Введение в химическую технологию урана.-М.: «Атомиздат», 1978
3. Добыча урана методом подземного выщелачивания по редакции Мамилова В.А.-«Атомиздат», 1980.
4. Кузмичева Е.У. и др. Взаимодействие окислов урана различного состава серной кислотой.- «Радиохимия», 1965, Т.7.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗЛИВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ИЗ САМОИЗЛИВАЮЩИХСЯ СКВАЖИН ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РВР

Токсанбаев Б.М., Жартыбеков К.Ж.,

ТОО «Таукентское горно-химическое предприятие»

1. ВВЕДЕНИЕ

На месторождениях ТГХП на добычных цехах «Мойынкум» и «Канжуган» технологические скважины подземные, артезианские воды являются напорными. При этом происходит самоизлив продуктивных и выщелачивающих растворов в большом количестве при разгерметизации обвязки скважин для проведения РВР и технологических операций, ремонта погружного насоса, и для очистки фильтров прифильтровых зон на скважине.

2. ОПИСАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗЛИВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ИЗ САМОИЗЛИВАЮЩИХСЯ СКВАЖИН ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РВР

Для предотвращения самоизлив продуктивных и выщелачивающих растворов предложено универсальная установка для предотвращения растворов при проведении РВР на скважинах.

Предлагаемая конструкция позволяет предотвратить самоизлив ПР и ВР при проведении РВР на ГТП. Данная установка состоит из двух основных частей: 1) универсальная емкость, выполненный из тонколистовой нержавеющей стали 0,8 мм, имеющий на дне углубление для установки насоса и уклон дна в сторону углубления, что позволяет полной откачки собранных растворов из емкости. По периметру стены универсальной емкости наращены борта из резины КЩ, для предотвращения попадания растворов на обслуживающий персонал при разгерметизации скважин, а также, гибкость борта обеспечивает удобства при работах. Универсальная емкость имеет цилиндрическую форму с боковой выемкой, для установки на скважину. По кромкам выемки имеется гибкий водонепроницаемый материал что позволяет герметизировать зазоры между скважиной и выемки емкости. Данный водонепроницаемый, гибкий материал позволяет герметизировать зазоры диаметров как откачных так и закачных скважин, в чем и заключается его универсальность.

2) Погружной дренажный насос фирмы «Грундфос» марки КР 250 А 1 с однофазным электродвигателем и с поплавковым выключателем предназначен для перекачки раствора из универсальной емкости в сборную передвижную емкость объемом 10 м³. Насос устанавливается внутри универсальной емкости на месте углубления. Насос имеет поплавковый выключатель, который включает насос по мере заполнения емкости раствором и отключает по мере снижения уровня раствора.

Рассматривается возможность: перекачиваемые насосом растворы с универсальной емкости закачать в трубу ПНД63 откачной скважины, через УРПР (узел распределения продуктивных растворов) или в ближайшую откачную скважину.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное устройство предназначено:

- для предотвращения рекультивации района разлива ПР ;
- обеспечение непрерывной работы растворотракта ПР ГТП;
- улучшение радиационной обстановки местности и устранение загрязнения почвы;
- предотвращение потери ПР и, соответственно, урана;
- улучшение санитарных норм и гигиены обслуживающих ремонтников.

Данное устройство применяется в предприятиях занимающейся добычей урана методом подземного выщелачивания.

Использованная литература:

1. В.Ж. Аренс, «Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых», М., «Недра», 1975 г.
2. Д.И. Скороваров, «Справочник по геотехнологии урана», М., «Энергоатомиздат» 1997 г.
3. В.А. Мамилов. «Добыча урана методом подземного выщелачивания», М., Атомиздат 1980 г.
4. А. Менлибаев, А.М. Интыкбаев, Б.О. Дуйсебаев «Основное оборудование в технологии производства урана» Алматы 2004 г.

ВАРИАНТЫ ВЫХОДА В РЕЖИМ СТАЦИОНАРНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВОГО РЕАКТОРА С ВЫСОКИМ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ДЕЛЯЩИХСЯ ВЕЩЕСТВ

Котов В.М., Иркимбеков Р. А.

Институт атомной энергии Национального ядерного центра
Республики Казахстан

Введение. В настоящее время актуальной задачей атомной энергетики является повышение доли вырабатываемой ею энергии по отношению к энергии, вырабатываемой при сжигании органических топлив. Существующие тепловые реакторы, работающие на урановом топливе и потребляющие практически только уран-235, эту задачу решить не в состоянии. Реакторы на ториевом топливе могут вводиться в строй также только с использованием в начале своей работы урана-235.

Реакторы на быстрых нейтронах позволяют построить эффективную энергетику в отношении использования урана, но требуют больших начальных вложений природного урана, при возможности последующей работы на отвалах обогатительного производства [1, 2]. Это создает как технические, так и экономические трудности, а также увеличивает риск распространения делящихся веществ в качестве оружейных материалов.

В Институте атомной энергии РГП НЯЦ РК в рамках НТП "Развитие атомной энергетики в Казахстане" исследуется возможность построения широкомасштабной энергетики, лишенной указанных недостатков. На сегодняшний день пути решения такой задачи определены. Они основаны на использовании тепловых реакторов с минимальными потерями нейтронов, в том числе на основе изотопно-модифицированных конструкционных материалов, использовании в топливном цикле равновесного содержания делящихся нуклидов и нуклидов цепочки образования основных компонент этих нуклидов, на основе урановой и ториевых компонент сырья, а также привлечения в работу дополнительных источников нейтронов. Исследованы различные компоновки активной зоны и отражателя, температурные режимы работы, варианты применения различных теплоносителей, замедлителей, конструкционных материалов [3 4].

Целью настоящей работы является исследование характеристик работы реактора с момента стартовой загрузки его топливом на основе существующих составов делящихся веществ до его выхода в присущий этому реактору равновесный режим работы.

Решаемые задачи. В ходе исследования использовались следующие варианты начальной загрузки реактора топливом:

- на основе обогащенного урана и тория;
- на основе смеси урана, тория и оружейного плутония;

- на основе смеси урана, тория и делящихся веществ из отработавшего топлива существующих тепловых реакторов.

Содержание делящихся компонент в начальном топливе задавалось таким образом, чтобы выход на равновесный режим достигался с минимальным интегралом реактивности за время этого выхода. Содержание урана-238 и тория-232 поддерживалось близким к значению для равновесного режима.

Описание реактора. В расчетах использовался тяжеловодный каналный реактор тепловой мощностью 650 МВт с нитридным топливом на основе изотопа ^{15}N . Топливо реактора разделено на уран-плутониевые и торий-урановые таблетки с массовым соотношением сырьевых урана и тория три к одному. Общая масса топлива загружаемого в активную зону составляет 50 т.

Количество каналов в реакторе – 649. Количество твэлов в каждом канале – 20 штук. Высота активной зоны – 6 м, диаметр активной зоны – 6.8 м.

Отражатель реактора смешанный. Ближний радиальный слой к активной зоне толщиной 150 см – тяжелая вода, торцевые отражатели над тяжелой водой также из тяжелой воды. Дальний радиальный слой толщиной 70 см – графит.

Состав равновесного топлива. В таблице 1 приведен равновесный состав топлива реактора работающего в режиме, близком к оптимальному. Приведенные в данной таблице содержания изотопов ^{236}U и ^{242}Pu достигаются в ходе многих десятков лет работы реактора. В ходе первых кампаний их роль незначительна.

Таблица 1

Равновесный состав топлива, кг.

^{232}Th	12255	^{238}U	36894
^{233}Pa	13.3	^{239}Np	1.5
^{233}U	168	^{239}Pu	104
^{234}U	84	^{240}Pu	95.4
^{235}U	25.7	^{241}Pu	26
^{236}U	154	^{242}Pu	178

Стартовый состав топлива приведен в таблице 2.

Таблица 2

Варианты стартового топлива, кг.

	^{232}Th	^{235}U	^{236}U	^{238}U	^{239}Pu	^{240}Pu	^{241}Pu	^{242}Pu
Топливо на основе обогащенного урана	12406	376	-	37218	-	-	-	-
Топливо с добавкой оружейного плутония	12406	268.1	-	37218	107.5	-	-	-
На основе отработавшего топлива реактора ВВЭР-1000	12387	320	50.1	37160	48.3	21.1	8.4	5.1

Для обеспечения стартовой загрузки на основе обогащенного урана потребуется 65 т природного урана для производства требуемого в таблице 2 урана с обогащением 1 %, при условии, что в отвальном уране будет 0.3 % ^{235}U .

Для обеспечения стартовой загрузки реактора с оружейным плутонием используется природный уран и 107.5 кг оружейного плутония. Для выработки этого плутония потребуется дополнительное количество природного урана большее, чем 65 т.

Для стартовой загрузки с отработавшим топливом трехлетней кампании реактора ВВЭР-1000 используется отработавшее топливо [5], разбавленное природным ураном в отношении 1:3.5, то есть 25 т смешивается с 87.5 т природного урана. Таким образом, топлива, выгружаемого из одного реактора ВВЭР-1000 в год, достаточно для запуска двух реакторов.

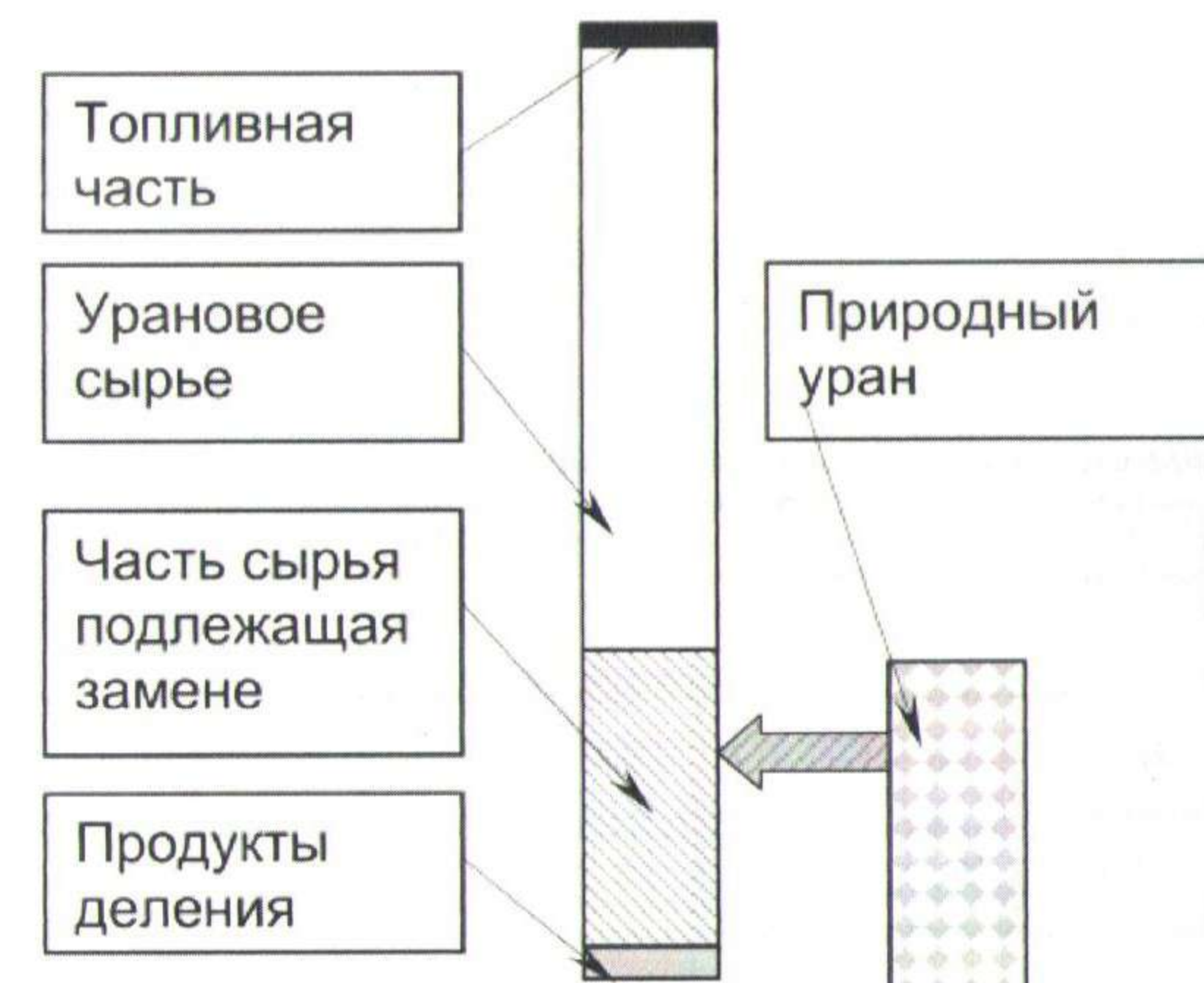
Режим перегрузок топлива. Для расчета динамики топливных нуклидов применена точечная модель реактора. Это допустимо, поскольку ТВС, расположенные в разных местах активной зоны, имеют одинаковый спектр нейтронов.

Характерно, что ^{235}U в уран-плутониевом топливе реактора выгорает практически полностью. Подпитка уран-плутониевого топлива осуществляется природным ураном, количество которого в десять раз превышает количество выгоревшего урана, то есть осуществляется режим, при котором используется десять процентов уранового сырья (рисунок 1). Подпитка торий уранового топлива осуществляется торием.

Замена топлива в модели проводилась при достижении интеграла реактивности в кампании 0.1 β (не более 30 000 часов). Достижение равновесия топливных нуклидов, играющих определяющую роль в характеристиках кампании (^{239}Pu , ^{241}Pu , ^{233}U), во всех трех случаях достигалось практически за одинаковое время (50 000 часов). Таким образом, выход в режим равновесия осуществлялся за три полных перегрузки реактора.

Схема перегрузок урановой и ториевой частей топлива представлена на рис.1.

Перегрузка уранового топлива



Перегрузка ториевого топлива

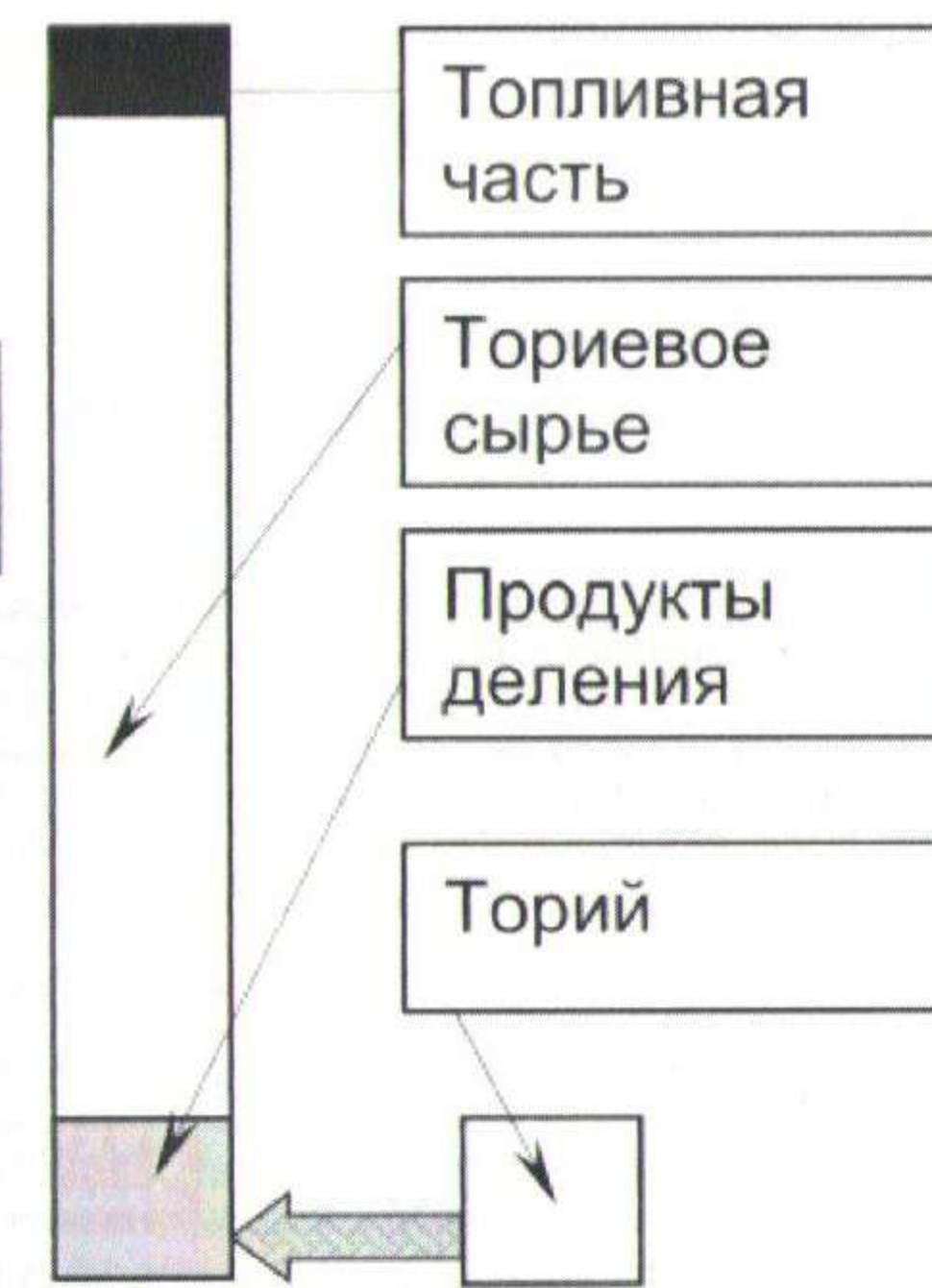


Рисунок 1. Перегрузка топлива

Результаты. Проведенные расчеты показывают, что ^{233}U выходит в равновесие после первой перегрузки реактора (3 года), изотоп ^{241}Pu – после второй. Всего для достижения равновесных концентраций основных топливных нуклидов требуется не больше шести лет работы реактора при удельной напряженности топлива 13 кВт/кг.

После этого в течение многих лет в топливе накапливаются отравляющие реактор актиноиды, такие как ^{236}U и ^{242}Pu , они будут снижать возможное выгорание топлива, и за тридцать эффективных лет от начала обращения топлива в ЯТЦ, уменьшат его на 40%.

Работа реактора между первыми двумя перегрузками имеет достаточно существенные отличия. Так в первом варианте (рисунок 2) первая кампания длится 1214 сут, вторая 987 сут, (всего 2201 сут). Во втором варианте (рисунок 3) – 1132 и 831 сут (всего 1963 сут). В третьем (рисунок 4) – 1073 и 850, (всего 1923 сут).

Различия объясняются качеством используемого для первичной загрузки делящегося вещества. Лучшее качество достигается в случае использования отработавшего топлива за счет наличия в нем ^{240}Pu , ^{241}Pu .

Предварительный анализ показывает возможность начальной загрузки рассматриваемого реактора природным ураном с несколько измененной схемой перегрузок топлива. В работе до первой перегрузки в его топливе следует исключить добавки тория. Во второй загрузке, когда основным делящимся веществом будет плутоний, следует заменить часть урана на торий. Технология данного цикла будет детально рассмотрена в последующем развитии темы.

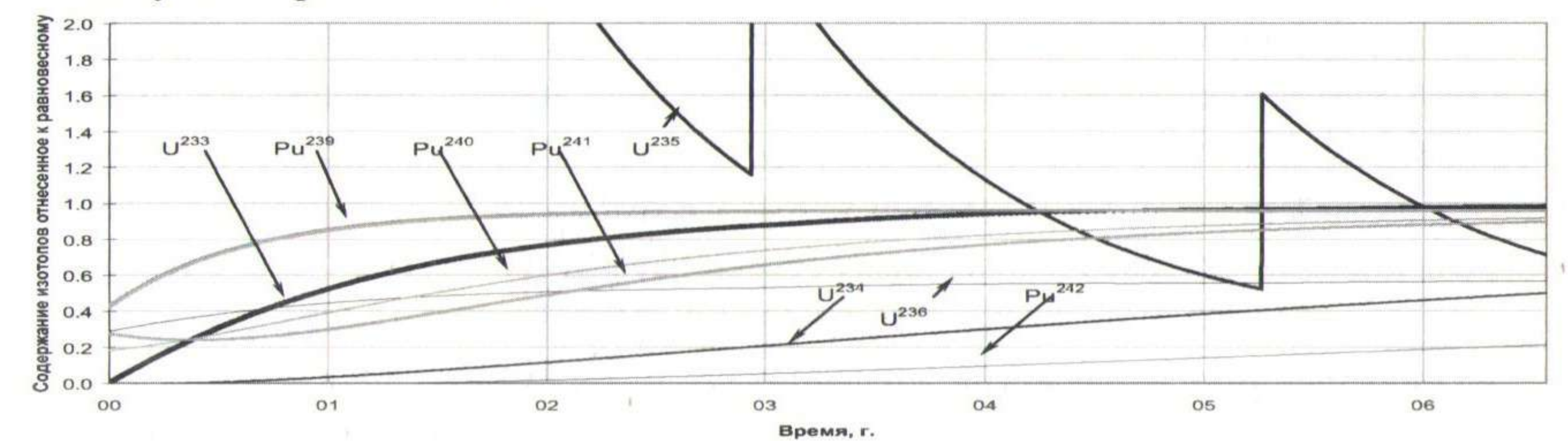


Рисунок 2. Динамика топливных нуклидов при стартовой загрузке на основе обогащенного урана

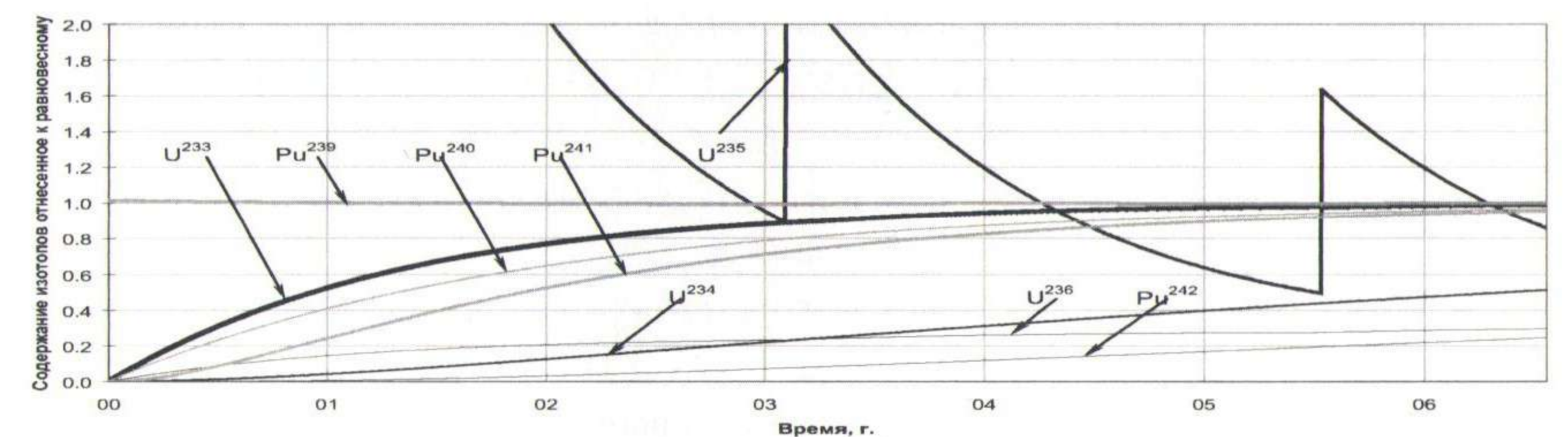


Рисунок 3. Динамика топливных нуклидов при стартовой загрузке урана смешанного с оружейным плутонием

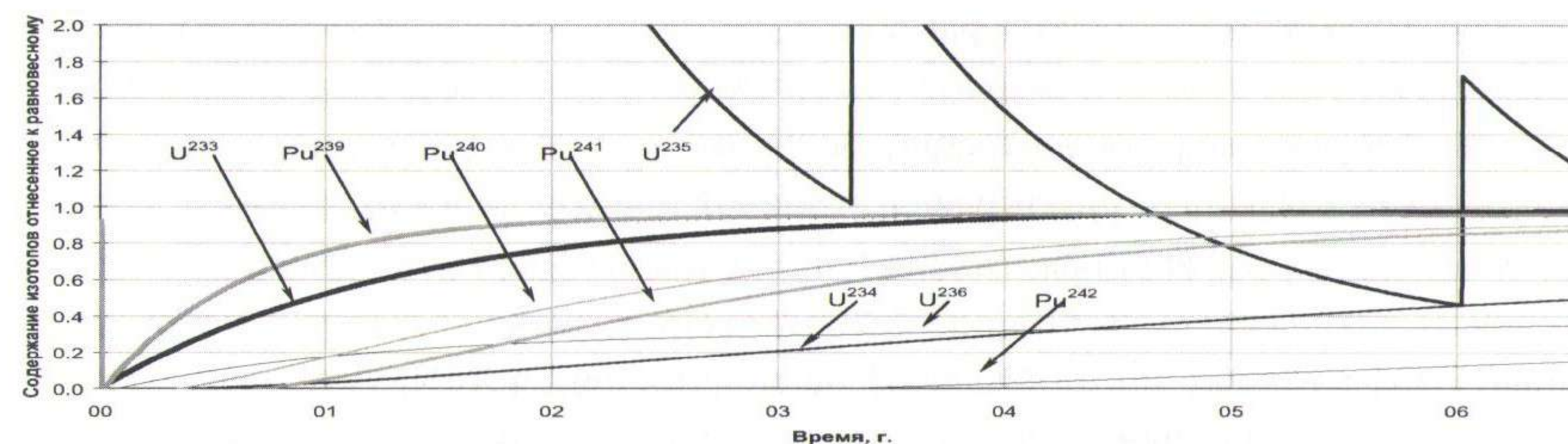


Рисунок 4. Динамика топливных нуклидов при стартовой загрузке на основе отработавшего топлива реактора ВВЭР 1000

Выводы

Рассмотрены три варианта начальной загрузки теплового реактора с высоким воспроизводством делящихся веществ: с ураном повышенного обогащения, с оружейным плутонием и с делящимся веществом отработавшего топлива существующих реакторов. При близких по длительности временах выхода в режим равновесия предпочтение следует отдать варианту с использованием отработавшего топлива.

В развитии темы следует рассмотреть вариант первой загрузки предлагаемого реактора природным ураном с измененной схемой перегрузок топлива, исключающей введение тория на первом этапе работы реактора.

Ядерная энергетика, построенная на тепловых реакторах с высоким воспроизводством делящихся веществ, имеет большой потенциал для замещения мощностей, вырабатываемых ныне с использованием органического топлива. При этом, в сравнении с технологией быстрых реакторов требуется значительно меньшее использование ресурсов природного урана в ходе первых сотен лет [4].

Использованная литература:

1. Адамов Е. О. и др. Белая книга атомной энергетики. М.: изд-во ГУП НИКИЭТ. 2001 г. 270 стр.
2. Пономарев-Степной Н.Н., Алексеев П.Н., Давиденко В.Д и др. Сравнение направлений развития ядерной энергетики в XXI в. на основе расчетов материальных балансов // Атомная энергия. 2001 г. Т. 91. Вып. 5. Стр. 331 – 336.
3. Котов В.М., Котов С.В. Тепловые ядерные реакторы с эффективным топливным циклом. Доклад на конференции “Актуальные проблемы урановой промышленности”. Алматы, 18-21 сентября 2006 г.
4. Котов В.М., Котов С.В. Воспроизводство делящихся веществ в тепловых реакторах. // Атомная энергия. 2007 г. Т. 103. Вып. 5.
5. Колобашкин В. М., Рубцов П. А. и др. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива, справочник, М., Энергоатомиздат, 1983 г. 382 стр.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗА РАСТЕКАНИЕМ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПРИ ПСВ УРАНА

Кабайлов А.Н., Камберов И.М., Стромов В.М.,
ТОО «Институт высоких технологий» НАК Казатомпром

В настоящее время на действующих предприятиях ПСВ урана наиболее актуальными являются вопросы оптимизации динамического режима работы эксплуатационных скважин на начальной стадии закисления, с целью обеспечения равномерного и максимально оперативного закисления блока вводимого в эксплуатацию и получения надежных сведений по закономерностям и особенностям миграции рабочих растворов на протяжении всего периода отработки технологического блока.

Для решения этих задач начаты научно-исследовательские работы по разработке эффективной методики контроля за растеканием рабочих растворов при ПСВ урана на основе применения геофизических методов и разработке «нулевой» модели технологического блока, не введенного в эксплуатацию.

В настоящем сообщении рассматриваются результаты работ по разработке и внедрению эффективной методики оперативного контроля за растеканием рабочих растворов на основе применения комплекса геофизических методов при ПСВ урана на месторождениях пластово-инфильтрационного типа.

С целью выполнения поставленной задачи по разработке методики оперативного контроля за растеканием выщелачивающих растворов и оценки степени распространения площади закисления во времени в 2007 году на опытном полигоне ОПВ-2 (месторождение «Акдала») был проведен очередной этап режимных геофизических работ электроразведочным методом заряженного тела (ЗТ).

Результаты проведенных работ представлены на рисунке 1.

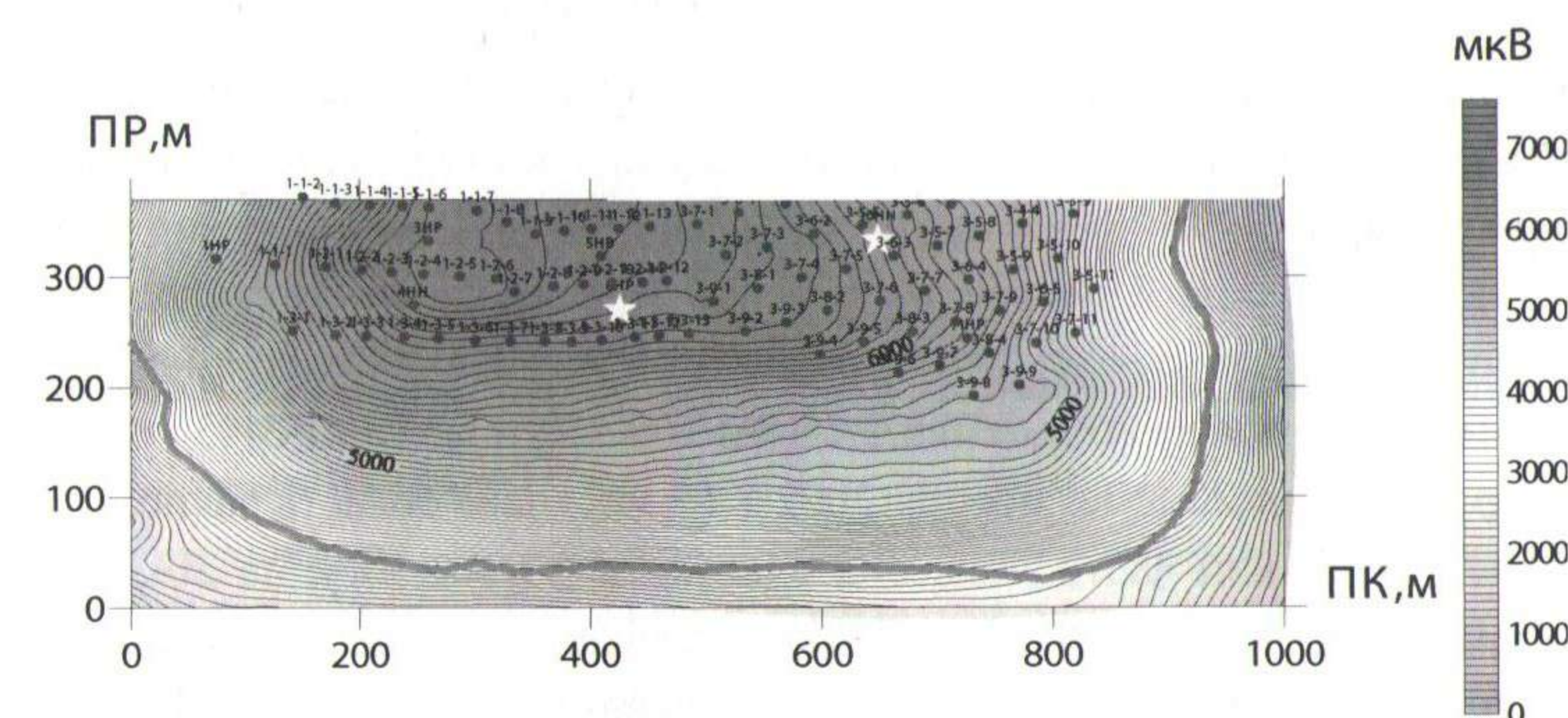


Рисунок 1. Результаты электроразведочных работ методом заряженного тела на опытном полигоне ОПВ-2.

Интерпретация карты изолиний потенциала, построенной по данным метода ЗТ включала выделение границ аномального объекта по общепринятой методике, т.е. по области повышенных значений потенциала, оконтуривание которой выполнялось по зонам перехода значений потенциала к высокоградиентным областям, а также по распределению относительно пониженных значений градиента потенциала.

Указанными приемами был выделен контур низкоомного объекта, интерпретированный как новая граница области закисления пород.

Режимные наблюдения данным методом на опытном полигоне ОПВ-2 ведутся с 2001 года. Для повышения точности полученных данных в 2007 году измерения выполнялись на тех же точках наблюдения, что и прошлые годы.

По данным метода ЗТ с привлечением результатов работ прошлых лет составлена ретроспективная схема динамики распространения рабочих растворов во времени за период с мая 2001 г. по август 2007 г, приведенная на рисунке 2.

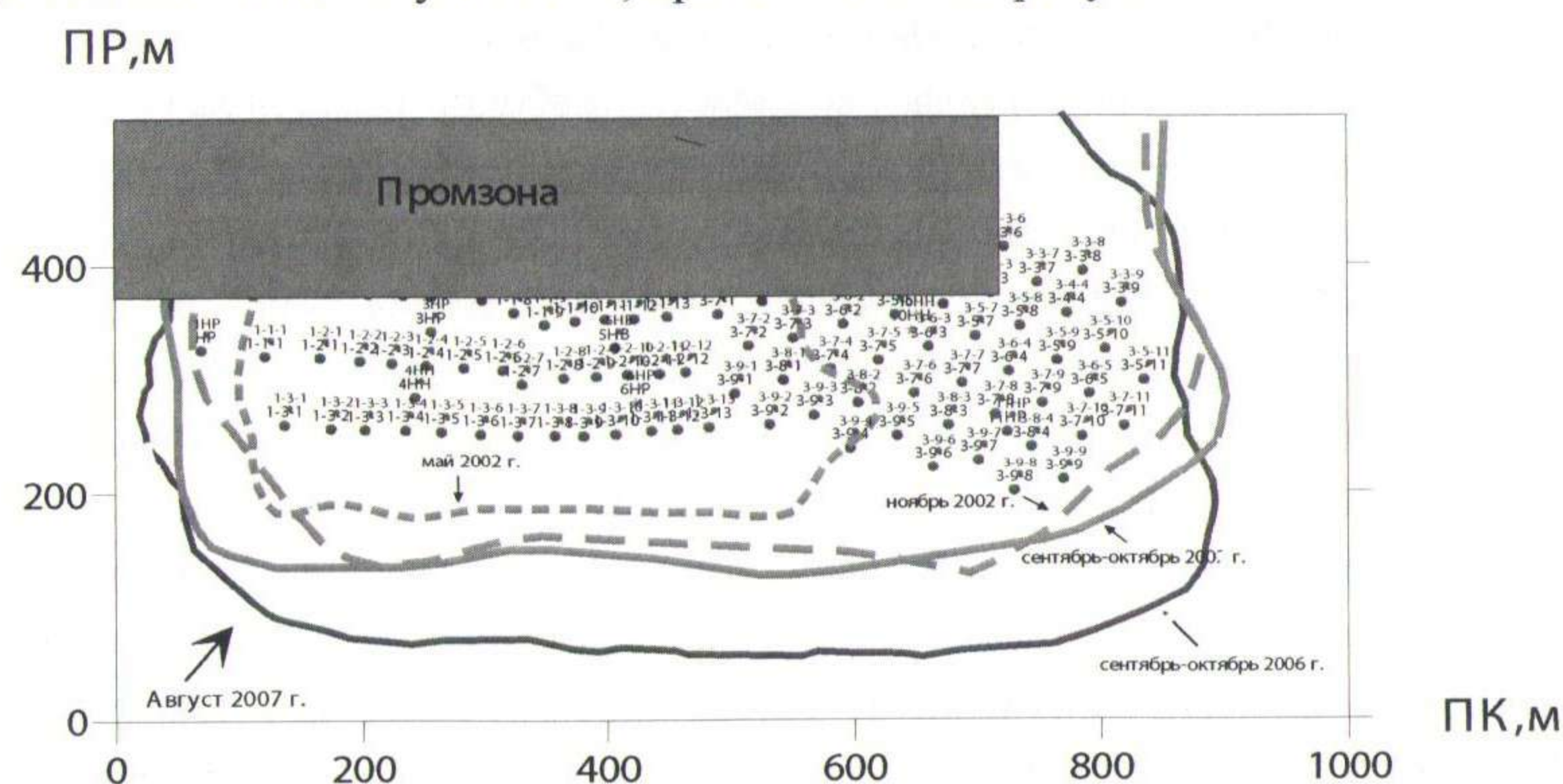


Рисунок 2. Ретроспективная схема динамики распространения рабочих растворов во времени за период с мая 2002 г. по август 2007 г. на опытном полигоне ОПВ-2.

За первый год (май-июнь 2001 г по май 2002 г) зона закисления рядной части полигона (гексагональная часть ОПВ-2 не была включена в отработку) распространилась к югу на 100-110 м от южного ряда (1-3-1) закачных скважин и от 10 до 50-60 метров к северу от соответствующего ряда (1-3-1) закачных скважин. На запад эта область распространилась на 30-40 м от ближайших закачных скважин (1-1-1 и 1-3-1). В восточную область зона закисления мигрировала на 80 м от скв. 1-1-13 и 100-110 м от скв. 1-3-13.

За период с мая 2002 по ноябрь 2002 г (5 месяцев) область закисненных пород продвинулась от рядной части полигона еще на 25-50 м к югу, на 20-30 м к западу. В этот период была вовлечена в отработку гексагональная часть полигона, удаление фронта выщелачивания от крайних закачных скважин этой части ОПВ-2 составило 20-30 м, за исключением района в юго-западной части полигона, где удаление фронта выщелачивания составило от ближайших закачных скважин 80-100 м.

За период с ноября 2002 по ноябрь 2003 года площадное развитие области закисления максимально проявилось в юго-западной части полигона – до 80-90 м от контура 2002 г и юго-восточной – на 20-440 м от указанного контура.

За период с 10.2003 г по 09.2006 г. движение фронта закисления происходило в южной части полигона и составило порядка 100-120 м.

По данным измерений 2007 года значительного движения в сторону расширения области закисления по площади с момента последних наблюдений выполненных в 2006 году не произошло. Это значит, что на данный момент полигон ОПВ-2 практически перестал расширяться по латерали, видимо вследствие возникновения вокруг него непроницаемой оболочки.

Анализ полученных данных за весь период режимных наблюдений на опытном полигоне ОПВ-2 показывает, что генеральным направлением распространения области закисления является южное и в меньшей степени восточное и западное направление.

Северная часть участка ОПВ-2 занята промышленной зоной, что сделало невозможным оценить степень миграции рабочих растворов в этом направлении.

В целом приведенная ретроспективная схема свидетельствует, что контуры закисления пород продуктивного пласта, установленные по электроразведочным данным, достаточно хорошо вписываются друг в друга и говорят о высокой информативности метода ЗТ при определении площадного распространения зоны выщелачивания.

С целью повышения эффективности комплекса геофизических методов при контроле за растеканием рабочих растворов были проведены экспериментальные работы по разработке «нулевой» модели блока, т.е. первый этап измерений, проводился до ввода технологического блока в эксплуатацию. Для этого был выбран технологический блок №15.

По результатам измерений построена карта изолиний потенциала приведенная на рисунке 3.

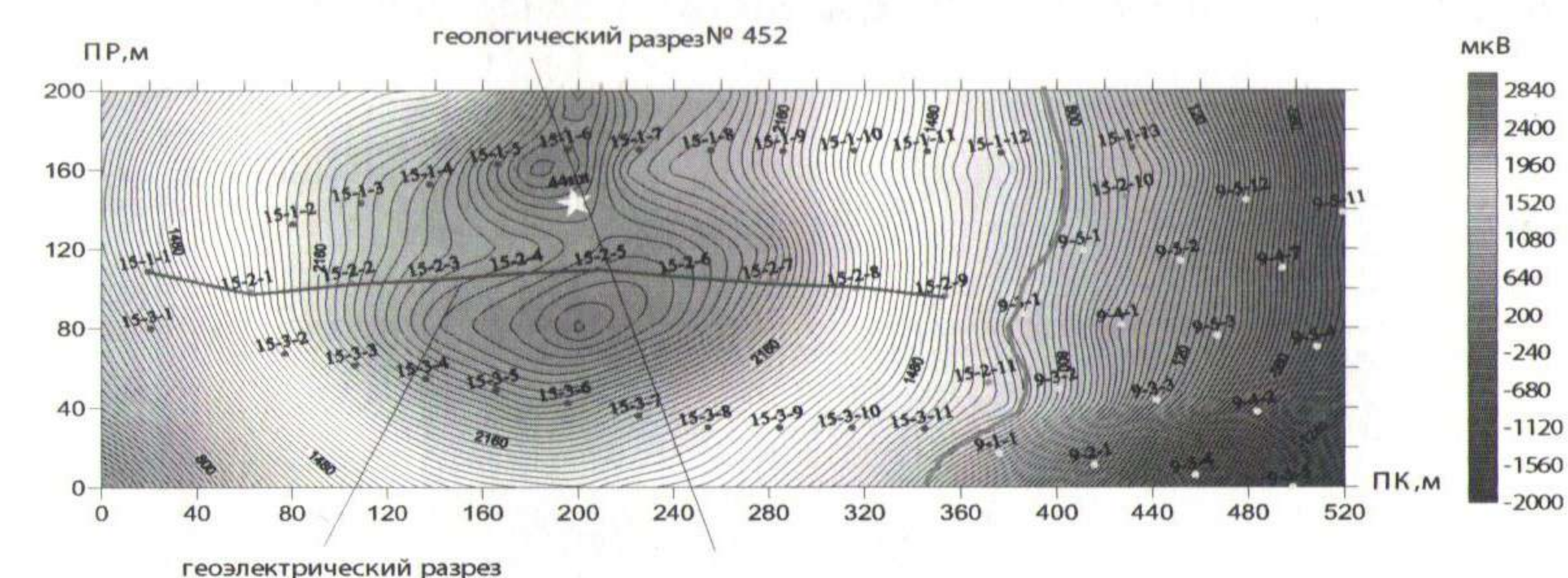


Рисунок 3. Результаты электроразведочных работ методом заряженного тела («нулевая» модель) на технологическом блоке №15.

На рисунке видно, что в наблюдаемом поле ΔU (потенциал электрического поля) наблюдается влияние соседнего блока №9, закисленного и отрабатываемого уже около двух лет. В поле значений потенциала наблюдается резкое понижение значений данного

параметра со стороны примыкающего к планшету съемки части не заряженного закисленного блока.

Такие электропроводящие незаряженные объекты характеризуются своеобразной двухэкстремальной кривой потенциала.

На рисунке 4 приведен теоретический пример, подтверждающий влияние незаряженного электропроводящего объекта на общую картину поля потенциала.

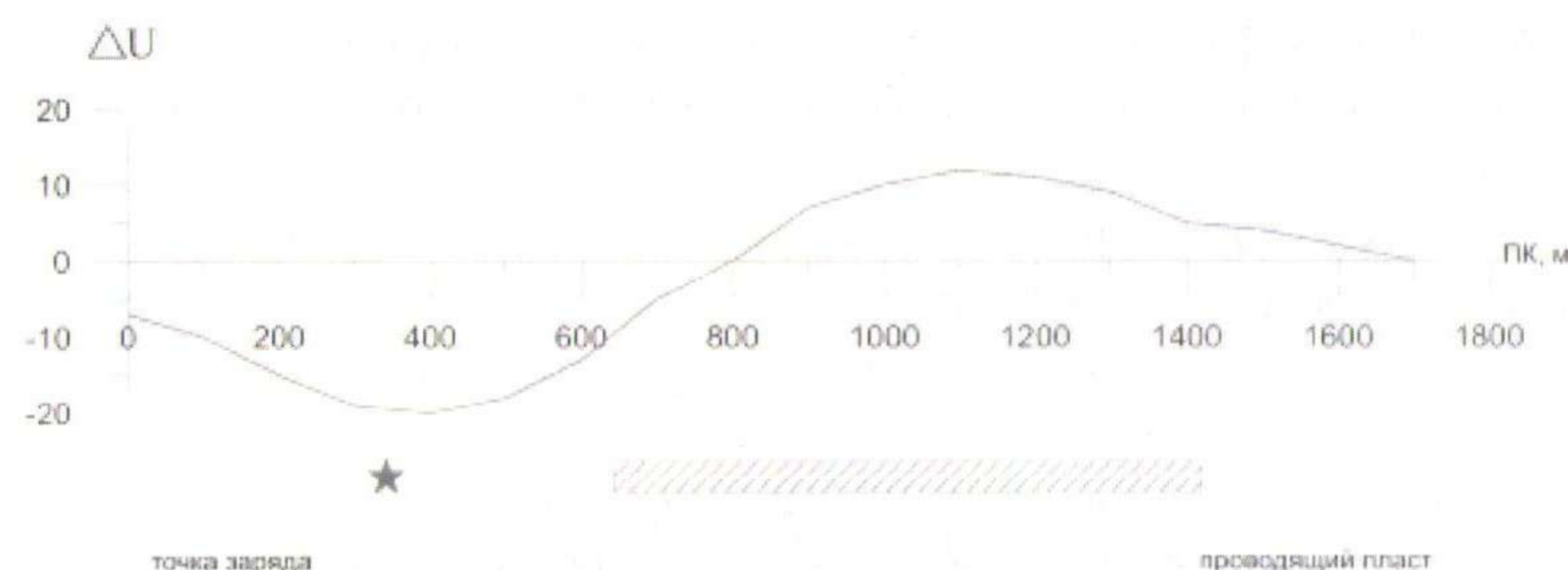


Рисунок 4. График аномального потенциала от идеального проводящего диска, залегающего в однородной изотропной среде в поле точечного источника тока по профилю, проходящему над центром диска.

Некоторое несоответствие потенциала измеренного на блоке №15 и теоретически рассчитанного объясняется значительным удалением точки заряда от не заряженного закисленного блока №9.

На рисунке 5 приведен геоэлектрический разрез, построенный по данным каротажа KS который свидетельствует о наличии неоднородностей в верхней части разреза. Смещение эпицентра максимальных значений потенциала на блоке №15 обусловлено влиянием данных приповерхностных неоднородностей.

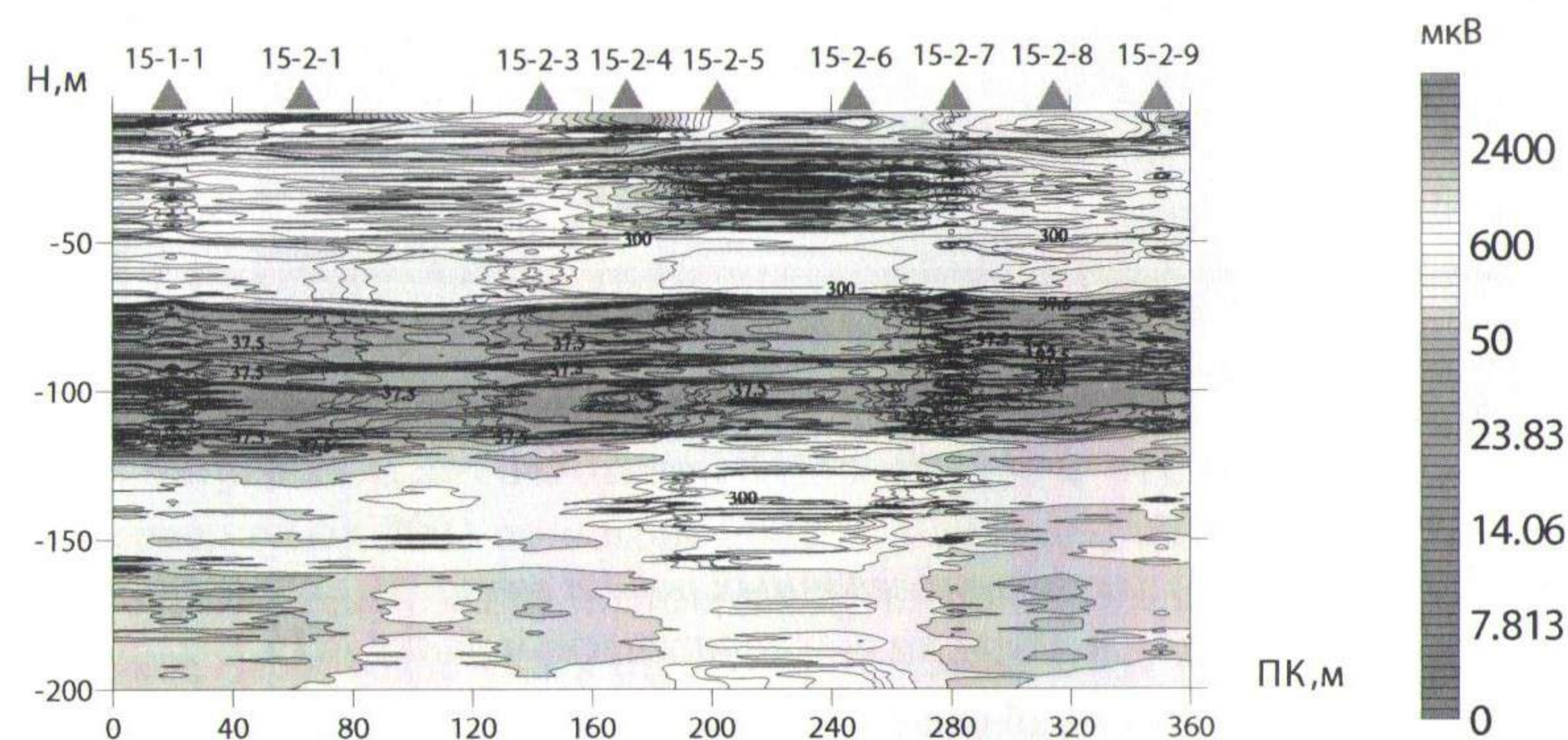


Рисунок 5. Геоэлектрический разрез по данным KS каротажа. Технологический блок №15.

Одним из важнейших аспектов разработки «нулевой» модели блока является разработка блока неискаженного влиянием соседних, уже введенных в эксплуатацию технологических блоков.

В связи с этим были проведены работы методом ЗТ на технологическом блоке №16.

Проведение такого рода работ позволяли снять фоновые значения поле потенциалов блока до его ввода в эксплуатацию, что является уникальной возможностью получения модели электрического поля до появления объекта исследования, т.е. области закисления.

В общей практике геофизических работ, и в частности электроразведки, ранее такой возможности не было, так как, обычно исследуются уже сформировавшиеся объекты исследования (рудные залежи, рудные поля и др.)

При расчете теоретической «нулевой» модели блока невозможно учесть влияние всех факторов, а в данном случае имеется возможность получить картину нормального поля прямыми наблюдениями, где точность полученной исходной «нулевой» модели, зависит только от геометрической привязки пунктов наблюдений, ход осуществляющейся (след в след) и возможности аппаратуры.

На рисунке 6 показана карта изолиний потенциала технологического блока №16, где была получена «чистая» нулевая модель заряда, т.е. неискаженная электропроводящими незаряженными объектами.

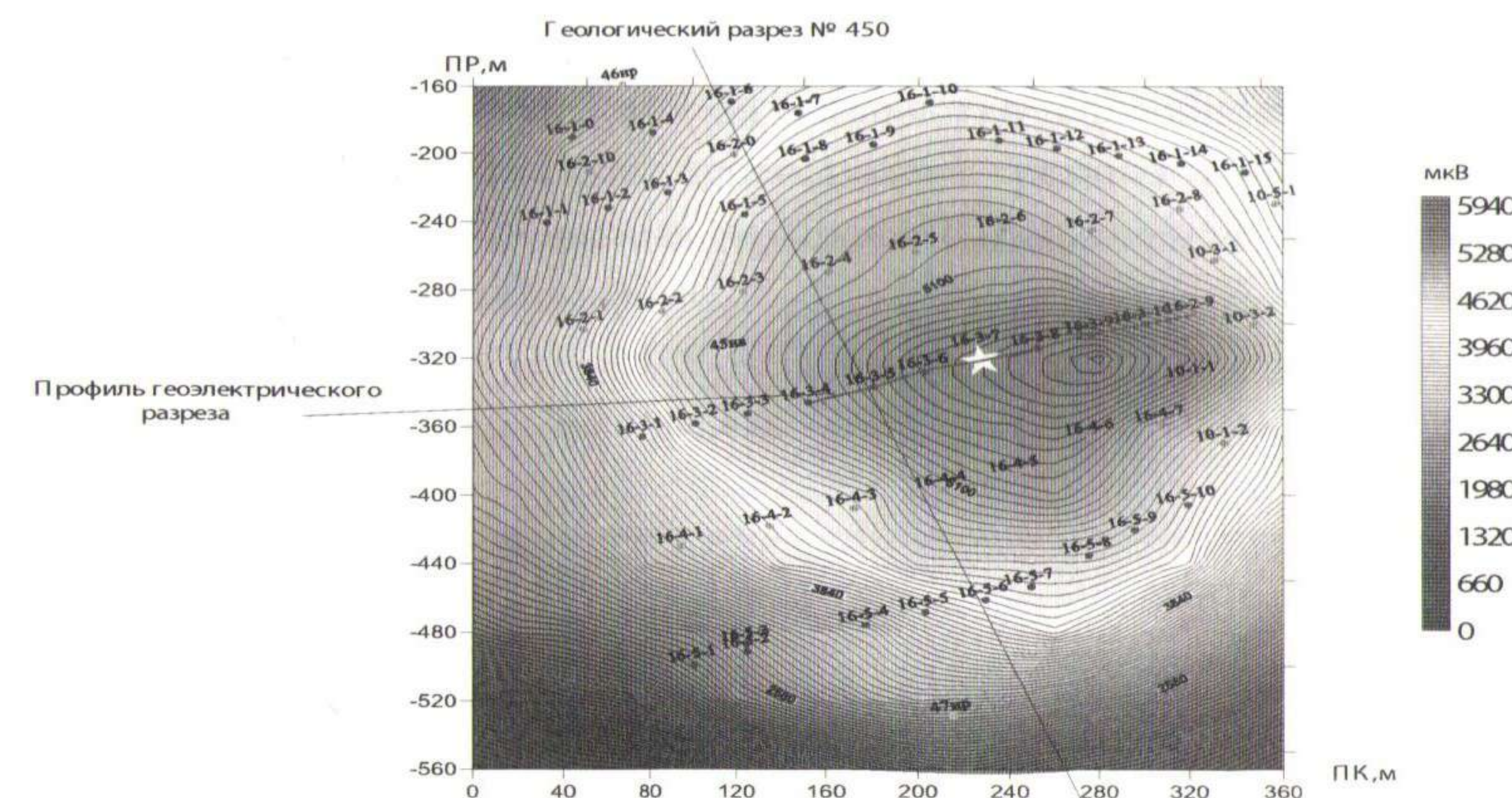


Рисунок 6. Результаты электроразведочных работ методом заряженного тела («нулевая» модель) на технологическом блоке №16.

По результатам работ методом заряда получено практически измеренное нормальное поле потенциала и при дальнейших режимных наблюдениях, представляется возможным использовать реальные значения сигнала, а не теоретически рассчитанные, что значительно повысит достоверность получаемой информации.

ВЫВОДЫ

Учитывая полученные результаты проведенных научно-исследовательских работ можно сделать следующие выводы:

- применение геофизических методов при контроле за растеканием рабочих растворов на блоках ПСВ урана позволяет оперативно получить весьма достоверные и информативные данные по закономерностям и особенностям миграции рабочих растворов.
- работы данного вида, начатые с «нулевого» цикла дают возможность получить дополнительную информацию, которая увеличивает достоверность дальнейших режимных наблюдений комплекса параметров, что в значительной степени повышает эффективность использования геофизических методов для контроля за растеканием рабочих растворов.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ – ДЕСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИОНООБМЕННЫХ СОРБЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ФИРМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НА РАСТВОРАХ ПСВ

*Дуйсебаев Б.О., Умбеткулова М.У., Принзин Н.А., Досумова Ж.Ж.,
Сайдуллаева С.А., Карманов Е.М.*

ТОО «Институт высоких технологий» НАК Казатомпром

В Казахстане при переработке растворов после выщелачивания урановых руд доминирующее положение занял метод ионного обмена, который характеризуется высокой селективностью и практически полной регенерируемостью сорбента.

На данный момент на рынке Казахстана присутствует огромное количество ионообменных смол различных фирм производителей и без предварительного исследования свойств сорбента достаточно проблематично выбрать нужный тип ионита для положительной работы сорбционно-десорбционного каскада УППР. Для этого в 2005 году в ТОО «ИВТ» была спроектирована лабораторная U-образная сорбционно-десорбционная установка СДК-50, поточно моделирующая промышленную колонну, представляющая собой уменьшенную в 30 раз промышленную колонну СДК-1500, целью которой является подбор и тестирование оптимального сорбента при различных режимах работы и для получения богатого товарного десорбата, а также, что не маловажно способностью переноса на промышленную колонну наиболее оптимального режима работы для каждого анализируемого сорбента. Опытная колонна СДК-50 была апробирована на рудоуправлениях НАК «Казатомпром».

На данной лабораторной установке были протестированы смолы различных фирм производителей:

- Ambersep 920 (класс «А»);
- Lewatit K 6362 (класс «А»);
- Dowex RPU (класс «Б»);
- Purolite PFA 460/47 (класс «Б»).

Итак, для отработки режимов СДК-50 был проведен перерасчет технологического режима СДК-1500 /1/ на модельную установку (табл. 1). В качестве масштабного коэффициента приняли отношение объемов СДК-1500 к СДК-50: $V_1/V_2 = 2 \cdot 10^4$.

Для расчета режима работы СДК-50 использовали полученные лабораторные данные по кинетике донасыщения и десорбции урана на выше указанных сорбентах.

Таблица 1

Технологический режим работы СДК-1500 и СДК-50

Диаметр колонны, мм	Расход смолы, м ³ /ч	Расход десорбирующего раствора			Расход ПР на донасыщение			Выход элюата, м ³ /ч	Концентрация урана в элюате, кг/м ³	Концентрация урана в маточнике донасыщения, кг/м ³	Пр-сть по урану, кг/ч
		м ³ /ч	ч ⁻¹	м/ч	м ³ /ч	ч ⁻¹	м/ч				
1500	2,2	1,4	0,63	0,79	>80	36	45	0,7	> 60	> 0,5	51
50	0,11·10 ⁻³	7·10 ⁻⁵	0,63	0,39·10 ⁻⁴	>4·10 ⁻³	36	2·10 ⁻³	3,5·10 ⁻⁵	> 60	> 0,5	2,55·10 ⁻³

При моделировании сохранено отношение объемов зон донасыщения и десорбции.

Лимитирующей стадией в работе СДК является десорбция, поэтому производительность колонны по смоле определяем исходя из кинетики десорбции и объема зоны десорбции. Таким образом:

$$Q_{см} = V_d / t_d,$$

где V_d – объем выводимого десорбата, мл;

t_d – время десорбции полученная экспериментальным путем, ч.

Находим: $V_d = S_k \cdot H_d + V_{пк} = \frac{1}{4} \cdot \pi d^2 \cdot H_d + V_{пк} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 5^2 \cdot 71 + 200 = 1600$ мл

где S_k – площадь колонны;

H_d – высота зоны донасыщения, см;

$V_{пк}$ – объем подаваемой кислоты, мл.

Отсюда производительность колонны по смоле составит:

$$Q_{см} (\text{Ambersep 920; Dowex RPU}) = 1600/14 = 114 \text{ мл/ч}$$

$$Q_{см} (\text{Lewatit K 6362}) = 1600/14,5 = 110 \text{ мл/ч}$$

$$Q_{см} (\text{Purolite PFA}) = 1600/16 = 100 \text{ мл/ч.}$$

1. Определяем количество урана, необходимое для донасыщения.

Эксперимент в статике показал, что исследуемый сорбент с исходной емкостью 30 г/л возможно донасытить до емкости 50 г/л, следовательно, количество урана, поступающее каждый час в зону донасыщения, составит:

$$(A_{дон} - A_{нас}) \cdot V_{дон} / t_{дон} = (50 - 30) \cdot 1,6 / 8 = 4 \text{ г/час}$$

где $V_{дон}$ – объем ветви донасыщения, дм³;

$t_{дон}$ – время донасыщения, ч.

2. Определяем выход ТД.

Для получения концентрированных растворов ТД (60-65 г/л) необходимо соблюдать соотношение объема раствора к объему смолы 1:2. Таким образом, производительность колонны по десорбирующему раствору составит:

$$Q_{д.р.} = 2 \cdot V_{д.р.} / t_d = 1600 \cdot 2/14 = 3200/14 = 228 \text{ мл/ч (Ambersep 920; Dowex RPU)}$$

$$Q_{д.р.} = 220 \text{ мл/ч (Lewatit K 6362)}$$

$$Q_{д.р.} = 200 \text{ мл/ч (Purolite PFA).}$$

Учитывая, что на донасыщение необходимо подавать 4 г/час урана, и концентрации урана в товарном десорбате 51 г/л по урану, рассчитанная производительность установки по урану составит:

$$Q_U = 4,98 \text{ г/час (Ambersep 920; Dowex RPU)}$$

$$Q_U = 4,8 \text{ г/час (Lewatit K 6362)}$$

$$Q_U = 3,66 \text{ г/час (Purolite PFA)}$$

Следовательно, производительность по элюату (ТД) составит:

$$Q_{ТД} = 83 \text{ мл/час (Ambersep 920; Dowex RPU)}$$

$$Q_{ТД} = 80 \text{ мл/час (Lewatit K 6362)}$$

$$Q_{ТД} = 61 \text{ мл/час (Purolite PFA)}$$

3. Определяем производительность установки СДК-50 по ПР на донасыщение.

$$Q_{ТД(на донасыщ.)} = Q_{д.р.} - Q_{ТД} = 228 - 83 = 145 \text{ мл/час (Ambersep 920; Dowex RPU)}$$

$$Q_{ТД(на донасыщ.)} = Q_{д.р.} - Q_{ТД} = 220 - 80 = 140 \text{ мл/час (Lewatit K 6362)}$$

$$Q_{ТД(на донасыщ.)} = Q_{д.р.} - Q_{ТД} = 200 - 61 = 139 \text{ мл/час (Purolite PFA).}$$

При таком режиме предполагается, что в маточнике донасыщения содержание урана будет минимальным (не больше 0,2 г/л).

На основании произведенных расчетов был выбран режим работы лабораторной установки СДК-50 на сорбентах (табл. 2).

Таблица 2

Рассчитанные параметры работы колонны СДК-50

Марка сорбента	Рас-ход смо-лы, мл/ч	Расход десорбирующего раствора			Расход ПР на донасыщение			Выход элюата, мл/ч	Концентрация урана в элюате, кг/м ³	Концентрация урана в маточнике донасыщения, кг/м ³	Произ-ть по урану, г/ч
		мл/ч	ч ⁻¹	см/ч	мл/ч	ч ⁻¹	см/ч				
Purolite PFA	100	200	2		133	1,33		61	>60	< 0,2	3,66
Ambersep 920	114	228	2		152	1,33		83	> 50	< 0,2	4,98
Dowex RPU	114	228	2		152	1,33		83	> 50	< 0,2	4,98
Lewatit K 6362	110	220	2		147	1,33		80	> 50	< 0,2	4,8

По ходу испытаний был выявлен наиболее оптимальный режим для каждого сорбента. На первом этапе испытания велись в режиме, рассчитанном на основании, ранее проведенных исследований кинетических и емкостных характеристик для каждого ионита.

Впоследствии вносились незначительные необходимые корректировки в технический режим. Отработка оптимального технического режима для каждого сорбента велась в течении 3 циклов.

Таблица 3

Сравнительные данные анализируемых сорбентов по различным характеристикам

Название ионита	СОЕ г/л	ПДОЕ г/л	Время насыщения, час	Содержание урана в ТД г/л	Остаточная емкость г/л	Степень донасыщения в СДК г/л
Purolite	47,7	45,6	42	90,0	1,5	90,0
Rohm&Haas	23,8	27,9	36	46,5	0,8	39,0
Dowex	26,7	27,5	30	56,0	0,7	42,0
Bayer	22,4	27,0	39	40,0	0,7	38,0

ВЫВОДЫ

1. Апробирована на практике методика расчета основных параметров работы установки СДК-50 для оптимизации процессов донасыщения-десорбции.
2. Проведены лабораторные испытания установки СДК-50 на рудоуправлениях НАК «Казатомпром». Проанализированы различные виды смол на реальных технологических растворах.
3. Использование лабораторной установки СДК-50 позволяет отработать оптимальные режимы работы сорбционно-десорбционного каскада аппаратов СНК и СДК как, на имеющихся ионитах, так и при подборе новых сорбентов.
4. Рассчитанные технологические параметры на основе исследования кинетических характеристик смолы во многом помогут технологам не только отслеживать процессы, проходящие в колонне, но и корректировать их.
5. Характеристика сорбентов показана по убывающей линии:
- Purolite PFA 460/47; - Dowex RPU; - Lewatit K 6362; - Ambersep 920.

Использованная литература:

1. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И., Константинов В.А. Расчет и моделирование ионообменных реакторов. Изд. «Химия», 1984 г.
2. «Совершенствование сорбционно-осадительных процессов переработки продуктивных растворов», отчет о научно-исследовательской работе по договору № НАК-1.2 Института высоких технологий (заключительный), г. Алматы, 2004 г.
3. «Совершенствование сорбционной технологии переработки урансодержащих растворов», отчет о научно-исследовательской работе по договору 111-5.9 Института высоких технологий (заключительный), г. Алматы, 2003 г.

УРАНДЫ ЖЕРАСТЫ СКВАЖИНАЛЫҚ ШАЙМАЛАУ ҮРДІСІНДЕ ТОТЫҚТЫРҒЫШТАРДЫ ҚОЛДАНУ

Дуйсебаев Б.О., Копбаева М.П., Полиновский К.Д., Смайлов Е.Қ.,
Кокумбеков Б.Б., Сарсенбаева А.С.,
«Жоғары технологиялар институты» ЖШС, Алматы қ.

Оңтүстік Қазақстан облысының роллдық кен орындарында тотықтырғыштардың ішіндегі тиімдісі Fe^{3+} иондарын қолдану арқылы жерасты скважиналық шаймалау (ЖСШ) үрдісін интенсификациялауға жетуге болатыны дәлелделген.

2006 жылы Оңтүстік Қарамұрын кен орнында кен материалдарында жүргізілген тәжірибелік жұмыстар нәтижесінде көрсетілгендей, шаймалау ерітіндісінің құрамына 1 г/л Fe^{3+} иондарын қосу арқылы уранның шаймалау дәрежесін өсіреді, күкіртқышқылының кг уранға есептелген шығынын азайтады және шаймалау уақытын айтарлықтай қысқартады.

Егер уранды шаймалау дәрежесінің өсуі кеннің тотығу дәрежесіне тәуелді болса (скважинадағы жоғарытотыққан кендер үшін $C:K=4$ л/кг уранды шығару 90,2%-дан 95,4%-ға, ал скважинадағы төменгітотыққан кендер үшін 70,3%-дан 96,9%-ға өсті), онда шаймалау уақытының қысқаруы кендердің төменгітотығуында және жоғарытотығуында да байқалатыны анықталды.

Бұл жұмыста «Шығыс Мыңқұдық» кен орнында химиялық анализ негізінде шаймалау ерітіндісінің (ШЕ) және өнімді ерітіндісінің (ӨЕ) құрамына қарап, өнімді ерітіндінің құрамына оптималды технология таңдап алынды және тәжірибе өткізетін орын анықталды. Анализ нәтижесінде:

1.«Шығыс Мыңқұдық» кен орнында ШЕ құрамында жалпы темір иондары жеткілікті жоғары (0,9-1,1 г/л), бірақ негізгі бөлігі Fe^{2+} формада (0,7-1,0 г/л) кездеседі, ал Fe^{3+} формада бар болғаны 0,1-0,2 г/л.

2.ЖСШ үрдісінде уран рН үштен төмен болғанда ӨЕ құрамында аз мөлшерде пайда болады.

Басқа да кен орындарында тәжірибелік эксплуатация кезінде көрсетілгендей күкірт қышқылды ЖСШ барысында (VI) валентті уран қышқылдау кезеңінде ($pH=7-8$ карбонатты комплекс формасында, ал $pH \leq 5$ сульфатты комплекс формасында) қарқынды шаймалана бастайды. Бірақ «Шығыс Мыңқұдық» кен орнында мұндай құбылыс байқалмайды, сондықтан уран (VI) жоқ деп санауға болады. Анығында кен орнында барлығы уран (IV) кездеседі, шаймалау кезеңінде уран (VI) тотығады және ӨЕ құрамында Fe^{3+} иондары белгілі бір мөлшері болғанда, рН 3-тен төмен болғанда уран шаймалана бастайды.

Сол себепті «Шығыс Мыңқұдық» кен орнында кендерден уранды шаймалау жылдамдығы ШЕ-гі Fe^{3+} иондарының концентрациясына байланысты.

Сондықтан ЖСШ үрдісін интенсификациялау үшін, Fe^{2+} иондарын Fe^{3+} иондарына тотықтыруға тотықтырғыштарды қолдану керек.

Сутегінің асқын тотығы- табиғи тәжірибені жүргізу кезінде тек қана активті шаймалауда емес, яғни Fe^{2+} иондарын Fe^{3+} тотықтыру, сонымен бірге активті қышқылдау кезеңінде де өзіндік тотықтырғыш ретінде қолданылады.

Аралық ұяшық, тәжірибелік және бақылайтын ұяшықтардың арасында эксперименттік шаймалау ерітіндісі (ЭШЕ) бақылайтын ұяшыққа құйылып кетпес үшін орналасқан (Сурет 1). Бақылайтын ұяшыққа ШЕ қазіргі уақытта кеніште қолданылатын құрамымен құйылады, ал тәжірибелік ұяшыққа – ЭШЕ құйылады.

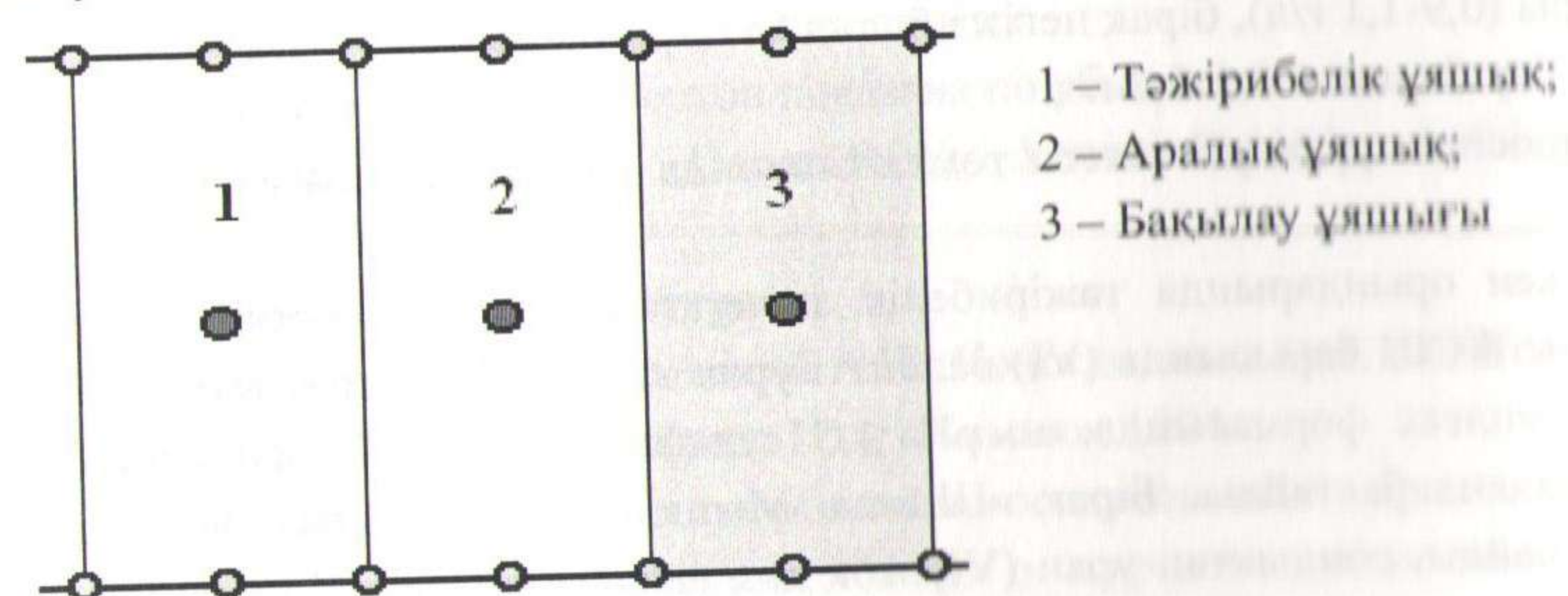
Активті қышқылдау кезеңінде ШЕ дайындау жер қыртысындағы суға күкіртқышқылын қосумен іске асады. Қышқылданған ерітіндіге сутегінің асқын тотығын қосып, эксперименттік шаймалау ерітіндісі дайындалады. Дайындалған ЭШЕ-сі тәжірибелік ұяшыққа құйылады.

Активті шаймалауда айналымдағы ерітінділерді күкіртқышқылымен нығайту арқылы өндіріледі. Айналымдағы ерітінділер негізінен өнімді ерітінділерден уранды сорбцияланғаннан кейінгі аналық ерітінділер.

Уранды ЖСШ үрдісінде сутегінің асқын тотығын екі жағдайда: қышқылдау стадиясында- уранды тотықтыру ретінде, ал шаймалау кезінде Fe^{2+} -ті Fe^{3+} -ке тотықтыру ретінде қолдануға болады.

ЖСШ үрдісінде сутегінің асқын тотығының тотықтырғыш ретіндегі негізгі кемістігі темір тұздарының бар кезінде, оның химиялық тұрақтылығының төмендігі болып табылады. Ерітіндіде Fe^{2+} ионының бар кезінде, сутегінің асқын тотығы оны тотықтыруға толығымен жұмсалады. Олар толық тотыққаннан кейін суға және оттегіге тез ыдырап кетеді.

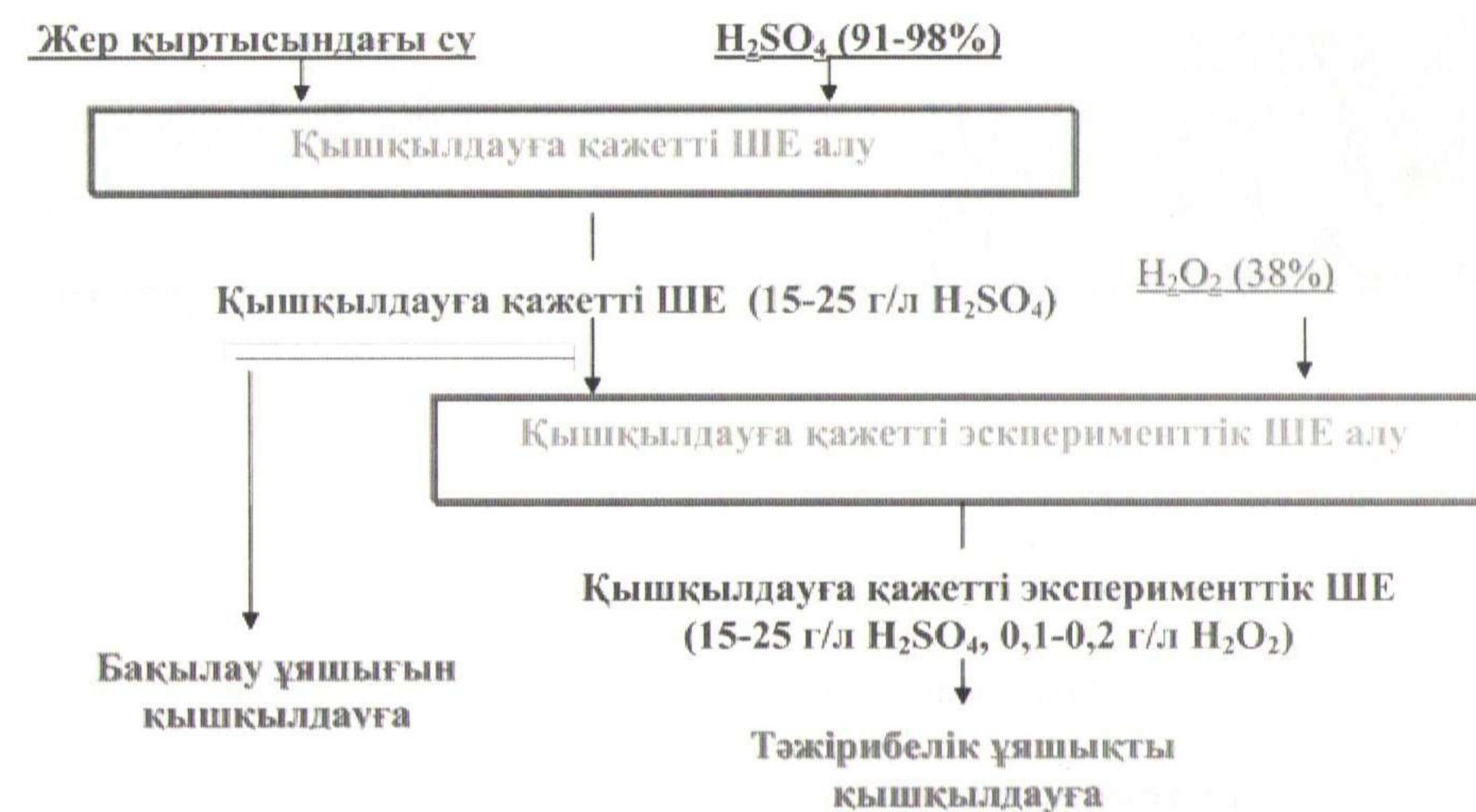
ЭШЕ-не жеке үлестерін коллекторды қолдану сутегінің асқын тотығын ШЕ-ге қосудың нобайын жеңілдетті (Сурет 2).



Сурет 1. Тәжірибелік аймақтағы ұяшықтардың нобайы

Активті шаймалау және қышқылдау үрдістеріндегі ЭШЕ дайындаудағы технологиялық нобайларын ШЕ бастапқы құрамымен және оған құйылатын сутегінің асқын тотығының мөлшерімен ажыратады.

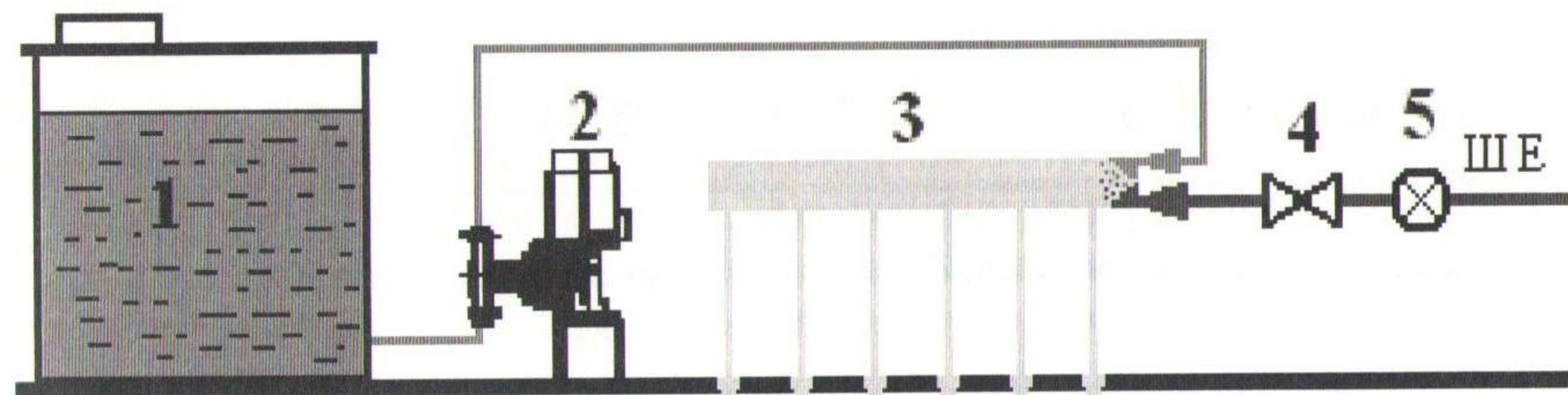
А - Активті қышқылдау үрдісінің технологиялық нобайы



Б - Активті шаймалау үрдісінің технологиялық нобайы:



Сутегінің асқын тотығы



- 1 – Сутегінің асқын тотығының ыдысы – $V = 1 \text{ м}^3$
 2 – Сутегінің асқын тотығын ШЕ қосуға кажетті дозалығыш сорғыш – өнімділігі $0,04 \text{ м}^3/\text{сағ}$
 3 – ЭШЕ үлестіретін коллектор
 4 – ШЕ өлшеуіші
 5 – ШЕ өлшемін реттейтін ағызғыш

Сурет 2. Тәжірибелік аймақтың аппаратуралық нобайы

Қышқылдау кезеңінде скважинаға 38 % - дық сутегінің асқын тотығының 7800 кг құйылды. ЭШЕ-гі сутегінің асқын тотығының концентрациясы $0,13 \text{ г/л}$ ($0,013 \%$) құрайды. Скважинаның активті қышқылдау кезіндегі химиялық анализ нәтижелері төменде 1 – кестеде көрсетілген.

Кесте - 1

Тәжірибелік, аралық, бақылау скважиналардың химиялық анализ нәтижелері

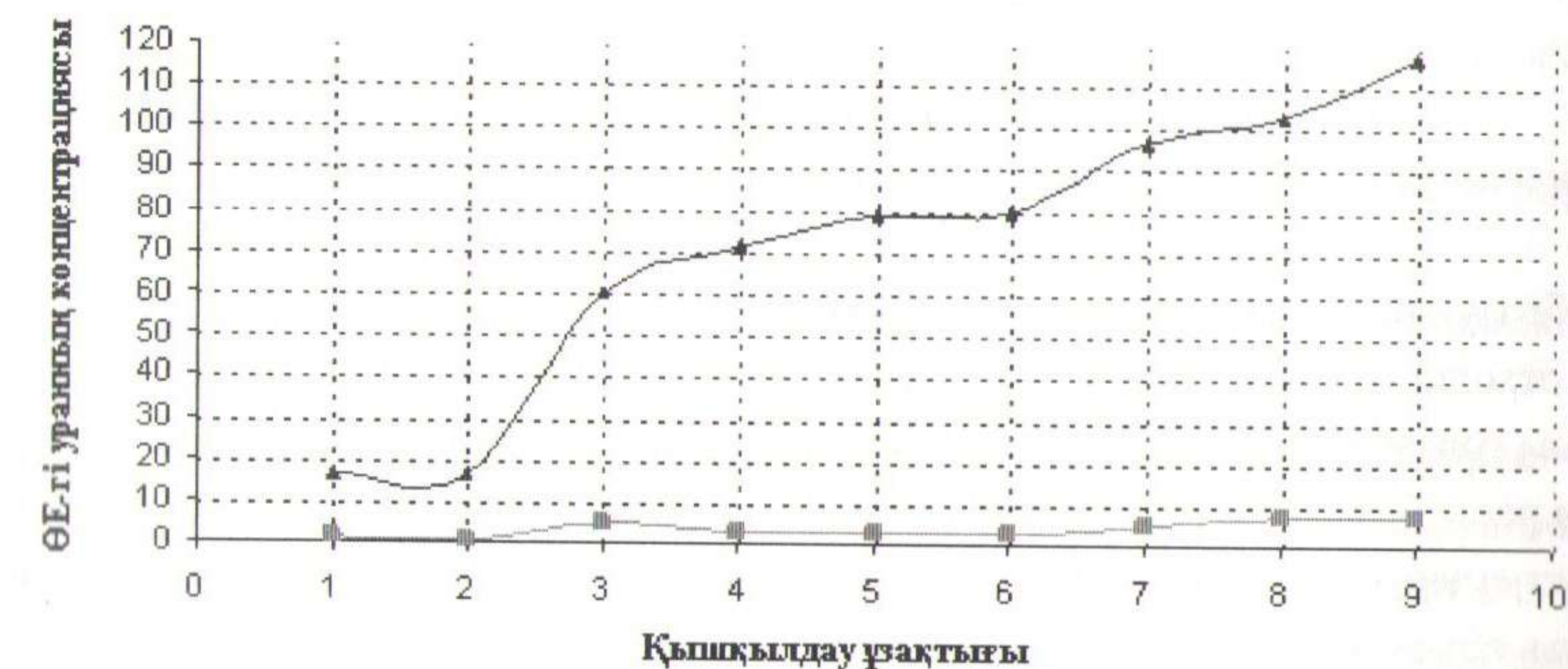
	Тәжірибелік			Аралық			Бақылау		
	pH	ТПП	Me, мг/дм ³	pH	ТПП	Me, мг/дм ³	pH	ТПП	Me, мг/дм ³
1	4,41	246	16	4,60	241	8	7,19	213	1,5
2	4,43	165	16	4,48	186	21	6,64	168	1
3	3,85	255	60	3,00	289	54	6,27	110	5
4	3,52	244	71	3,03	265	55	5,83	130	3
5	3,53	226	79	3,58	208	41	6,35	116	
6	3,42	251	80	3,27	272	44	4,96	235	3
7	4,25	224	97	3,22	233	38	3,18	217	5
8	2,79	327	103	2,92	359	34	4,32	132	7
9	3,03	141	117	2,89	151	35	4,2	155	7

ШЕ құрамы:

№1 құю скважинасы: pH=2,10; ТПП=500; Me=3 мг/л; қышқылдығы 9,8 г/л
 $\text{Fe}^{3+}=1,1 \text{ г/л}$; $\text{Fe}^{2+}=0,1 \text{ г/л}$;

№2 құю скважинасы: pH=2,08; ТПП=500; Me=4 мг/л; қышқылдығы 11,3 г/л
 $\text{Fe}^{3+}=1,1 \text{ г/л}$; $\text{Fe}^{2+}=0,12 \text{ г/л}$;

Активті қышқылдау үрдісінде сутегінің асқын тотығын қолдану, қышқылдау уақытын едәуір қысқартатыны көрсетілген. (Сурет 3.)



—▲— ТӘЖІРИБЕЛІК —■— БАҚЫЛАУ

Сурет 3. H₂O₂-гі уран концентрациясының қышқылдау ұзақтығына тәуелділігі

Қорытынды

Уранды жерасты скважиналық шаймалау үрдісінде тотықтырғыш ретінде сутегінің асқын тотығын пайдаланғанда тәжірибе барысында алынған нәтижелер бойынша мынадай алдын-ала қорытынды беруге болады:

- күкіртқышқылының кг уранға есептелген шығынын азайтады;
- шаймалау уақытын айтарлықтай қысқартады.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАЩЕНИЯ С ЖРО И ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ИХ ПРОТЕКАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Лукашенко С.Н., Коровина О.Ю., Айдарханова А.К.,

Институт радиационной безопасности и экологии, г.Курчатов, Казахстан

Образующиеся в результате эксплуатации объектов атомной энергетики радиоактивные отходы требуют безопасного хранения и по возможности надежной утилизации. С каждым годом количество жидких (ЖРО) и твердых радиоактивных отходов катастрофически растет. Особую трудность представляет переработка больших объемов ЖРО.

Актуален вопрос необходимости разработки систем, позволяющих значительно сократить объем хранимых отходов. Принятая в настоящее время концепция кондиционирования радиоактивных отходов, предусматривает концентрирование содержащихся в ЖРО радионуклидов в небольшом объеме специфических коллекторов, позволяющих при последующей обработке обеспечить надежную изоляцию от окружающей среды биологически опасных компонентов.

Жидким радиоактивным отходам присуще большое разнообразие составов, физико-химических и других свойств в зависимости от места, условий и источника их возникновения. Прямое использование селективной сорбции радионуклидов, считающейся в настоящее время наиболее перспективной, не обеспечивает решения поставленной задачи по глубокой очистке технологических растворов из-за недостаточной стойкости материалов в этих системах, малого ресурса работы и невозможности обеспечить удаление таких радионуклидов, как ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{237}Np . Основной причиной такого эффекта является присутствие в обрабатываемых растворах органических лигандов, таких как ЭДТА- и оксалат-ионы, поступающих в ЖРО при проведении дезактивационных работ и химических промывок теплоэнергетического оборудования. Для разрушения такого рода соединений возможно применение методов окислительной обработки с использованием озонирования или электростимулированного окисления.

Дальнейшее осаждение радионуклидов соответствующими реагентами позволит полностью перевести радиоактивные вещества из растворенного ионного состояния в твердое (в качестве нерастворимых солей). Удаление шламов и осадков такими традиционными методами, как отстаивание и фильтрация, позволит обеспечить глубокую очистку технологических растворов от радионуклидов.

Для решения проблемы обращения с ЖРО были рассмотрены принципиальные схемы организации процессов переработки радиоактивных отходов, в лабораторных условиях осуществлен выбор технологических операций обращения с ЖРО, начаты работы по выбору наиболее оптимальных условий их протекания.

Экспериментальная часть работы включала экспериментальный выбор основных технологических операций обращения с ЖРО, лабораторные исследования с целью изучения поведения радионуклидов в среде различных дезактивирующих растворов, экспериментальный выбор оптимальных условий протекания технологических процессов.

Технологические операции обращения с ЖРО разделены на три этапа:

- Электрохимическое окисление комплексобразующей составляющей дезактивирующих растворов с использованием электролизера.
- Осаждение радионуклидов, входящих в состав ЖРО, методом концентрирования из растворов.
- Разделение образующихся твердых радиоактивных отходов от жидкой фазы методом фильтрования.

По имеющимся данным известно, что конструкция электролизера играет определяющую роль в организации процесса окисления. В стандартной конструкции электролизера существует принципиальная возможность проскока раствора без его электролиза даже в благоприятных решениях для проведения процесса, а 99% электрического тока в солевых хлоридных растворах тратится на производство свободного хлора, который выходит из аппарата. Поэтому основное внимание при разработке электролизера необходимо уделить конструкции электролизера и уточнению некоторых параметров реальных ЖРО.

При адсорбции органических молекул, содержащих более одного кислородного атома, на платине, наряду с реакциями дегидрирования, часто протекают реакции разрыва С-С-связей (как это происходит у шавелевой кислоты). Разнообразие реакций велико, как и самих органических молекул, но можно заметить, что при электрохимическом окислении продуктов адсорбции не обязательно требуется генерация озона, поскольку до этого образуются сильные окислители в виде радикалов и атомарного кислорода.

Известно, что для технической реализации процессов электрохимического окисления органических веществ в электролитах:

1. В процесс электролиза необходимо включить фазу адсорбции органического вещества, которая происходит при средних потенциалах рабочего электрода ($\sim +0,4 \div 0,6$ В) и сравнительно низких токах электролиза. Сорбция для некоторых соединений может происходить с разрывом химических связей в связи с глубокой перестройкой молекул (большая энергия активации). Для ускорения процесса требуется развитая каталитически активная поверхность электрода и большое соотношение площади электрода (А) к объему электролизера (V).

2. Необходим переход фазы адсорбции к стадии окисления адсорбированного вещества, который происходит путем смещения потенциала электрода в анодную область до максимальных значений ($\sim +1,5 \div 1,8$ В) за счет увеличения тока или напряжения на электродах. При этом генерируются промежуточные радикалы и атомарный кислород, которые окисляют и десорбируют конечные продукты.

3. Необходима фаза уменьшения потенциала электрода вплоть до начала адсорбции и выделения водорода. Это ведет к перемене полярности тока уже при десорбции кислорода, прекращает газовыделение, очищает электрод от пузырей кислорода за счет его обратного восстановления. Возможно также восстановление некоторых органических молекул до нейтральных продуктов. При этом происходит активация рабочего электрода как катализатора.

4. Последовательность фаз электролиза необходимо повторять, что возможно осуществить при использовании переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Кроме того, вероятно, необходимо программирование источника питания электролизера по уровням напряжения (или тока) и длительности отдельных фаз. Для увеличения производительности аппарата необходимо последовательное (или повторное) прохождение электролита через систему электродов, исключая тем самым проскок необработанного раствора.

Все изложенное подтверждает нашу уверенность в возможности решения чрезвычайно актуальной задачи при утилизации (переработке) высокосолевых жидких радиоактивных отходов – очистке исходных растворов от ПАВ и комплексообразующих веществ. При этом определяющую роль должен играть не столько выбор режима проведения электрохимического процесса, сколько решение конструктивно-технологических задач, необходимых для реализации процесса.

В рамках лабораторных исследований с целью определения условий эффективной очистки ЖРО от радионуклидов были выбраны два состава модельных растворов с комплексообразующей основой, состоящей из дезактивирующих веществ: трилон Б и щавелевая кислота. На первом этапе в качестве радиоактивного загрязнителя применялся раствор трассера – ^{134}Cs . Выбран состав и проведены экспериментальные исследования с двумя сериями модельных растворов. I серия растворов приготовлена на основе трилона Б с различной нормальностью раствора: 0; 0,05; 0,09; 0,1; 0,5; 0,7 н. II серия растворов была приготовлена на основе щавелевой кислоты с нормальной концентрацией: 0,03; 0,1; 0,2; 0,6; 1,1; 1,9 н. В каждый раствор было внесено определенное количество трассера ^{134}Cs .

Проведены исследования по влиянию различного содержания трилона Б и щавелевой кислоты на степень осаждения цезия из раствора. Для чего из приготовленных модельных растворов был осажден ^{134}Cs методом концентрирования с ферроцианидом переходного металла (меди). Как основной способ определения содержания ^{134}Cs в водной фазе ЖРО и в образующихся осадках выбран γ -спектрометрический анализ.

Влияние различного содержания дезактивирующих веществ (трилона Б и щавелевой кислоты) на степень извлечения ^{134}Cs из раствора представлено на рисунках (Рисунок 1, Рисунок 2).

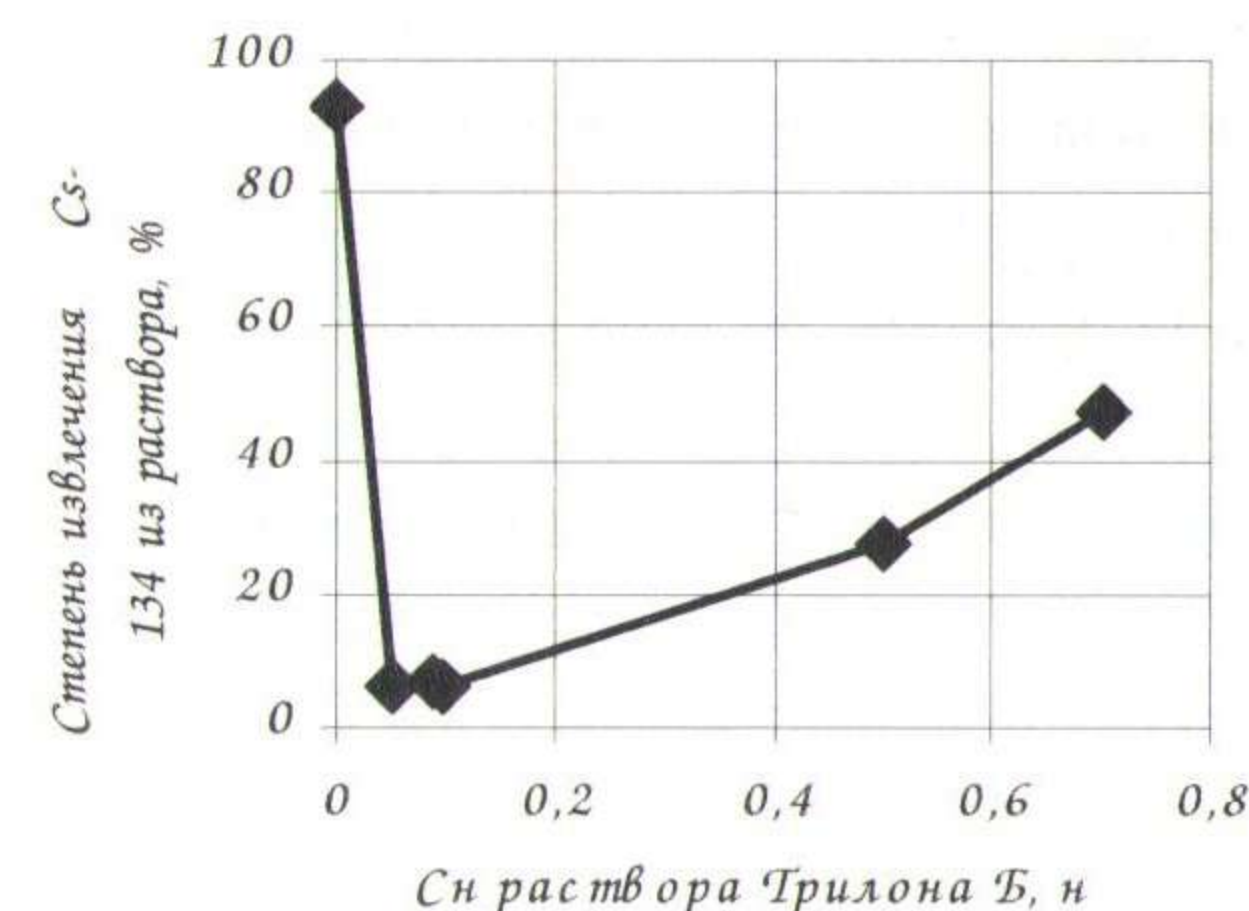


Рисунок 1. Влияние концентрации трилона Б в растворе на степень извлечения ^{134}Cs

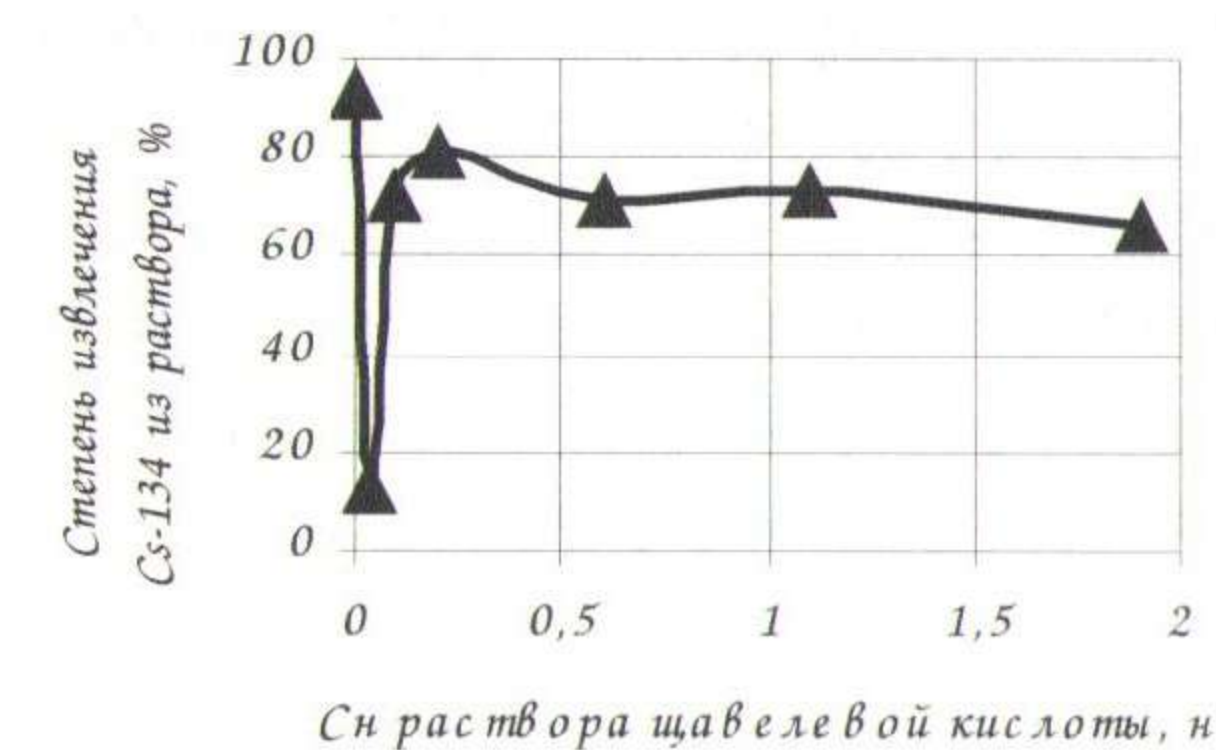


Рисунок 2. Влияние концентрации щавелевой кислоты в растворе на степень извлечения ^{134}Cs

Анализ полученных данных показывает, что различное содержание в растворе дезактивирующих веществ по-разному влияет на степень извлечения из раствора ^{134}Cs . Замечен факт пониженного извлечения ^{134}Cs из раствора при низких концентрациях дезактивирующих веществ.

С целью определения оптимального содержания трилона Б, влияние которого на степень осаждения ^{134}Cs будет минимальным, были проведены более детальные лабораторные исследования по извлечению ^{134}Cs из модельных растворов. Для этого были приготовлены несколько серий растворов на основе трилона Б с различной нормальностью: 0; 0,009; 0,018; 0,029; 0,038; 0,049; 0,056; 0,065; 0,079; 0,096; 0,482; 0,652 н. Проведено извлечение ^{134}Cs из раствора методом концентрирования с ферроцианидом переходного металла (меди).

Результаты γ -спектрометрического анализа отображены на графике (Рисунок 3).

В ходе данного эксперимента выявлено, что в диапазоне концентраций трилона Б в растворе от 0,018 н. до 0,1 н. степень извлечения ^{134}Cs из раствора минимальная и приближается к нулю.



Рисунок 3. Влияние концентрации трилона Б в растворе на степень извлечения ^{134}Cs

Заключение:

В рамках данной работы были определены основные этапы технологического процесса переработки ЖРО. Начаты лабораторные исследования с целью разработки эффективного и экономически выгодного технологического процесса переработки ЖРО. Настоящие лабораторные эксперименты направлены на выбор оптимальных условий протекания каждого из этапов всего технологического процесса.

Результаты проведенных исследований будут являться базовой основой для создания модуля по переработке ЖРО.

Использованная литература:

1. Ситникова М. Радиоактивные отходы и доходы // Реальный сектор. - №6 (50). - 2006.
2. Кравченко Т.А. Электрохимические реакции, // Химия. - №11. - 1997.
3. Шапошник В.А. Мембранная электрохимия, // Химия. - №2, 1999.
4. Практикум по прикладной электрохимии, под ред. Бахчисарайцян Н.Г., Борисоглебский Ю.В. и др. - Л.: Химия. - 1990. - С.156-161, С. 292.
5. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии. - М.: Химия. - 1963. - 423 с.
6. Глестон С. Введение в электрохимию. - М.: Изд. иностр. литер. - 1951. - 768 с.
7. Бейзер М., Лунд Х. Органическая электрохимия, в 2-х томах. - М.: Химия. - 1988. - I том, 469 с.
8. Якименко Л.М. Электродные материалы в прикладной электрохимии. - М.: Химия. - 1977. - 264 с.
9. Тихонов К.И., Агафонова Н.И. Электроосаждение металлов из органических растворителей. - Л., 1979. - 83 с.
10. Хейнс А. Методы окисления органических соединений. - М.: Мир. - 1988. - 400 с.
11. Калюкова Е.Н. Осадительное и комплексонометрическое титрование. - Ульяновск. - 2002. - С.18-23.
12. Милукова М.С., Гучева Н.И. и др. Аналитическая химия плутония. - М.: Наука. - 1965. - 455 с.
13. Михайлов В.А. Аналитическая химия нептуния. - М.: Наука. - 1971. - 218 с.
14. Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. - М.: Химия. - 1971. - 440 с.
15. Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами. - МАГАТЭ, Вена. - 2005. - 221 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ И ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

*Ляхова О.Н., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б., Кубенов А.М., Айдарханов А.О.,
Институт Радиационной Безопасности и Экологии Национального Ядерного Центра
Республики Казахстан г. Курчатов*

Проведено исследование содержания трития в объектах окружающей среды на территории Семипалатинского испытательного полигона на примере испытательной площадки Дегелен. Проведен анализ и оценка данных по содержанию трития в штольневых, грунтовых и поверхностных водах, в растительности, а так же в атмосферном, штольневом и почвенном воздухе на территории испытательной площадки Дегелен. Разработан и внедрен метод отбора проб почвенного воздуха для косвенного определения содержания трития в грунтовых водах.

ВВЕДЕНИЕ

В бывшем СССР в период с 1949 по 1990 г. было проведено более 700 испытаний ядерного оружия. Значительная часть испытательных взрывов (456) была осуществлена на Семипалатинском испытательном полигоне. Многолетние испытания ядерного оружия привели к необратимым процессам в окружающей среде, связанных с нарушением природного равновесия растительного и животного мира и нанесших значительный ущерб здоровью населения, прилегающих к полигону районов [1]

Степень радиоактивного загрязнения атмосферы и местности при ядерных взрывах определяется главным образом:

- общим количеством образовавшейся при взрыве радиоактивности;
- степенью разбавления радиоактивных продуктов в атмосфере (метеорологической ситуацией при взрыве).

Наибольший вклад в радиоактивное загрязнение местности вносят долгоживущие радионуклиды – плутоний, америций, стронций, цезий. Поэтому, при проведении различных исследований на территории СИП с целью изучения последствий испытаний ядерного оружия и их воздействия на окружающую среду, главное внимание уделялось именно этим радионуклидам. Тритий, в основном, рассматривался как индикатор путей миграции радионуклидов с подземными водами из мест проведения подземных ядер-

ных взрывов. Фиксируя тритий в пробах воды на удалении от эпицентра взрыва можно прогнозировать появление (через определенное время) других техногенных радионуклидов, мигрирующих с подземными водами из полостей взрывов. Исследования последних лет показали, что тритий, так же как и ранее изучаемые радионуклиды, является источником радиоактивного облучения человека. Так, в результате радиоэкологических исследований, проведенных НЯЦ РК в 2006 году, был обнаружен факт радиоактивного загрязнения реки Шаган. Содержание трития в поверхностных водах на некоторых ее участках более чем в 40 раз превышает установленный НРБ-99 (7700 Бк/кг) уровень вмешательства для населения при поступлении данного радионуклида с водой и пищей (Рисунок 1) [2]

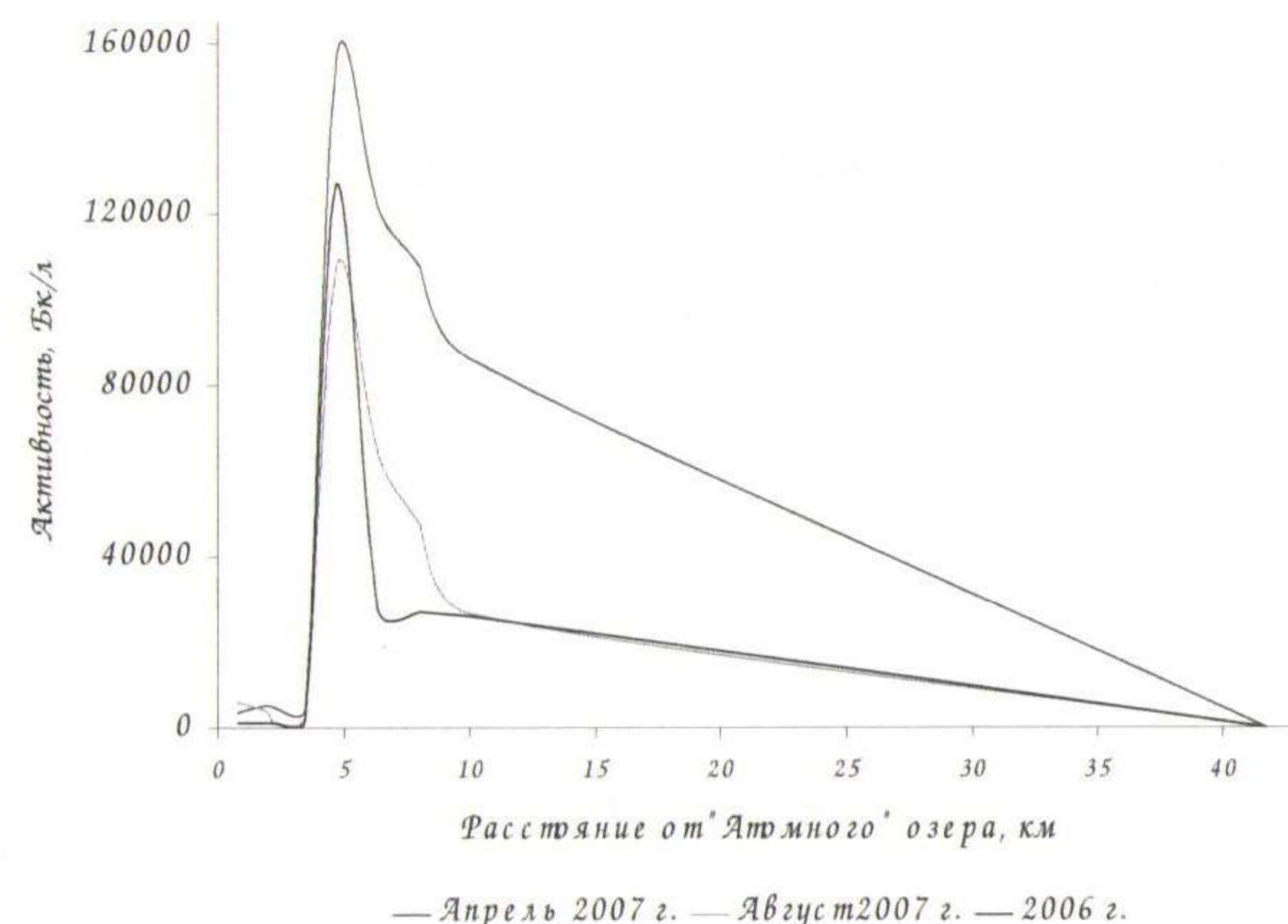


Рисунок 1. Сравнительный график концентрации трития в поверхностных водах р. Шаган за 2006 и 2007 г.

1 Тритий

Тритий – радиоактивный изотоп водорода с периодом полураспада 12,3 года. Образуясь в атмосфере, литосфере и гидросфере тритий участвует в круговороте воды в природе.

Проблема тритиевого загрязнения состоит в том, что элементарный тритий (НТ), вступая во взаимодействие с почвой, растительностью и с атмосферным воздухом, становится составной частью воды (НТО) и органического вещества биологических объектов. Тритий, в виде этих соединений, за счет ингаляции и по пищевым цепочкам поступает в организм человека. Опасность трития в качестве источника внутреннего облучения определяется возможностью его присутствия в любых тканях в биологическом объекте, включая генетический материал клетки [3]

Для исследования уровня и характера распределения трития в объектах окружающей среды была выбрана испытательная площадка Дегелен.

На испытательной площадке “Дегелен” ядерные взрывы проводились в горизонтальных горных выработках – штольнях. Всего, за период с 1961 г. по 1989 г., была пройдена 181 штольня, в который проведено 209 ядерных испытаний [4]. Сезонные водопроявления, связанные с инфильтрацией атмосферных осадков, явились причиной распространения трития из полостей ядерных взрывов на дневную поверхность.

Основываясь на результаты исследований, был проведен анализ и систематизация данных по содержанию трития в штольневых, грунтовых и поверхностных водах в период с 2000 по 2007 год.

Все лабораторные исследования проводились на спектрометрическом жидкоцинтилляционном комплексе TRI CRB.

В результате была получена общая картина загрязнения тритием водных объектов площадки Дегелен.

2 Анализ и обобщение данных по содержанию трития в штольневых, грунтовых и поверхностных водах

На следующем рисунке (Рисунок 2) графически отображены результаты исследования штольневых вод. В целом концентрация трития за период наблюдений остается практически на одном уровне порядка 250 кБк/л (на настоящий момент) в среднем по всем обследованным штольням. Из графика мониторинга видно, что максимальное содержание трития сохраняется в водотоке штольни 177, хотя в период с 2000 по 2007 год здесь наблюдается значительное уменьшение содержания трития с 800 кБ/л до 500 кБ/л.

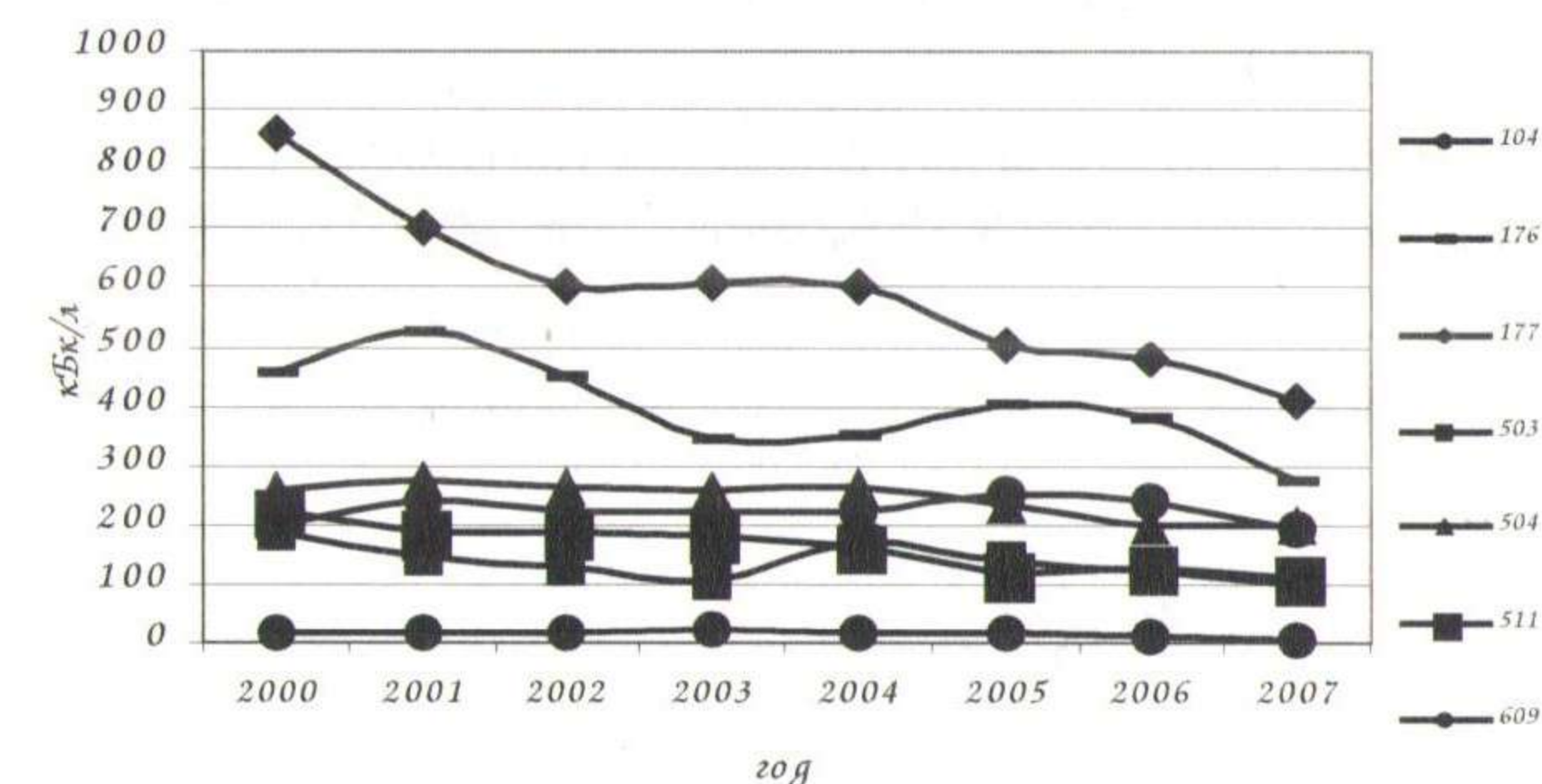


Рисунок 2. Результаты исследования штольневых вод

Следующим этапом исследований было проведение оценки загрязнения тритием грунтовых вод площадки Дегелен. Контроль, за содержанием трития в грунтовых водах, проводился путем анализа проб воды, отобранных из специально оборудованных наблюдательных гидрогеологических скважин. Скважина 6 расположена на юге площадки Дегелен, скважина 14 – на севере, 8 на западе и 13 на востоке. Подобное распо-

ложение скважин помимо проведения оценки радионуклидного загрязнения подземных вод, позволяет оценить характер выноса техногенных радионуклидов с водными потоками за пределы горного массива Дегелен [5]

Результаты исследования грунтовых вод представлены на рисунке 3. Максимальное содержание трития отмечено в скважинах 6 и 8 и составляет порядка 140 кБк/л (подземные воды юго-восточного и северо-западного направления). Минимальное значение содержания отмечено в скважине 14 (воды северного направления), около 85 кБк/л. Как видно из графика, значение концентрации трития в грунтовых водах на протяжении всего периода исследования остается так же практически на одном уровне и не на много отличается от концентрации данного радионуклида в штольневых водах. Этот факт лишний раз свидетельствует о тесной взаимосвязи штольневых и подземных вод.

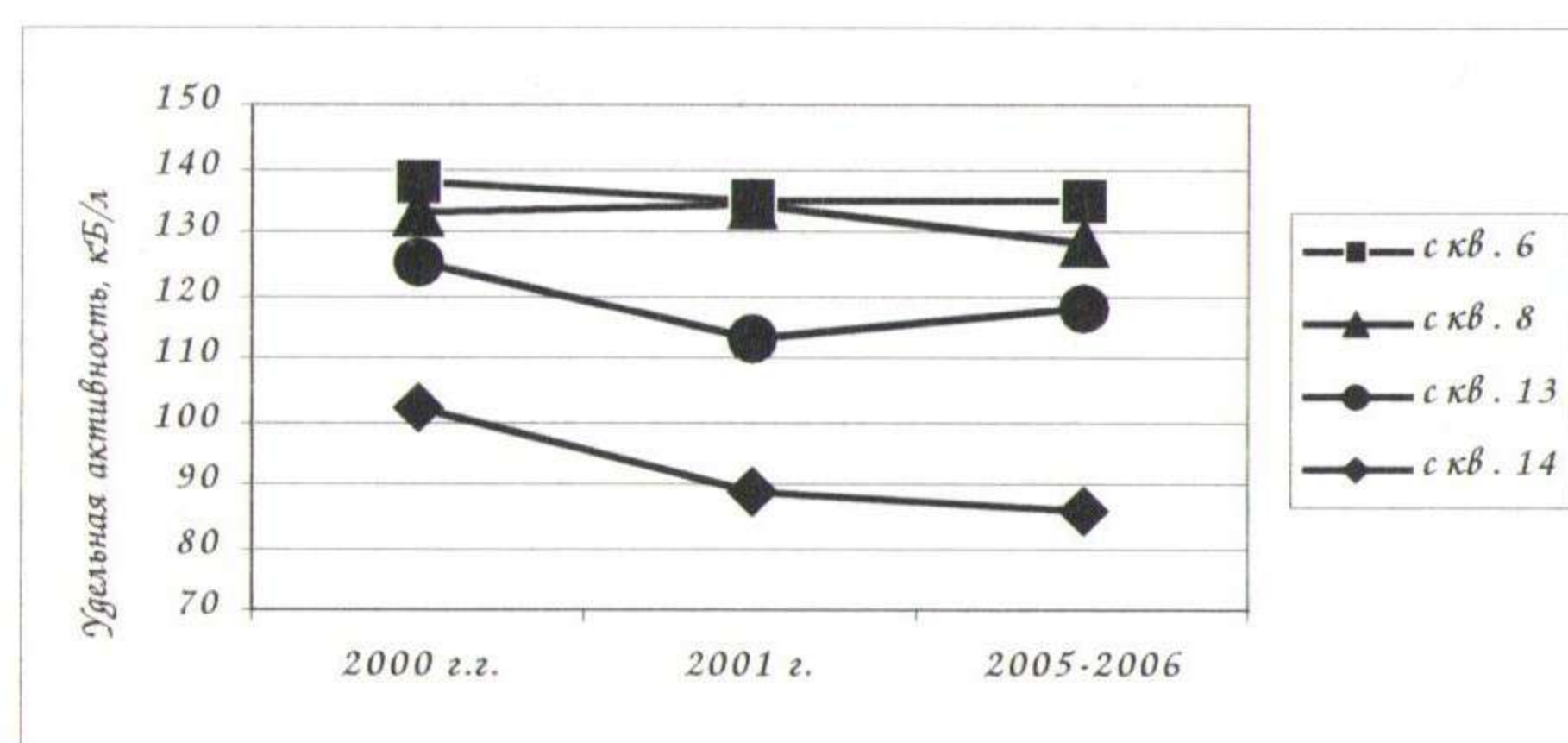


Рисунок 3. Результаты исследований содержания трития в грунтовых водах

Далее рассмотрим результаты исследований тритиевого загрязнения поверхностных вод (Рисунок 4). По результатам исследований видно, что содержание трития в поверхностных водах, ручьях и родниках горного массива Дегелен на период 2007 года не превышает 170 кБк/л.

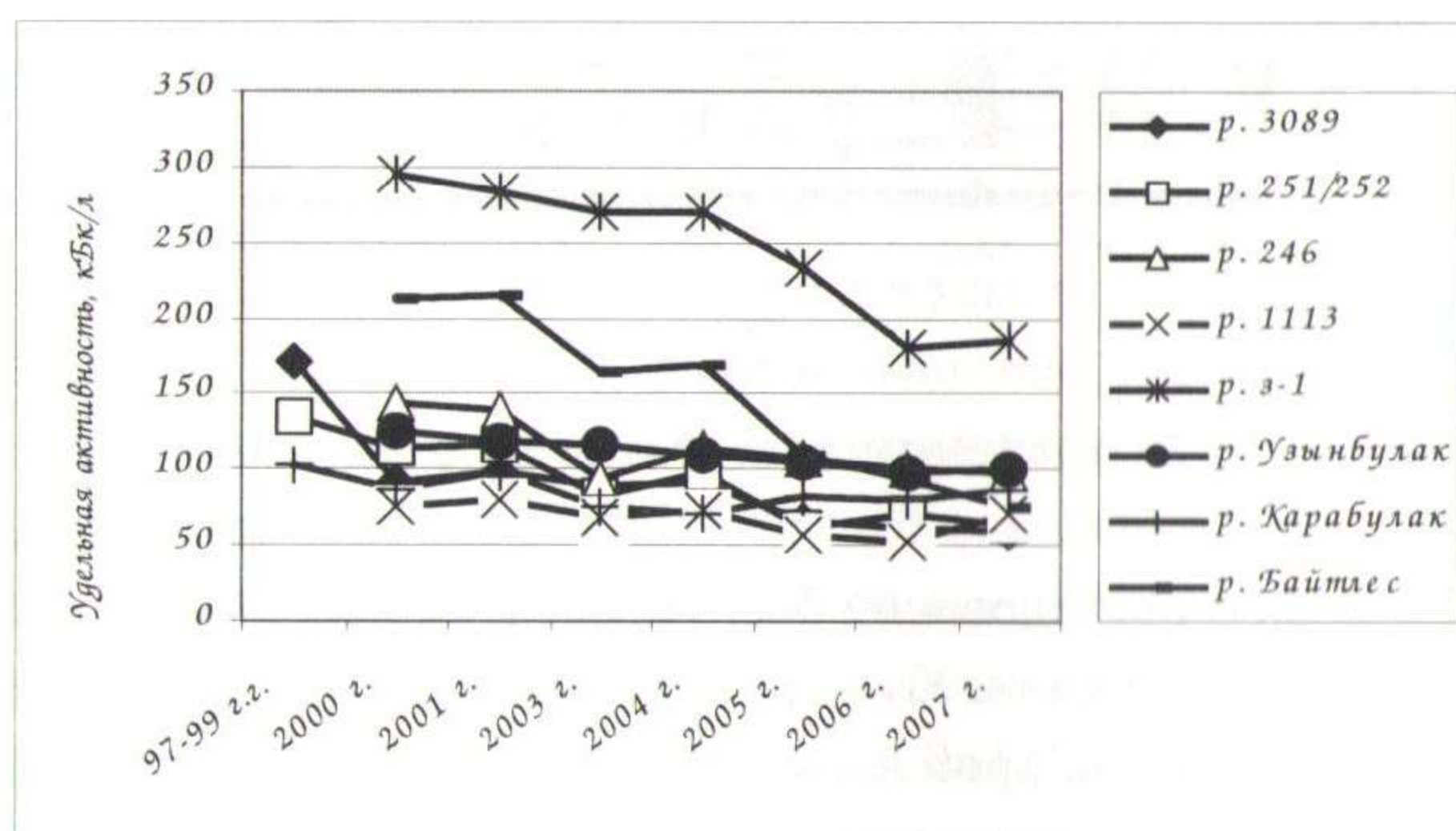


Рисунок 4. Результаты исследований тритиевого загрязнения поверхностных вод

В целом состояние штольневых, грунтовых и поверхностных вод к данному моменту времени остается относительно стабильным, о чем свидетельствует отсутствие скачкообразного изменения концентрации трития на представленных вашему вниманию графиках.

3 Оценка уровня концентрации трития в свободной воде растений

Высокие уровни содержания трития в поверхностных и грунтовых водах могут являться источником переобучения человека по пищевой цепочке почва – растения – животное-человек. Сложившаяся ситуация осложняется тем, что в настоящее время на территории СИП ведется активное пастбищное животноводство.

В августе 2007 г. были проведены исследования по определению концентрации трития в свободной воде растений. Были отобраны пробы различных доминантных растений – вейник тростниковидный, волоснец узкий, чий. Пробы отбирались на участках береговой зоны р. Шаган одновременно с отбором проб воды в береговой зоне.

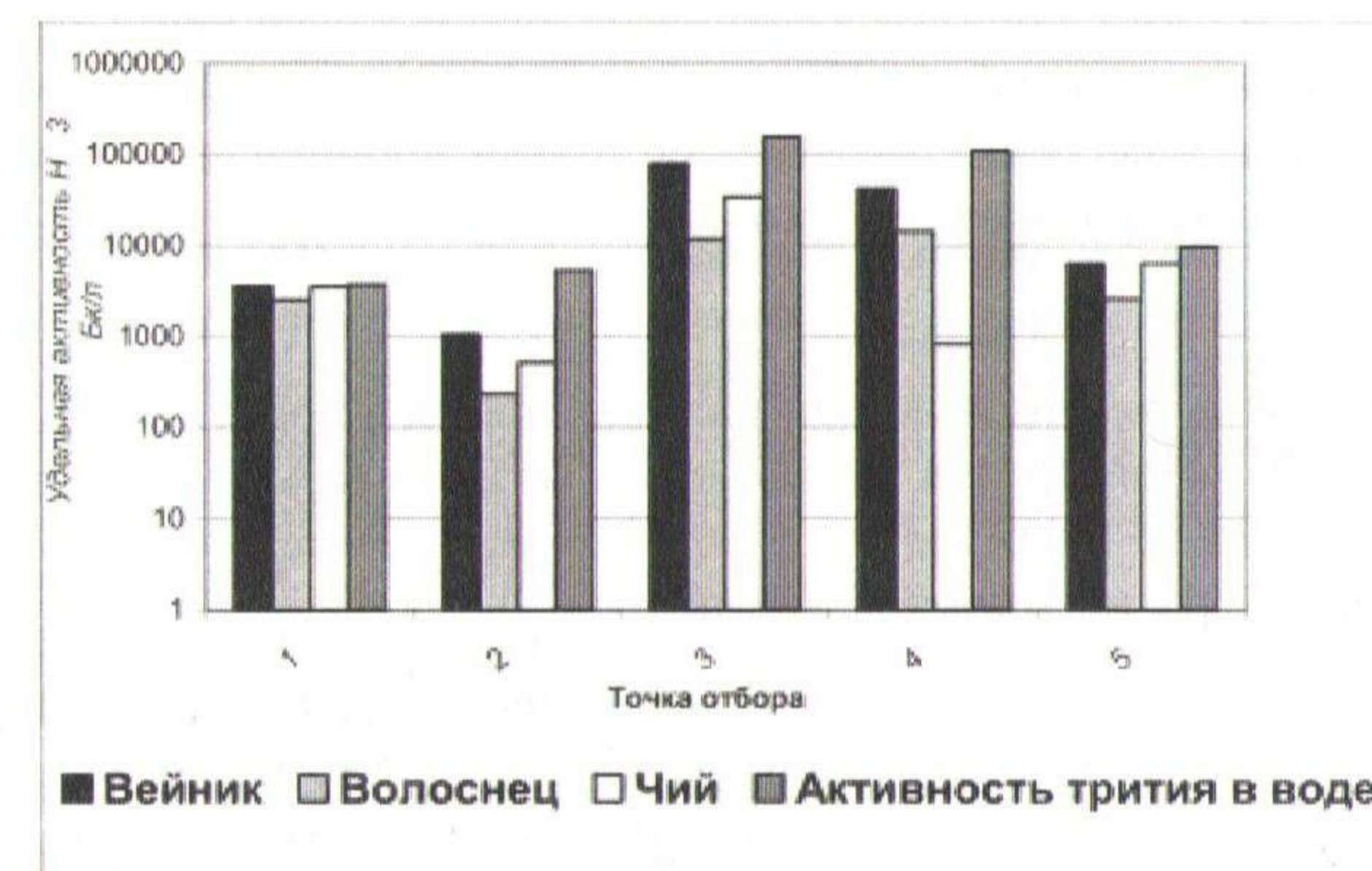


Рисунок 5. Результаты лабораторных исследований растений

Всего было отобрано и проанализировано 15 проб растений. Результаты лабораторных анализов представлены на рисунке (Рисунок 5).

Количественные значения удельной активности трития в свободной воде различных растений составляют от 300 Бк/л (волоснец узкий) до 80000 Бк/л (вейнике тростниковидный), что более чем в 10 раз превышает уровень вмешательства для населения при поступлении данного радионуклида с водой и пищей (7700 Бк/кг, НРБ-99). При анализе данных, представленных на рисунке, можно отметить существующую зависимость концентрации трития в растениях от его содержания в поверхностной воде. Предположительно, разница уровня концентрации трития в растениях и в поверхностной воде реки, скорее всего, связана с различным содержанием трития в подрусловых и поверхностных водах. Корневая система растений наиболее тесно связана с подрусловыми водами.

Несмотря на то, что период полураспада трития составляет 12,43 года, и, казалось бы, к настоящему времени его концентрация в водных объектах должна значительно снизиться, в действительности этого не происходит. Судя по анализу полученных данных, концентрация трития в водных объектах Дегелен остается практически на одном уровне, и значительно превышает уровень вмешательства.

В связи с вышеизложенным материалом, возникает вопрос: распространяется ли тритий в окружающей среде только в результате миграции с водой, или есть еще другие механизмы его распространения?

4 Оценка уровней загрязнения тритием атмосферного, штольневового и почвенного воздуха на территории испытательной площадки Дегелен

В 2006 году были начаты исследования по оценке содержания трития в атмосферном воздухе. В основу методики отбора проб воздуха положена способность водяных паров, содержащихся в нем, конденсироваться на поверхности охлаждаемой ниже точки росы. С этой целью радиатор с хладагентом помещался в сосуд Дьюара, наполненный жидким азотом. Контакт водяных паров, содержащихся в воздухе, с поверхностью пластин радиатора завершался кристаллизацией. После окончания процесса вымораживания пробу помещали в сосуд для оттаивания, отфильтровывали и анализировали. Измерение активности трития проводилось бета-спектрометрическим методом с использованием жидко-сцинтилляционного бета-спектрометра TRI CARB 2900TR.

Пробы водяных паров отбирались на порталах штолен и в 50 метрах от них. Результаты лабораторных анализов по содержанию трития в представлены на рисунке 6 (Рисунок 6). Концентрация трития в штольневом воздухе варьирует в широком диапазоне значений от сотен до тысяч Бк/м³ и в ряде случаев значительно превышает концентрацию трития в воздухе на открытой местности.

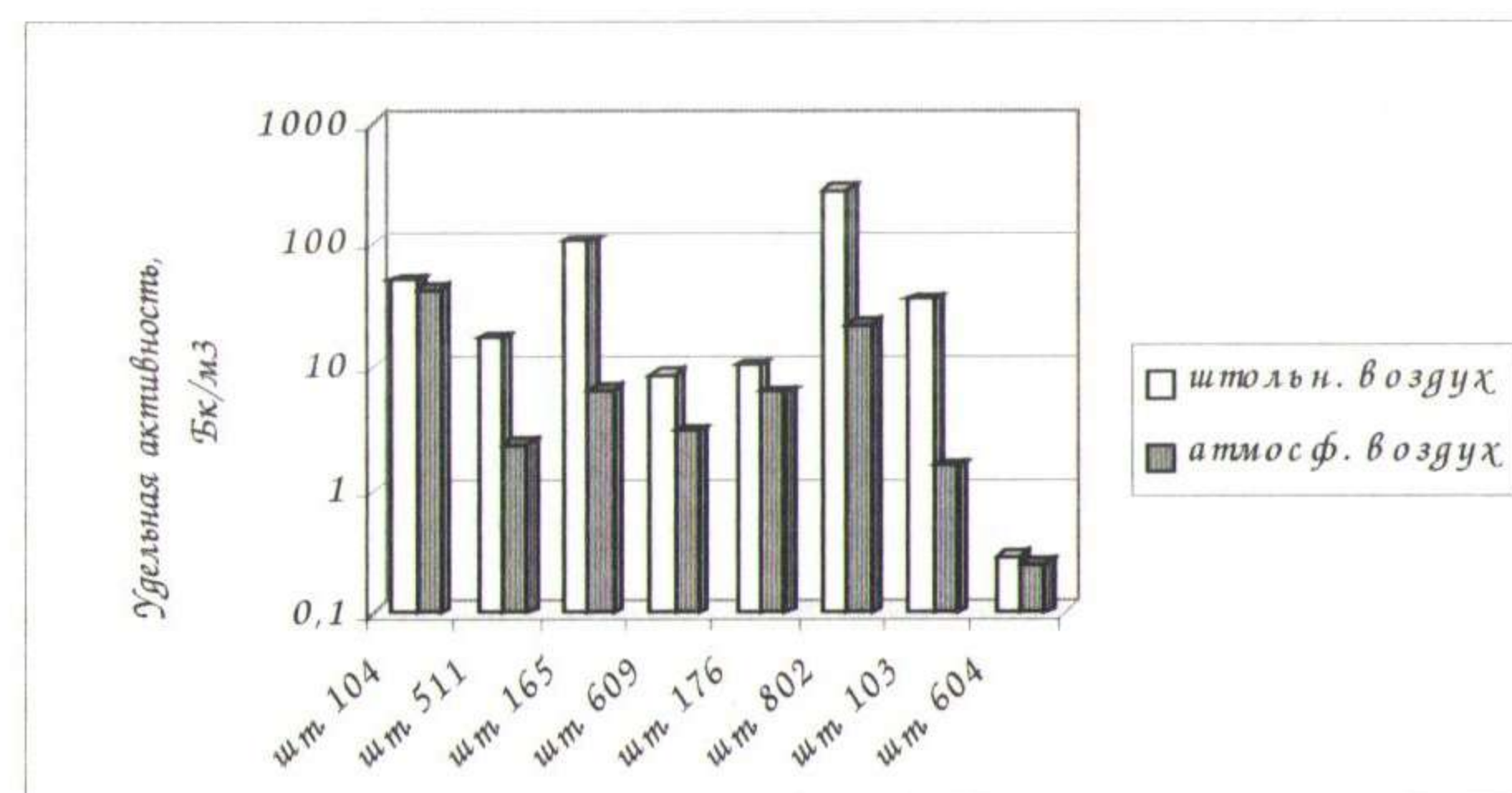


Рисунок 6. Значения концентрации трития в штольневом и атмосферном воздухе

В результате проведенной работы было отмечено, что уровень значений удельной активности трития в штольневом воздухе не зависит от наличия или отсутствия постоянного водотока из штольни.

Следующим этапом эксперимента было определение концентрации трития в почвенном воздухе. Процесс испарения подземных вод с поверхности земли был детально исследован во многих работах и представлен на графике зависимости (Рисунок 7). Из графика видно, что испарение подземных вод начинается с глубины 2,5 м, где с учетом транспирации растениями количество испаряемой воды составляет 100 мм [6]. Таким образом, при наличии данных о глубине залегания подземных вод, можно проводить оценочные расчеты концентрации трития, поступающего в атмосферный воздух с испаряемой влагой.

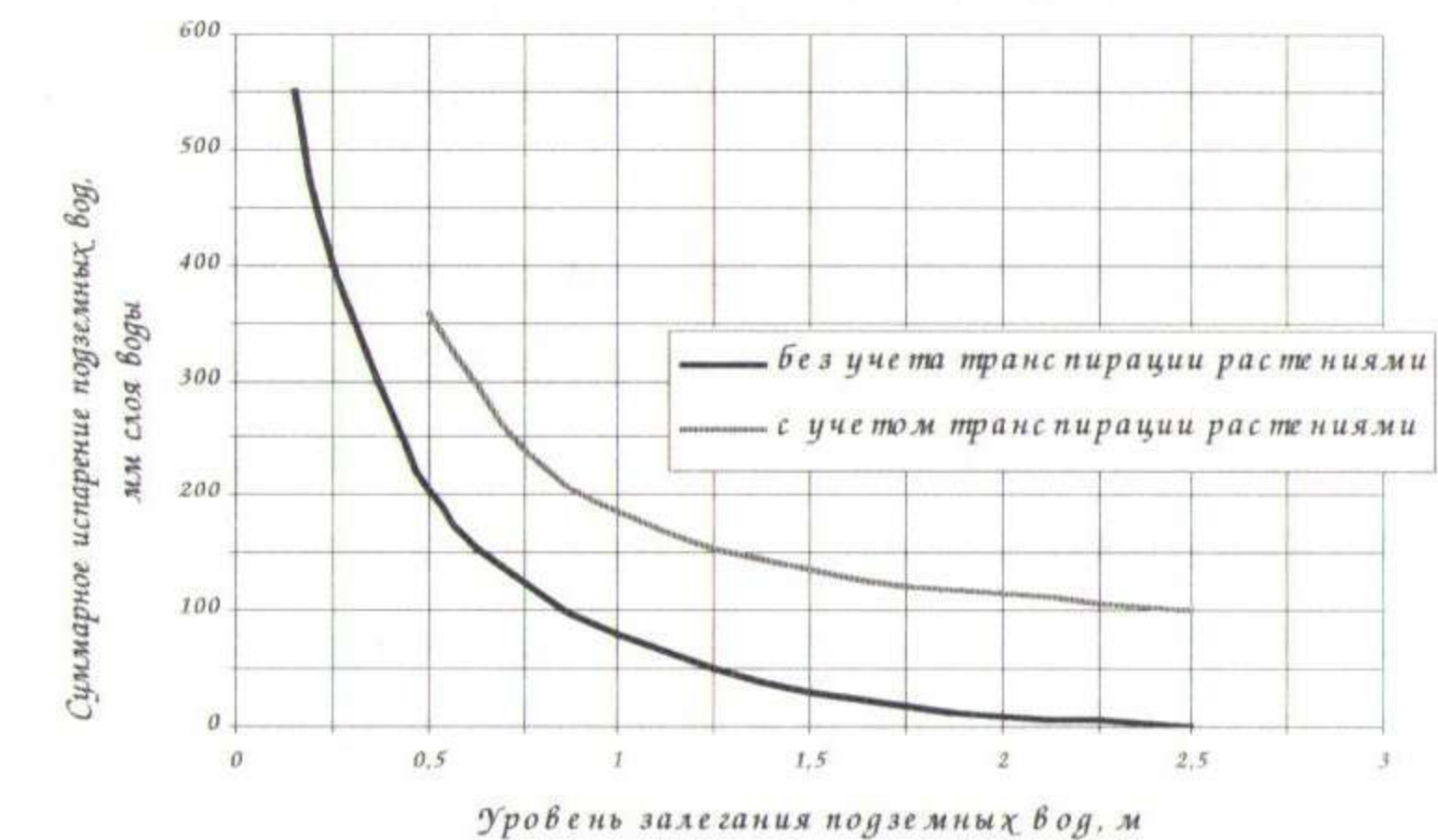


Рисунок 7. График зависимости количества испаряемой влаги с поверхности земли от глубины залегания подземных вод

Используя данную теорию, был проведен эксперимент по определению концентрации трития в почвенном воздухе. Исследование тритиевого загрязнения атмосферного и почвенного воздуха проводилось по руслам ручьев, расположенных на площадке Дегелен, с расстоянием 1,5 – 2 км между точками.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 8. Концентрация трития в почвенном воздухе на горном массиве Дегелен в большинстве случаев выше, чем в атмосферном воздухе. Концентрации трития в почвенном воздухе достигают 700 Бк/м³, что вероятно, является следствием интенсивного перераспределения трития из подземных вод в атмосферу. При этом количество трития, поступающего в атмосферу, будет зависеть от метеорологических условий (влажности, температуры окружающей среды и т.д.), а так же от глубины залегания подземных вод.

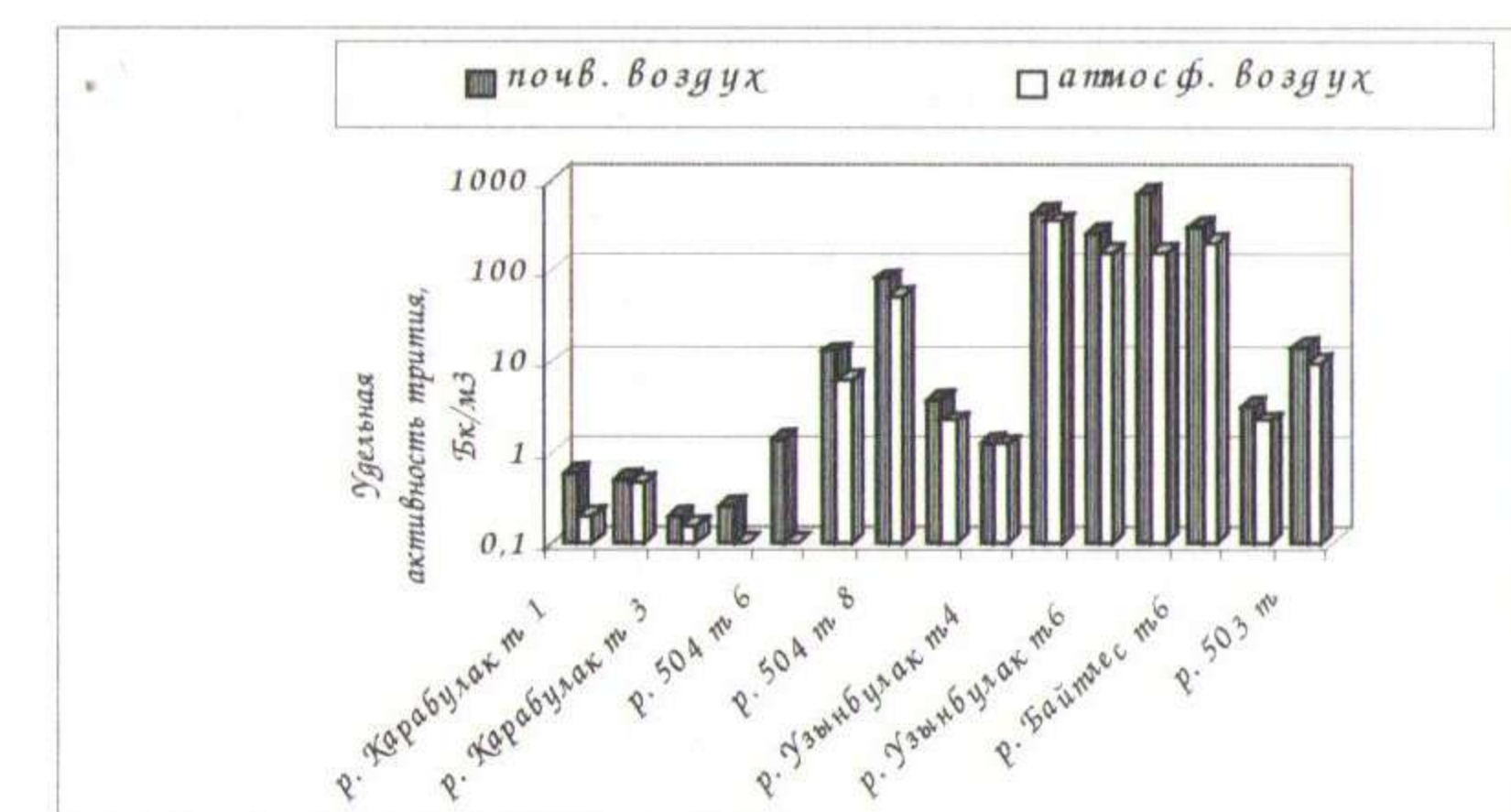


Рисунок 8. Результаты исследований почвенного и атмосферного воздуха

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Следует отметить, что поверхностные и подземные воды, выходящие за пределы горного массива Дегелен имеют замкнутые бессточные бассейны. В связи с этим, основная часть подземных вод расходуется на испарение и транспирацию растениями. При данных условиях можно полагать, что весь тритий с испаряемой с поверхности земли влагой, поступает в атмосферный воздух, не зависимо от наличия рядом открытого водного источника.

Таким образом, проведенные на площадке Дегелен исследования показали:

- тритий вносит существенный вклад в радиоактивное загрязнение поверхностных и подземных вод;
- выявлены высокие концентрации трития в растениях;
- отмечено повышенное содержание трития в атмосферном воздухе;
- концентрация трития в почвенном воздухе может являться индикатором загрязненности грунтовых вод.

Учитывая современную радиационную обстановку на СИП, а также механизмы распространения трития в окружающей среде необходимо осуществить разработку первоочередных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности населения.

Использованная литература:

1. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: обеспечения общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. М.: Вторая типография ФУ "Медбиоэкстрем" при Минздраве России, 1997 г
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99), СП 2.6.1. 758-99 Издание официальное. – Алматы, 2000
3. Тритий-это опасно. под. ред. Батурина В.А.- Челябинск, 2001.
4. Ядерные испытания СССР: Современное радиэкологическое состояние полигонов. Кол. Авторы под рук. проф. В.А. Логачева – М.: Изд.АТ, 2002.
5. Ахметов М.А., Артемьев О.И., Птицкая Л.Д., Синяев В.А. Радиационный мониторинг водотоков и проблемы реабилитации в горном массиве Дегелен Семипалатинского испытательного полигона.//Вестник НЯЦ РК., вып. 3, - 2000 г.
6. Белянин В.И. Опыт определения испарения грунтовых вод в аридных условиях Восточного Казахстана; ЭИ ВИМС, Сер. VIII, вып. 1, -1978

ОТРАБОТКА ЗАБАЛАНСОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАНЫБАЙ МЕТОДОМ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

*Рахметов М.Е.², Пирматов Э.А.², Жатканбаев Е.Е.¹, Садырбаева Г.А.¹,
Мылтыкбаева А.Т.¹, Филюшин В.Н.¹,*

¹- ТОО «Институт Высоких Технологий» НАК «Казатомпром» г. Алматы,

*² - ТОО «Степногорский горно-химический комбинат»,
г. Степногорск, Республика Казахстан*

За период деятельности Целинного Горно-Химического Комбината на дневной поверхности накопилось большое количество забалансовых руд в отвалах. Так, на месторождении Маныбай в настоящее время находится около 7 миллионов тонн забалансовой руды, в которой содержится около 1400 тонн урана и 1900 тонн молибдена. Большое количество забалансовых руд находится в отвалах на месторождениях Аксу, Ишим и Балкашино. Объем добываемых забалансовых руд с каждым годом увеличивается. Экономичная переработка этих руд на месте складирования методом кучного выщелачивания, послужит более полному использованию ресурсов отрабатываемых месторождений и дополнительным источником получения урана и молибдена.[1]

Рудные тела месторождения Маныбай образуют единую залежь, расчлененную пустыми и забалансовыми участками. Всего выделено 6 рудных тел: Главное, Юго-Восточное, Южное, Северо-Западное, I Северо-Западное и II Северо-Восточное.

Согласно принятой технологии горных работ открытым способом забалансовые руды, также как и балансовые, отрабатываются полностью. Подземным способом погашаются только те забалансовые руды, которые не могут быть оставлены в недрах.[2]

На горизонте 190 м безрудные и забалансовые участки занимают почти половину рудоносной площади, бедные руды с содержанием урана 0,030-0,070 % - 42-45 % и более, богатые руды - 5-8 %. Бедные руды здесь концентрируются в восточной и северной частях рассматриваемой площади, забалансовые руды в северо-западной части и в промежутках между балансовыми рудными линзами, молибден распространен повсеместно и коррелируется с ураном.

Содержание урана в забалансовом контуре Северо-Западного рудного тела от 0,010 до 0,029 %.

Забалансовые руды получили наибольшее распространение в центральной и северо-западной частях участка. По площади они занимают 35-40 %. Молибден на этом участке характеризуется равномерным распределением, содержание его в рудах 0,02-0,03 % и только на границе с Главным рудным телом доходит до 0,04 %.

На нижних горизонтах месторождения (- 82 м) распространение получило Южное рудное тело. Забалансовые руды здесь составляют 20-25 %. Распределение мо-

либдена в рудной залежи в общих чертах сходно с распределением урана. Цирконий имеет ту же тенденцию распределения, что и уран, располагаясь вдоль разломов, тектонических зон. Среднее содержание урана, молибдена и циркония в добытых забалансовых рудах за весь период (около 8 млн. тонн) составляет соответственно 0,020; 0,027; 0,032 %.

Урановые минералы месторождения представлены в основном настураном, урановыми чернями и коффицитом. Настуран встречается в виде прожилков, вкрапленников неправильной и почковидной формы и в цементе брекчий. Настуран ассоциируется с коффицитом, хлоритом, минералами циркония, карбонатами. Урановые черни широко распространены в пределах месторождения и развиваются по трещинам в породе в виде гнезд и вкрапленников, в цементе брекчий в тонко дисперсном состоянии. Различаются остаточные и переотложенные разности урановых черней. Коффицит обнаруживается в рудах как в самостоятельных изолированных выделениях, выполняя прожилки, так и совместно с настураном. Органическое вещество присутствует в рудах в незначительных количествах (0,10 - 0,15 %) и распределено в породах равномерно. Уран находится в форме молекулярного рассеивания, основная часть его в рудах (83-88,5 %) заключена в собственно урановых минералах, меньше (11,5-17 %) распределяется в минералах циркония, апатита, в минералах титана, очень много в барите и органическом веществе.

Вследствие преобладающего выхода руд в мелкие классы основное количество извлекаемых компонентов (80-98 %) содержится в рудах крупностью менее -100 мм, выход которых в среднем для всех месторождений составляет около 80 %, что создает благоприятные условия для извлечения урана в раствор способом кучного выщелачивания.

Как показала практика, традиционные методы обогащения, кроме радиотермического, не нашли применения в технологии переработки урановых руд. В большинстве случаев переработке подвергается большой объем добытых руд, и важнейшей задачей является снижение расхода реагентов, использование дешевых растворителей и окислителей, а также попутное извлечение всех ценных элементов.

В гидрометаллургической технологии извлечения урана из руд одной из основных операций является выщелачивание, которое определяет степень извлечения урана и других компонентов и на которое затрачивается основная масса реагентов. Показатели технологии зависят от урановой минерализации и состава вмещающих пород руды. Выбор реагентов ограничен минеральными кислотами (азотная, серная и соляная) и смесью карбоната-бикарбоната натрия. Для большинства руд при выщелачивании требуется окислитель для перевода урана в шестивалентную форму, хорошо растворимую в кислотных и карбонатных средах.

Метод кучного выщелачивания применяется для извлечения урана из бедных и забалансовых руд, а также из старых отвалов, хвостов обогащения радиометрических сортровок. Кучное выщелачивание пригодно для переработки рудных материалов, содержащих 0,01-0,05 % урана[3].

Исследования по кучному выщелачиванию проводились на забалансовых рудах месторождения Маньбай (таблица 1) [1].

Таблица 1

Характеристика руды исследуемого месторождения

Место-рождение	Рудовмещающая порода	Текстура руды	Урановые и молибденовые минералы	Содержание основных элементов в руде			
				CaO	MgO	CO ₂	S _{общ}
Маньбай	Слойные алевриты, граувакковые песчаники, алевриты	Полосчатая, Вкрапленнопрожилковая, вкраплено-брекчиевая	Настуран, коффицит, урановая чернь, молибденит	7,39	3,24	8,48	0,77

Лабораторные опыты по выщелачиванию урана и молибдена проводились путем орошения руды забойной крупности интенсивностью 20-80 л/час·м² [1].

В таблице 2 и приведены усредненные результаты исследований по определению основных технологических параметров лабораторных опытов. Выщелачивание проводилось растворами карбоната натрия и серной кислоты, остаточная концентрация которых поддерживалась в пределах 10-15 г/л.

Таблица 2

Основные технологические параметры процесса выщелачивания

Место-рождение	Исходное содержание в руде		Расход реагента, кг/кг U		Окислитель	Извлечение, %			
						Na ₂ CO ₃		H ₂ SO ₄	
	U	Mo	Na ₂ CO ₃	H ₂ SO ₄		U	Mo	U	Mo
Маньбай	0,021	0,024	125	-	без окисл.	30,6	57,0	-	-
			132	-	кислород воздуха	42,0	65,0	-	-
			130	-	гипохлорит	49,2	73,3	-	-
			-	2930	без окисл.	-	-	50,0	-
			-	2780	MgO ₂	-	-	55,0	-

Из полученных результатов следует, что использование серной кислоты в качестве выщелачивающего реагента не представляет практического интереса, вследствие повышенного расхода на реакцию взаимодействия с карбонатной породой или практически равнозначной степени извлечения в сравнении с использованием содовых растворов [1].

Таким образом, переработка забалансовых руд месторождения Маньбай представляется перспективной с использованием карбонатного выщелачивания. Целесообразность карбонатного выщелачивания заключается еще и в том, что появляется возможность попутного извлечения, дефицитного в настоящее время, молибдена, который при сернокислотном выщелачивании извлекается сравнительно хуже. Отличительной особенностью руд Маньбайского месторождения является присутствие в них цирко-

ния, который изоморфно связывает часть урана. Уран, изоморфно связанный с цирконием, составит безвозвратные потери при выщелачивании, так как даже при выщелачивании измельченной руды в жестких условиях, при повышенной температуре и давлении, выделить уран из структуры кристаллической решетки не удастся.

Выводы:

Анализ литературных источников позволил сделать выводы:

1. Вещественный состав рудной массы: туфов 65-70%, карбонатов 25-27%, хлорита 2-3%, сульфидов 2%, альбита 1.2%, оксидов железа около 1%, минералов фосфора, циркония, титана – доли процента, минералов основного компонента и молибденовых минералов – доли процента.
2. Главными рудными минералами являются настуран, молибденит и количественно подчиненные им черни.
3. Вследствие сосредоточения урановой минерализации на плоскостях дробления пород и доминирующего выхода руды при добыче в мелкие классы, от 90 до 98 % урана содержится в руде с крупностью –100 мм, выход которой, в среднем для всех месторождений, составляет 80 %, что создает благоприятные условия для извлечения урана в раствор способом кучного выщелачивания.
4. В руде содержится 20-30% карбонатов и ~0,08% урана. Основным носителем урана является настуран; более легко разлагаемая урановая чернь, хотя и присутствует, но количественно уступает настурану.
5. Кислотная обработка руды месторождения Маныбай является нецелесообразной, так как требует повышенного расхода кислоты на реакции взаимодействия с карбонатной породой.

Использованная литература:

1. Луценко И.К., Потапов Е.П., Баранов В.М., Бубнов В.К. Статья: «Исследование способа кучного выщелачивания урана и молибдена из забалансовых руд предприятия П/Я М-5175». (месторождения Маныбай, Аксу, Ишим, Балкашино). Предприятие П/Я М-5175 ЦНИЛ, 1976.
2. Отчет о НИР Переработка продуктивных растворов от подземного и кучного выщелачивания урана и молибдена из руд месторождений северного Казахстана (Восток, Звездное, Семизбай, Маныбай), г. Степногорск, 1982.
3. Авдюков В.И., Авдюков В.В. Специальные и комбинированные методы обогащения. Кучное выщелачивание. Глава 2. – Алматы: КазНТУ, 1999.

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПУТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ УРАНОВЫХ РУД СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Мырзакулова Х.Д.¹, Разуваева Т.В.¹, Умбеткулова М.У.¹, Дуйсебаев Б.О.¹,
Пирматов Э.А.²

¹ ТОО «Институт высоких технологий», Алматы, Казахстан

² -ТОО «Степногорский горно-химический комбинат», Степногорск, Казахстан

Особенностью урановых месторождений является большая разнообразность по минералогическому и физико-химическому составам. Многие типы урановых руд по составу относятся к комплексным рудам, так как они содержат такие ценные компоненты как молибден, цирконий, ванадий, вольфрам, скандий, рений и другие.

Извлечение ценных компонентов в попутную продукцию – способ удешевления производства урана. При переработке урановых руд за рубежом особо выделяют моноурановые, уран-молибденовые и фосфорсодержащие руды, представляющие наибольший интерес из-за более масштабных объемов их переработки. Такие руды представляют интерес для существенного расширения минерально-сырьевой базы получения попутных металлов.

Необходимо отметить, что требования к получаемым урановым соединениям предусматривают их высокую очистку от молибдена, циркония и ряда других примесей. Поэтому при получении чистых соединений урана должна решаться и задача рентабельного выведения попутных металлов из процесса в виде попутной продукции при их очистке.

На Гидрометаллургическом заводе ТОО «Степногорский горно-химический комбинат» урановые руды месторождений «Восток» и «Звездное» перерабатываются методом содового автоклавного выщелачивания. Урановые руды данных месторождений содержат в своем составе молибден в виде молибденита, а также водорастворимые соединения циркония. Средние содержания молибдена и циркония в урановых рудах текущей добычи составляют: Мо - от 0,027 до 0,040 %, Zr - от 0,018 до 0,030 %. При автоклавном содовом выщелачивании происходит переход данных металлов в урановые растворы в условиях гидрометаллургического завода и при кучном сернокислотном выщелачивании урановых руд непосредственно на месторождении. Имея близкое химическое сродство к урану, молибден и цирконий участвуют в большинстве процессов технологических переделов вплоть до закиси-окиси урана.

Исследованы различные методы извлечения ионов циркония: методом термогидролиза исходных содово-хлоридных регенератов и осаждением фосфорной кислотой из растворов раскисленного диураната натрия.

Методом термогидролиза можно достичь достаточно полного извлечения циркония из урановых растворов - более 95 %, обработкой фосфорной кислотой можно достичь извлечения - до 75 %.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕМИЗБАЙ

Дуйсебаев Б.О.¹, Жатканбаев Е.Е.¹, Садырбаева Г.А.¹, Никитина Ю.Г.¹,
Рахметов М.Е.²

¹ТОО «Институт Высоких Технологий» НАК «Казатомпром» г. Алматы,

²Гидрометаллургический завод, ТОО «Степногорский горно-химический комбинат»,
г. Степногорск, Республика Казахстан

Выбор способа выщелачивания зависит от характера месторождения. Основными характеристиками, влияющими на выбор способа, являются:

- минеральный состав и свойства вмещающих пород;
- вещественный состав и свойства урановых руд.

Руды месторождения Семизбай, обрабатываемые способом подземного скважинного выщелачивания, подразделяются на два основных геотехнологических типа, причем на каждом отдельно взятом месторождении присутствует один технологический тип руды.

Характерными особенностями геотехнологических свойств этих типов руд являются:

- Руды оксидного типа (оксиды от 70 - 100%, коффинит от 0-30%).

Такой тип руды легко выщелачиваются слабыми растворами кислоты. Концентрация кислоты ощутимо влияет на кинетику процесса. Интенсифицирующее влияние добавок окислителя или повышение температуры незначительное.

- Руды коффинитного типа (оксиды от 0-30%, коффинит от 70-100%).

Этот тип руды достаточно хорошо выщелачиваются слабыми растворами серной кислоты, однако добавки окислителя или повышение температуры существенно улучшают кинетику и степень извлечения металла. Концентрация кислоты слабо влияет на показатели выщелачивания. [1]

Целью работы является подбор оптимальных параметров для проведения опытно-промышленного выщелачивания на месторождении Семизбай.

Технологические исследования заключались в проведении опытов в агитационном режиме выщелачивания.

Для исследований на предмет извлечения урана методом ПСВ в лабораторных условиях сформированы 3 технологические пробы. Характеристики технологических проб и гранулометрический состав приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Характеристика технологических проб

№ проб	U, %	CO ₂ , %	Al, %	Ca, %	Mg, %	Feобщ, %	Fe ²⁺ , %	S, %
1Т	0,0343	0,20	4,44	0,49	0,38	2,05	0,61	1,24
2ТН-2	0,0762	0,25	3,29	0,43	0,22	0,94	0,41	0,23
3Т	0,0373	<0,10	4,41	0,35	0,36	1,9	0,57	1,11

Таблица 2

Гранулометрический состав технологических проб

Размер фр, мм	1Т	2ТН-2	3Т
>10			
10,0-5,0		1,35	
5,0-2,0	9,06	8,29	8,95
2,0-1,0	5,42	4,13	3,96
1,0-0,5	34,38	27,61	27,38
0,5-0,25	15,93	22,34	20,40
0,25-0,1	14,26	16,42	14,45
0,1-0,05	3,66	4,22	3,71
0,05-0,01	12,38	14,78	14,37
0,01-0,005	4,16	0,17	6,38
0,005-0,001			
<0,001	0,21	0,02	0,13
Коллоид 1	0,34	0,38	
Коллоид 2	0,24	0,34	0,28
Итого	100,00	100,00	100,00

Агитационное сернокислотное выщелачивание

Первоначально были проведены серии опытов по подбору оптимальной концентрации серной кислоты. Условия опыта: навеска руды – 50 г, соотношение Ж:Т = 3:1, концентрация серной кислоты, г/л: 0; 2; 3; 5; 7; 10; 15; 20, время выщелачивания – 6 часов. Результаты представлены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3

Результаты агитационного выщелачивания при различных содержаниях кислоты в выщелачивающем растворе

Проба	H ₂ SO ₄ , г/л	ε, %	pH	Eh, мВ
1Т	0	5,25	6,0	463
	2	75,22	2,1	633
	3	80,47	1,8	648
	5	85,71	1,5	658
	7	89,21	1,35	663
	10	74,34	1,1	903
	15	83,09	0,9	908
	20	69,97	0,85	948
2ТН-2	0	0,79	7,7	470
	2	1,57	3,5	503
	3	39,76	2,5	572
	5	72,44	2,0	607
	7	81,10	1,55	630
	10	98,43	1,32	639
	15	99,61	1,15	645
	20	108,66	0,87	650
3Т	0	2,41	5,65	573
	2	71,58	2,0	638
	3	80,43	1,75	649
	5	85,25	1,45	661
	7	86,86	1,3	670
	10	86,06	1,15	671
	15	93,30	0,95	675
	20	103,7	0,8	678

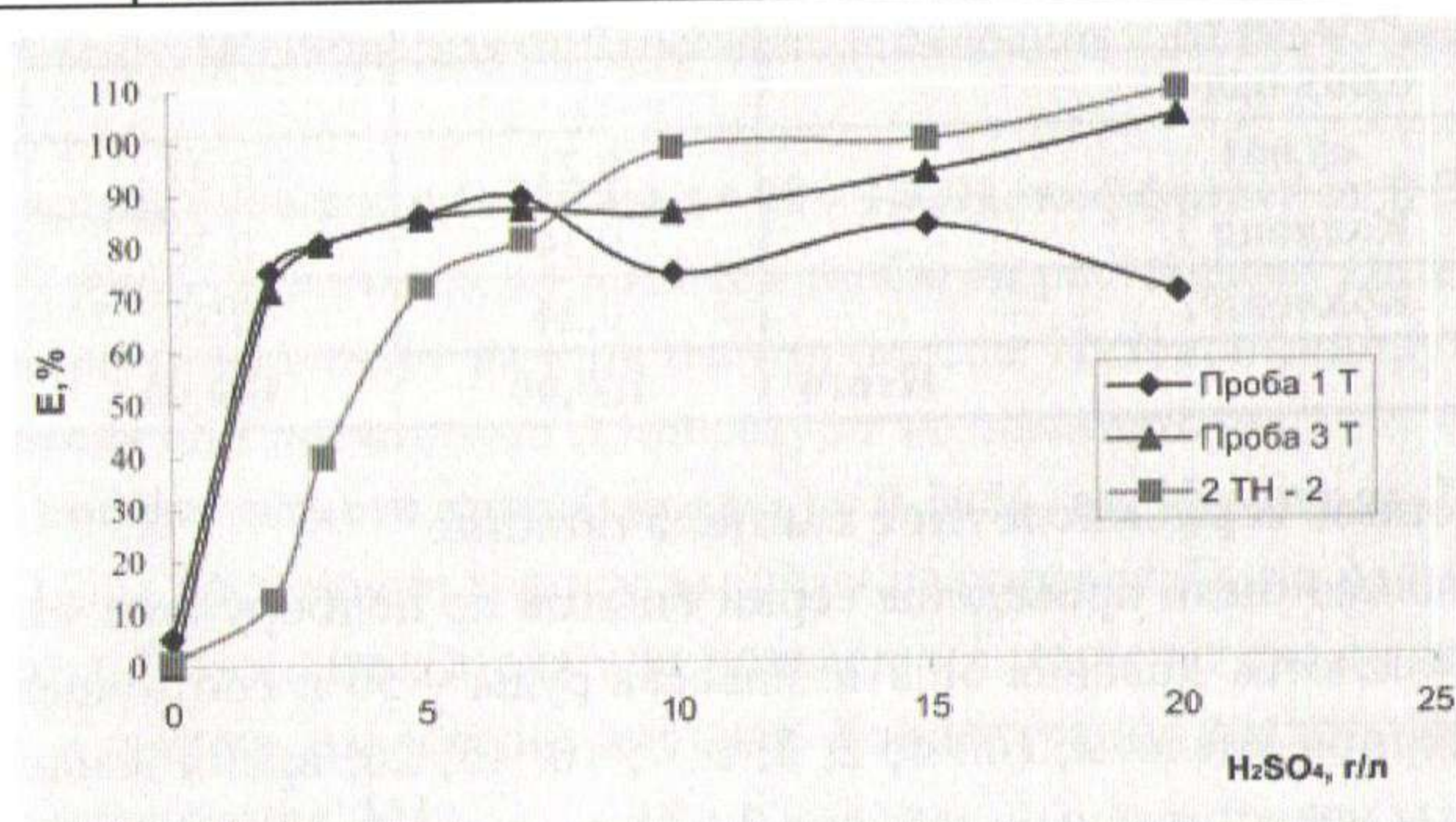


Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения урана от концентрации серной кислоты

В результате агитационного выщелачивания установлено следующее:

- оптимальным пределом концентрации серной кислоты является 5-7 г/л, что аналогично малореагентному методу выщелачивания;
- степень выщелачивания достигается около 100%.

Проведены серии опытов по изучению кинетики выщелачивания. Условия опытов: навеска руды – 120 г, отношение Ж:Т = 3:1, концентрация серной кислоты – 2 г/л; 5 г/л. Пробы отбирались через каждый час на определение следующих параметров: pH, Eh.

Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты кинетики выщелачивания в статических условиях

проба	Время отбора	H ₂ SO ₄ , г/л	ε, %	pH	Eh, мВ
1Т	через 1 час	2	54.23	1,95	893
		5	63.85	1,4	918
	через 2 часа	2	59.48	2,03	893
		5	69.10	1,45	908
	через 3 часа	2	61.22	2,1	888
		5	73.47	1,5	908
	через 4 часа	2	64.72	2,1	928
		5	78.72	1,5	908
	через 5 часов	2	62.97	2,15	883
		5	76.97	1,5	908
	через 6 часов	2	61.22	2,05	903
		5	76.97	1,43	923
2ТН-2	через 1 час	2	28.35	2,25	600
		5	51.18	1,7	637
	через 2 часа	2	29.13	2,55	550
		5	55.12	1,75	630
	через 3 часа	2	27.56	2,65	573
		5	59.06	1,7	629
	через 4 часа	2	28.35	2,75	549
		5	63.39	1,75	626
	через 5 часов	2	27.56	2,85	549
		5	66.14	1,75	625
	через 6 часов	2	25.98	2,85	525
		5	67.72	1,7	624
3Т	через 1 час	2	46.65	1,9	658
		5	49.87	1,4	683
	через 2 часа	2	56.30	2,0	650
		5	65.95	1,45	677
	через 3 часа	2	59.52	1,95	652
		5	70.78	1,45	671
	через 4 часа	2	59.52	2,0	647
		5	70.78	1,45	675
	через 5 часов	2	64.34	2,0	647
		5	75.60	1,45	672
	через 6 часов	2	64.34	2,0	644
		5	78.82	1,4	672
	через 7 часов	2	69.97	2,1	640
		5	82.04	1,45	668

Из данных таблицы 4 видно, что при концентрации серной кислоты 5 г/л максимальное содержание урана в растворе достигается после 4 - 5 часов агитации. Степень извлечения урана в продуктивный раствор составляет около 80%.

Влияние окислителей при агитационном выщелачивании

Была исследована возможность использования окислителей при агитационном выщелачивании. В качестве окислителей были применены перекись водорода, трехвалентное железо, азотная кислота, диоксид марганца и персульфат аммония.

Для выщелачивания были взяты сформированные технологические пробы навеской – 50 г, при концентрации серной кислоты – 5 г/л и соотношении Ж:Т = 3:1. Время выщелачивания – 6 часов. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты агитационного выщелачивания с применением окислителей

Пара метры	5 г/л H ₂ SO ₄	5 г/л H ₂ SO ₄ + 2 г/л Fe ³⁺	5 г/л H ₂ SO ₄ + 1 г/л H ₂ O ₂	5 г/л H ₂ SO ₄ + 2 г/л MnO ₂	5 г/л H ₂ SO ₄ + 1 г/л HNO ₃	5 г/л H ₂ SO ₄ + 2 г/л NH ₄ S ₂ O ₈	5 г/л H ₂ SO ₄ + p-p №1
Результаты через 6 часов выщелачивания							
ПРОБА – 1Т							
pH	2,3	1,25	1,45	1,85	1,4	2,2	1,55
Eh, мВ	463	513	503	478	503	483	493
ε, %	91,44	90,70	104,83	96,56	93,67	91,44	80,29
ПРОБА – 2ТН – 2							
pH	2,1	1,9	2,1	2,65	1,9	2,5	2,3
Eh, мВ	589	546	669	543	610	843	569
ε, %	62,99	42,13	84,25	48,03	65,35	91,34	55,12
ПРОБА – 3Т							
pH	1,37	1,64	1,45	1,56	1,35	1,39	1,45
Eh, мВ	663	577	688	743	543	698	668
ε, %	80,43	70,78	88,47	77,21	96,51	88,47	80,43

По результатам экспериментов по подбору окислителей были выбраны некоторые окислители для проведения серии опытов в агитационном режиме по определению кинетики выщелачивания [2].

Условия опыта: навеска руды – 120 г, соотношение Ж:Т = 3:1, при концентрации серной кислоты 5 г/л. Пробы на определение содержания урана в растворе, pH, ОВП и остаточной концентрации серной кислоты, отбирались через каждый час.

Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты кинетики выщелачивания с применением окислителей

проба	Время отбора	H ₂ SO ₄ 5 г/л + окисл.	U, %	ε, %	pH	Eh, мВ
Скважина 1 Участок 2						
1Т	Через 1 час	2 г/л Fe ³⁺	60	52,48	1,55	568
		1г/л H ₂ O ₂	86	75,22	1,4	713
		0,5г/л H ₂ O ₂	66	57,73	1,42	650
		2г/л MnO ₂	72	62,97	1,4	683
	через 2 часа	2 г/л Fe ³⁺	57	49,85	1,6	498
		1г/л H ₂ O ₂	98	85,71	1,45	503
		0,5г/л H ₂ O ₂	78	68,22	1,4	580
		2г/л MnO ₂	98	85,71	1,45	503
	через 3 часа	2 г/л Fe ³⁺	64	55,98	1,55	498
		1г/л H ₂ O ₂	105	91,84	1,45	503
		0,5г/л H ₂ O ₂	96	83,97	1,4	580
		2г/л MnO ₂	106	92,71	1,45	503
	через 4 часа	2 г/л Fe ³⁺	68	59,48	1,6	498
		1г/л H ₂ O ₂	112	97,96	1,7	493
		0,5г/л H ₂ O ₂	104	90,96	1,65	456
		2г/л MnO ₂	112	97,96	1,5	503
	через 5 часов	2 г/л Fe ³⁺	70	61,22	1,5	502
		1г/л H ₂ O ₂	110	96,21	1,68	495
		0,5г/л H ₂ O ₂	108	94,46	1,6	452
		2г/л MnO ₂	110	96,21	1,5	502
	через 6 часа	2 г/л Fe ³⁺	80	69,97	1,5	495
		1г/л H ₂ O ₂	114	99,71	1,6	490
		0,5г/л H ₂ O ₂	110	96,21	1,5	450
		2г/л MnO ₂	98	85,71	1,5	495
2ТН-2	Через 1 час	2 г/л Fe ³⁺	100	39,37	2,05	521
		1г/л H ₂ O ₂	121	47,64	1,75	785
		0,5г/л H ₂ O ₂	123	48,43	1,60	785
		2г/л MnO ₂	106	41,73	1,75	641
	Через 2 часа	2 г/л Fe ³⁺	106	41,73	2,12	522
		1г/л H ₂ O ₂	176	69,29	1,95	766
		0,5г/л H ₂ O ₂	166	65,35	1,85	729
		2г/л MnO ₂	126	49,61	2,10	624
	Через 3 часа	2 г/л Fe ³⁺	110	43,31	2,15	531
		1г/л H ₂ O ₂	188	74,02	2,0	783
		0,5г/л H ₂ O ₂	184	72,44	1,80	804
		2г/л MnO ₂	140	55,12	2,0	619
	Через 4 часа	2 г/л Fe ³⁺	118	46,46	2,25	522
		1г/л H ₂ O ₂	193	75,98	2,10	784
		0,5г/л H ₂ O ₂	186	73,23	1,90	785
		2г/л MnO ₂	136	53,54	2,0	617
	Через 5 часов	2 г/л Fe ³⁺	84	33,07	2,25	521
		1г/л H ₂ O ₂	190	74,80	2,10	784
		0,5г/л H ₂ O ₂	190	74,80	1,95	725
		2г/л MnO ₂	138	54,33	2,10	612
	Через 6 часов	2 г/л Fe ³⁺	114	44,88	2,40	521
		1г/л H ₂ O ₂	198	77,95	2,15	791
		0,5г/л H ₂ O ₂	192	75,59	2,0	717
		2г/л MnO ₂	148	58,27	2,10	612
	Через 7 часов	2 г/л Fe ³⁺	124	48,82	2,25	534
		1г/л H ₂ O ₂	204	80,31	2,10	642
		0,5г/л H ₂ O ₂	201	79,13	1,95	675
		2г/л MnO ₂	152	59,84	2,10	605

3Т	Через 1 час	2 г/л Fe ³⁺	60	48.26	1,55	564
		1г/л H ₂ O ₂	86	69.17	1,35	810
		0,5г/л H ₂ O ₂	66	53.08	1,35	820
		2г/л MnO ₂	72	57.91	1,40	693
	Через 2 часа	2 г/л Fe ³⁺	57	45.84	1,50	566
		1г/л H ₂ O ₂	98	78.82	1,40	727
		0,5г/л H ₂ O ₂	78	62.73	1,35	727
		2г/л MnO ₂	98	78.82	1,45	701
	Через 3 часа	2 г/л Fe ³⁺	64	51.47	1,55	571
		1г/л H ₂ O ₂	105	84.45	1,35	714
		0,5г/л H ₂ O ₂	96	77.21	1,35	703
		2г/л MnO ₂	106	85.25	1,40	709
	Через 4 часа	2 г/л Fe ³⁺	68	54.69	1,55	515
		1г/л H ₂ O ₂	112	90.08	1,40	706
		0,5г/л H ₂ O ₂	104	83.65	1,40	699
		2г/л MnO ₂	112	90.08	1,45	711
	Через 5 часов	2 г/л Fe ³⁺	70	56.30	1,56	572
		1г/л H ₂ O ₂	110	88.47	1,47	580
		0,5г/л H ₂ O ₂	108	86.86	1,40	488
		2г/л MnO ₂	120	96.51	1,37	560
	Через 6 часов	2 г/л Fe ³⁺	80	64.34	1,5	570
		1г/л H ₂ O ₂	114	91.69	1,45	560
		0,5г/л H ₂ O ₂	110	88.47	1,40	520
		2г/л MnO ₂	126	101.34	1,35	568

В результате проведенных исследований по подбору окислителей при агитационном выщелачивании установлено следующее:

- применение окислителей при выщелачивании повышает степень извлечения урана;
- наиболее оптимальными окислителями при агитационном выщелачивании являются перекись водорода 1 г/л и диоксид марганца 2 г/л

Для сравнения были выполнены опыты по агитационному выщелачиванию с применением окислителей при различных концентрациях серной кислоты 5 г/л и 15 г/л [2].

Условия опыта: навеска руды – 50 г, соотношение Ж:Т = 3:1, время выщелачивания – 7 часов.

Результаты опыта представлены в таблице 7.

Таблица 7

Результаты агитационного выщелачивания с применением окислителей

проба	H ₂ SO ₄ г/л	окислитель, г/л	ε, %	рН	ОВП
1Т	5	H ₂ O ₂ – 0,5	94,46	1,9	415
	5	H ₂ O ₂ – 1,0	101,46	1,9	424
	5	Fe ³⁺ – 1,5	87,46	1,8	418
	5	MnO ₂ – 2,0	96,21	1,97	528
	15	H ₂ O ₂ – 0,5	89,21	1,33	415
	15	H ₂ O ₂ – 1,0	115,45	1,33	417
	15	Fe ³⁺ – 1,5	91,84	1,2	404
	15	MnO ₂ – 2,0	87,46	1,1	524

2ТН(2)	5	H ₂ O ₂ – 0,5	90,55	2,0	460
	5	H ₂ O ₂ – 1,0	82,68	2,0	482
	5	Fe ³⁺ – 1,5	81,89	1,97	481
	5	MnO ₂ – 2,0	70,87	1,98	450
	15	H ₂ O ₂ – 0,5	100,39	1,0	490
	15	H ₂ O ₂ – 1,0	106,30	1,03	502
	15	Fe ³⁺ – 1,5	86,61	0,95	460
	15	MnO ₂ – 2,0	94,49	1,0	640
3Т	5	H ₂ O ₂ – 0,5	83,65	1,85	455
	5	H ₂ O ₂ – 1,0	93,30	1,85	457
	5	Fe ³⁺ – 1,5	82,04	1,65	439
	5	MnO ₂ – 2,0	82,04	1,9	557
	15	H ₂ O ₂ – 0,5	90,08	1,25	452
	15	H ₂ O ₂ – 1,0	91,69	1,20	456
	15	Fe ³⁺ – 1,5	94,91	1,0	438
	15	MnO ₂ – 2,0	79,62	0,97	549

ВЫВОДЫ

1. При агитационном выщелачивании оптимальным пределом концентрации серной кислоты является 5-7 г/л, что аналогично малореагентному методу выщелачивания. Степень выщелачивания достигается около 100%.
2. Применение окислителей при выщелачивании повышает степень извлечения урана. Наиболее оптимальными окислителями при агитационном выщелачивании являются перекись водорода 1 г/л и диоксид марганца 2 г/л.

Использованная литература:

1. Грабовников В.А. Геотехнологическое исследование при разведке металлов, М.: Недра, 1995 г.
2. Заключительный отчет «Выбор метода ПСВ урана на месторождении Семизбай», 2005 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ

*Принзин Н.А., Дуйсебаев Б.О., Близнюк В.И., Карманов Е.М.
ТОО «Институт высоких технологий» НАК Казатомпром*

Возрастание масштабов промышленного освоения урановых месторождений методом подземного выщелачивания требует дальнейшего улучшения отдельных показателей технологии выщелачивания, в частности, снижения времени отработки, расхода растворителя и т.д.

Для решения этих задач необходимо, в первую очередь, совершенствование управления процессом, протекающим непосредственно в недрах, а также внедрение более эффективных и не дефицитных растворителей.

Одним из направлений, позволяющим комплексно решать проблемы управления и интенсификации метода подземного выщелачивания, являются физические способы активации водных систем, в частности, выщелачивающих растворов, сокращающие расход выщелачивающих реагентов на их приготовление, а также дающие возможность регулировать окислительно-восстановительные свойства, значения рН и солевой состав выщелачивающих растворов.

Из литературных источников известны различные способы физической активации водных систем.

Один из них — механическое воздействие, например, ударными волнами, ультразвуком. Другие — воздействие магнитным полем, высокими температурой и давлением, электрическим полем.

При обработке физическими методами водных систем происходят изменения их свойств: электропроводности, величины поверхностного натяжения, плотности, окислительно-восстановительного потенциала, водородного показателя рН [1, 2].

Причем из перечисленных методов активации, наиболее эффективным, позволяющим четко и целенаправленно менять показатель концентрации ионов водорода рН, а также значение окислительно-восстановительного потенциала, является активация постоянным электрическим током, известная из литературных источников как электрохимическая активация [3].

Растворы после электрохимической активации сохраняют свои свойства довольно длительное время и получили название активированных, а выщелачивание полезных компонентов активированными растворами называют активационным выщелачиванием.

При электрохимической же активации исключается возможность перемешивания растворов прианодной и прикатодной зон и целью является не получение конкретных

продуктов, а изменение свойств водных растворов. В связи с этим, электрохимическую активацию необходимо проводить в анодной камере электролизера, которая отделяется от катодной камеры диафрагмой. При этом в анодной камере в процессе электролиза происходит понижение рН и повышение окислительно-восстановительных свойств анолита. В катодной камере идет процесс образования щелочи и повышение рН католита. Это создает предпосылки использования образующейся щелочи для одновременного осаждения урана из продуктивного раствора.

Теоретические основы электрохимического регулирования значений рН и ОВП сернокислотных оборотных растворов ПВ

Химический состав оборотных сернокислых растворов ПВ формируется на основе пластовых вод урановых месторождений, солевой состав которых изменяется при взаимодействии химических реагентов (например, технической серной кислоты при приготовлении выщелачивающих растворов) с минералами продуктивного горизонта.

Параметры электрохимической активации оборотных растворов изучались на примере урановых месторождений Чу-Сарысуйской депрессии.

Месторождения Чу-Сарысуйской депрессии обводнены пластовыми водами сульфатно-хлоридно-натриевого типа с удельной электропроводностью $\rho = 1,3 - 1,5$ ом.м. и общей минерализацией 0,67-6,15 г/л, в том числе содержание хлор-иона достигает 0,11-2,22 г/л.

Химический состав пластовых вод месторождений представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав пластовых вод месторождений Чу-Сарысуйской депрессии

Анализируемый компонент	Содержание, г/л		
	месторождение Канжуган	месторождение Уванас	месторождение Мынкудук
1	2	3	4
рН	7,6	7,3	7,3
нитрат-ион	0,01	0,01	0,01
хлор-ион	0,11	1,68	2,22
сульфат-ион	0,15	1,39	1,34
алюминий	0,007	0,005	0,004
кремний	0,007	0,037	0,024
фосфор	0,001	0,011	0,007
железо	сл.	сл.	сл.
кальций	0,06	0,23	0,30
калий	0,003	0,011	0,013
натрий	0,095	1,02	1,60
магний	0,023	0,096	0,12
сухой остаток	0,67	4,92	6,15

В таблице 2 представлены значения удельного сопротивления, pH, ОВП, а также химический состав продуктивных растворов и маточников сорбции месторождения Уванас.

Таблица 2

Солевой состав оборотных растворов месторождения Уванас

Анализируемый компонент	Содержание, г/л	
	продуктивный раствор	маточный раствор
Удельное сопротивление (ом.м.)	0,2 – 0,4	0,2 – 0,3
pH	1,5 – 1,7	1,5 – 1,7
ОВП (мв)	420 – 430	420 – 430
уран	0,070 – 0,120	0,002
кислотность	1,5 – 3,0	1,5 – 3,0
нитрат-ион	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3
сульфат-ион	25 – 30	25 – 30
фосфор	0,015 – 0,020	0,015 – 0,020
кремний	0,050 – 0,200	0,050 – 0,200
хлор-ион	1,35 – 1,50	1,35 – 1,50
железо двухвалентное	0,8 – 1,0	0,8 – 1,0
железо трехвалентное	0,5 – 0,7	0,5 – 0,7
кальций	0,50 – 0,60	0,50 – 0,60
магний	0,6 – 0,7	0,6 – 0,7
калий	0,15 – 0,20	0,15 – 0,20
натрий	1,30 – 1,50	1,30 – 1,50
алюминий	0,40 – 0,70	0,40 – 0,70
сухой остаток	25 – 30	25 – 30

Как следует из таблицы 2 минерализация оборотных растворов месторождения Уванас возрастает до 25-30 г/л при одновременном снижении на порядок (до 0,2-0,4 ом. м.) удельного сопротивления растворов по сравнению с минерализацией и удельным сопротивлением пластовых вод.

При электрохимической обработке водных систем, характеризующихся наличием хлор-иона, на поверхности анода могут проходить две электрохимические реакции — выделение хлора и кислорода:



Относительные скорости выделения на аноде хлора и кислорода зависят от условий ведения процесса электрохимической обработки:

- материала анодов;
- pH водной системы;
- концентрации хлорида щелочного металла;
- плотности тока;
- температуры ведения процесса.

На катоде основным процессом является выделение газообразного водорода и образование щелочи по реакции:



Суммарный процесс электрохимического разложения воды выражается уравнением:



Если условия электрохимического разложения воды отличаются от стандартных, например, по концентрации (активности) участвующих веществ, то равновесные потенциалы выделения водорода и кислорода могут быть рассчитаны по уравнениям:

$$p_{H_2} = -0,058 pH \quad (6)$$

$$p_{O_2} = 1,23 - 0,058 pH \quad (7)$$

где: $pH = -\lg a_{H^+}$ — водородный показатель

Зависимость равновесных потенциалов водородного и кислородного электродов от pH раствора представлена на рис.1.

Линия ab на диаграмме выражает зависимость потенциала водородного, а линия cd — кислородного электродов от pH. Выше линии cd, когда потенциал более положителен, чем равновесный потенциал кислородного электрода, на электроде будет идти процесс выделения кислорода. Ниже линии ab, когда потенциал отрицательнее равновесного потенциала водородного электрода, на электроде будет идти выделение водорода.

Расстояние между линиями остается постоянным при изменении состава раствора. Это расстояние соответствует разности потенциалов анода и катода, равно 1,23 В, т.е. напряжению разложения воды. В этой области (область А) может иметь место только окисление водорода и восстановление кислорода, а разложения воды с образованием газов быть не может. Поэтому эта область называется областью электрохимической устойчивости воды.

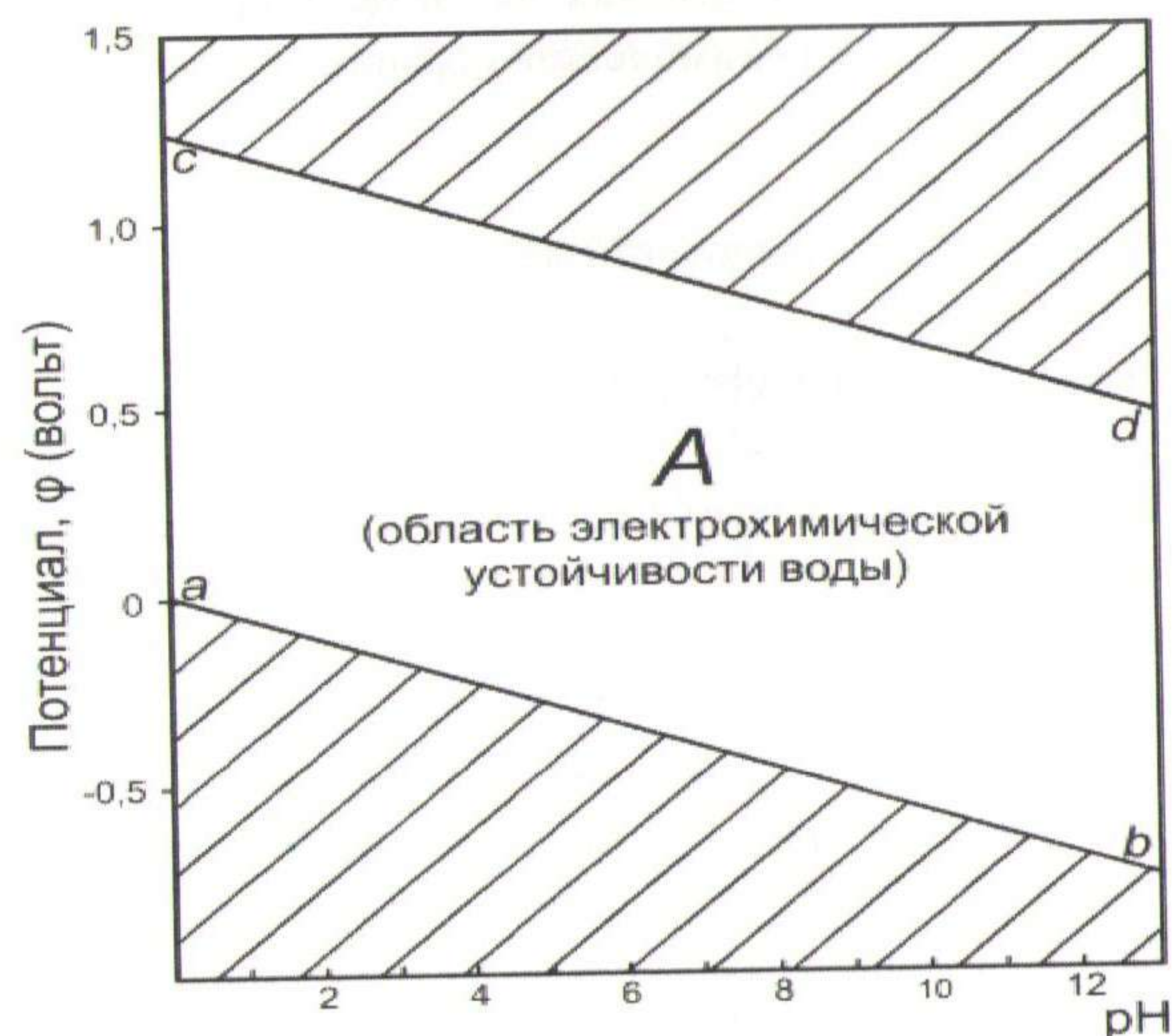


Рисунок 1. Диаграмма электрохимической устойчивости воды
линии *ab* и *cd* — зависимости от *pH* равновесных потенциалов водородного и
кислородного электродов соответственно

При электрохимической обработке водных систем имеется два вида поляризации — концентрационная и химическая (или перенапряжение).

Концентрационная поляризация связана с диффузией ионов к электродам и обусловлена этим изменением их концентрации в приэлектродном слое. Как следует из уравнений реакций 3 и 4, при электрохимической обработке происходит некоторое подщелачивание раствора в прикатодном слое и подкисление раствора у анода. В результате значение *pH* в прикатодном слое несколько выше, чем в объеме раствора, а в прикатодном слое ниже.

В практических процессах электрохимической обработки водных систем, концентрационная поляризация сравнительно мала. В этих процессах существенную роль имеет химическая поляризация или перенапряжение, как это имеет место при обработке оборотных растворов ПВ Чу-Сарысуйской депрессии, в частности месторождения Уванас, характеризующихся содержанием 1,35-1,50 г/л хлор-иона.

При электрохимическом выделении газообразного хлора по реакции (2), часть его растворяется в прианодном объеме с образованием хлорноватистой и соляной кислот по реакциям:



Количество образующейся по реакциям (8, 9) свободной хлорноватистой кислоты очень невелико. Так, в нейтральном 1N-растворе хлористого натрия, насыщенном хлором, ее образуется всего $5,5 \times 10^{-3}$ моля в 1 л.

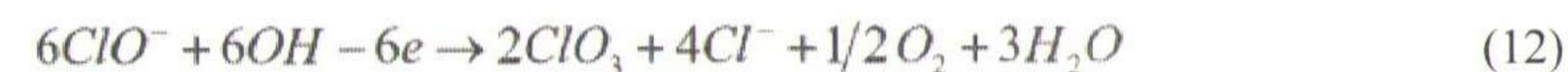
Если же организовать процесс с подходом к аноду ионов *OH*⁻, то мало диссоциированная хлорноватистая кислота нейтрализуется с образованием ее солей, хорошо диссоциированных:



Равновесие реакций (8, 9) сдвигается вправо и новые количества хлора будут растворяться с расходом на образование хлорноватистой соли (по реакции 11).



По мере образования ионов *ClO*⁻ около анода, становится вероятным разряд этих ионов, возможный при более электроотрицательных потенциалах, чем разряд ионов хлора. Разряд ионов *ClO*⁻ происходит с образованием ионов *ClO*₃⁻ и свободного кислорода по реакции:



с образованием солей хлорноватой кислоты - хлоратов.

Величина потенциала зависит также и от концентрации других ионов в растворах, способных сдвинуть равновесие в потенциалообразующей системе. В сернокислых оборотных растворах ПВ ими являются ионы железа, содержание которых колеблется в пределах 0,5-1,0 г/л (табл.2).

При электрохимической обработке сернокислотных оборотных растворов ПВ в зоне анода происходит наряду с реакциями 1, 2 и 3 электроокисление железа двухвалентного по реакции:



Для протекания этой реакции требуется потенциал свыше +0,75 В.

Таким образом, при электрохимической активации оборотных сернокислых растворов происходит повышение значения ОВП за счет выделения на аноде, помимо кислорода, газообразного хлора и гидролиза его в прианодном объеме с образованием кислородсодержащих соединений хлора: $\text{ClO}^- \rightarrow \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_3^-$ которые входят в понятия активный хлор, являющимся сильнейшим окислителем, а также окисления двухвалентного железа.

Электрохимическая активация происходит в анодном пространстве электролизера. В катодной камере идет процесс образования щелочи и повышение *pH* католита. Это

создает предпосылки использования образующейся щелочи для одновременного осаждения урана из продуктивного раствора.

Поэтому в данной работе изучалась принципиальная возможность процесса осаждения урана из продуктивных растворов в катодной камере и электрохимической активации маточника осаждения урана в анодной камере электролизера.

Определение зависимости степени осаждения урана из продуктивных растворов от pH среды

Для экспериментов отбирались пробы по 100 мл продуктивного раствора ПВ-17, в которые добавляли раствор едкого натра с концентрацией 123 г/л до получения pH в диапазоне 6-13. Полученная пульпа в каждой пробе перемешивалась и отстаивалась в цилиндре, емкостью 250 мл в течение 30 минут. Осветленная часть отбиралась на анализ по урану. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Зависимость степени осаждения урана от pH среды

pH осаждения	Концентрация урана в осветленном растворе, мг/л
6,1	32,5
6,9	2,8
7,97	1,6
9,36	3,2
9,8	2,0
10,12	1,8
10,52	1,4
11,68	3,4
12,22	19,4

Результаты экспериментов показывают, что в пределах pH 6,9 - 11,5 можно получать стабильно проскок урана в пределах 2 - 3,5 мг/л.

Для получения удовлетворительного проскока урана в электролизере необходимо контролировать pH катодной камеры при подаче в нее продуктивного раствора. Контроль pH в катодной камере фактически определялся изменением токовой нагрузки и объемом пропускаемого раствора.

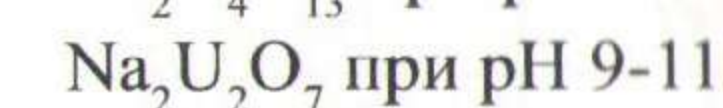
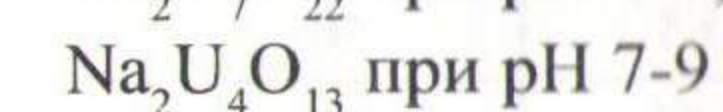
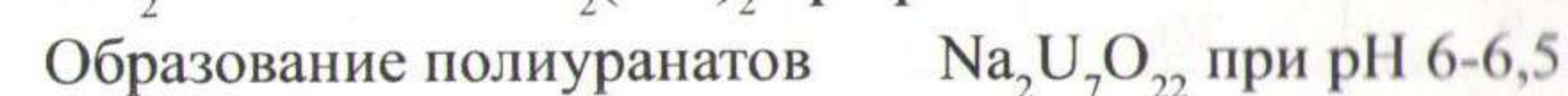
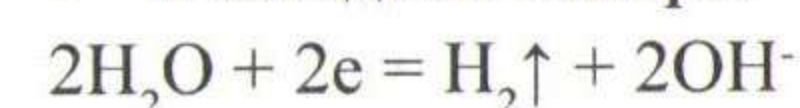
В данной работе была исследована принципиальная возможность процесса осаждения урана из продуктивных растворов в катодной камере и электрохимической активации маточника осаждения урана в анодной камере электролизера.

Для проведения экспериментов был изготовлен лабораторный электролизер, состоящий из катодной и анодной камер. Анодная и катодная камеры разделялись между собой тканевой диафрагмой. Катодная камера оборудовалась бункером для сбора осадка.

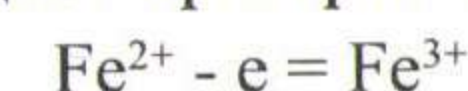
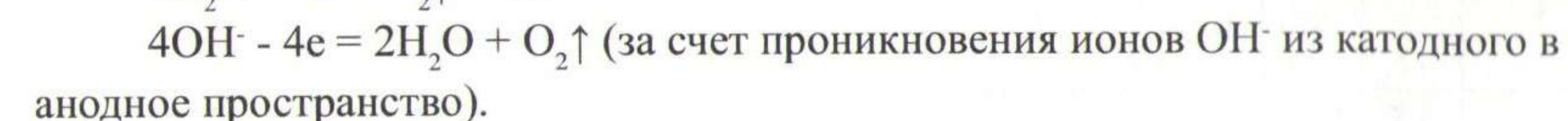
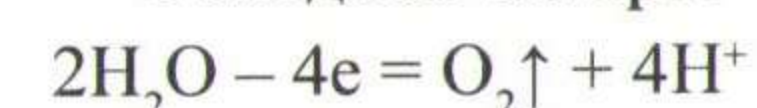
Принцип работы электролизера – проточный из катодной камеры в анодную через пористую диафрагму. Подача раствора осуществлялась дозирующим насосом.

При этом происходят следующие реакции:

- в катодной камере:



- в анодной камере:



В качестве катода использовали нержавеющую сталь, в качестве анода – обожженный графит. Площадь катода – 150 см², анода – 70 см². Межэлектродное расстояние – 4 мм. Объем катодной камеры – 1,5 л, анодной камеры – 0,4 л.

Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Данные таблицы показывают, что проскок урана при заданной плотности тока в значительной степени зависит от объема пропускаемого раствора. При повышении токовой нагрузки возрастает объем обрабатываемого раствора, при котором возможно получение удовлетворительного проскока урана. В диапазон по проскоку (не более 5 мг/л) по урану попадают 7 точек.

При потоке 2 л/час: 1,5 А – 2,47 кВт/м³; 2 А – 3,86 кВт/м³.

При потоке 3 л/час: 1,5 А – 1,65 кВт/м³; 2 А – 2,57 кВт/м³; 4 А – 6 кВт/м³.

При потоке 4 л/час: 4 А – 4,5 кВт/м³.

При потоке 5 л/час: 4 А – 3,6 кВт/м³.

Наиболее оптимальными с точки зрения расхода электроэнергии можно принять следующие условия: поток ПР 3 л/час: 1,5 А – 1,65 кВт/м³; 2 А – 2,57 кВт/м³ и поток ПР 5 л/час: 4 А – 3,6 кВт/м³. При этом на меньшую производительность по потоку ПР количество устанавливаемых электролизеров будет больше.

Во всех экспериментах фильтроткань оставалась чистой. Полиуранаты натрия при добавлении продуктивного раствора в катодную камеру сначала собирались на поверхности раствора за счет выделения пузырьков водорода, а затем постепенно собирались в нижней части бункера для сбора осадка. Окислительно-восстановительный потенциал анолита имеет высокие значения (430-1100 мВ), достаточные для процесса выщелачивания во всех экспериментах за исключением двух опытов.

Таблица 4

Электрохимическая обработка продуктивных растворов месторождения Уванас

№	Параметры электрохимической обработки						Анодная зона обработки			
	Поток ПР, л/час	U, в	I, а	Расход эл/энер., кВт·час на м ³ раствора	Катодная плотность тока, а/м ²	Анодная плотность тока, а/м ²	рН	ОВП, мВ	Кислотность, г/л	Уран мг/л
1	2	3,3	1,5	2,47	50	214	1,9	530	1,2	3,5
		3,86	2,0	3,86	133	286	1,75	850	1,9	4,0
		4,5	4,0	9	266	570	1,35	1100	4,3	5,5
2	3	3,3	1,5	1,65	50	214	2,0	500	1,25	4,5
		3,86	2,0	2,57	133	286	1,8	950	2,0	2,9
		4,5	4,0	6	266	570	1,6	990	2,4	3,0
3	4	3,4	1,5	1,7	50	214	2,2	340	0,9	10,5
		3,95	2,0	1,98	133	286	2,1	800	1,0	5,7
		4,5	4,0	4,5	266	570	1,8	910	1,95	3,2
4	5	3,8	1,5	1,14	50	214	2,0	250	1,1	19,2
		4,0	2,0	1,6	133	286	2,3	620	0,8	9,8
		4,5	4,0	3,6	266	570	1,9	760	1,1	5,0

ВЫВОДЫ

1. Результаты работы показали возможность проведения процесса осаждения урана из продуктивных растворов в катодной камере и электрохимической активации маточника осаждения урана в анодной камере электролизера.
2. Сбросные концентрации урана в анолите имеют удовлетворительные значения (менее 5 мг/л).
3. Окислительно-восстановительный потенциал анолита имеет высокие значения (430-1100 мВ), достаточные для процесса выщелачивания.
4. Полученные данные позволяют вести дальнейшие исследования по совершенствованию процесса осаждения урана в диафрагменном электролизере (снижение величины проскока урана, изучение влияния ионного состава, выбор материала электродов и диафрагмы, конструкции электролизера и т.д.).

Использованная литература:

1. "Техника и наука", 1981 г., №№ 11, 12. "Эти активированные жидкости".
2. Рогов В.М., Филипчук В.Л. "Применение электрохимического изменения величин рН и Eh в технологии очистки воды" Киев "Наукова думка", 1983 г., т.5. №11.
3. Н.С. Тураев, И.И. Жерин Химия и технология урана – М.: Руда и Металлы, 2006, 396 с.

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СЕВЕРОКОРЕЙСКОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ

Соколова И.Н.

Институт геофизических исследований Национального ядерного центра
Республики Казахстан.

9 октября 2006г. в КНДР на полигоне Пунгери произведено подземное ядерное испытание. Это первый ядерный взрыв после серии испытаний 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. Настоящая работа посвящена анализу результатов изучения записей северокаорейского взрыва, полученных глобальными сейсмическими сетями, а также проверке ранее найденных для других полигонов критериев распознавания.

Эпицентр взрыва находился приблизительно в районе расположения полигона Пунгери, вблизи горы Мантан-Сан (высота 2200м), где по космическим наблюдениям отмечалась строительная активность, здесь расположены различные тоннели [2]. На рис.1 представлены космоснимки полигона и его окрестностей, на которых четко видны следы антропогенной деятельности, связанной с функционированием полигона. Снимки получены тайваньским спутником Formosat-2 12 октября 2006г., 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].

Ядерное испытание в Северной Корее было зарегистрировано большим количеством цифровых широкополосных сейсмических станций, как на региональных, так и на телесеизмических расстояниях.

Данные станций НЯЦ РК, которые находились в области телесеизмических расстояний от эпицентра взрыва (в диапазоне 3725-5280 км) были использованы различными сейсмологическими агентствами для определения параметров взрыва (таблица 1, рисунок 2). Самое оперативное заключение о проведенном ядерном взрыве было выдано Национальным центром США (NEIC). Среди 31 станций мира, участвовавших в этом решении, 4 станции являются казахстанскими (Чкалово, Зеренда, Боровое, Маканчи).

Оперативность и точность полученных данных свидетельствует о больших возможностях глобальных мониторинговых сетей.

Мощность заряда оказалась меньше заявленной северокорейским правительством (4 кт). Так L.Sykes (Ламонт-Дохертская обсерватория) оценил мощность взрыва $w \sim 0.4$ кт, и показал с 95% вероятностью, что мощность $w < 1$ кт. Согласно T.Wallace (Лос-Аламосская национальная лаборатория США), $w \sim 0.8$ кт [4].

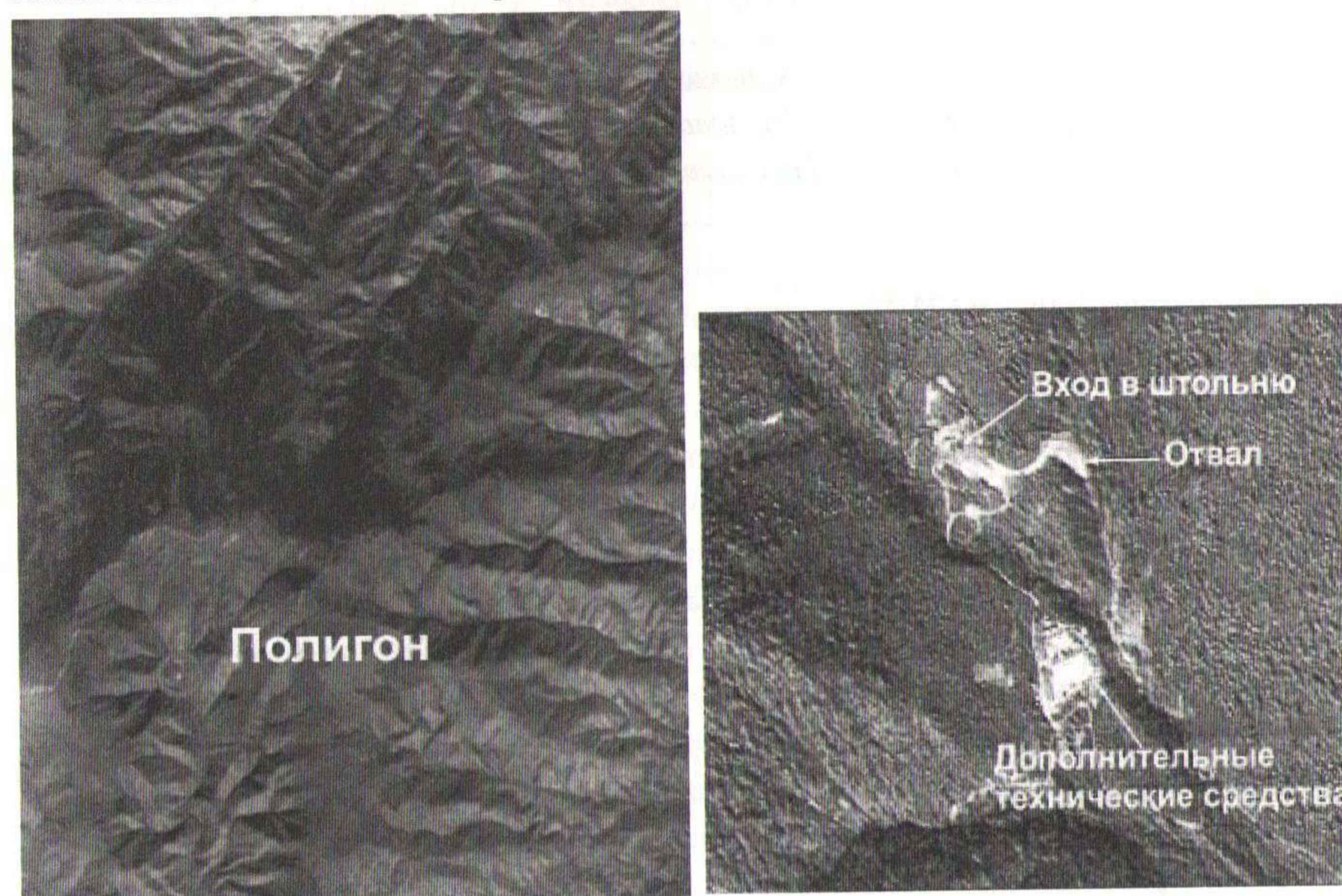


Рисунок 1. Общий вид местности и полигона по космическим снимкам.

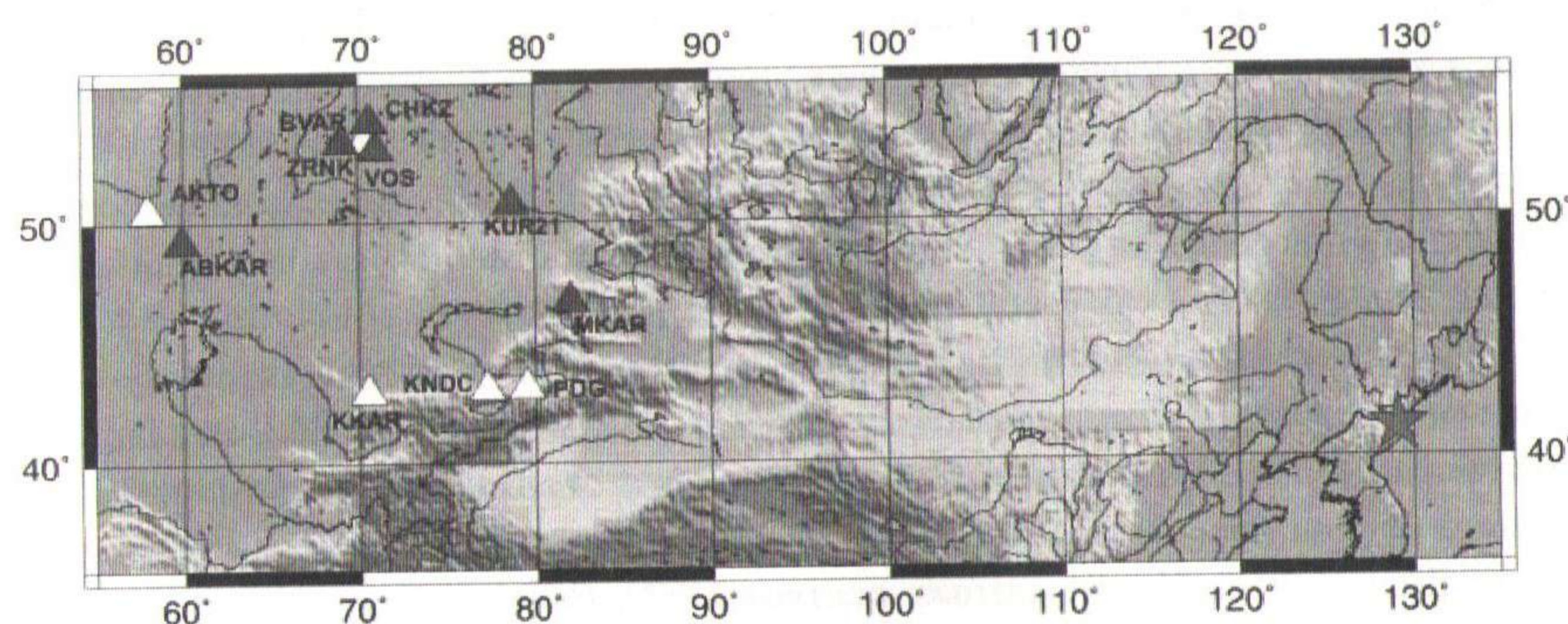


Рисунок 2. Карта расположения сейсмических станций НЯЦ РК, бордовые треугольники – станции зарегистрировавшие Северокорейский ядерный взрыв, белые – не записавшие взрыв. Звездочкой на карте показано место взрыва.

Таблица 1.

Параметры северокорейского ядерного взрыва по данным различных сейсмологических центров

Источник	t_0	широта	долгота	К-во станций	mb	Станции Казахстана, участвовавшие в обработке
ИОЦ ГС РАН	01-35-26.0	41.35	128.96	11	4.0	MKAR
ИГИ НЯЦ РК	01:35:30.7	41.105	128.518	6	3.9	KURK, ZRNK, VOS, CHKZ, BRVK, ABKAR
QED (NEIC)	01-35-28.02	41.294	129.094	31	4.3	CHKZ, ZRNK, BRVK, MKAR
SEL1 (IDC)	01:35:28.3	41.279	129.014	13	4.1	MKAR
REB	01:35:27.6	41.312	129.019	22	4.1	MKAR

При исследованиях по распознаванию природы сейсмических событий слабой мощности поиск параметров и критериев идентификации источников проводится обычно на региональных расстояниях (до 2500 км). Сотрудниками ИГИ НЯЦ РК [5, 6] были найдены эффективные дискриминанты для полигонов Лобнор (Китай), Чагай (Пакистан), Похаран (Индия), которые представляют собой логарифмы отношений амплитуд разных сейсмических фаз (чаще всего волн Lg и Pg (Lg/Pg)). В случае с северокорейским взрывом по казахстанским станциям проверить разработанные критерии распознавания не представляется возможным в силу того, что это событие очень слабое и произошло на больших расстояниях от станций НЯЦ РК (3700 – 5300 км). Для него никаких других фаз, кроме P, не зарегистрировано.

В связи с этим для исследований по сейсмическому распознаванию были привлечены записи китайской станции MDJ ($\Delta=369$ км), и южнокорейской станции INCN ($\Delta=476$ км). Станция INCN (Инчон), входящая в глобальную сеть IRIS GSN, работает с июля 1995 года (ее координаты - $\varphi=37.4833^\circ$, $\lambda=126.6333^\circ$). Станция MDJ (Мудаджанг), работает с октября 1986 года (ее координаты $\varphi=44.6164^\circ$, $\lambda=129.5919^\circ$). На рисунке 3 показаны сейсмограммы взрыва. Сейсмограмма, полученная станцией MDJ, более выразительная, имеет волновую картину, типичную для взрывов. Первой приходит импульсивная Pn-волна с положительным первым вступлением, спустя 7 секунд вступает не менее интенсивная Pg-волна. Lg-волна, характеризуется нечетким первым вступлением, и низкими значениями амплитуд, следом за ней вступает четкая волна Релея с периодом около 3 с.

Сейсмограммы, полученные станцией INCN менее выразительны, так как она расположена на берегу Желтого моря и характеризуется более высоким уровнем сейсмических шумов; кроме того, трасса на эпицентр пересекает Восточно-Корейский залив.

На рис. 4 приведены огибающие северокорейского взрыва, полученные обеими станциями, после применения фильтра 1.25 Гц. Обращает на себя внимание различный характер записей для двух станций. Так, отношение Lg/Pg гораздо выше для станции INCN, чем для MDJ, что свидетельствует о неоднородностях строения литосферы для этого района.

Для исследований по сейсмическому распознаванию отобрано 19 событий за 1997-2006 гг. (с магнитудой $m_b \geq 2.5$) из района, ограниченного координатами 40° - 43.5° с.ш. и 127° - 131° в.д. (из них 18 коровых землетрясений и 1 ПЯВ (см. рисунок 5). Сведения о землетрясениях и взрывах были взяты из каталогов NEIC и PDE Геологической службы США, и каталога ISC Международного сейсмологического центра.

Сейсмические записи предварительно отфильтрованы. Использовались фильтры с центральными частотами 0.6; 1.25; 2.5; 5 и 10 Гц и полосой пропускания шириной 2/3 октавы на уровне -3 dB от максимума. В качестве изучаемого параметра распознавания использовалась величина Lg/Pg.

Судя по результатам обработки данных, для станции MDJ, наблюдается четкое разделение значений Lg/Pg для землетрясений и взрыва, разница увеличивается с ростом частоты колебаний (рис.6).

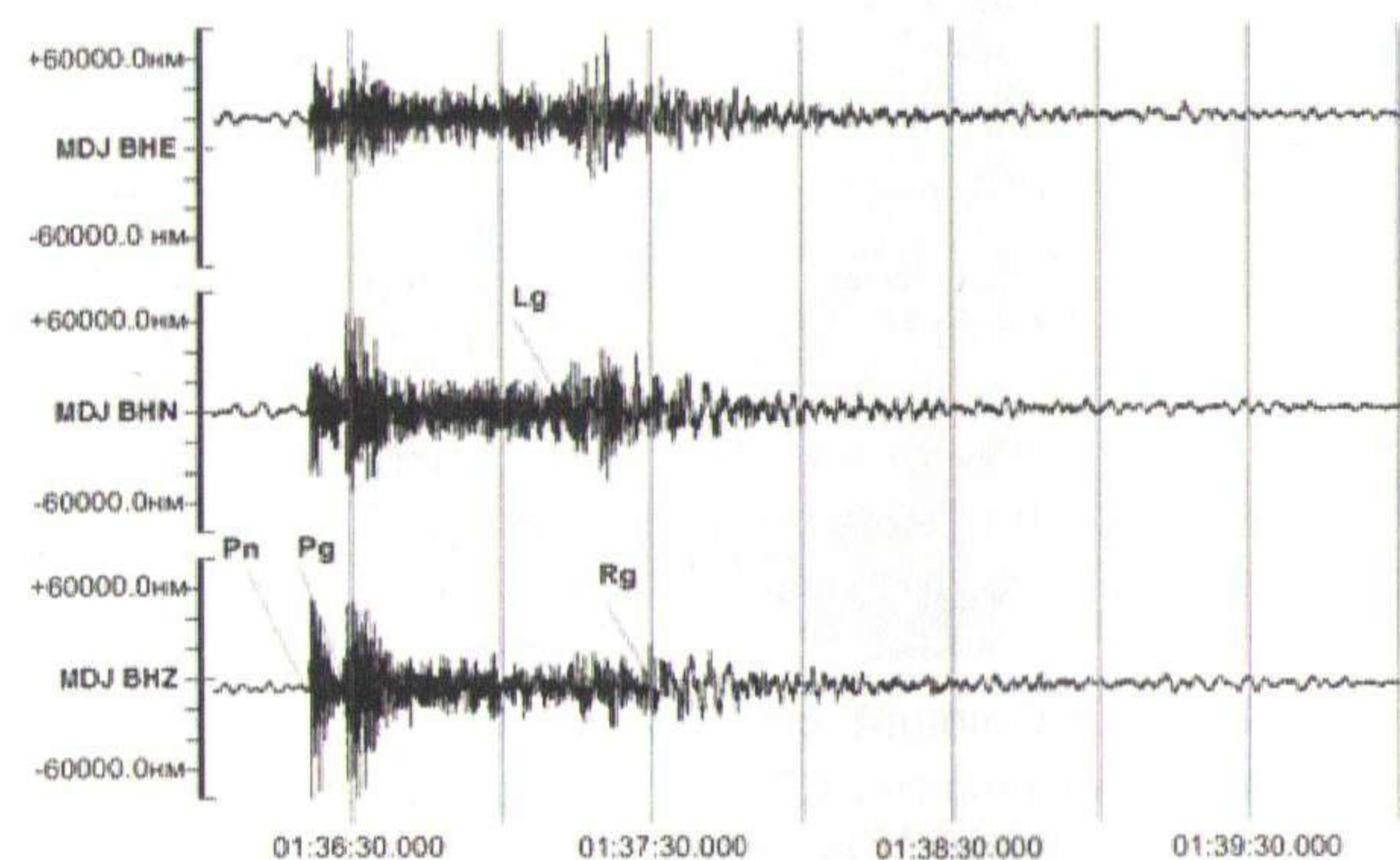
Для станции INCN разделение параметров наблюдается только на частоте 5 Гц (рисунок 7), на частоте 10 Гц замеры не удалось сделать, из-за низкого уровня сигнала.

Этот факт согласуется со сделанными ранее выводами о том, что из-за неоднородности строения литосферы эффект распознавания по различным трассам может существенно различаться. Для конкретных полигонов в зависимости от трассы могут быть подобраны такие станции, которые отличаются наибольшей способностью к распознаванию событий различной природы.

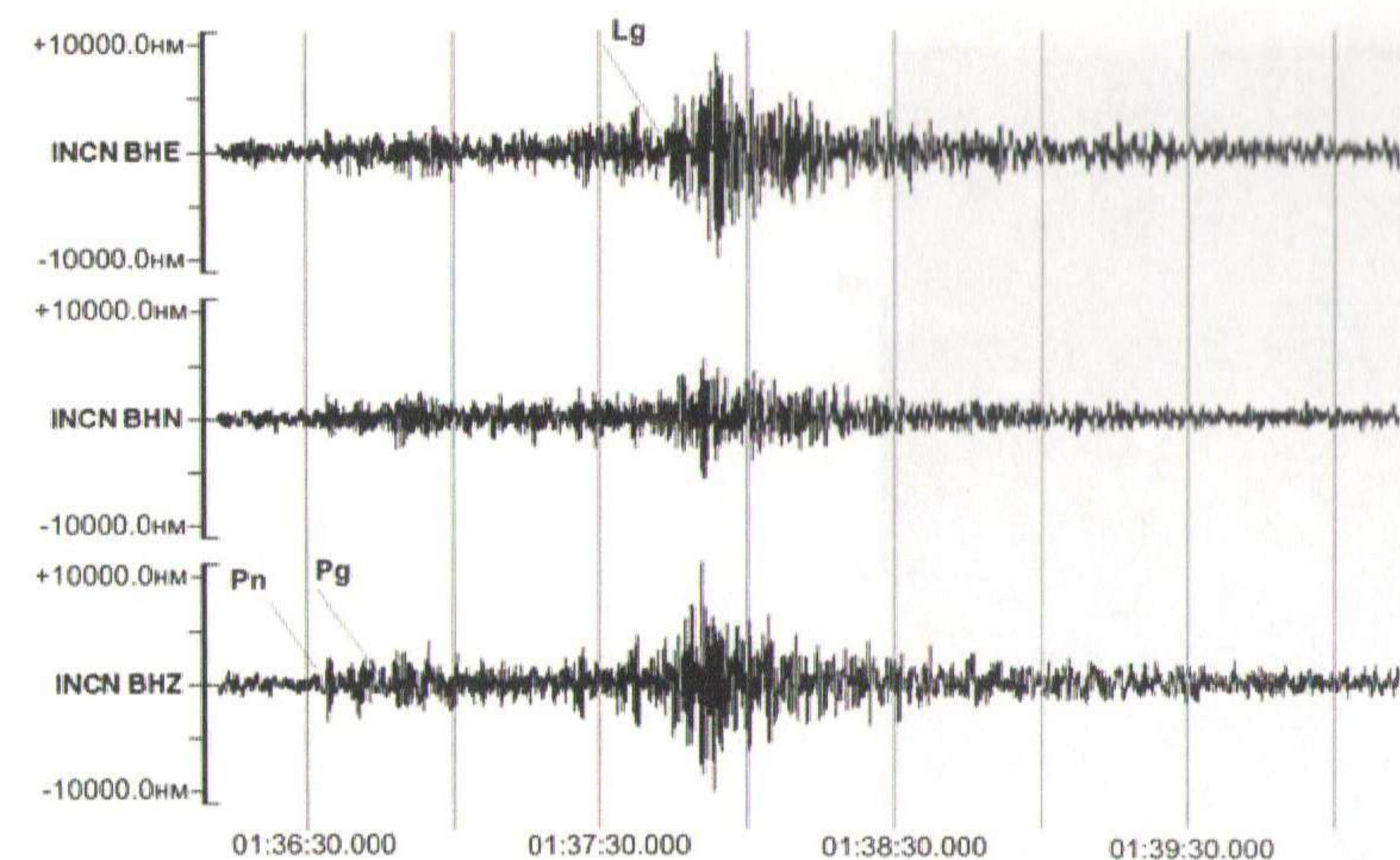
Таким образом, судя по ряду параметров, сейсмическое событие 9 октября 2006 года, произошедшее на полигоне Пунгери, с большой вероятностью является взрывом.

Несмотря на малую мощность, северокорейское сейсмическое событие было успешно зарегистрировано Международной системой мониторинга. Данные казахстанских сейсмических станций, использовались совместно с данными других станций мира при определении параметров этого события.

Анализ записей станций мировых сетей на региональных расстояниях позволили однозначно идентифицировать это событие как ядерное испытание.



а)



б)

Рисунок 3. Сейсмограммы взрыва, полученные станциями MDJ а) и INCN б).

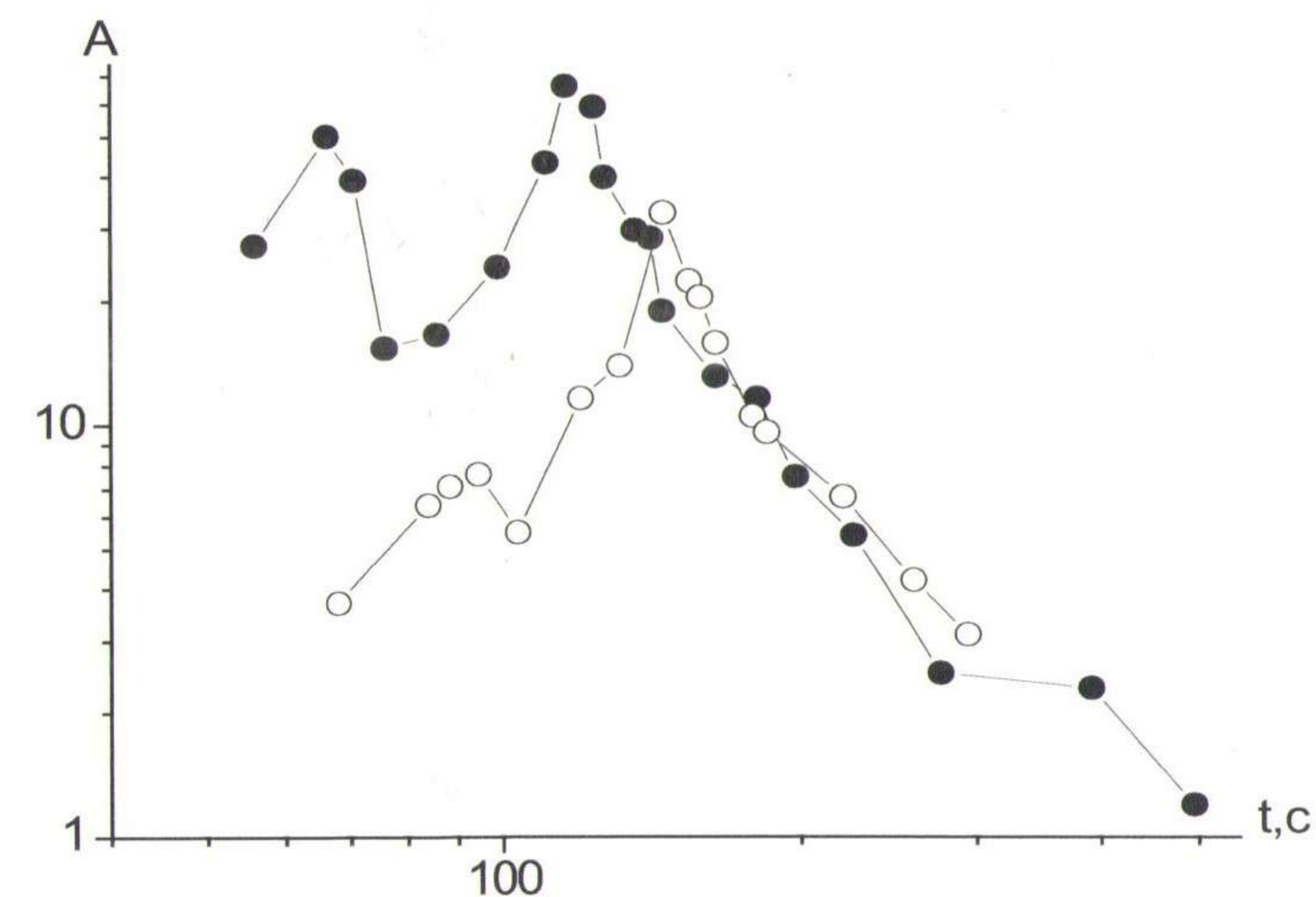


Рисунок 4. Огибающие сейсмограммы взрыва. (Z-компонента, фильтр 1.25 Гц). Черные кружки – станция MDJ, белые – INCN.

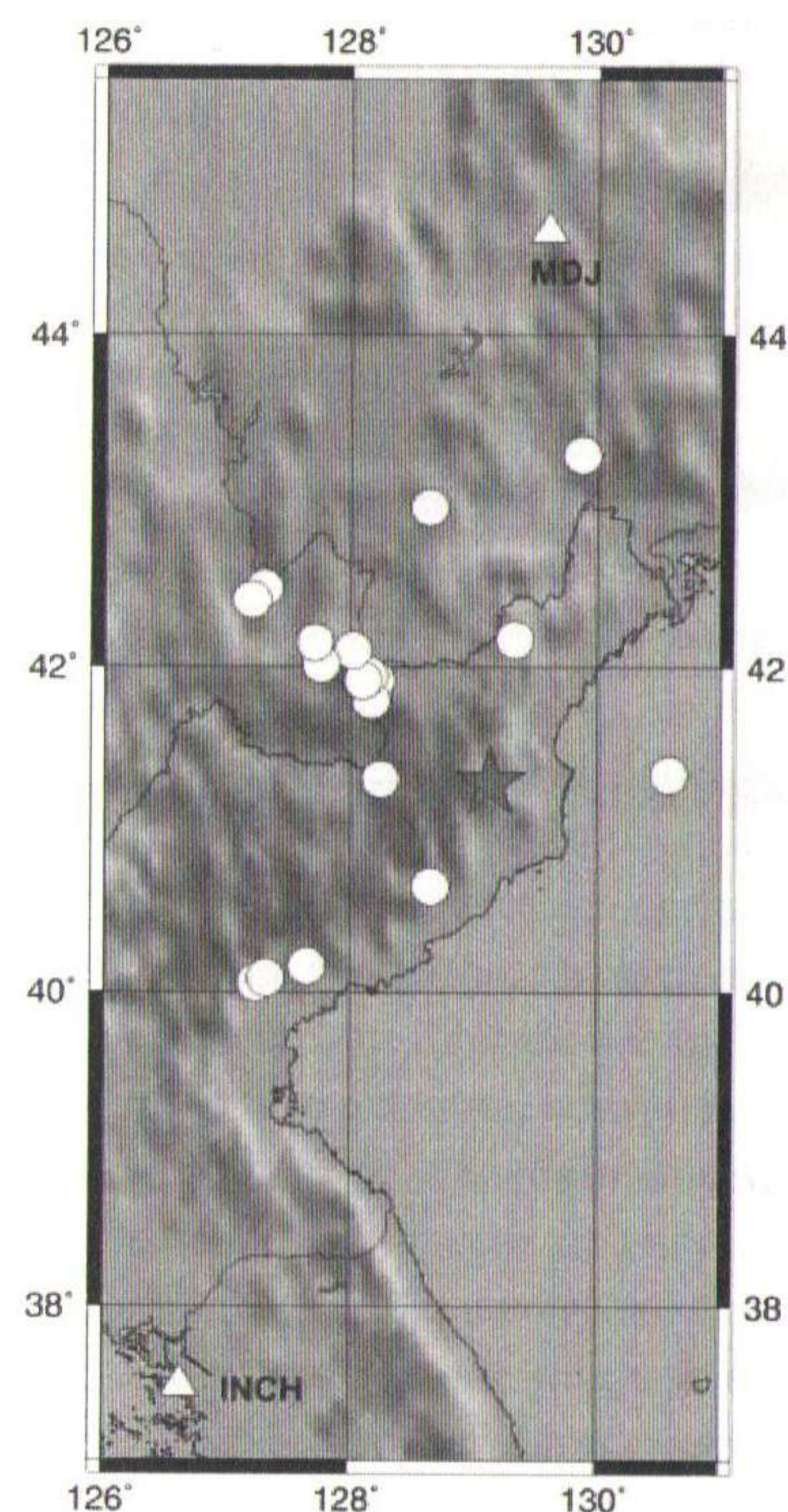


Рисунок 5. Карта расположения эпицентров землетрясений (кружки), ядерного взрыва (звездочка), станций (треугольники).

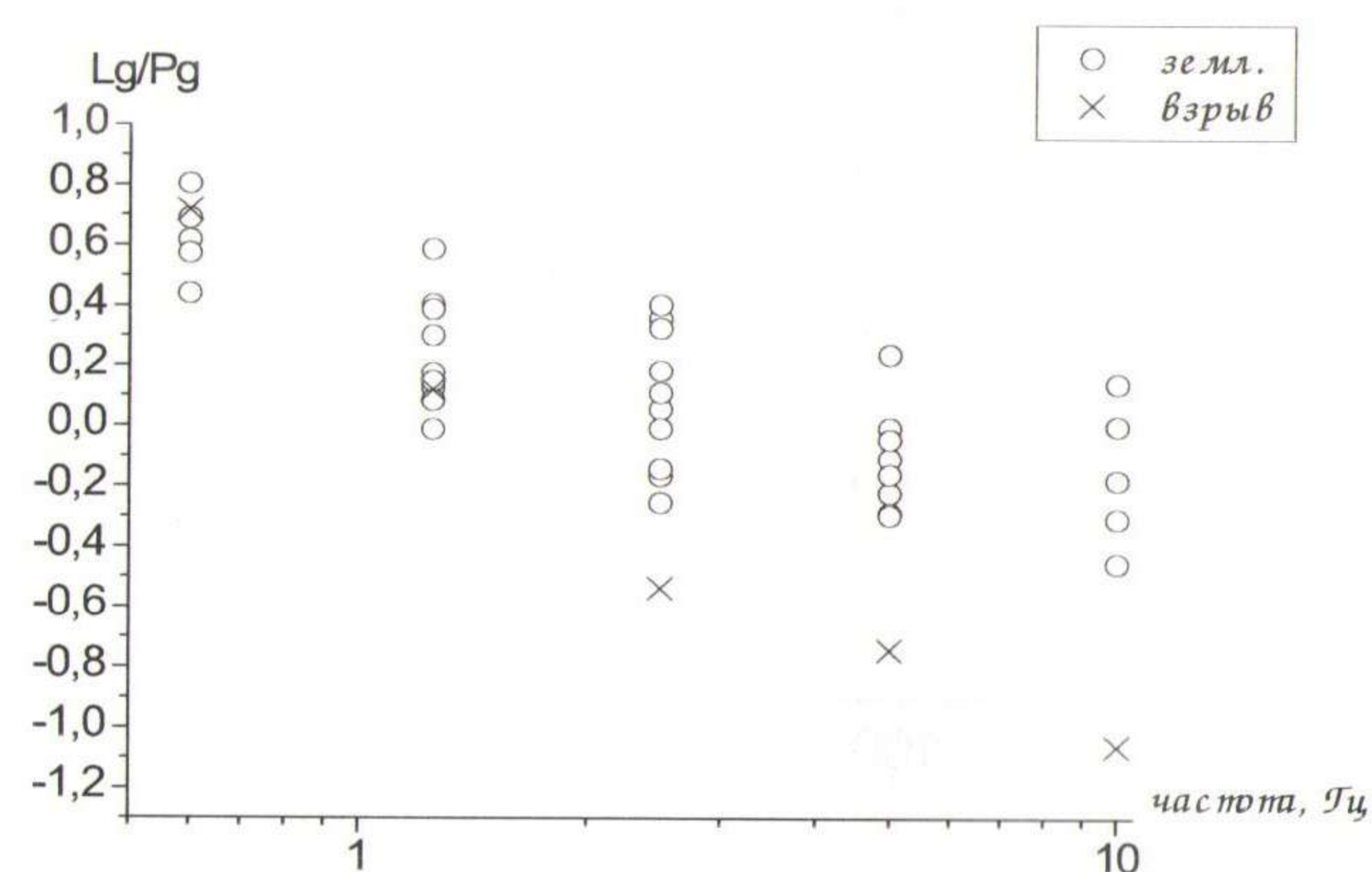


Рисунок 6. Распределение величин Lg/Pg для станции MDJ

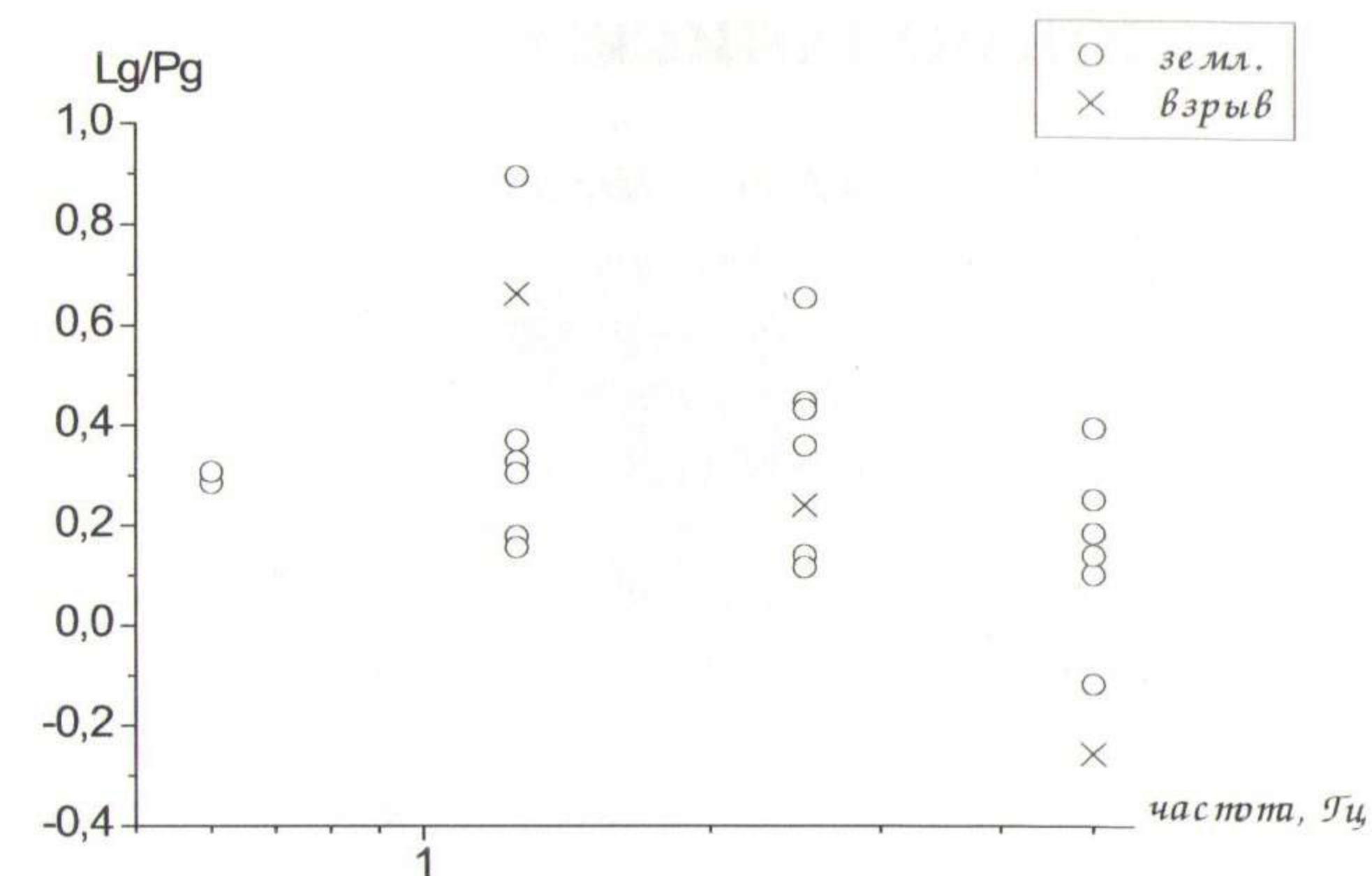


Рисунок 7. Распределение величины Lg/Pg для станции INCN.

Использованная литература:

1. Richard L. Garwin 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.
4. W.-Y. Kim, P.G. Richards. North Korean Nuclear Test: Seismic Discrimination at Low Yield. // EOS. Transactions AGU, 2007. V. 88, № 14, с 158-161.
5. Копничев Ю.Ф., Шепелев О.М., Соколова И.Н. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов на полигоне Лобнор. // Физика Земли, № 12, 2001, с.64-77.
6. Копничев Ю.Ф., Шепелев О.М., Соколова И.Н. Исследования по сейсмическому распознаванию подземных ядерных взрывов и землетрясений на полигонах Индии и Пакистана. // Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НЯЦ РК, вып.2, 2001, с.96-101.

РАЗЛИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПО ЗАПИСЯМ СТАНЦИЙ НЯЦ

¹⁾Соколова И.Н., ²⁾Шепелев О.М.,

¹⁾ Институт геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан.

²⁾ Научно-производственный комплекс «Прогноз» ГУ «Казселезащита» МЧС РК, Алматы, Казахстан.

Ежедневно сейсмической сетью станций Национального Ядерного Центра регистрируется 30-40 событий различной природы, в первую очередь это тектонические землетрясения и взрывы. Но, как известно, сейсмические станции могут регистрировать множество природных и техногенных явлений, таких как сход снежных лавин, грозовые явления, цунами, вулканические землетрясения, падение метеоритов, сели, оползни и др.

В настоящей работе по записям сейсмической станции Талгар, расположенной в Северном Тянь-Шане, выявлены однозначные критерии для идентификации оползневых явлений, происходящих в предгорьях Заилийского Алатау. Рассмотрены динамические характеристики сейсмических записей оползней.

Экзогенные геологические процессы, в том числе, оползни (рисунок 1), отражают развитие приповерхностной части литосферы, обусловленное как тектоническими процессами, так и геологическими, геоморфологическими, гидрогеологическими условиями, а также воздействием комплекса антропогенных факторов. Проявления оползневых процессов наносят значительный ущерб экономике, приводят к разрушениям на большой территории и человеческим жертвам. Так, в результате схода оползня в ущелье Талды-Булак 13 марта 2004 г. погибло 29 человек. В последние годы в предгорьях Заилийского Алатау оползневые процессы заметно активизировались [1]. Поэтому изучение факторов, определяющих формирование и развитие оползней, а также исследование сейсмического эффекта этих явлений представляет большой интерес.

Пространственно-временное распределение оползней в районе Заилийского Алатау

В предгорьях Заилийского Алатау оползневые явления регистрируются повсеместно с различной периодичностью активизации. В период с 1997 г. до 2004 г. самое большое количество оползней наблюдалось в бассейнах рек Малая Алматинка, Талгар, Каскелен и Иссык. На рисунке 2 приведена сейсмическая запись оползня 13.03.2004 г, который повлек за собой человеческие жертвы. На рисунке 3 дано распределение по годам ежемесячного количества оползней за период с 1997 г. по

2004 г. В 2000-2001 г. сведения о сошедших оползнях отсутствуют (возможно, из-за небольшого количества и незначительности они остались вне сферы наблюдений [1]). Как видно из рисунка 3, максимальное количество оползней наблюдалось в мае 2004 г.



Стрелками показаны трещины, являющиеся обычно предвестником схода оползня
Рисунок 1. Оползни 8 мая (левый след) и 9 мая 2004 (правый след). [1].

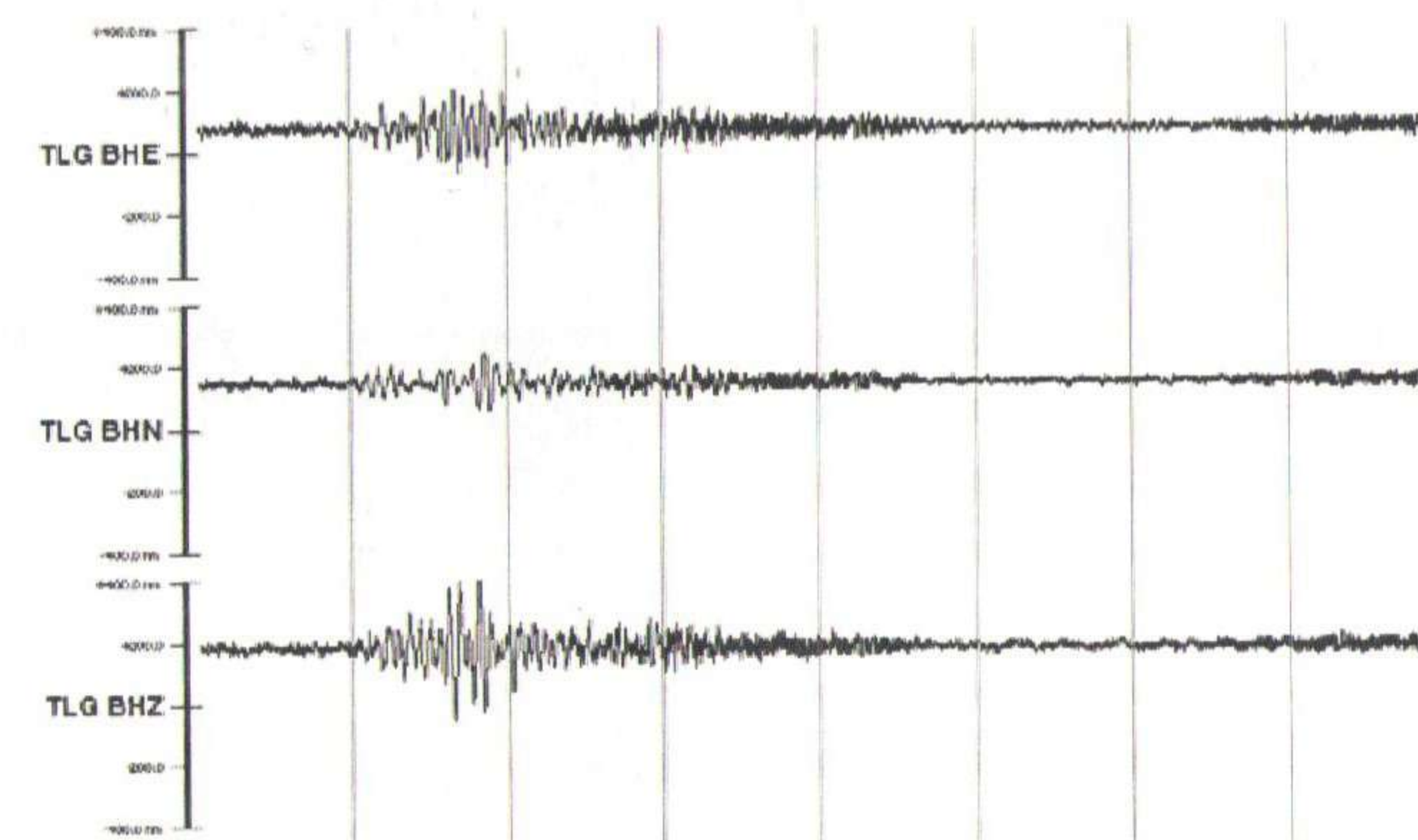
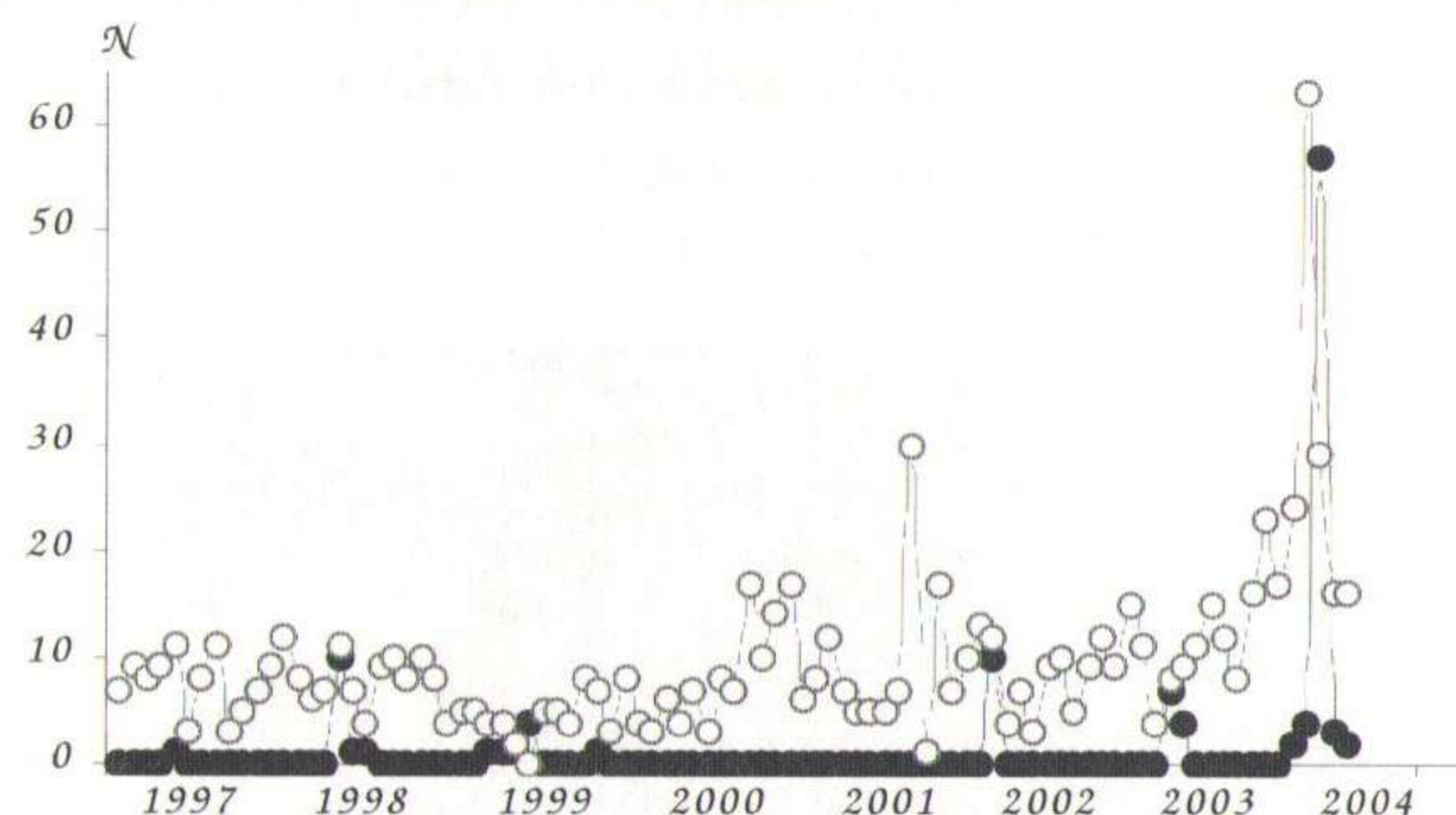
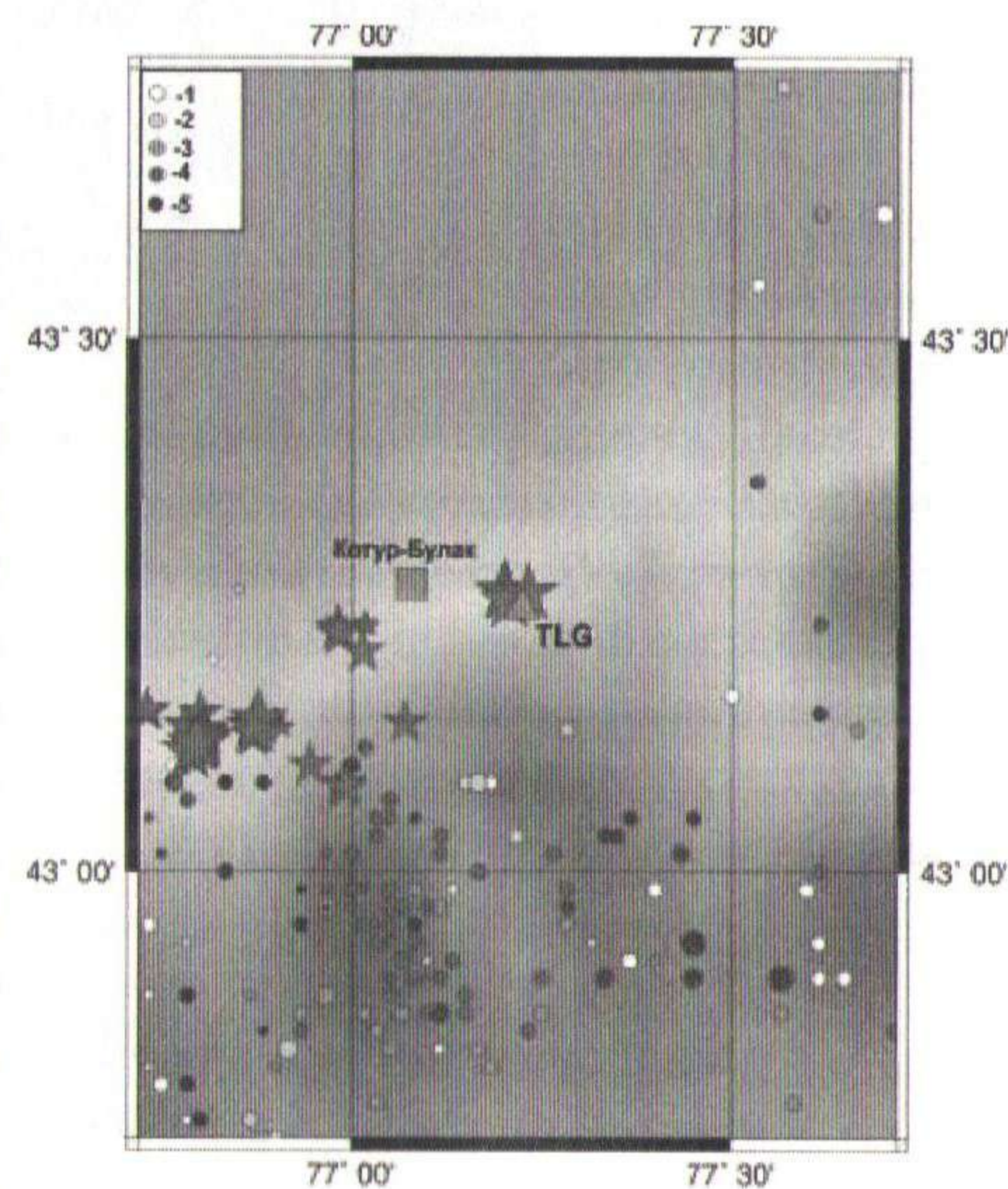


Рисунок 2. Сейсмическая запись оползня 13.03.2004 19:22 (GMT), $\varphi=43.2894^\circ$, $\lambda=77.1611^\circ$. Станция Талгар (TLG).



Белые кружки – землетрясения, черные кружки – оползни
Рисунок 3. Количество землетрясений и оползней в период с 1997 г. по 2004 г. в изучаемом районе

Известно [1], что сейсмогенные напряжения земной коры, сеймотектонические деформации подготавливают и вызывают смещение горных масс, нарушая их устойчивость. На рисунке 3 одновременно с количеством оползней показан временной ход количества землетрясений в районе, ограниченном координатами 42.75° - 43.75° с.ш. 76.72° - 77.72° в.д. Видно, что в апреле-мае 2004 г. имел место резкий рост количества регистрируемых слабых землетрясений. Следует отметить, что увеличение количества землетрясений в первой половине 2004 г. произошло не только в рассматриваемом районе, но и на территории всего Северного Тянь-Шаня. Площадное распределение оползней и землетрясений за январь-май 2004 г. показано на рисунке 4. Места возникновения некоторых оползней совпадают с эпицентрами землетрясений (расстояние до 400 м). Диапазон магнитуд зарегистрированных землетрясений m_{pva} - 1.4-4.2.



Звездочки – места схода оползней. Кружки – эпицентры землетрясений произошедшие за: 1 - январь; 2 - февраль; 3 - март; 4 - апрель; 5 - май 2005 г.. Треугольник – сейсмическая станция Талгар. Квадрат – карьер Котур-Булак. Размеры значков пропорциональны энергии события.
Рисунок 4. Карта исследуемого района

Анализ записей оползней, зарегистрированных сейсмической станцией Талгар

Сейсмическая станция Талгар (рисунок 4) начала регистрацию сейсмических событий с 1961 г. В 1994 году здесь вместо аналоговой аппаратуры была установлена трёхкомпонентная цифровая станция. Анализ сейсмограмм, полученных на станции, проведен с целью создания методик идентификации событий различной природы и внедрения в практику мониторинга опасных природных явлений. В этой связи отобраны сейсмические записи событий, которые были проассоциированы с оползнями, произошедшими на небольших расстояниях от станции Талгар. Для цифровых записей проведена узкополосная частотная фильтрация. Использовались фильтры с центральными частотами 0.6, 1.25, 2.5, 5.0 Гц и шириной 2/3 октавы по уровню -3 дБ от максимума, аналогичные соответствующим ЧИСС – фильтрам [2]. Были исследованы также динамические характеристики сейсмограмм серии оползней, основные параметры которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры оползней, зарегистрированных станцией Талгар

№	Дата	Время GMT	Объем V, м³	Широта	Долгота	Высота, h, м	Расстояние, км	Азимут	Амплитуда, мм, фильтр 0.6 Гц	Длительность записи, с	t_{max} фильтр 0.6 Гц
1	18.05.1998	22:02	1300	43.2486	77.2228	1200	0.1	81.4	258.3	65.9	28.8
2	13.03.2004	19:19	300000	43.2894	77.1611	1075	6.8	131.6	56.7	90	20.8
3	13.03.2004	19:22	700000	43.2894	77.1611	1075	6.8	131.6	107.3	74	13.1
4	08.05.2004	21:54	2200	43.255	77.2069	1540	1.5	117.2	224.5	84.5	17.4
5	09.05.2004	4:59	800	43.2625	77.2319	1500	1.7	203.6	55.8	73.6	22.8
6	24.05.2004	6:25	1200	43.2639	77.2	1520	2.6	131.3	26.5	51.5	8.3
7	25.05.2004	0:30	2800	43.2633	77.2033	1525	2.3	134.4	64.2	40	9.8
8	25.05.2004	3:35	2800	43.2633	77.2033	1525	2.3	134.4	83.9	59	20.2

18 мая 1998 г. в бассейне реки Талгар на расстоянии около 100 м от сейсмической станции по азимуту 81.4° произошел оползень (п. 1 таблицы 1) с ориентировочным объемом сместившейся массы 1.3-1.5 тыс.м³ [1]. На рисунке 5 приведены сейсмические записи этого оползня, полученные станцией Талгар (вертикальная компонента), с использованием ЧИСС-фильтров [2]. Следует отметить необычную форму записи - быстрое затухание амплитуды, широкая полоса частот. На рисунке 6 приведен характер поляризации сейсмических волн: а - в течение первых пяти секунд записи; б - цуга, соответствующего максимуму амплитуды (5с) для фильтра 0.6 Гц. Как видно из рисунка, поляризация сейсмического сигнала коррелируется с направлением схода оползня.

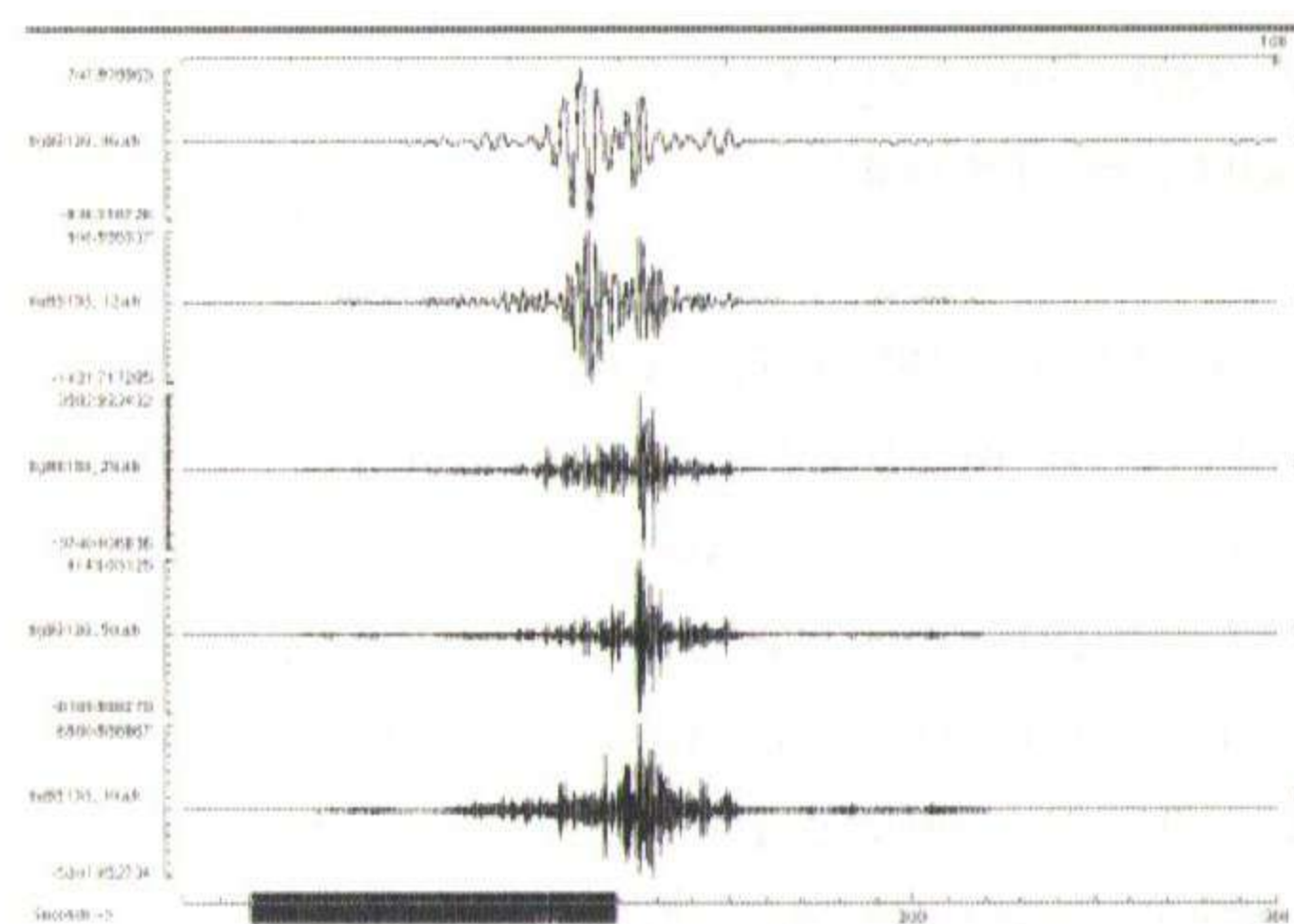


Рисунок 5. Записи оползня 18.05.1998, полученные станцией Талгар. Вертикальная компонента. Каналы (сверху вниз): 0.6, 1.25, 2.5, 5 Гц, 10 Гц.

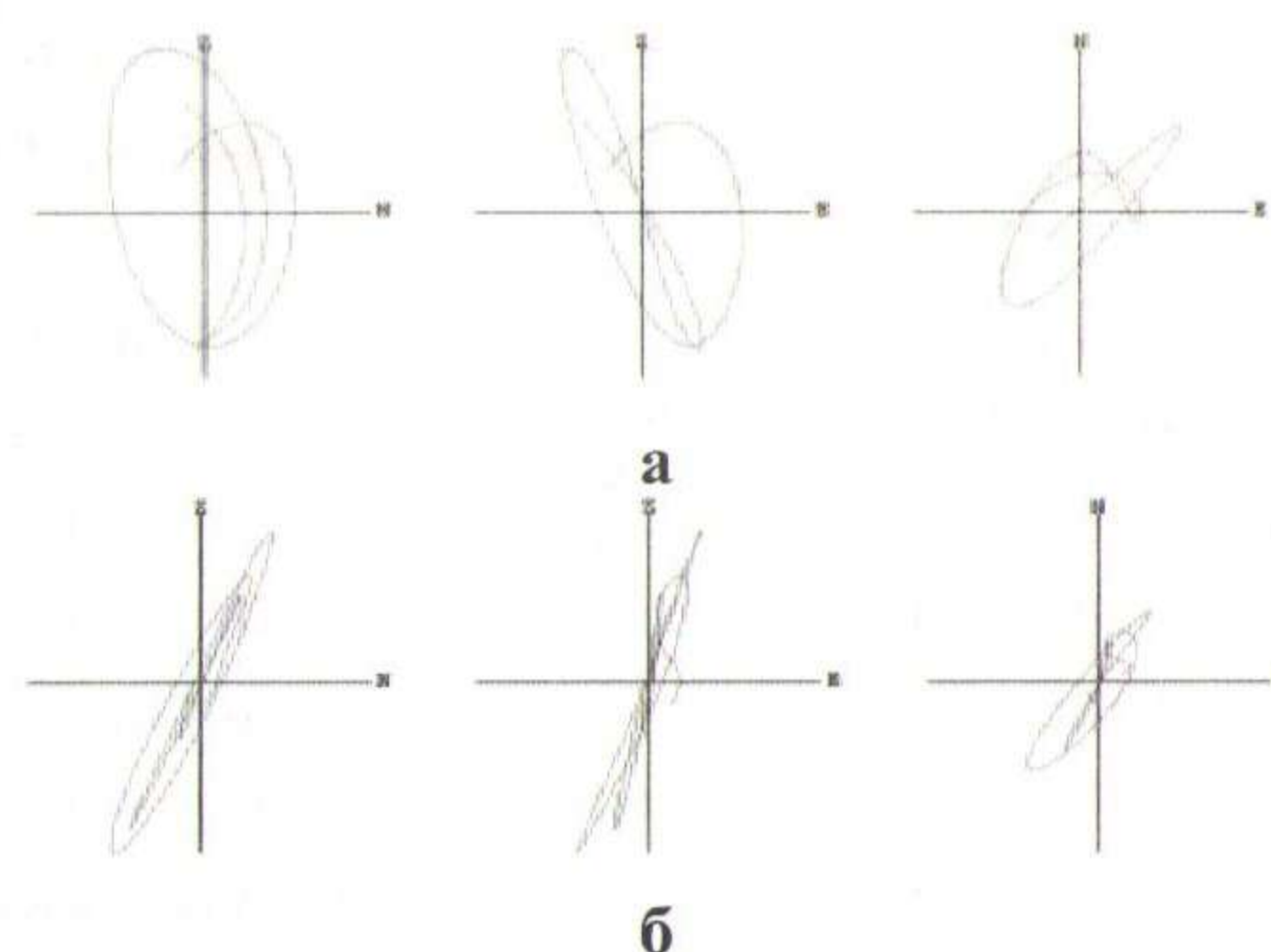


Рисунок 6. Характер поляризации сигнала по записям оползня 18.05.1998, полученным станцией Талгар: а – по началу записи, б – по цугу с максимальными амплитудами Канал 0.6 Гц

На рисунке 7а сравниваются сейсмические записи событий разной природы, но с примерно одинаковым эпицентрльным расстоянием относительно станции Талгар. Верхняя сейсмограмма – землетрясение 20 июня 1997 г., посередине – сейсмограмма химического взрыва 23 июля 1997 г., произведенного на карьере Котур-Булак (рисунок 4), нижняя сейсмограмма – оползень 13 марта 2004 г. Сравнительные характеристики этих сейсмических записей - период максимальной амплитуды, время нарастания амплитуды, - приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительные характеристики сейсмических записей различных типов источников. Станция TLG. Z-компонента

Тип источника	Период максимальной амплитуды, сек	Время нарастания максимума, сек
Оползень	0.5	10.9
Карьерный взрыв	0.075	0.4
Землетрясение	0.075	4

В отличие от записей взрыва и землетрясения, где максимум амплитуды достигается на первых секундах события, запись оползня не имеет четкого первого вступления, характеризуется медленным нарастанием амплитуд и является самой низкочастотной.

На рисунке 7б приведены спектры сейсмических колебаний вертикальной компоненты сейсмического сигнала для тех же трех событий.

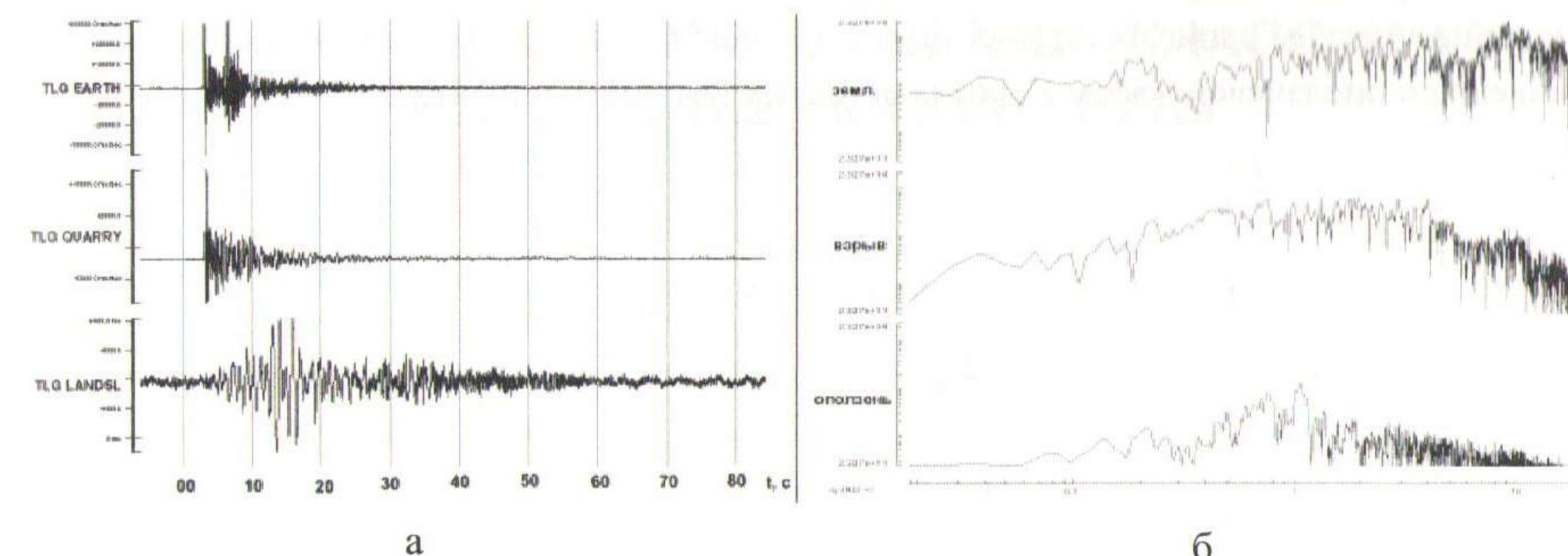


Рисунок 7. Сравнение сейсмических записей (а) и спектров (б) событий разной природы: верхняя - землетрясение 20 июня 1997 г. ($t_0=20:07:05.6$, $\varphi=43.1^\circ$, $\lambda=77.1^\circ$); средняя – карьерный взрыв 23 июля 1997 г. ($t_0=4:56:51.0$); нижняя - оползень 13 марта 2004 г. ($t_0 \sim 19:22$). Z-компонента. Станция Талгар

Спектр оползня существенным образом отличается от двух других. Он имеет 2 локальных максимума в районе 0.6-0.8 Гц и 1 Гц. Сейсмические записи взрывов и землетрясений являются гораздо более высокочастотными. На рис. 8 приведены огибающие записей этих событий (канал 0.6 Гц). Формы огибающих записей взрыва и землетрясения похожи на временах более 15 секунд от времени в очаге, когда как огибающая записи оползня резко отличается от них, на временах 15-30 секунд она - более пологая, а на временах больше 50 секунд амплитуды резко затухают.

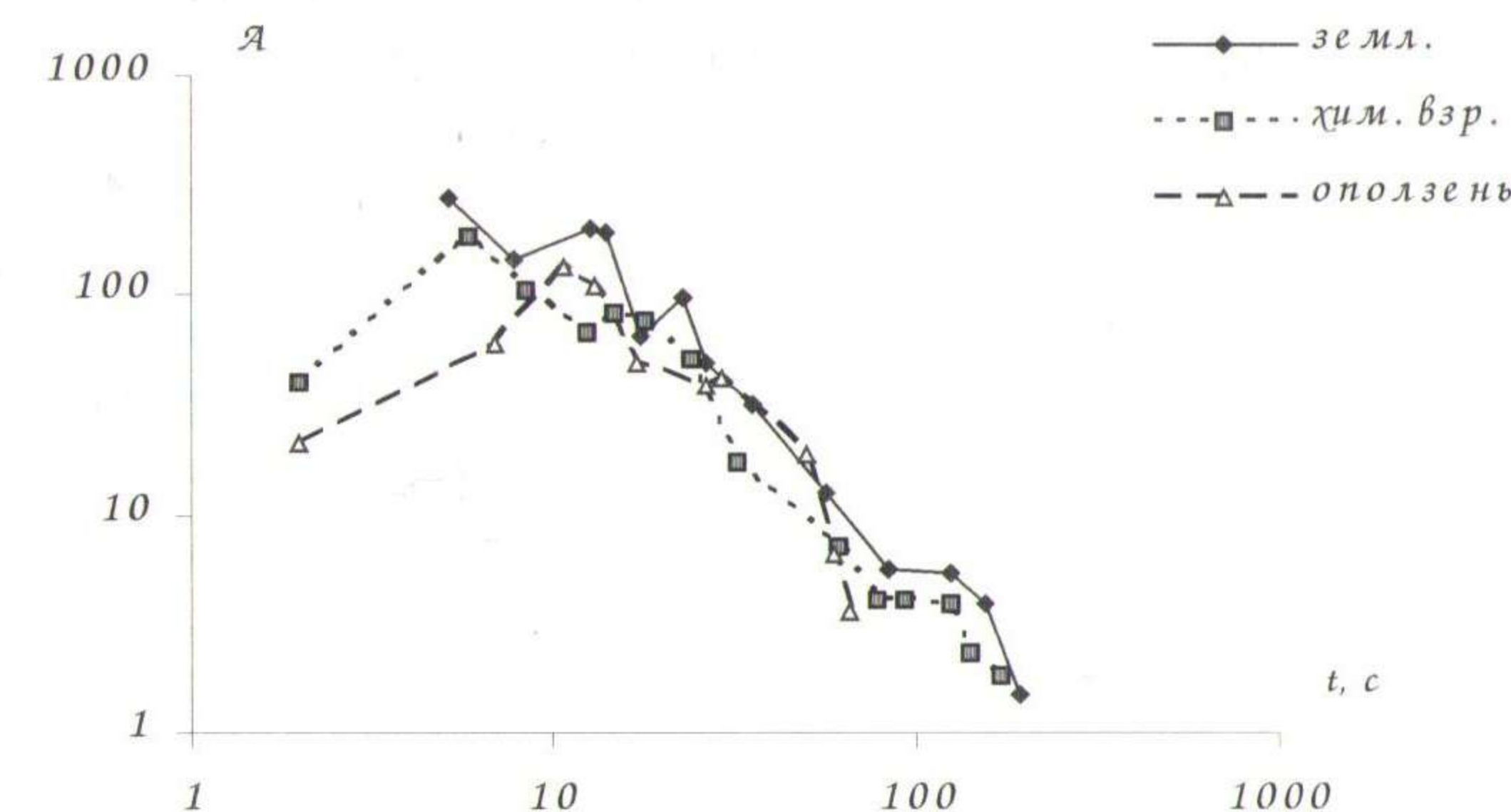
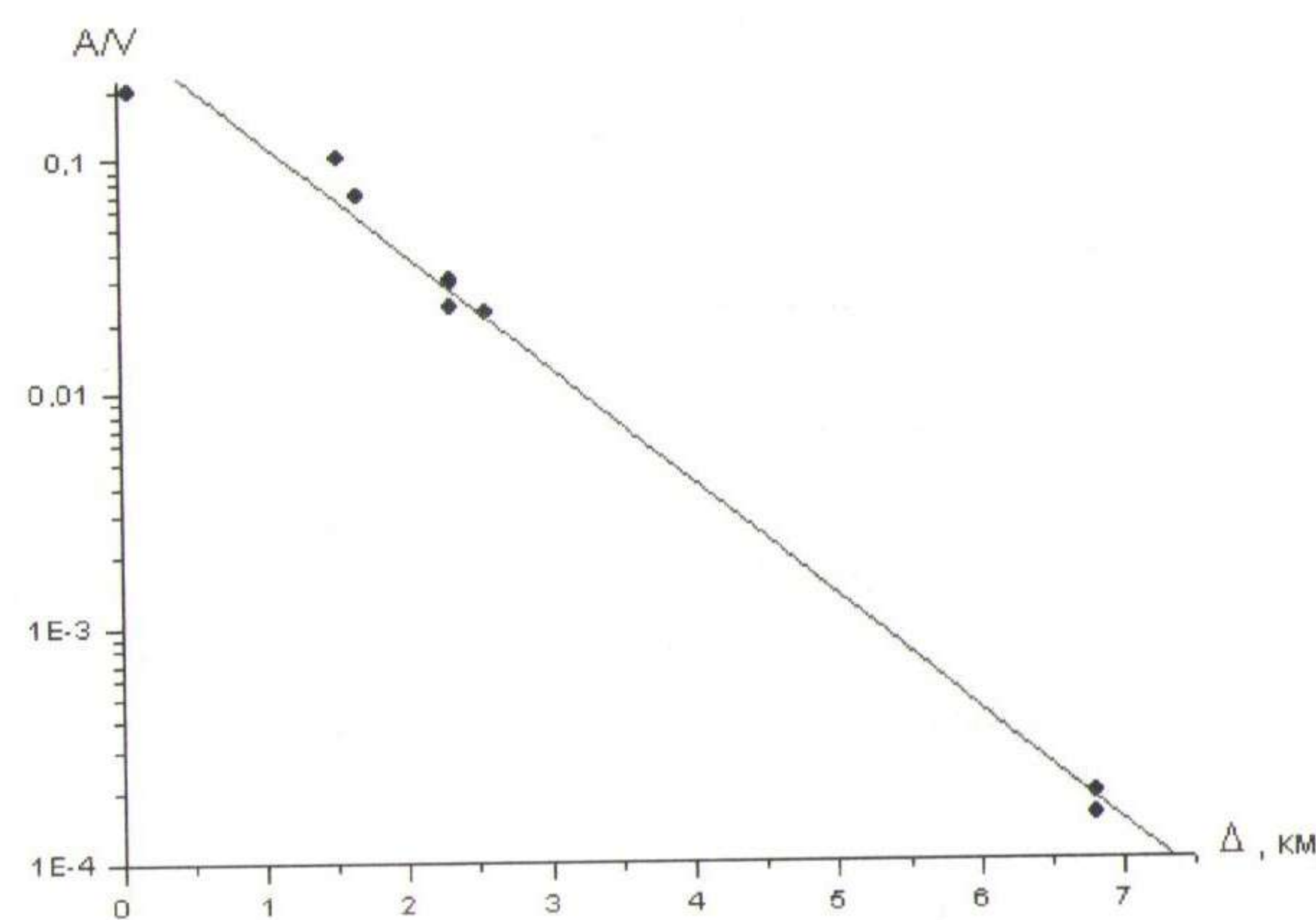


Рисунок 8. Огибающие событий разной природы. Z-компонента. Фильтр 0.6 Гц.

На рисунке 9 представлена зависимость отношения амплитуды смещений грунта по сейсмическим записям полученным станцией Талгар (А) (фильтр 0.6 Гц), к объёму сошедшей оползневой массы (V) от расстояния для оползней, включенных в таблицу 1.



Прямая – линия регрессии

Рисунок 9. Зависимость параметра A/V от расстояния.

Уравнение линейной регрессии для построенной зависимости имеет вид:

$$\lg(A/V) = -0.44042 - 0.48498 \Delta, \quad R = -0.99465,$$

где A – амплитуда смещения грунта (нм), V – объём оползневой массы (м^3), Δ – расстояние в км, R – коэффициент корреляции.

Наблюдается ярко выраженная линейная зависимость параметра A/V от расстояния. Отсюда следует важный практический вывод: существует принципиальная возможность быстрой оценки объёма массы сошедшего оползня на основании анализа динамических характеристик сейсмограмм.

Таким образом, показано наличие однозначных критериев идентификации оползней по записям стандартных сейсмических станций, таких как различие спектров, времени нарастания максимума, периода максимальной амплитуды, а также длительности записи. Это открывает перспективы для создания аппаратных систем мониторинга и предупреждения оползневых явлений, используя записи обычных высокочувствительных сейсмостанций.

Использованная литература:

1. Хайдаров М.С. и др. Методы и перспективы мониторинга оползневых явлений//Отчет ГУ «Казселезащита», – Алматы. – 2004.
2. Запольский К.К. Частотно–избирательные сейсмические станции ЧИСС//Экспериментальная сейсмология. – М.: Наука, 1971. – С. 20 – 36.

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НА ИОНООБМЕННЫЙ СОРБЕНТ МЕЛКОГО ЗЕРНЕНИЯ (КЛАСС «Б») НА РУДНИКЕ «КАРАМУРУН»

Хан А.П.,

ТОО «РУ-6», НАК «Казатомпром»

Сорбционные напорные колонны с плотным (зажатым) слоем движущегося сорбента типа СНК-3М были установлены на участке переработки продуктивных растворов (УППР) месторождения «Северный Карамурун» в 1984 году. Параметры колонн при проектировании определялись в соответствии со свойствами анионитов типа АМП, которые и использовались в производственном процессе до 1998 года.

Основные параметры колонны СНК-3М:

- высота обечайки (цилиндрической части колонны) – 6 м;
- диаметр колонны – 3 м;
- общий рабочий объём (с учетом конического днища) – 50 м^3 .

Зернение основной фракции анионита АМП составляет 0,8...1,6 мм, что по классификации, принятой ГОСТ СССР, относится к ионообменной смоле типа «А». Насыщение анионита в производственном процессе РУ-6 достигало 75 кг урана на 1 кг сухого сорбента. Производительность колонн СНК при подаче раствора под давлением 2...4 атм. достигала 300 $\text{м}^3/\text{час}$. Для изготовления дренажных кассет использовалась сетка из нержавеющей стали с квадратными ячейками размером 0,63 мм.

Проблема перехода на сорбент другого типа

С 1999 года для догрузки в производственный цикл начались поставки анионитов Lewatit K-6367 U, Amberlit IRA-910 Cl, Amberjet 4400 производства европейских фирм, зернение основной фракции которых составляет – < 0,6 мм. Такие ионообменные смолы по ГОСТ СССР относились к типу «Б».

Первым изменением в конструкции колонн стала замена сетки с размером ячейки 0,63 мм на сетку с размером ячейки 0,43 мм на дренажных кассетах. Уменьшение размера ячейки дренажных кассет наряду с более плотной упаковкой меньших по размеру частиц анионита в корпусе колонны вызвало значительное увеличение гидродинамического сопротивления слоя смолы (по высоте колонны), что привело к возникновению «подпора» десорбирующих и денитрирующих растворов в нижней части колонн, что в свою очередь привело к учащению «провисания» сорбента в колоннах десорбции и денитрации, при этом средняя производительность уменьшилась до 170 $\text{м}^3/\text{час}$.

Проблема отсутствия поставок нового сорбента

С 2003 до 2007 года ТОО «РУ-6» не получало новую ионообменную смолу для восполнения технологического процесса. Новый сорбент в ТОО «РУ-6» поступал лишь для ввода в эксплуатацию дополнительных колонн сорбции.

Наличие большого количества разрушенного сорбента (измельченного вследствие длительной эксплуатации) в технологическом процессе также вызывает «провисание», т.к. ионитовая крошка забивает ячейки дренажных кассет. В середине 2007 года было поставлено 65 м³ сорбента для восполнения технологического процесса. Это позволит вывести из процесса ионитовую крошку.

Проблема попадания грязной смолы в цепочку десорбции и денитрации

Значительное влияние на процесс регенерации оказывает отсутствие отстойника ПР на Руднике «Карамурун». При производительности добычного полигона на уровне 1500 м³/ч, отстойник ПР имеет всего 600 м³. Практически все твердые частицы поступают в сорбционную колонну и скапливаются в нижней ее части вместе с насыщенной смолой. В существующей промывочной колонне ДНК-2 не удастся полностью отмыть сорбент от грязи, илов, песка. Грязная смола попадает в цепочку десорбции, что значительно ухудшает процесс десорбции. Кроме того, грязная смола менее текучая, а это в свою очередь приводит к зависанию смолы в цепочки десорбции, денитрации.

Решение возникших проблем

Повышение производительности сорбционных колонн

Для увеличения производительности колонн в этих условиях пришлось прибегнуть к увеличению давления на подаче продуктивных растворов в колонны до 5...8 атм. Результатом чего стало увеличение производительности в среднем до 200 м³/час, однако участились случаи нарушения целостности дренажных кассет и сварных швов по зеркалу колонны. Производился ряд экспериментов по изменению конструкции дренажных кассет, но значительного улучшения ситуации не было достигнуто. В этих условиях решение вопроса о повышении производительности узла сорбции возможно только путем увеличения числа единиц оборудования, что потребует расширение производственных площадей и закупку сорбента. Все это потребует значительных финансовых затрат.

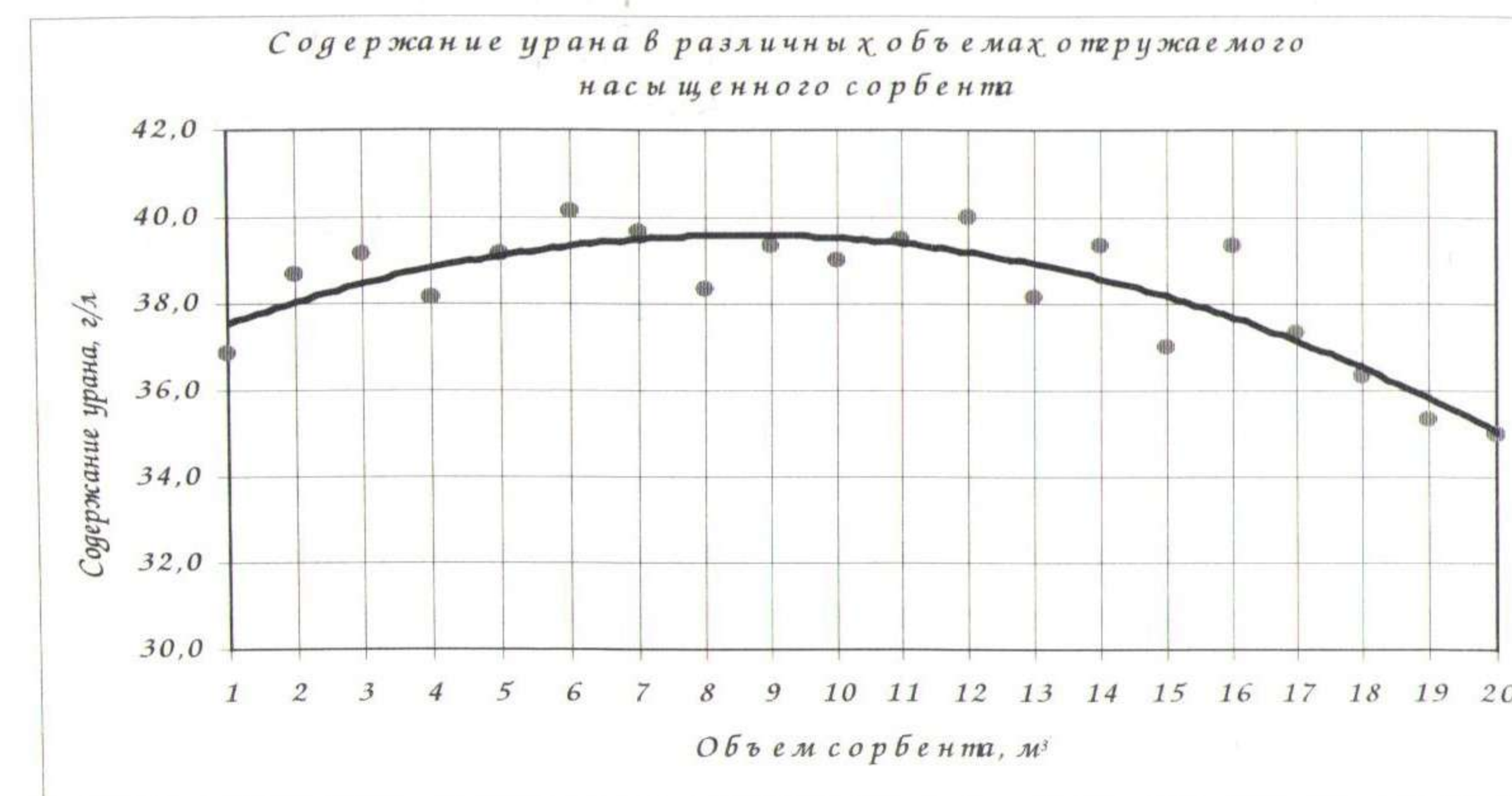
При поиске путей увеличения производительности сорбционного комплекса с минимальными затратами было обращено внимание на сорбционные свойства ионитов типа Lewatit, Purolite, Amberlite, которые отличаются от смолы типа АМП значительно большей емкостью. Содержание урана в насыщенных смолах достигает 100 кг урана на 1 кг сухого сорбента.

Для анализа распределения урана на сорбенте в колонне СНК-3М в условиях РУ-6 был проведен промышленный эксперимент, при котором из трех колонн при достижении «проскока» урана в маточнике сорбции на уровне 3...5 мг/л производились отгрузки насыщенного сорбента порциями по 1 м³. От каждого кубометра смолы отбиралась проба и анализировалась на содержание урана. Данные анализа показаны в таблице 1.

Таблица 1.

Анализ полученных данных после проведения промышленного эксперимента

Количество отгружаемого насыщенного сорбента, м ³	Содержание урана в насыщенном сорбенте, г/л			Среднее содержание урана в насыщенном сорбенте, г/л
	1-ая отгрузка	2-ая отгрузка	3-я отгрузка	
1	38,0	37,0	35,5	36,8
2	37,5	37,5	41,0	38,7
3	38,0	41,0	38,5	39,2
4	38,0	38,0	38,5	38,2
5	40,0	38,5	39,0	39,2
6	38,5	41,0	41,0	40,2
7	41,0	39,0	39,0	39,7
8	38,0	38,5	38,5	38,3
9	37,5	38,5	42,0	39,3
10	39,0	39,0	39,0	39,0
11	39,5	40,5	38,5	39,5
12	40,0	40,5	39,5	40,0
13	38,0	38,5	38,0	38,2
14	39,5	39,0	39,5	39,3
15	36,5	37,0	37,5	37,0
16	39,5	39,5	39,0	39,3
17	37,5	36,5	38,0	37,3
18	36,5	35,5	37,0	36,3
19	35,5	35,5	35,0	35,3
20	35,0	35,0	35,0	35,0



В ходе промышленного эксперимента было выяснено, что при достижении «проскока» урана в маточнике сорбции на уровне 3...5 мг/л слой сорбента объемом 20 м³ в нижней части колонны имеет практически одинаковое насыщение, максимальное в рабочих условиях.

Высота такого слоя составляет 2 м. Вместе с защитным слоем минимальная высота рабочего слоя в колонне может составлять 3,5 м. Учитывая, что объем разовой отгрузки смолы из колонны 10...15 м³, было сделано предположение о возможности уменьшения рабочего слоя смолы без ухудшения характеристик насыщения. Теоретическое обоснование этого предположения содержится в отчете Института высоких технологий по теме «Совершенствование сорбционной технологии переработки урансодержащих растворов». На основании расчета кинетических характеристик анионитов нового типа и анализа полученных расчетных данных, авторами отчета сделан вывод, что «кинетические характеристики смолы позволяют снизить единовременную загрузку смолы в колонну на 14 м³, что влечет за собой снижение эксплуатационных затрат».

Для проведения промышленного эксперимента была выбрана сорбционная установка на месторождении «Южный Карамурун», где в из трех имеющихся сорбционных колонн при существующей производительности полигона в работе находятся две колонны СНК. В августе 2005 года на резервной колонне СНК был уменьшен рабочий объем колонны с 50 м³ до 36 м³ путем подъема конического днища на 2 м вверх. В эксплуатации «укороченная» колонна имеет производительность по растворам больше стандартной на 50 м³/час, в объеме 8...10 м³ отгружаемого сорбента содержание урана соответствует максимальному насыщению. Сравнение основных параметров экспериментальной колонны СНК с укороченной цилиндрической частью и стандартной колонны показаны в таблице 2.

Таблица 2.

Основные параметры сорбционных колонн.

Параметры оборудования	Наименование оборудования	
	СНК-3М (Э)	СНК-3М
1	2	3
1. Диаметр, мм	3 000	3 000
2. Высота конуса, мм	1,5	1,5
3. Высота цилиндра, мм	4 300	6 300
4. Объем бункера, м³	10	10
5. Объем колонны (конус + цилиндр), м³	36	50
6. Производит-ть, м³		
- max:	270	190
- min:	220	160
7. Давление на входе, атм.	2,5...3	2,5...3
8. Насос	НДС 1000 об/мин	НДС 1000 об/мин

1	2	3
9. Количество шпальтовых кассет	18	18
10. Объем смолы при отгрузке, м³	8,8	8,8
11. Объем раствора (средняя производительность) до отгрузки	3 700...3 800	3 700...3 800
12. Содержание смолы, г/л	37	37

Таблица 3.

Сопоставление работы экспериментальной и стандартной колонн СНК

	25.11.05		26.11.05		27.11.05		28.11.05		29.11.05	
	СНК-3 Э	СНК-3	СНК-3 Э	СНК-3	СНК-3 Э	СНК-3	СНК-3 Э	СНК-3	СНК-3 Э	СНК-3
Отгружено смолы, м³	0	8,8	8,8	8,5	8,8	8,8	8,6	8,5	8,8	8,6
Объем продуктивных растворов (ПР), прошедших через колонну, м³	0	2 277	5 190	3 879	4 106	3 465	4 217	4 151	3 322	3 065
Содержание урана в ПР, мг/л	0	80	80	80	79	79	83	82	81	81
Содержание урана в смоле, мг/л	0	25,0	37,0	33,5	34,5	34,0	32,5	36,0	30,5	32,5
Количество Ме на смоле, кг	0	209,4	311,5	271,2	293,9	289,5	272,1	298,7	260,0	271,3

После получения положительных результатов эксперимента была укорочена и вторая из работающих колонн на участке сорбции месторождения «Южный Карамурун».

Устранение «провисания»

Для устранения «провисания» было принято решение прекращать подачу десорбирующих и денитрирующих растворов во время «передвижки» (выгрузка отрегенированного сорбента из нижней части колонны и загрузка в верхнюю часть колонны не отрегенированного сорбента). Положение с «провисанием» несколько улучшилось, но полностью избавиться от данного негативного явления не удалось.

Помимо этого, для устранения «провисания» с февраля 2007 года в технологической цепочке регенерации начались работы по замене патрубков подачи сорбента из накопительного бункера в колонну – замена патрубков Ø420 мм на патрубки Ø530 мм. Данная работа ведется последовательно по всем колоннам цепочки регенерации и требует временной полной остановки процесса регенерации, что ухудшает параметры данного процесса.

Решение проблемы с грязной смолой

Для исправления данной проблемы специалисты Рудника «Карамурун» приняли следующие меры:

В 2004 году была установлена 100 м³ емкость б/у для сбора сбросных вод УППР. Осветленные растворы поступают в 50 м³ емкость, там растворы доулавливаются и направляются в отстойник ПР (V = 600 м³).

С ростом производительности добычного комплекса до 1500 м³/ч увеличилось поступление твердых частиц на УППР. Поэтому в 2006 году была установлена вторая емкость объемом 100 м³ на осветление сбросных растворов УППР. Обе емкости были установлены без проекта. Чистка емкостей проводится один раз в месяц в ручном режим.

Для решения проблемы загрязненности растворов ПР твердыми примесями и соответствия данного процесса правилам и нормам ТБ и РБ на 2008 год запланировано приобретение фильтра с автоматической самоочисткой.

Однако установка фильтра для очистки оборотных растворов не решит проблему попадания твердых примесей с растворами ПР в нижнюю часть сорбционных колонн. За год на УППР в среднем поступает:

$$1\,500 \cdot 30 \cdot 8\,000 = 360 \text{ тонн твердых примесей}$$

где 1 500 – часовая производительность добычного комплекса, м³/ч; 30 – содержание твердых примесей в ПР, г/л; 8 000 – количество часов полезной работы Рудника за год (с учетом плановых и внеплановых остановок), час.

Из-за нехватки достаточного количества денежных средств в бюджете на 2007 год запланировано лишь строительство поддона для второго отстойника (объемом 600 м³). В случае изыскания необходимых средств, в 2009 году будет заказана и установлена сама 600 м³ емкость. В этом случае, суммарный объем для отстаивания ПР будет составлять 1 200 м³, что несомненно должно улучшить положение с загрязненностью технологического процесса переработки урансодержащих растворов твердыми примесями.

Для улучшения процесса отмывки насыщенного сорбента от песков и илов в ноябре 2006 года была произведена замена дугового сита перед подачей ионита в отмывочную колонну. Ранее, рабочий объем дугового сита составлял 1 м³, рабочий объем нового (установленного) дугового сита составляет 2 м³, что позволит улучшить процесс отмывки сорбента от песков, илов.

Выводы

Полученные результаты будут использованы для увеличения производительности узла сорбции на месторождении «Северный Карамурун», где в ближайшее время произойдет увеличение производительности по переработки ПР.

Таким образом, в результате проведенного промышленного эксперимента появляется возможность снижения затрат при увеличении производительности узла сорбции.

Таким образом, существующие проблемы были решены следующим образом:

1) Проблема перехода на сорбент другого типа

- Укорочение колонн на 2 метра;
- Замена н/стальной сетки на дренажных кассетах;

2) Проблема «провисания» смолы на цепочке десорбции

- Увеличение диаметра патрубков на колоннах ДНК с Ø420 мм на Ø530 мм;
- Остановка колонн ДНК при «передвижке» смолы;

3) Проблема попадания грязной смолы в цепочку десорбции и денитрации

- Установка 2-х 100 м³ емкостей б/у для сбора сбросных вод УППР;
- На 2008 год запланировано приобретение фильтра с автоматической самоочисткой;
- В 2009 году будет заказана и установлена вторая 600 м³ емкость;
- В ноябре 2006 года была произведена замена дугового сита перед подачей ионита в отмывочную колонну.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ТЭ

Хромушин И.В., Кадыржанов К.К., Аксенова Т.И., Мунасбаева К.К.,
Корниенко П.А.,

Институт ядерной физики НЯЦ РК

Annotation

Processes of oxygen and carbon dioxide molecules release from irradiated doped barium and strontium cerates have been studied experimentally. It was found the phase transition on temperature 545 C takes place with oxygen release both in barium and strontium cerates. Mathematical model describing oxygen molecules release from doped barium cerate has been suggested and activation energy of desorption was determined.

Mathematical model describing water molecules release from doped barium and strontium cerates have been suggested too and the dependence of activation energy from gas concentration was determined.

1. Введение

В настоящее время синтезирован широкий круг оксидных протонных проводников, которые характеризуются различным химическим составом и широким диапазоном рабочих температур. Несмотря на то, что найдены твердооксидные протонные проводники с достаточно низкой рабочей температурой, основная масса твердых электролитов характеризуется высокими рабочими температурами (600-800° C). Использование высоких температур и необходимость контакта с газообразным топливом и окислителем вызывает необходимость исследования стабильности структуры и свойств оксидных материалов в условиях их эксплуатации. При этом рассматриваются процессы интеркаляции протонов в решетку, формы их локализации в оксидах и механизмы миграции. Исследования поведения протонов также тесно связаны с изучением состояния кислорода, который в оксидных протонных проводниках играет одновременно роль ловушки и возможного пути миграции протона. Таким образом, основное внимание в данной работе направлено на исследование процессов обмена "газ-протонный проводник" на примере цератов бария с разным уровнем допирования при выдержке оксидов в различных окислительно-восстановительных условиях, а также при воздействии на них ионизирующего излучения.

2.1 Методика эксперимента. В работе использован метод термодесорбционной спектроскопии для исследования процессов термодесорбции газов (водород, вода, кислород, диоксид углерода) из монокристаллических и керамических бариевых цератов $BaCe_{0.9}Nd_{0.1}O_{3-\alpha}$, допированных Nd^{3+} и цератах стронция, допированных иттрием $SrCe_{0.95}Y_{0.05}O_{3-\alpha}$. Методика проведения экспериментов подробно описана ранее.

2.2 Результаты и выводы. Образцы цератов бария в виде плоских пластинок предварительно отжигали при температурах 650-750°С при различных парциальных давлениях паров воды, кислорода и диоксида углерода. При этом предполагается, что имеет место высокотемпературное внедрение паров воды и кислорода в решетку оксидов согласно следующим уравнениям:



В процессе термодесорбционных исследований отожженных образцов было обнаружено выделение воды и молекулярного кислорода из образцов допированного церата бария (рис.1) и только выделение воды из церата стронция. При этом выявлена зависимость количества десорбированного газа и температуры максимума скорости его выделения от парциального давления газа над образцом в процессе предварительного отжига.

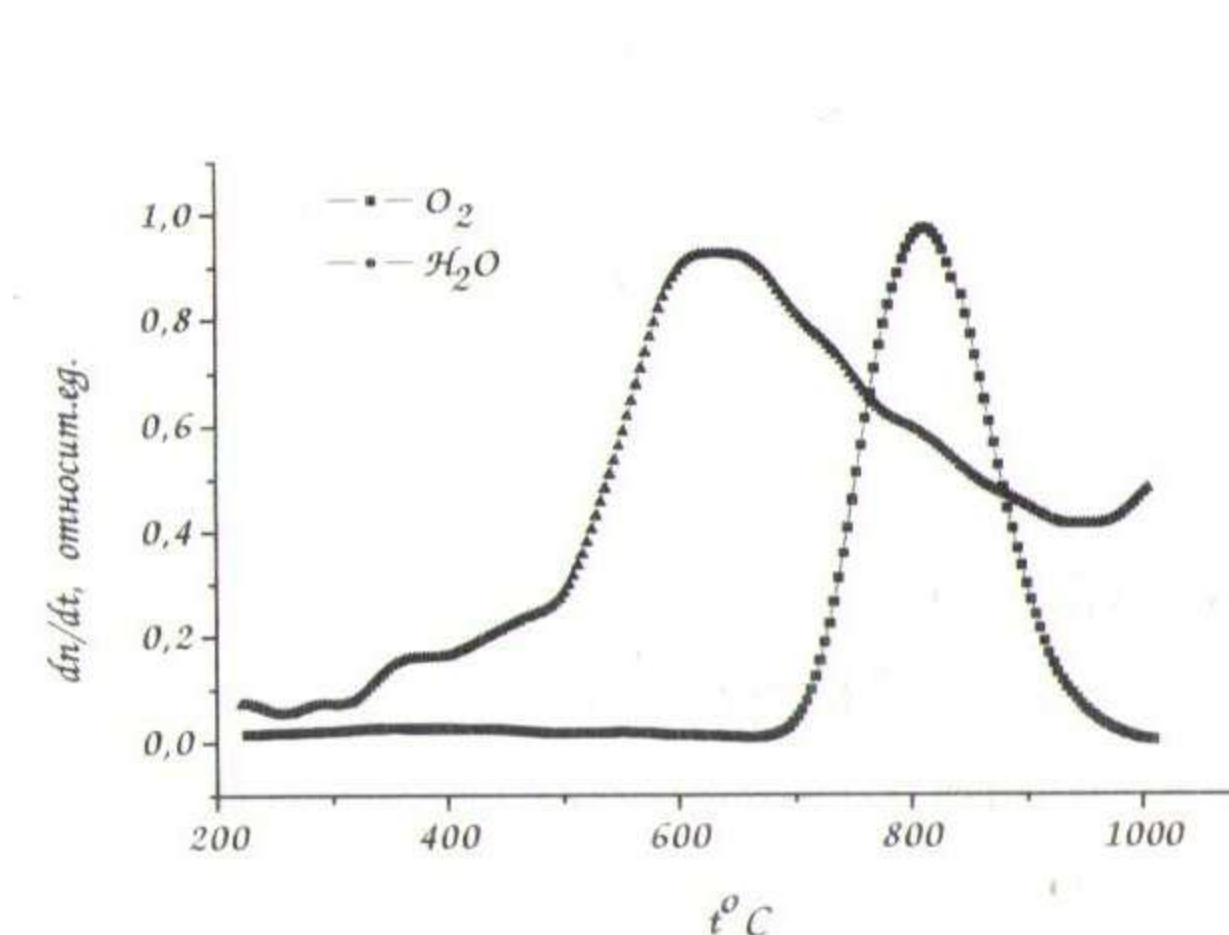


Рисунок 1. Спектры выделения воды и молекулярного кислорода из образцов $BaCe_{0.9}Nd_{0.1}O_{3-\alpha}$ после отжига на воздухе

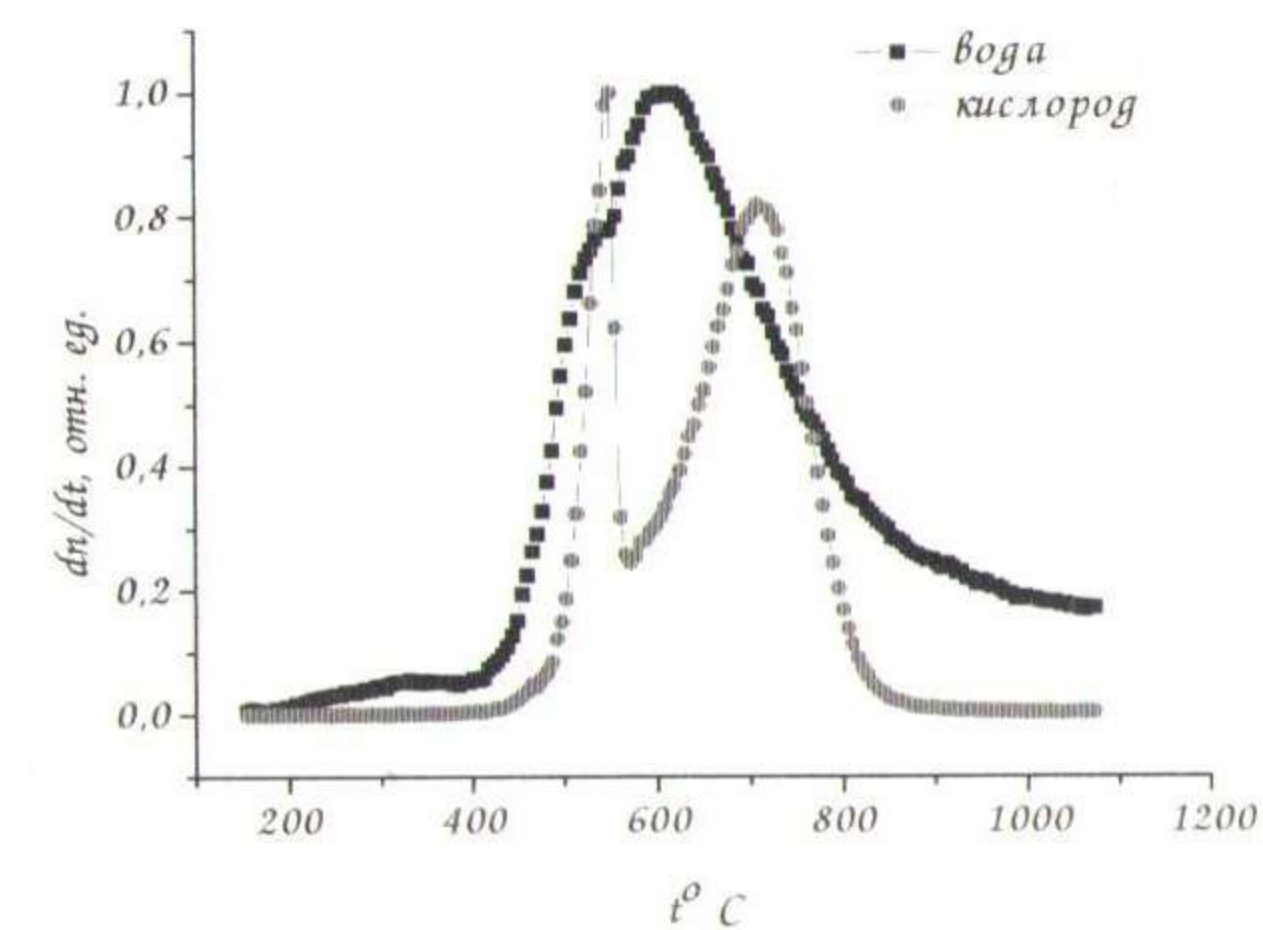


Рисунок 2. Спектры выделения кислорода и воды из облученного при 620°С допированного церата бария.

Особенностью термодесорбционных спектров отожженного на воздухе допированных цератов бария и стронция является также обнаруженное выделение диоксида углерода в значительных количествах, что указывает на то, что наряду с процессами, которые описываются уравнениями 1 и 2, происходит и взаимодействие цератов с CO_2 . Уменьшение парциального давления диоксида углерода над образцом за счет проведения предварительного отжига с гидрозатвором существенно уменьшает количество выделяющегося CO_2 в процессе термодесорбции.

Концентрация внедренных протонов, кислорода и диоксида углерода также зависит от уровня допирования. На примере керамического церата бария показано, что чем больше кислородных вакансий, тем больше концентрация протонов и кислорода, и тем выше протонная и кислород-ионная проводимость, однако характер концентрационной зависимости немонотонный. Что касается диоксида углерода, то обнаружено, что увеличение степени допирования сопровождается уменьшением количества интеркалированного CO_2 .

Следует отметить, что интеркаляционные процессы при комнатной температуре протекают медленно, и поэтому длительная выдержка допированного церата бария в лабораторных условиях не оказывает существенного влияния на стабильность состояния оксида. Были выполнены исследования влияния реакторного облучения на стабильность свойств допированного церата бария, причем было исследовано влияние низкотемпературного ($T \sim 100^\circ\text{C}$) и высокотемпературного ($T \sim 620^\circ\text{C}$) облучения. Таким образом, решалась задача исследования поведения материала при облучении его в диапазоне рабочих температур.

Термодесорбционные исследования образцов цератов бария и стронция, предварительно выдержанных при комнатной температуре либо отожженных на воздухе и в парах воды и облученных на реакторе при температуре $\sim 100^\circ\text{C}$ в интервале флюенсов $4.15 \times 10^{18} \text{ н/см}^2 \div 2.75 \times 10^{19} \text{ н/см}^2$ выявили возможность дополнительной интеркаляции протонов при (n, γ) – облучении в образцы. В спектре термодесорбции облученных образцов наблюдается увеличение выхода воды в 3 раза по сравнению с необлученными образцами. В то же время, если образцы предварительно отжигали при повышенной температуре, то в процессе последующего реакторного облучения имело место частичное удаление предварительно внедренных протонов и интенсивность термодесорбционных максимумов на облученных образцах уменьшается. Такой же вывод можно сделать и относительно кислорода. Наблюдается уменьшение интенсивности пиков выделения кислорода после реакторного облучения, а температура максимума скорости десорбции смещается в область более низких температур. Обнаружено также, что облучение образцов в реакторе приводит к их дополнительной карбонизации.

Полученные результаты по низкотемпературному реакторному облучению представляют определенный интерес, но не дают ответа на главный вопрос, как будут меняться свойства электролита в процессе эксплуатации, т.е., при рабочей температуре и радиационном воздействии. Поэтому было проведено также исследование поведения цератов бария и стронция в условиях высокотемпературного реакторного облучения.

Образцы цератов бария и стронция в кварцевых ампулах помещали в нагревательное устройство и загружали в канал реактора ВВР-К. Температура образцов в ходе облучения измерялась хромель-алюмелевой термопарой. Проведено облучение образцов при температуре 620°C до дозы $7.6 \times 10^{18} \text{ н/см}^2$.

Как показали термодесорбционные исследования, в спектрах выделения кислорода из облученных поликристаллических образцов наблюдается резкий всплеск выхода кислорода в низкотемпературной области, что явно свидетельствует о наличии фазового перехода. Рис. 2. При этом в области температур всплеска ($T = 545^\circ\text{C}$) в спектрах выделения молекул воды на церате бария наблюдается излом, что видимо, также связано с данным переходом. Отжиг в лабораторных условиях приводит к исчезновению всплеска и, по-видимому, обнаруженного фазового перехода. Аналогичная картина наблюдается не только на керамических образцах, но и на монокристаллах, причем в последнем случае фазовый переход проявляется более резко.

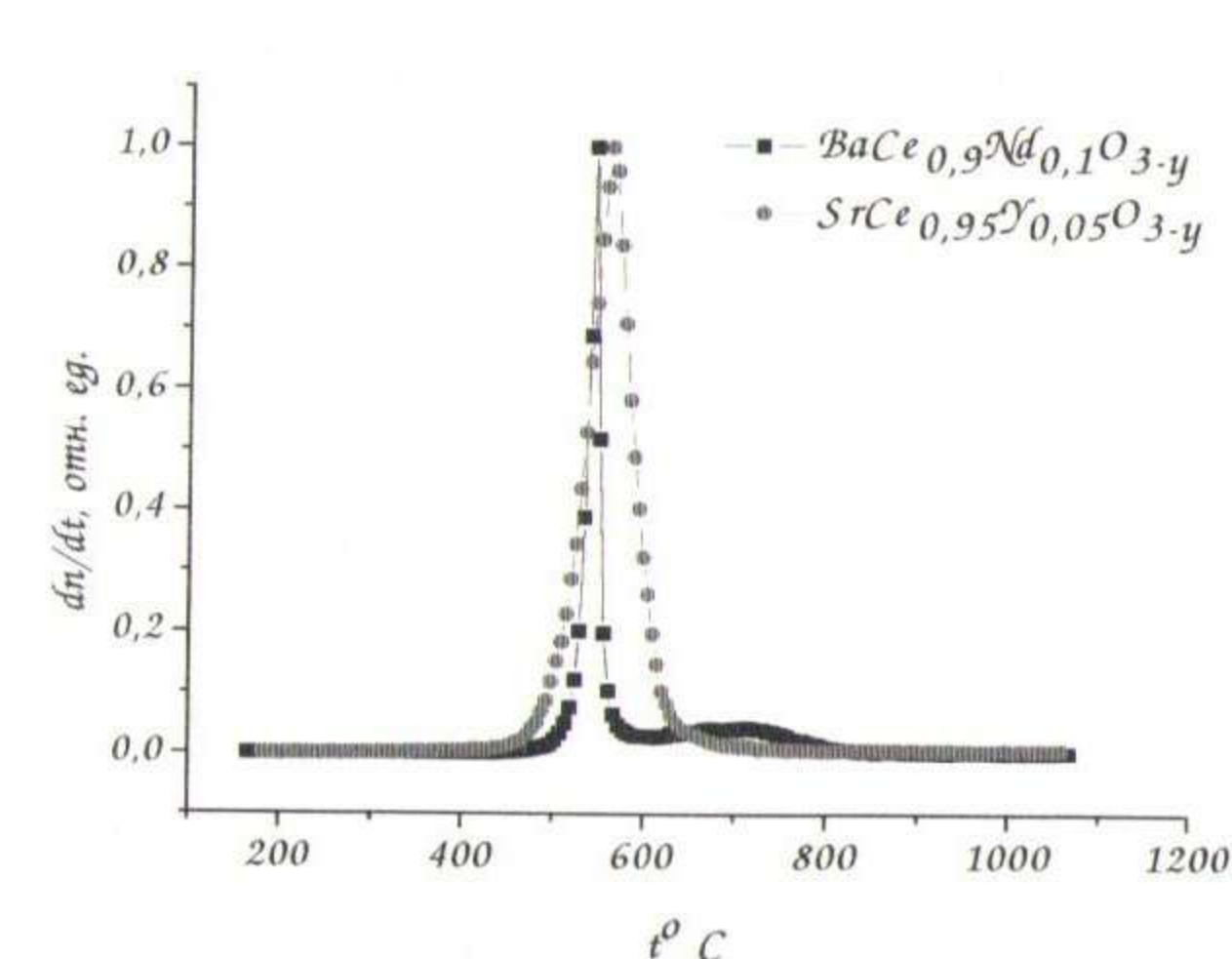


Рисунок 3. Спектры выделения кислорода из облученных при 620°C допированных бариевого и стронциевого цератов.

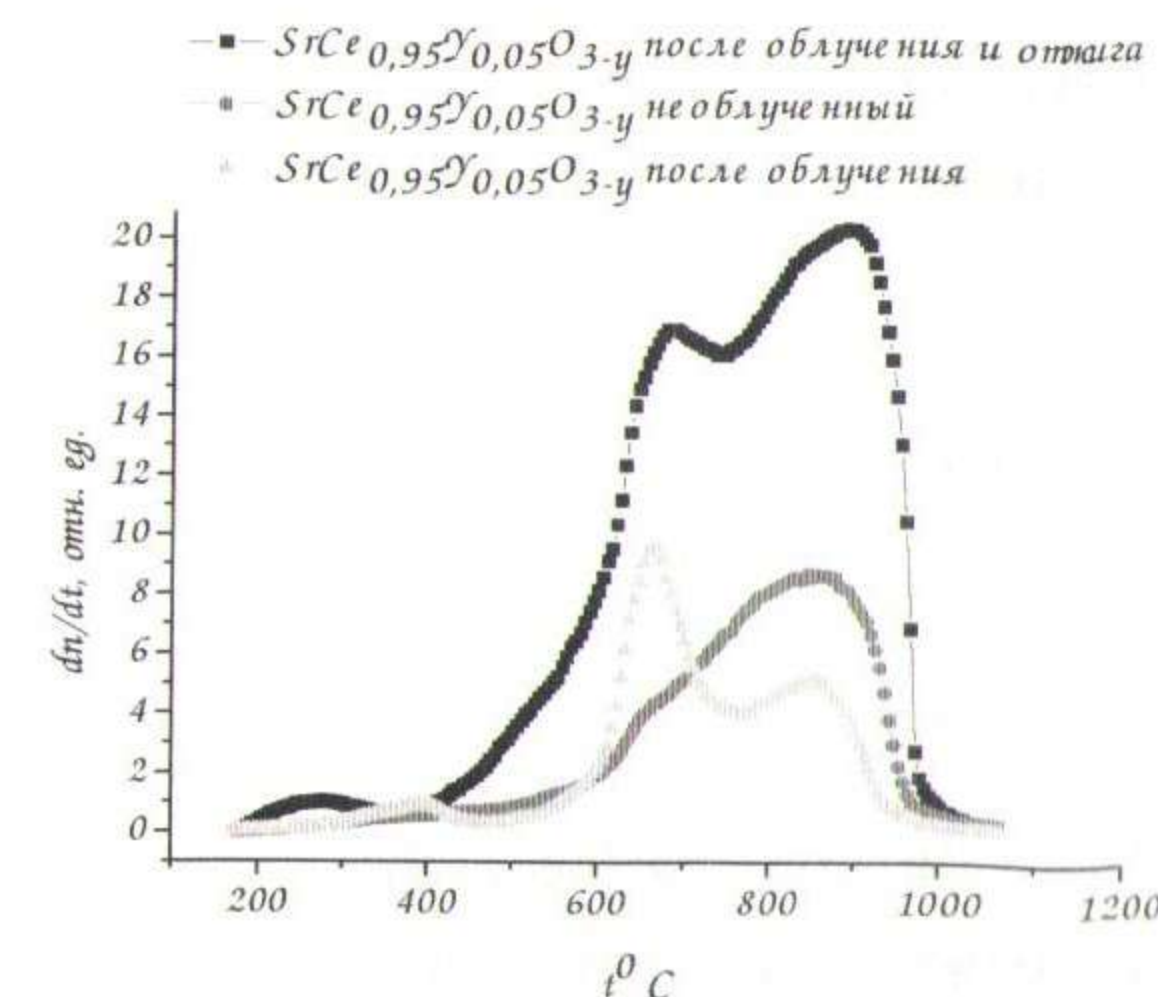


Рисунок 4. Выход диоксида углерода из допированного церата стронция (монокристалл)

Выделение молекулярного кислорода при $T = 545^\circ\text{C}$ было обнаружено также и на облученном церате стронция рис.3, при том, что на необлученных образцах церата стронция выход кислорода, как было отмечено выше, не наблюдается, и церат стронция считается чисто протонным проводником. Подобное явление наблюдается впервые и требует дополнительных исследований. Можно предположить, что наблюдаемое сходство в поведении двух различных соединений связано с присутствием церия в обоих составах и его переменной валентности.

Обнаружено также, что высокотемпературное реакторное облучение сопровождается повышением реакционной способности цератов к диоксиду углерода рис.4. При этом если на церате бария после отжига предварительно облученных образцов наблюдается уменьшение концентрации сорбированного CO_2 , то на церате стронция концентрация при отжиге увеличивается более чем в 2,5.

Выполнена математическая обработка термодесорбционных спектров. Предложены модели, описывающие выделение кислорода кинетическим уравнением второго порядка:

$$\frac{dn}{dt} = -\nu n^2 \exp\left(-\frac{E_d}{RT(t)}\right) \quad (1),$$

где $n(t)$ – концентрация кислорода, E_d – энергия активации десорбции, T – температура, ν – частотный фактор. Энергия активации десорбции кислорода была определена путем подгонки экспериментальных и расчетных кривых (уравнение 1) и составила 2.99 eV.

Впервые выполнена математическая обработка термодесорбционных спектров выделения воды. Анализ формы линии и поведения максимума скорости выделения воды позволили заключить, что процесс выхода воды может быть описан кинетическим уравнением первого порядка в предположении, что энергия десорбции является квадратичной функцией концентрации воды $E_{des} = f(n)$.

$$\frac{dn}{dt} = -\nu \times n \times \exp\left(-\frac{E_{des}}{kT(t)}\right) \quad (2)$$

$$E_{des} = p_1 \times n(t)^2 + p_2 \times n(t) - p_3 \quad (3)$$

где

Разработана специальная программа для решения обратных задач для систем дифференциальных уравнений, которая позволила описать форму спектров термодесорбции молекул воды рис. 5 и получить зависимость энергии активации десорбции от концентрации газа в данном материале, которая имеет следующий вид рис. 6.

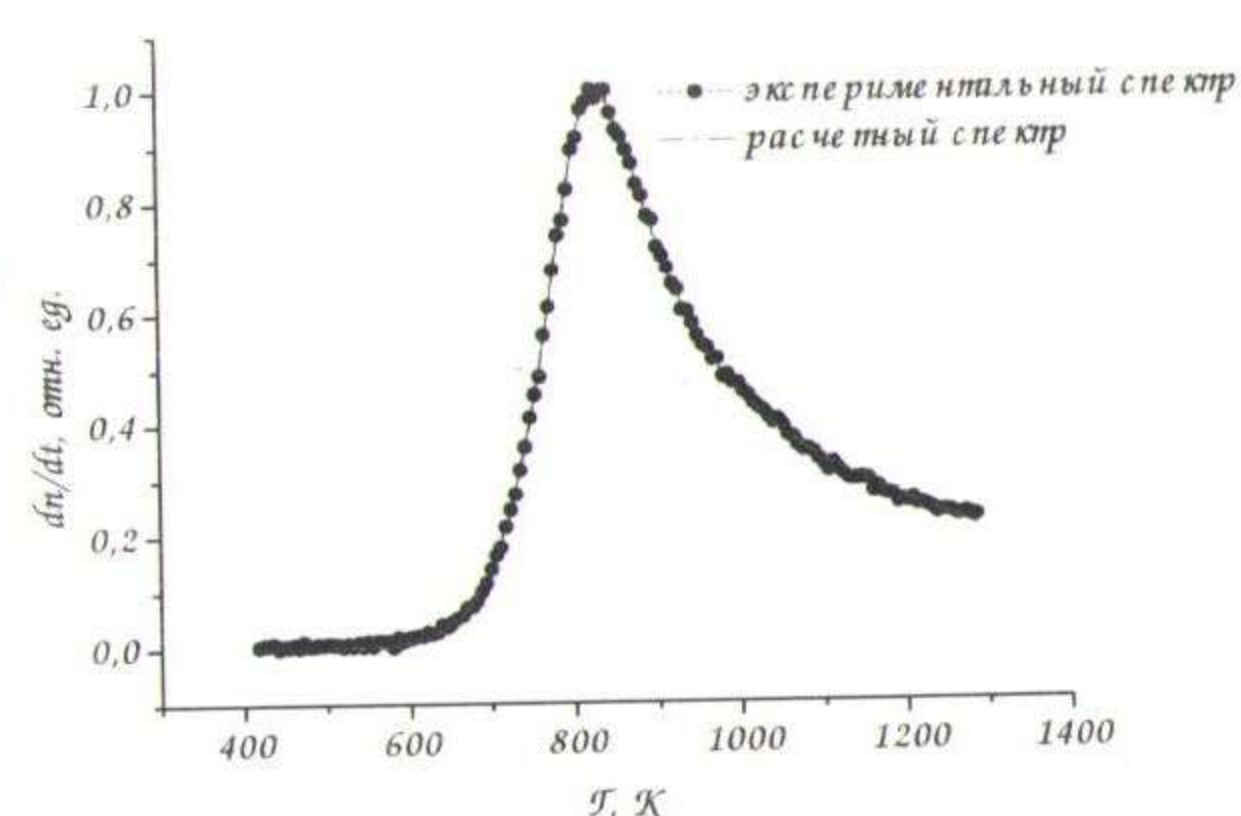


Рисунок 5. Экспериментальный и расчетный спектры выделения молекул воды из образца $BaCe_{0.9}Nd_{0.1}O_{3-\delta}$, отожженного на воздухе.

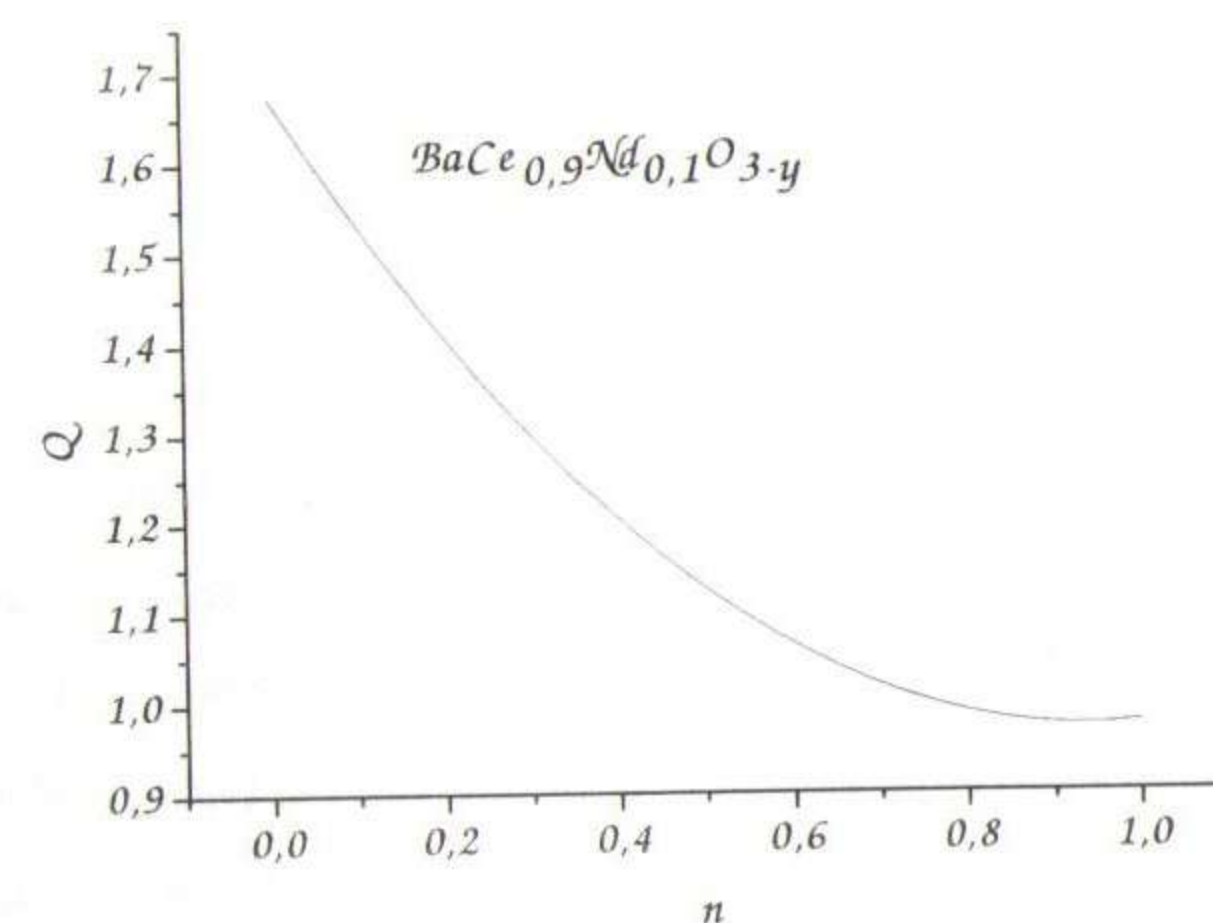


Рисунок 6. Зависимость энергии активации десорбции воды от концентрации для допированного церата бария.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что высокотемпературные протонные проводники типа допированных цератов бария и стронция испытывают фазовый переход, а также проявляют высокую активность в отношении диоксида углерода после высокотемпературного реакторного облучения, что может отрицательно сказаться на проводящих свойствах данных материалов. И хотя наблюдаемые изменения частично являются обратимыми, они могут создать дополнительные трудности при использовании данных материалов в качестве электролитов топливных элементов или водородных датчиков.

Использованная литература:

1. Mechanism of gas-solid exchange processes for some perovskites / I.V Khromushin [et.al] // Solid State Ionics. - 2003. – Vol.162-163. - P. 37-40.
2. Schober, T. Applications of oxidic high-temperature proton conductors / T. Schober// Solid State Ionics. - 2003. – Vol.162-163. - P. 277-281.
3. Методика определения параметров сорбции газов по данным термодесорбционной спектроскопии/ И.В. Хромушин [и др.] // Тезисы докладов 5-ой Международной конференции «Ядерная и радиационная физика». – Алматы.- 2005. - С. 362-363.
4. Сравнительный анализ параметров сорбции-десорбции кислорода в цератах бария и стронция / И.В. Хромушин [и др.] // Тезисы докладов 5-ой Международной конференции «Ядерная и радиационная физика». – Алматы. - 2005. - С. 423-424.
5. Радиационно-термические процессы в цератах бария и стронция / Т.И. Аксенова [и др.] // Материалы VI Международной конференции «Фундаментальные проблемы электрохимической энергетики». - Россия, Саратов.- 2005. - С. 10-13.
6. Исследование особенностей внедрения кислорода в допированные цераты бария и стронция / И.В. Хромушин [и др.] // Журнал известия НАН РК, серия физ.-мат. №6. – Алматы. - 2006. – С. 72-76.
7. Изучение процессов сорбции-десорбции газов из цератов бария и стронция / К.К. Мунасбаева [и др.] // Вестник НЯЦ РК, выпуск 3. - Курчатов. - 2006. – С. 5-9.

РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ

Мунасбаева К.К., Аксенова Т.И., Хромушин И.В., *Жотабаев Ж.Р., Корниенко П.А.,
Институт ядерной физики НЯЦ РК, Алматы
*Национальный ядерный центр, Курчатов

В данной работе экспериментально исследовано влияние реакторного облучения на свойства бариевых и стронциевых цератов. Установлен ряд закономерностей влияния облучения на структуру и стехиометрию данных материалов. Сделаны соответствующие выводы о возможности использования цератов в качестве рабочего тела водородных датчиков для нужд атомной энергетики.

Введение

Известно, что сложные двойные и тройные оксиды обладают свойством протонной проводимости и характеризуются высокой чувствительностью и высокой реакционной способностью в отношении водорода.[1] Предполагается, что данные материалы могут быть использованы в качестве рабочего тела датчиков водорода и водородных насосов для нужд атомной энергетики. Однако, вопросы, связанные с влиянием облучения на поведение и свойства данных материалов практически не изучены. Целью данной работы является исследование стабильности структуры и свойств оксидных материалов в условиях реакторного облучения.

Методика эксперимента.

В данной работе представлены результаты исследования процессов термодесорбции молекул воды, кислорода и диоксида углерода из монокристаллических и керамических бариевых и стронциевых цератов, допированных Nd и Y, соответственно. Степень допирования низковалентным катионом подрешётки церия варьировалась в диапазоне $0 \leq x \leq 0,15$. Синтез образцов $\text{BaCe}_{1-x}\text{Nd}_x\text{O}_{3-\alpha}$ и $\text{SrCe}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_{3-\alpha}$ осуществлялся методом индукционного плавления, а также методом твердофазных реакций.

Изучение процессов термодесорбции газов проводили с помощью универсальной установки газовой выделения [2], которая состоит из следующих основных узлов: высоковакуумная камера, печь-сопротивления, радиочастотный масс-спектрометр. Температура в ходе эксперимента измерялась W-Re термопарой. Термодесорбционные эксперименты полностью автоматизированы: нагрев образцов, измерение температуры и регистрацию спектров осуществляли с использованием модуля PC Advantech PCI-1710HG. Скорость нагрева образцов составляла $42^\circ\text{C}/\text{мин}$ в интервале $20-1200^\circ\text{C}$,

а вакуум в рабочей камере в ходе эксперимента был не хуже 2×10^{-5} Па. Керамические и монокристаллические образцы бариевых и стронциевых цератов облучали в реакторе ВВРК при температуре 100 и 620°C

Результаты и обсуждение.

Термодесорбционные исследования керамических образцов допированных цератов бария, предварительно отожженных в лабораторных условиях при температуре 650°C и облученных на реакторе при температуре $\sim 100^\circ\text{C}$ в интервале флюенсов $4,15 \times 10^{18} \text{ н/см}^2 \div 27,5 \times 10^{18} \text{ н/см}^2$ выявили возможность внедрения в облучённые образцы дополнительного количества H_2O , O_2 и CO_2 . Однако характер зависимости количества интеркалированных молекул газа достаточно сложен и зависит не только от дозы облучения, но также от предистории образца и степени его допирования. Так, на образцах со степенью допирования $x = 0,10$ и $0,12$ количество внедренного газа растет прямо пропорционально дозе облучения (рисунок 1), а при степени допирования равной $0,15$ содержание газов в образце после облучения резко падает (рисунок 2).

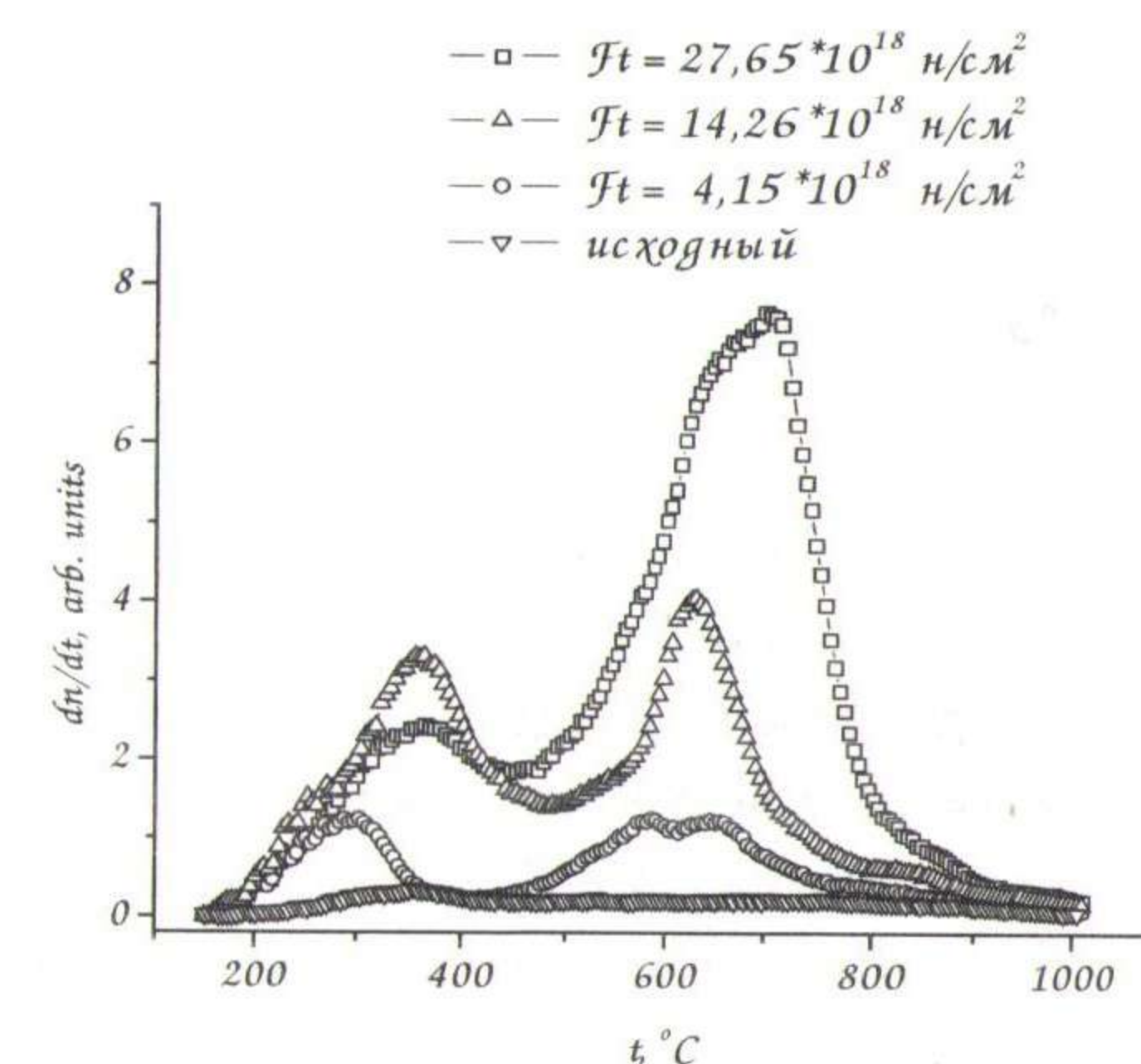


Рисунок 1. Выход диоксида углерода из церата бария со степенью допирования $x=0,1$.

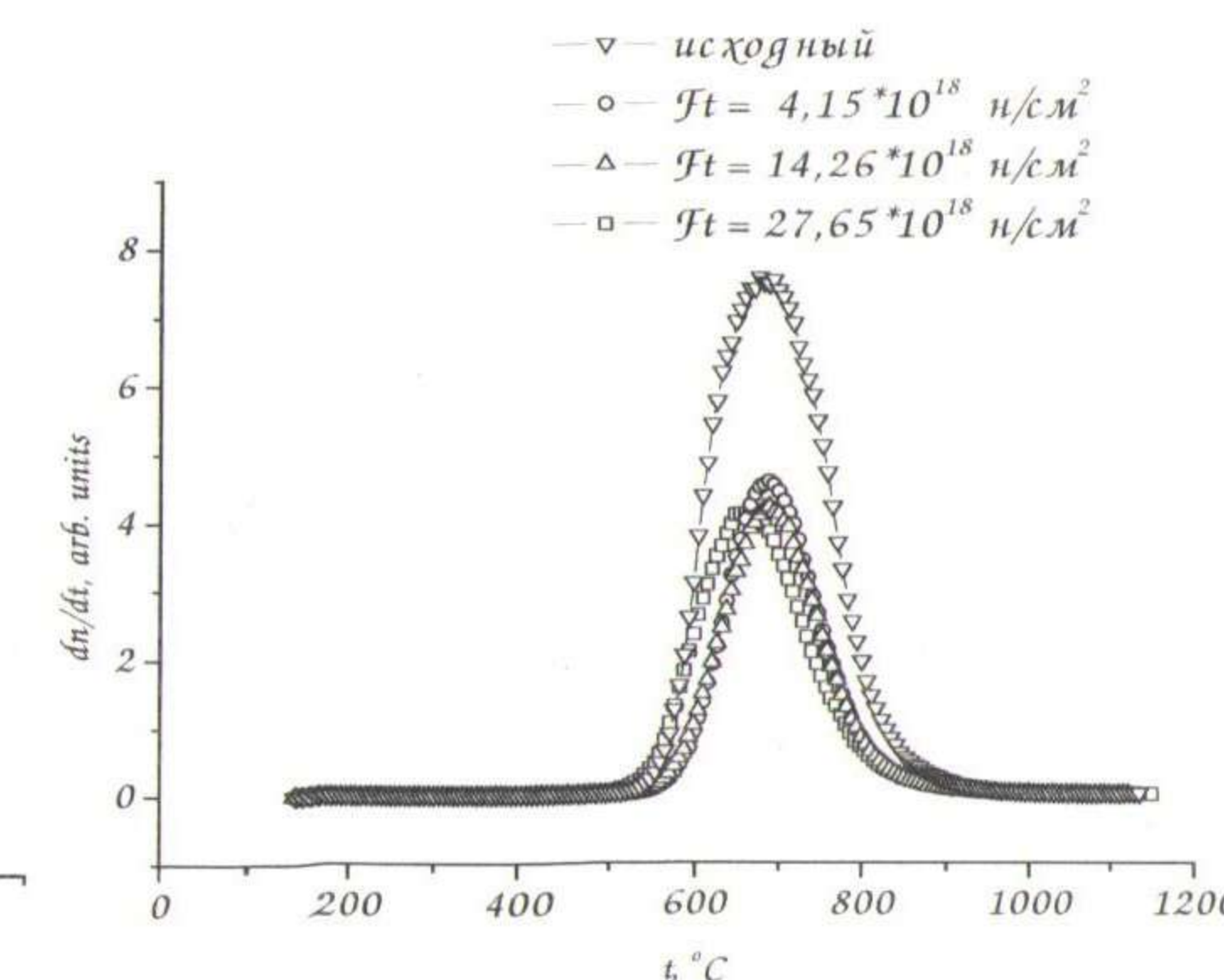


Рисунок 2. Выделение кислорода на облученном церате бария со степенью допирования $x=0,15$.

Существенные отличия в поведении термодесорбционных спектров выделения воды после облучения обнаружены на образцах со степенью допирования $x = 0,03$. Из рисунка 3 видно, что увеличение концентрации воды в этом образце после облучения обусловлено появлением в спектре термодесорбции низкотемпературного пика при $t = 280^\circ\text{C}$.

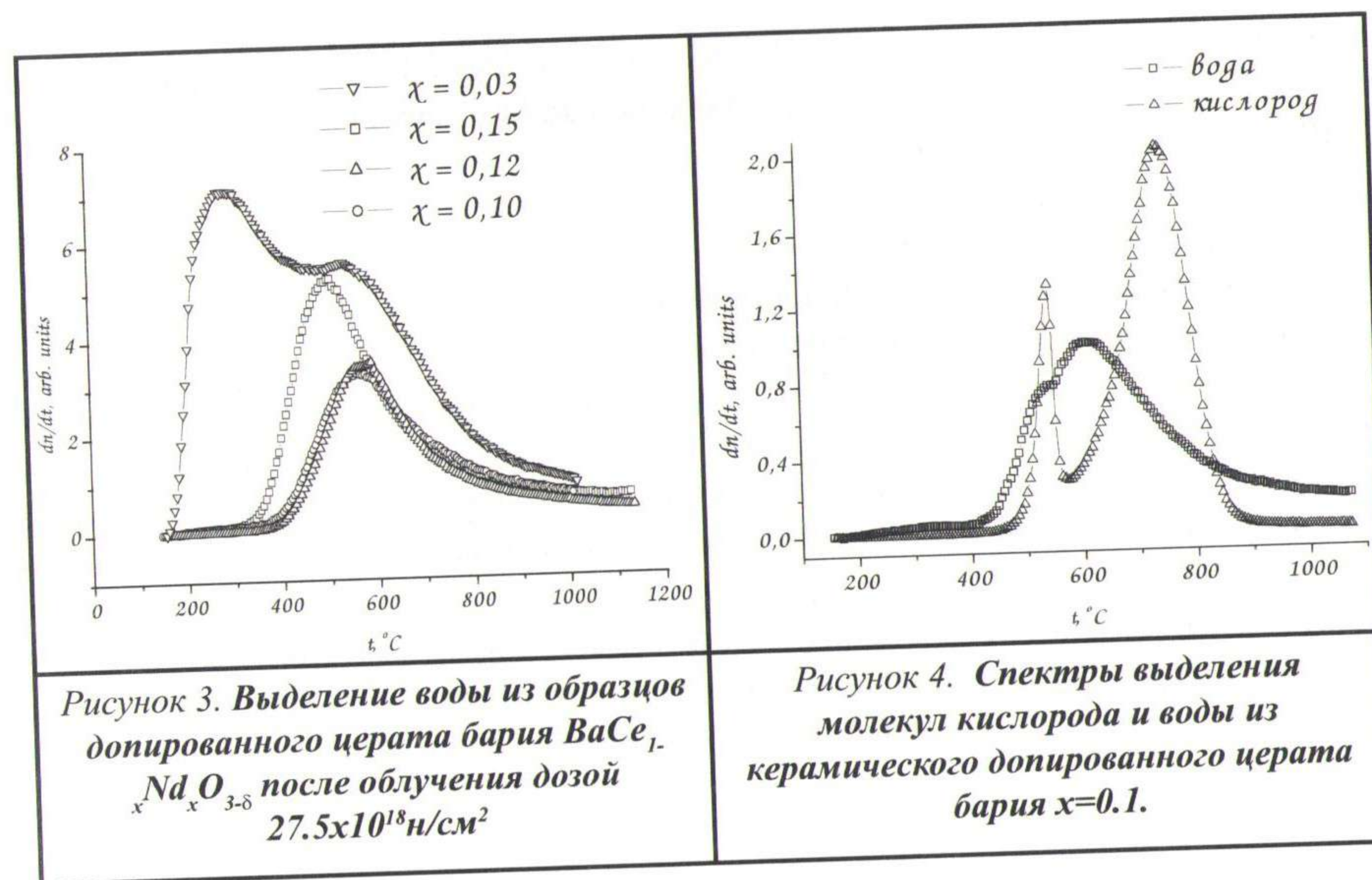


Рисунок 3. Выделение воды из образцов допированного церата бария $BaCe_{1-x}Nd_xO_{3-\delta}$ после облучения дозой $27.5 \times 10^{18} \text{ н/см}^2$

Рисунок 4. Спектры выделения молекул кислорода и воды из керамического допированного церата бария $x=0.1$.

Полученные результаты по низкотемпературному реакторному облучению представляют определенный интерес, но не дают ответа на главный вопрос, как будут меняться свойства электролита в процессе его эксплуатации в реальных условиях, т.е., при рабочей температуре и радиационном воздействии. Поэтому было проведено также исследование поведения цератов бария и стронция в условиях высокотемпературного реакторного облучения.

Образцы цератов бария и стронция в кварцевых ампулах помещали в нагревательное устройство и загружали в канал реактора ВВР-К. Температура образцов в ходе облучения измерялась хромель-алюмелевой термопарой. Облучение образцов проводилось при температуре 620°C до дозы $7.64 \times 10^{18} \text{ н/см}^2$. Часть облученных образцов впоследствии отжигали на воздухе при той же температуре.

Как показали термодесорбционные исследования, в спектрах выделения кислорода из облученных поликристаллических образцов церата бария наблюдается резкий всплеск в низкотемпературной области, форма которого явно свидетельствует о наличии фазового перехода (рисунок 4). При этом в области температур всплеска ($t = 545^\circ \text{C}$) в спектрах выделения молекул воды на церате бария наблюдается излом, что, видимо, также связано с данным переходом. Отжиг в лабораторных условиях приводит к исчезновению обнаруженного фазового перехода, что сопровождается исчезновением кислородного всплеска в спектре выделения кислорода, а также соответствующего перегиба в спектре выделения молекул воды (рисунок 5). Аналогичная картина наблюдается не только на керамических образцах, но и на

монокристаллах, причем в последнем случае фазовый переход проявляется более резко (рисунок 6). Следует также отметить, что появление фазового перехода не зависит от степени допирования церата бария и отчетливо проявляется на недопированных образцах.

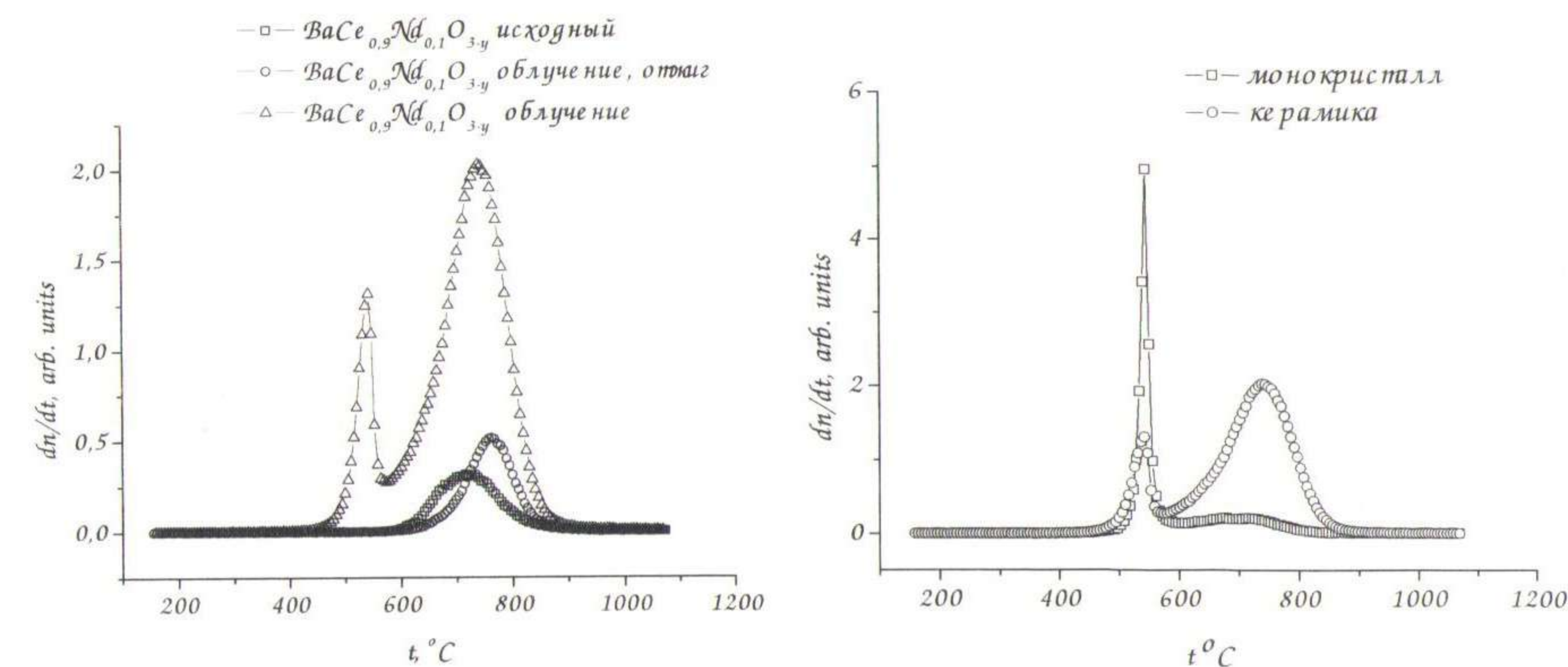


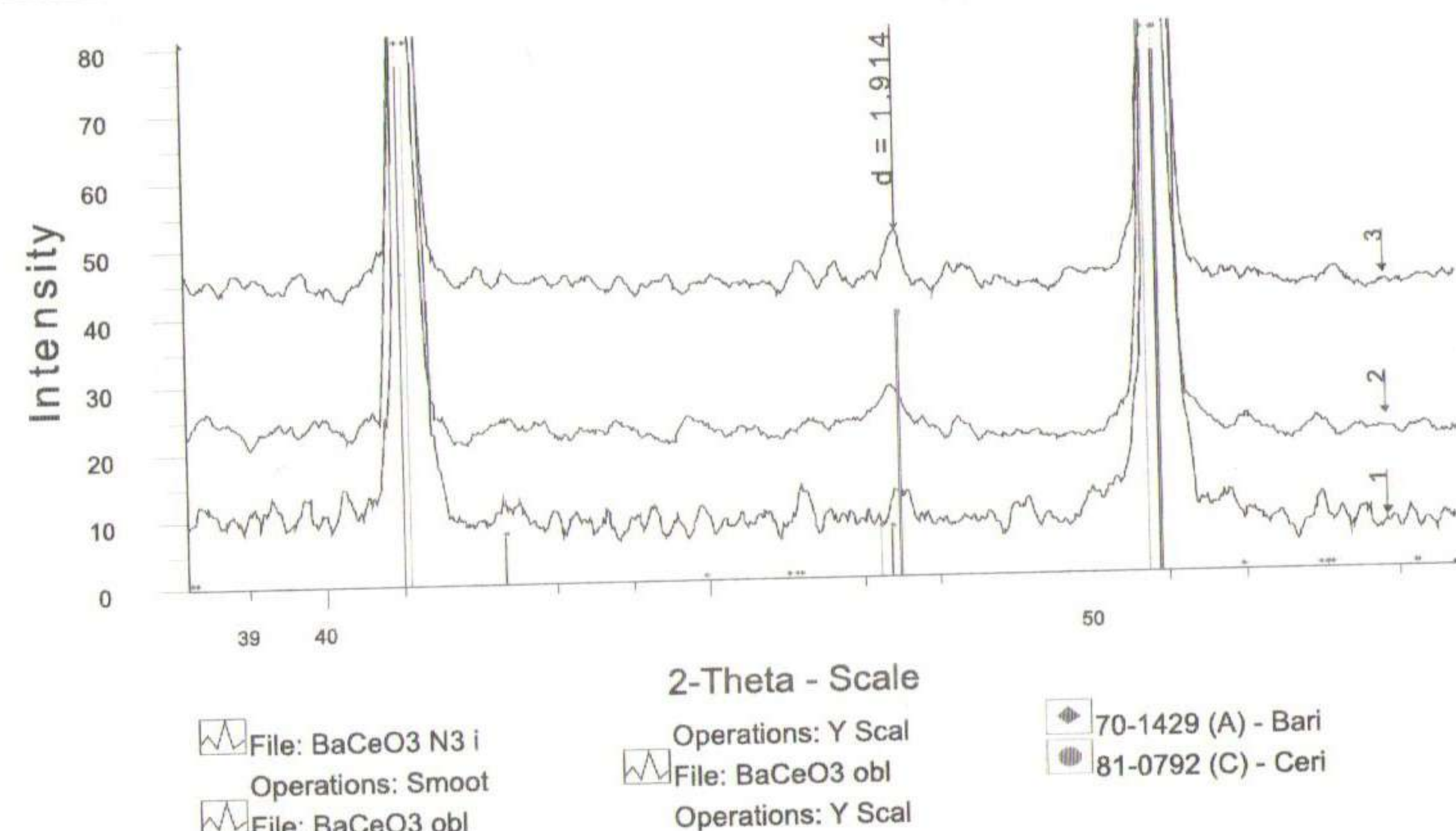
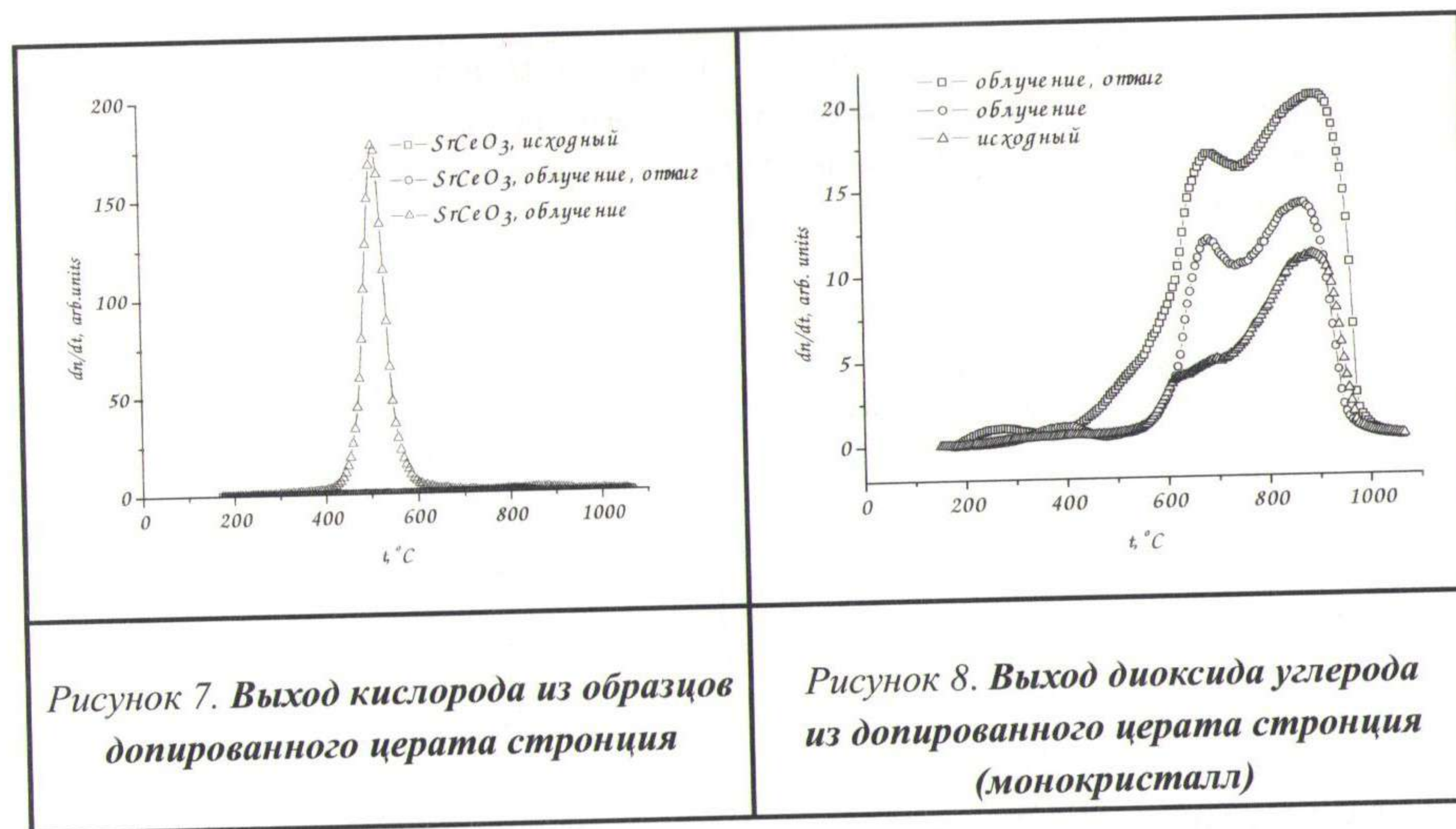
Рисунок 5. Спектры выделения молекул кислорода из керамического допированного церата бария $x=0.1$.

Рисунок 6. Спектры выделения кислорода из монокристаллического и керамического допированных цератов бария

Кроме того, выделение молекулярного кислорода в виде низкотемпературного всплеска ($t = 545^\circ \text{C}$) было обнаружено и на облученном церате стронция допированном и недопированном (рисунок 7). Известно, что SrCeO_3 считается чисто протонным проводником, поэтому никогда ранее на образцах данного типа выхода свёрстехиометрического кислорода не наблюдалось. Появление низкотемпературного кислородного пика на церате стронция после высокотемпературного реакторного наблюдается впервые и по-видимому обусловлено тем же фазовым переходом.

Данный фазовый переход обнаружен впервые и требует дополнительных исследований.

Наблюдаемое сходство в поведении двух различных соединений, бариевого и стронциевого цератов, может быть связано с присутствием церия в обоих составах и его переменной валентностью. Чтобы подтвердить это предположение был проведён рентгеноструктурный анализ данных материалов (рисунок 9), который показал наличие существенного количества фазы CeO_2 в данных материалах после высокотемпературного облучения и последующего отжига в лабораторных условиях.



Из анализа полученных дифрактограмм следует, что высокотемпературное реакторное облучение вызывает аморфизацию данных материалов, а их последующий отжиг приводит к перераспределению атомов по структурным узлам решетки и вакантным позициям, при этом наблюдается дополнительная кристаллизация фазы диоксида церия SeO_2 (рисунок 9).

Установлено, также, что как низкотемпературное, так и высокотемпературное реакторное облучение сопровождается повышением реакционной способности цератов по отношению к диоксиду углерода (рисунки 1 и 8).

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- Реакторное облучение при температуре $100^\circ C$ приводит лишь к количественным изменениям в содержании всех контролируемых газов: кислорода, воды и диоксида углерода.
- Высокотемпературное облучение в реакторе ВВРК приводит как к количественным, так и качественным изменениям в данных материалах, что проявляется в появлении фазового перехода. Обнаруженный фазовый переход исчезает после отжига облученных образцов в лабораторных условиях при $620^\circ C$.

Использованная литература:

1. Mechanism of gas-solid exchange processes for some perovskites / I.V Khromushin [et.al] // Solid State Ionics. - 2003. - Vol.162-163. - P. 37-40.
2. Schober, T. Applications of oxidic high-temperature proton conductors / T. Schober// Solid State Ionics. - 2003. - Vol.162-163. - P. 277-281.
3. Thermodesorption study of barium and strontium cerates / T.I Aksenova, I.V Khromushin, Zh.R. Zhotabaev, K.D Bukenov, A.K Berdauletov, Z.V Medvedeva // Solid State Ionics. - 2003. - № 162-163. - P. 31-36.
4. Hydrogen in oxides / T. Norby, M. Wideroe, R. Glockner, Y. Larring // Dalton Trans. - 2004. - P. 3012 -3018.
5. Радиационно-термические процессы в цератах бария и стронция / Т.И. Аксенова [и др.] // Труды 5-ой Международной научной конференции «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах». – Томск. – 2006. – С. 223-226.
6. Исследование особенностей внедрения кислорода в допированные цераты бария и стронция / И.В. Хромушин [и др.] // Журнал известия НАН РК, серия физ.-мат. №6. – Алматы. - 2006. – С. 72-76.
7. Изучение процессов сорбции-десорбции газов из цератов бария и стронция / К.К. Мунасбаева [и др.] // Вестник НЯЦ РК, выпуск 3. - Курчатов. - 2006. – С. 5-9.
8. Изучение процессов обмена газ-твердое тело в высокотемпературных протонных проводниках / К.К. Мунасбаева [и др.] // Тезисы докладов 6-ой Международной конференции «Modern Problems of Nuclear Physics». – Ташкент. – 2006. – С. 184-186.
9. Investigation of radiation stability of high temperature proton conductors / T.I. Aksenova [et al.] // Тезисы докладов 4-ой Евразийской конференции «Nuclear Science and its Application». – Баку. – 2006. – С. 30.
10. Влияние реакторного облучения на интеркаляцию протонов и стабильность цератов бария и стронция / П.А. Корниенко [и др.] // Сб. докладов 5-ой Международной конференции «Ядерная и радиационная физика». – Алматы. – 2006. – С. 175-180.
11. Изучение возможности использования протонных проводников для нужд атомной промышленности / И.В. Хромушин [и др.] // Тезисы докладов 6-ой Международной конференции «Ядерная и радиационная физика». – Алматы. – 2007. – С.264-265.
12. Исследование радиационной стабильности твердооксидных протонпроводящих электролитов/ П.А. Корниенко [и др.] // Вестник НЯЦ РК, выпуск 3. -Курчатов. – Алматы. - 2007.- С.33-36.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН <i>Парфенов Д.Н.</i>	3
ИССЛЕДОВАНИЕ УРАНОНОСНЫХ ПЕСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИНКАЙ <i>Антонов Д.С., Искаков З.А., Александров Ю.С., Мукушева А.С., Жатканбаев Е.Е.</i>	10
ПЕРВАЯ АТЭЦ В НЕЗАВИСИМОМ КАЗАХСТАНЕ <i>Аусенов К.Ж.</i>	17
НАУЧНО - ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ, КАК ИНСТРУМЕНТ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН <i>Байтасов К.М.</i>	29
СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ <i>Маркенбаев Ж.Д., Нуржанов К.Е., Уралбаев А.Ш., Бокенов А.С., Жартыбеков К.Ж.</i>	32
РЕАКТОРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ С ПЛАВЛЕНИЕМ АКТИВНОЙ ЗОНЫ <i>Пахниц А.В., Витюк В.А.</i>	35
НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В ЗЕМНОЙ КОРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ <i>Гордиенко Д.Д.</i>	46
ОБРАЗОВАНИЕ В СФЕРЕ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ОМУ <i>Абен Д.А., Кожманов Т.А.</i>	57
АНАЛИЗ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА ПО ОБЛАСТЯМ КАЗАХСТАНА <i>Галинская И.А., Хвошнянская И.Р., Неклюдова Л.В., Зейнулина Т.У., Сагитаев Р.С., Гулиев Н.И.</i>	62
ЛИКВИДАЦИЯ КОЛЬМАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПВ ПУТЕМ СЕРНО-КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ <i>Айдуисенов Б.А., Токсанбаев Б.М., Дуйсенбаев М.А.</i>	66
УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗЛИВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ИЗ САМОИЗЛИВАЮЩИХСЯ СКВАЖИН ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РВР <i>Токсанбаев Б.М., Жартыбеков К.Ж.</i>	72
ВАРИАНТЫ ВЫХОДА В РЕЖИМ СТАЦИОНАРНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО РЕАКТОРА С ВЫСОКИМ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ДЕЛЯЩИХСЯ ВЕЩЕСТВ <i>Котов В.М., Иркимбеков Р.А.</i>	74
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗА РАСТЕКАНИЕМ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПРИ ПСВ УРАНА <i>Кабайлов А.Н., Камберов И.М., Стромов В.М.</i>	79

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ – ДЕСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИОНООБМЕННЫХ СОРБЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ФИРМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НА РАСТВОРАХ ПСВ <i>Дуйсебаев Б.О., Умбеткулова М.У., Принзин Н.А., Досумова Ж.Ж., Сайдуллаева С.А., Карманов Е.М.</i>	85
УРАНДЫ ЖЕРАСТЫ СКВАЖИНАЛЫҚ ШАЙМАЛАУ ҮРДСІНДЕ ТОТЫҚТЫРҒЫШТАРДЫ ҚОЛДАНУ <i>Дуйсебаев Б.О., Копбаева М.П., Полиновский К.Д., Смайлов Е.Қ., Кокумбеков Б.Б., Сарсенбаева А.С.</i>	89
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАЩЕНИЯ С ЖРО И ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ИХ ПРОТЕКАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ <i>Лукашенко С.Н., Коровина О.Ю., Айдарханова А.К.</i>	94
ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ И ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА <i>Ляхова О.Н., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б., Кубенов А.М., Айдарханов А.О.</i>	99
ОТРАБОТКА ЗАБАЛАНСОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАНЫБАЙ МЕТОДОМ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ <i>Рахметов М.Е., Пирматов Э.А., Жатканбаев Е.Е., Садырбаева Г.А., Мылтыкбаева А.Т., Филюшин В.Н.</i>	107
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПУТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ УРАНОВЫХ РУД СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА <i>Мырзакулова Х.Д., Разуваева Т.В., Умбеткулова М.У., Дуйсебаев Б.О., Пирматов Э.А.</i>	111
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕМИЗБАЙ <i>Дуйсебаев Б.О., Жатканбаев Е.Е., Садырбаева Г.А., Никитина Ю.Г., Рахметов М.Е.</i>	112
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ <i>Принзин Н.А., Дуйсебаев Б.О., Близнюк В.И., Карманов Е.М.</i>	120
СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СЕВЕРОКОРЕЙСКОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ <i>Соколова И.Н.</i>	129
РАЗЛИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПО ЗАПИСЯМ СТАНЦИЙ НЯЦ <i>Соколова И.Н., Шепелев О.М.</i>	136
ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НА ИОНООБМЕННЫЙ СОРБЕНТ МЕЛКОГО ЗЕРНЕНИЯ (КЛАСС «Б») НА РУДНИКЕ «КАРАМУРУН» <i>Хан А. П.</i>	143
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ТЭ <i>Хромушин И.В., Кадыржанов К.К., Аксенова Т.И., Мунасбаева К.К., Корниенко П.А.</i>	150
РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ <i>Мунасбаева К.К., Аксенова Т.И., Хромушин И.В., Жотабаев Ж.Р., Корниенко П.А.</i>	156

Формат 148×210 мм
Гарнитура Times New Roman, кегль 9
Усл. 20 печ. л. Тираж 160. Заказ №900

Отпечатано в Центре оперативной печати "EXTRAPRESS Co"
Республика Казахстан, г. Алматы, 050000, пр. Сейфуллина, 531, офис 403
тел.: +7 (727) 2 720-609, e-mail: extrapress-co@fastmail.kz

