

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-3-54-62>

УДК 504.64;504.5

ОЦЕНКА УЧАСТКА БАЛАПАН ПО СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ ПОСТВЗРЫВНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

И. О. Марченко^{1*}, С. Б. Субботин², О. О. Марченко²

¹ Филиал «Институт геофизических исследований» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

² Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

*E-mail для контактов: marchenko@igr.kz

Современные территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) недостаточно полно вовлечены в хозяйственную деятельность в связи с экологической обстановкой и отсутствием соответствующей инфраструктуры на них. Однако, рано или поздно, они могут быть использованы, например, для освоения на этих территориях, имеющих минеральных и строительных ресурсов. Поскольку на этих землях геологическая среда содержит множество ядерных полостей, существенно влияющих на механическую устойчивость поверхностных слоёв, требуются специальные исследования с целью оценки недр на их несущую способность для различных инфраструктурных и хозяйственных объектов.

В данной работе представлены данные по оценке соответствия границ площадки «Балапан» с учетом развития экологически значимых поствзрывных процессов. Предложены границы площадки, которые вмещают только территории, непосредственно несущие экологическую угрозу ведению хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: Балапан, деструкция, поствзрывные процессы, радиоактивное загрязнение.

ВВЕДЕНИЕ

Исследовательская площадка «Балапан» была одной из самых значительных по объему и масштабности выполняемых работ. Предназначалась, в первую очередь, для испытаний в скважинах ядерных зарядов с максимальной пороговой мощностью.

По историческим данным [1] на территории площадки произведено 106 подземных испытаний в 105 скважинах (рисунок 1).

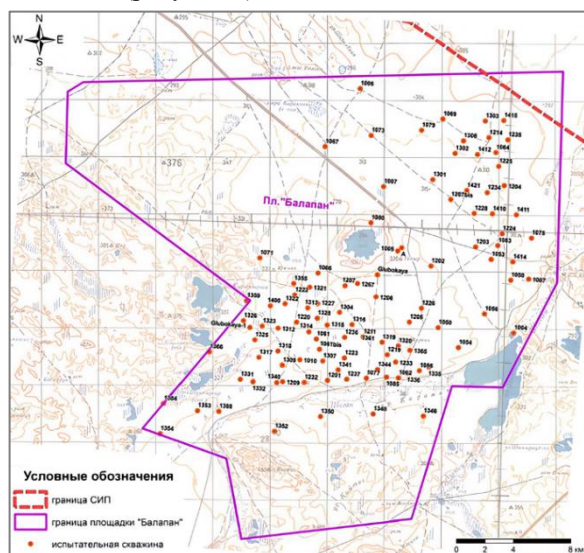


Рисунок 1. Карта-схема площадки «Балапан» с обозначением скважин

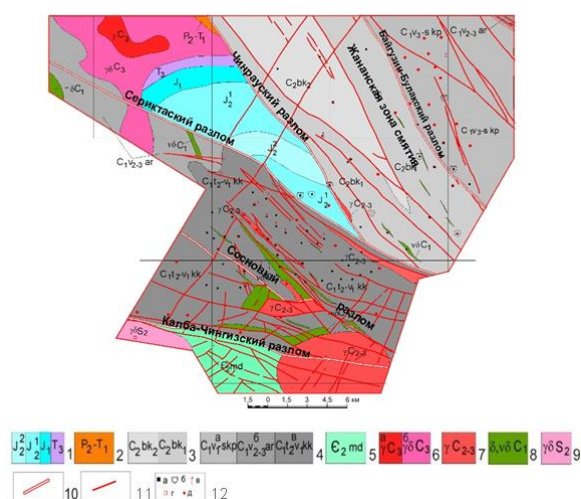
Проведение ядерных экспериментов, на площадке началось в 1965 году и продолжалось вплоть до 80-х годов. Средняя глубина закладки боезаряда на площадке «Балапан» составляла 650 м.

Общая мощность всех взорванных зарядов составила 8254 кТ. Ядерные взрывы выполнялись в осадочных, вулканогенно-осадочных и интрузивных породах, перекрытых осадочным песчано-глинистым чехлом мощностью от первых метров до 70–80 м [1].

Целевым назначением исследований ставилась оценка соответствия границ площадки «Балапан» и пространственных границ развития поствзрывных процессов в результате деструктивного действия подземных ядерных взрывов и радиоактивного загрязнения недр и дневной поверхности.

1. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ ПОСТВЗРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Геологическое строение площадки «Балапан» определяется его положением в юго-западном борту обширного Жарма-Саурского геотектоногена, сформированного в герцинскую эпоху и представленного преимущественно каменноугольными отложениями (рисунок 2). В южной части площадки прослеживается фрагмент глубинного Калба-Чингизского разлома, по которому Жарма-Саурский геотектоноген граничит с Чингиз-Тарбагатайским геотектоногеном антиклинорного типа с преимущественным развитием образований майданской свиты среднего кембрия. В центральной части площадки прослеживается глубинный Чинрауский разлом, разграничивающий нижнекаменноугольные и среднекаменноугольные отложения. В грабене между северной и южной ветвями этого разлома расположена мезозойская мульда, выполненная юрскими отложениями, к этому отделу приурочены наиболее мощные и выдержанные пласты угля (месторождение Каражыра). Региональные разрывные нарушения, где скорость движения подземных вод может быть более интенсивной по сравнению с водами в окружающих породах, рассматриваются как наиболее вероятные пути миграции радионуклидов за пределы площадки.



1 – Средняя юра – верхний триас: конгломераты, песчаники, алевролиты с прослоями и линзами углей в нижней толще средней юры. 2 – Верхняя пермь – нижний триас: песчаники, алевролиты. Каменноугольная система. 3 – Средний отдел, буконьская свита: конгломераты, песчаники, глинистые и углистые алевролиты, с прослоями и линзами углей в верхней подсвите и туфами среднего состава в нижней. 4 – Нижний отдел: конгломераты, песчаники, алевролиты с туфами основного и среднего состава в кокпектинской свите (а), известняками в аркалыкской свите (б), известняками, туфопесчаниками, туфами основного и среднего состава в коконьской свите (в). 5 – Средний кембрий, майданская свита: туфопесчаники и туфы среднего состава, кремнистые сланцы, алевролиты. Интрузивные породы. 6 – Позднекаменноугольные граниты (а) и гранодиориты (б). 7 – Средне-позднекаменноугольные граниты. 8 – Раннекаменноугольные диориты, гранодиориты. 9 – Позднесилурийские гранодиориты. 10 – Региональные разломы. 11 – Второстепенные разломы. 12 – Боевые скважины: а – с гипоцентрами ПЯВ в углефицированных горных породах; б – с провальными воронками; в – с газовойделением; г – с радиоактивным загрязнением приустьевых площадок; д – без углефицированных горных пород и аномальных явлений.

Рисунок 2. Площадка Балапан. Схематическая геологическая карта со снятым чехлом кайнозойских отложений

Для площадки «Балапан» характерно широкое развитие глин неогена, которые перекрывают охарактеризованные выше породы чехлом мощностью от первых метров до 70–80 м. Почти вся территория площадки «Балапан» перекрыта аллювиальными и аллювиально-делювиальными четвертичными отложениями.

В данном разделе применен геоэкологический метод оценки соответствия границ исследуемой территории, который включал в себя:

- оценку изучаемой территории по степени деструкции массивов горных пород;
- оценку территории по уровню радиоактивного загрязнения подземных и поверхностных вод;
- оценку территории по уровню радиоактивного загрязнения дневной поверхности.

Деструкция. Подземные ядерные взрывы (ПЯВ) являются одними из самых сильных техногенных воздействий, когда-либо оказанных человеком на геологическую среду, приводивших к изменению строения больших масс горной породы. При этом взрывы проводились в совершенно разных геологи-

ческих условиях по всей территории площадки «Балапан» на разных глубинах и разной мощности.

Теоретический расчет деструкции [2] (вторичной трещиноватости, возникшей в следствие ПЯВ) позволил построить карту изолиний суммарной пористости пород представленной в виде суммы исходной пористости и вторичной трещиноватости, на исследуемой территории. При этом зоны могут оказаться коллекторами подземных вод и радиоактивных продуктов взрывов, и, при стечении определенных гидрогеологических обстоятельств, могут служить локальными источниками экологически неприемлемых загрязнений окружающей геологической среды. Расчеты проведены с построением физической модели геологической среды, параметры которой определены по архивным данным о геологическом строении, физико-механических и упруго-прочностным свойствам пород на площадке Балапан.

Радиоактивное загрязнение. Помимо геолого-геофизических показателей при оценке границ территории, на которой производили ПЯВ, обязательным является изучение радиоактивного загрязнения дневной поверхности, подземных и поверхностных вод.

В результате анализа литературных данных [3–5] по этому вопросу установлено, что имеет место загрязнение следующими радионуклидами: ^{241}Am , ^{137}Cs , ^3H . Наибольшее распространение имеет, загрязнение ^3H , что связано с его высокой миграционной способностью. В связи с чем было проведено районирование площадки «Балапан» по радиоактивному загрязнению данным радионуклидом.

Таким образом, выбраны основные критерии по проведению оценки соответствия границ исследуемой территории. К ним относятся: степень деструкции, радиоактивное загрязнение поверхностных и подземных вод, а также дневной поверхности.

2. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ЗОН ОБРАЗОВАНИЯ ПОСТВЗРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОЦЕНКА ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ

2.1 Оценка территории по степени деструкции массивов горных пород

При изучении влияния и прогнозировании различных последствий ядерных взрывов на участке недр испытательных полигонов большое значение имеют данные о механическом состоянии горных массивов. Одним из способов их оценки могут быть построения моделей на основе численных исследований.

В Институте геофизических исследований произведен расчет деструкции пород участка земных недр на площадке «Балапан» под действием серии ядерных взрывов в скважинах.

Для этого использован метод вычисления степени деструкции – вторичной трещиноватости, – горных пород под влиянием серии ПЯВ на основе теории сильного взрыва Седова-Неймана [6].

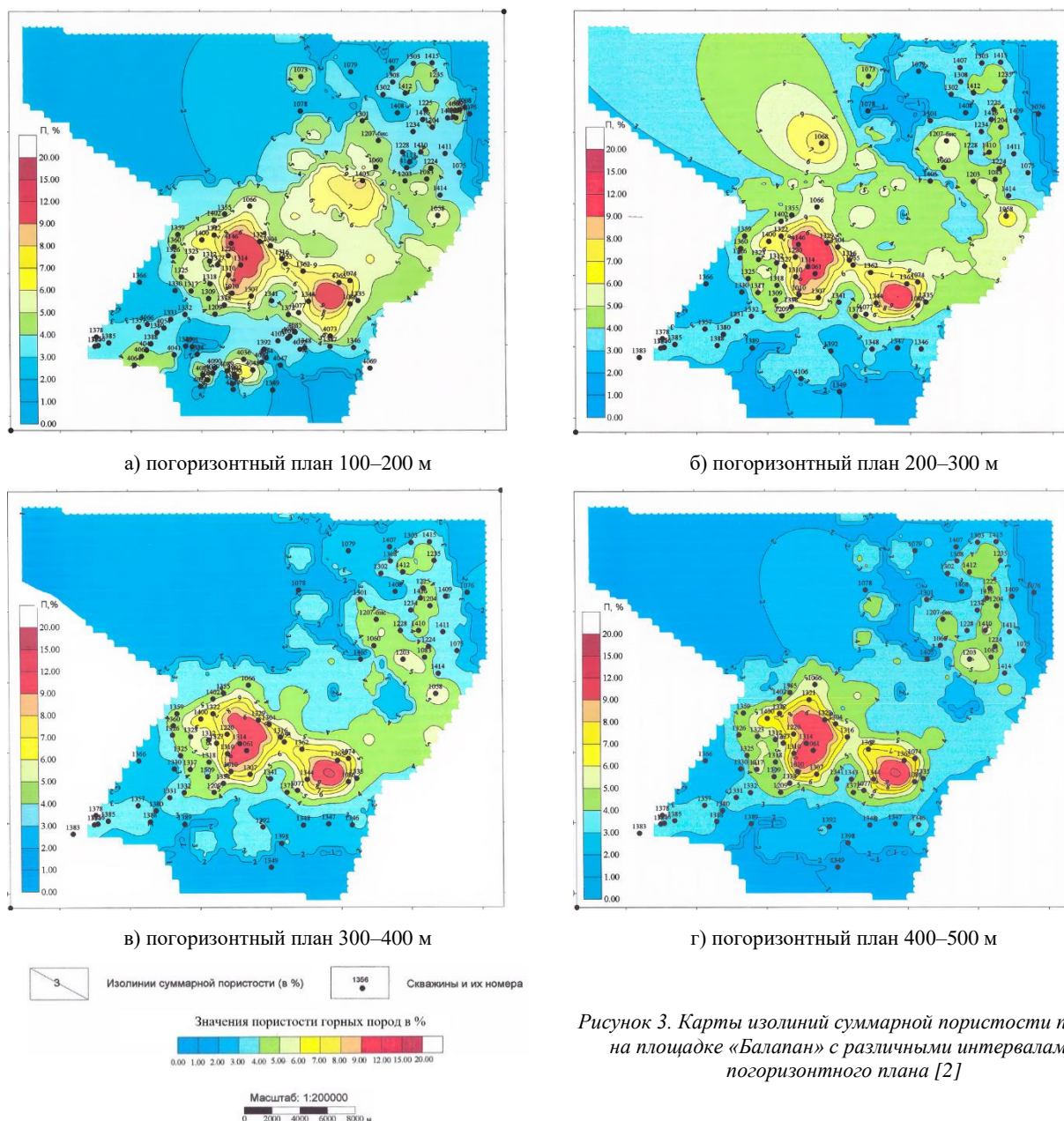


Рисунок 3. Карты изолиний суммарной пористости пород на площадке «Балапан» с различными интервалами погоризонтного плана [2]

Поле суммарной пористости горных пород было получено в результате сложения полей исходной пористости и вторичной трещиноватости горных пород. Результаты вычислений визуализированы в виде серии погоризонтных планов срезов участка. На рисунке 3 приведены погоризонтные планы 200 м, 300 м, 400 м, 500 м.

Полученные данные о пространственном распределении суммарной пористости горных пород сопоставлялись с имеющимися геолого-геофизическими данными по площадке. Анализировались местоположение, конфигурация аномальных зон и их интенсивность.

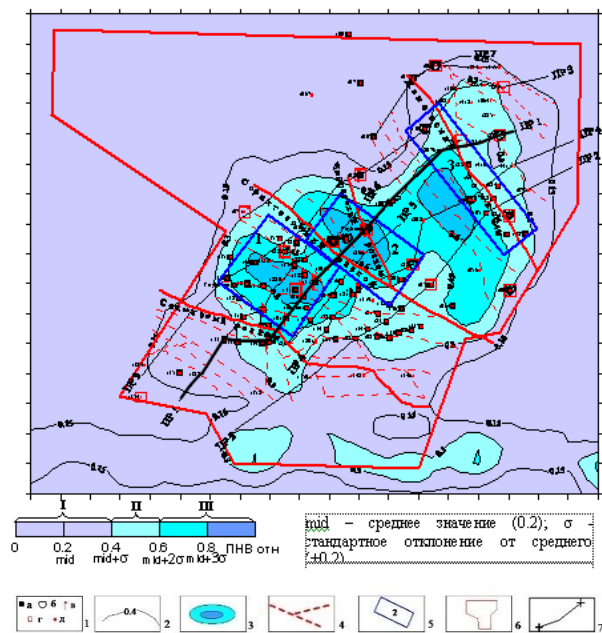
Установлено непротиворечие результатов расчетов имеющимся данным геолого-физических исследований. Показано, что наибольшая суммарная пори-

стость горных пород, т.е. наибольшая деструкция геологической среды изучаемой площадки, проявилась в ее средней части – в окрестности скважин 1314–1304, 1344–1363. В относительно меньшей степени пористость увеличилась в северо-западной части площадки, в районе скважин 1203.

С увеличением глубины суммарная пористость горных пород сначала растет вплоть до глубин 400–500 м, а затем уменьшается. Максимальное значение пористости в аномальных зонах деструкции горных пород составляет ~20%, минимальная ~1–2% – за пределами мест взрывов.

Наряду с картами изолиний суммарной пористости в Институте геофизических исследований составлена схема районирования по значению суммарного показателя неустойчивости геологической среды к

воздействию ПЯВ [7] с учетом упруго-деформационных свойств горных пород и совокупной проявленности факторов природного и техногенного происхождения (провальные явления, газовыделение). Выделены области, характеризующиеся неустойчивостью к термодинамическому воздействию с учетом максимальной поглощенной энергией деформаций (рисунок 4).



1 — боевые скважины: а — с гипоцентрами ПЯВ в горных породах, содержащих углефицированные образования; б — с визуально наблюдаемыми провальными воронками; в — с газовыделением; г — с радиоактивным загрязнением приустьевых площадок; д — не содержащие углистых горных пород и не отмеченные аномальными явлениями; 2 — изолинии (в у.е.) интегрального показателя неустойчивости и внешнего воздействия (ПНВ); 3 — контуры повышенных и максимальных значений ПНВ; 4 — основные тектонические нарушения; 5 — площадки с повышенным ПНВ, выделенные для детального обследования; 6 — контур участка Балапан; 7 — линии профилей комплексных геофизических исследований

Рисунок 4. Площадка «Балапан». Схема геоэкологического районирования по интегральному показателю неустойчивости и внешнего воздействия (ПНВ) ПЯВ [7]: I, II, III — области соответственно с минимальными, повышенными и максимальными значениями ПНВ

Фоновые значения интегрального показателя от 0 до 0,4 (в интервале стандартных отклонений от среднего) интерпретируются как характеристика геологической среды с минимальной реакцией на внешнее воздействие. По распределению максимальных значений интегрального параметра выделены три площадки: 1 — юго-западная (с газовыделяющими скважинами 1318, 1010, 1209); 2 — центральная (с газовыделяющими скважинами 1315, 1328, 1313, 1222, 1321 и со скважинами с радионуклидным загрязнением 1207, 1267, Глубокая); 3 — северо-восточная (со скважинами с радиоактивным загрязнением 1203, 1414, 1301, 1069).

Наиболее напряженными являются две области — центральная (охватывающая скважины 1207, 1267, Глубокая и 1361, где наиболее развиты провальные) и прилегающие к ней с юго-запада и юга, области, включающие, главным образом, газовыделяющие скважины 1222, 1321, 1313, 1328, 1315 и 1318, 1010, 1209. Эти области являются первоочередными для площадных и режимных исследований. На северо-востоке для детального изучения выделена область, включающая скважины 1301, 1203, 1414, характеризующиеся развитием провальных явлений и углистыми породами в гипоцентрах ПЯВ.

Сделанные модельно-прогнозные построения должны приниматься во внимание при решении задач, связанных с изучением поствзрывного состояния участка «Балапан», в т. ч. анализе возможных путей массопереноса радионуклидов, прогнозировании опасных явлений и реальных границ площадки.

2.2 Оценка территории по уровню радиоактивного загрязнения подземных и поверхностных вод

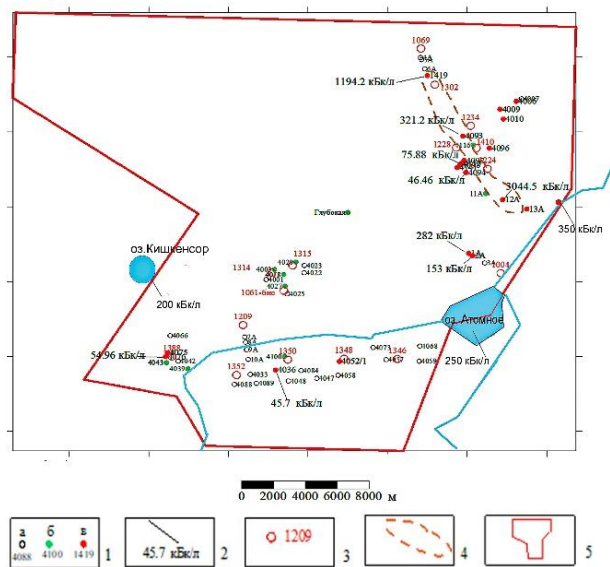
В настоящее время на территории площадки бывшего СИП существует ряд водных объектов, характеризующихся повышенным содержанием техногенных радионуклидов и отличающихся механизмами формирования. Основные из них распространены на площадке «Балапан», где существуют поверхностные воды р. Шаган, «Атомного» озера, озера Кишкенсор, а также подземные водоносные горизонты грунтовых и трещинных вод (рисунок 5) [3].

Ранее проведенные исследования водных объектов площадки «Балапан» позволили определить степень и характер распределения техногенных радионуклидов в водных объектах.

В поверхностных водах р. Шаган на расстоянии 5 км от «Атомного» озера вниз по течению локализованы участки с максимальными значениями ^3H , активностью до 350000 Бк/кг. В результате исследований водоема «Атомное» озеро получены данные о глубинном распределении техногенных радионуклидов ^3H в воде. Во всех случаях минимальные значения зафиксированы на глубине 10 м, максимальные на глубине 60–80 м, достигающие 250000 Бк/кг [4]. Стоит уточнить, что уровень вмешательства (УВ) согласно [9] в воде для ^3H составляет 7600 Бк/кг.

По данным регулярных мониторинговых наблюдений на озере «Кишкенсор» установлено, что содержание ^3H изменяется от 5000 Бк/кг до 200000 Бк/кг, с максимальной концентрацией в августе [5].

В грунтовых и трещинных водах обнаружено наличие повышенных концентраций ^3H на отдельных локальных участках площадки «Балапан». Максимальные значения ^3H в подземных водах достигают 3000 кБк/кг в скважине 12А [8].



1 – наблюдательные скважины: а – ^3H не обнаружен или его содержание $< 0,1$ УВ, б – содержание $^3\text{H} > 0,1$ Бк/л, в – содержание $^3\text{H} > \text{УВ}$; 2 – повышенные (более 5 УВ) содержания ^3H ; 3 – контролируемые боевые скважины; 4 – область максимального загрязнения подземных вод ^3H , контролируемая Жананским разломом; 5 – контур участка «Балапан»

Рисунок 5. Площадка Балапан. Схема загрязнения поверхностных и подземных вод ^3H

2.3 Оценка территории по уровню радиоактивного загрязнения дневной поверхности

Для решения данной задачи также был проведен анализ литературных данных. Установлено, что наибольшее распространение имеет загрязнение ^3H . Повышенные концентрации этого радионуклида установлены в области, прилегающей к скважинам 1010, 1207, 1267, 1224, 1228, 1234 [4]. Максимальное значение достигает 20000 Бк/кг. Области с повышенными значениями ^3H для дневной поверхности показаны на рисунке 6.

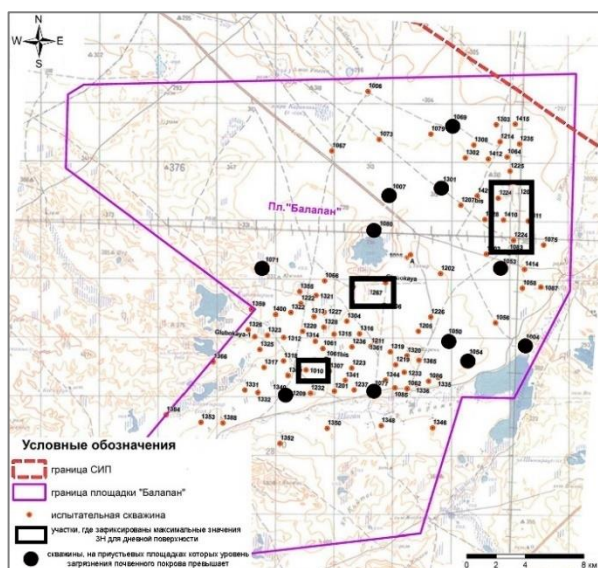


Рисунок 6. Площадка Балапан. Загрязнение почвенного покрова радионуклидами

Помимо этого, проведен анализ результатов исследований по загрязнению другими радионуклидами приустьевых площадок большинства скважин, которые можно отнести к территориям с фоновым уровнем содержания радионуклидов не превышающего МЗУА (минимально-значимая удельная активность), либо с незначительным превышением фоновых величин [10]. Повышенное содержание радионуклидов на таких скважинах сосредоточено, в основном, у оголовков скважин в виде локальных пятен, как показано на рисунке 7. По мере удаления от оголовков скважин значения радиационных параметров резко уменьшаются, и на расстоянии примерно 50–100 метров соответствуют фоновым значениям.

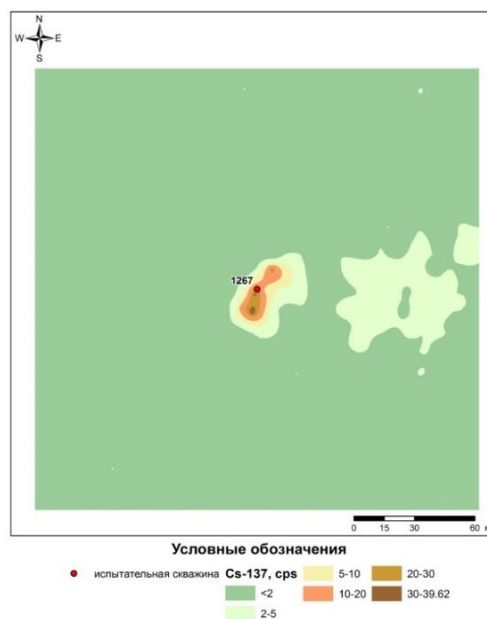


Рисунок 7. Распределение радионуклида ^{137}Cs на приустьевой площадке скважины 1267

Вместе с тем, на 11 скважинах, отмеченных на карте (рисунок 6), присутствует загрязнение почвенного покрова. На их приустьевых площадках уровень загрязнения почвенного покрова соизмерим с уровнем радиоактивных отходов и превышает МЗУА.

Максимальные уровни радиоактивного загрязнения зафиксированы на приустьевой площадке скважины 1080 (рисунок 8). Здесь хорошо просматривается основной след выброса радиоактивных веществ протяженностью до 300 метров. Ширина следа достигает 100 метров.

Самая большая область загрязнения образована следами радиоактивных выпадений от испытания на скважине 1004 («Атомное» озеро). След от выпадений имеет протяженность порядка 15 км (рисунок 9). Концентрации ^{137}Cs и ^{241}Am также превышают МЗУА.

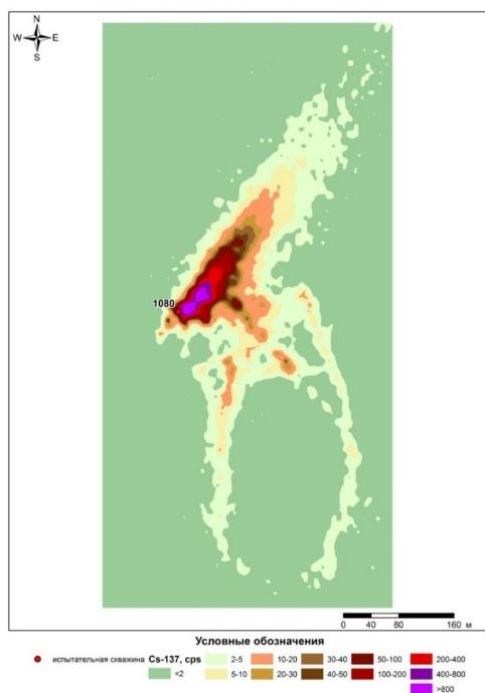


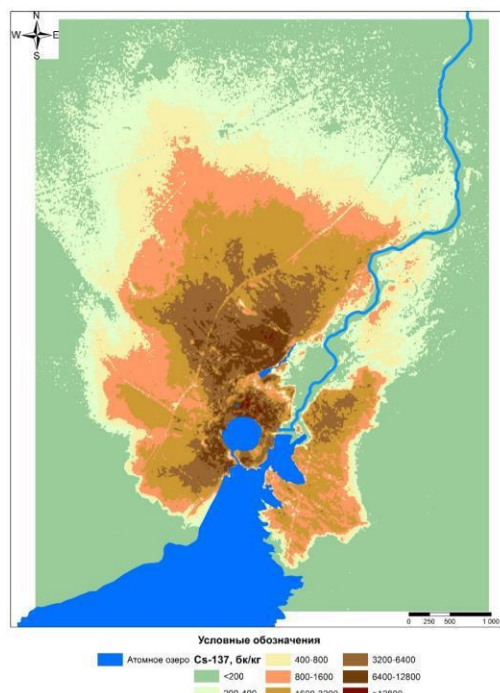
Рисунок 8. Распределение радионуклида ^{137}Cs на приустьевой площадке скважины 1080

3. Оценка соответствия границ площадки «Балапан» и пространственных границ развития поствзрывных процессов образующихся в результате подземных ядерных взрывов

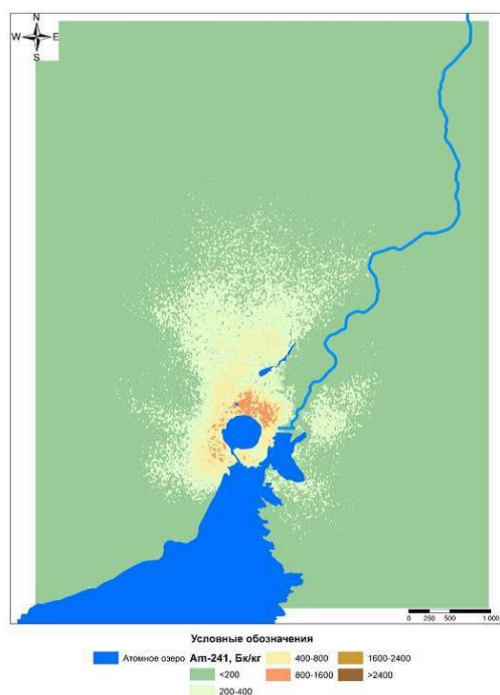
По результатам всей проведенной работы выполнена оценка соответствия границ площадки «Балапан» с учетом развития экологически значимых поствзрывных процессов. Предложены границы площадки, которые вмещают только территории, непосредственно несущие экологическую угрозу ведению хозяйственной деятельности (рисунок 10).

На данной карте учтены суммарная пористость горных пород на площадке «Балапан», рассчитанная теоретически, где максимальные значения отмечены в средней ее части, а также результаты геоэкологического районирования по интегральному показателю неустойчивости и внешнего воздействия ПЯВ.

Неотъемлемой частью в оценке соответствия границ послужили данные районирования площадки по радиоактивному загрязнению, где зафиксированы максимальные значения по ^3H . Удельная активность ^3H в поверхностной воде, превышающая УВ, отмечена у озера Кишкенсор, «Атомного» озера и в 5 км от него. Максимальные концентрации в подземных водах достигают 3000 кБк/кг. Также учтены повышенные концентрации ^3H дневной поверхности в области скважин 1010, 1207, 1267, 1224, 1228, 1234.

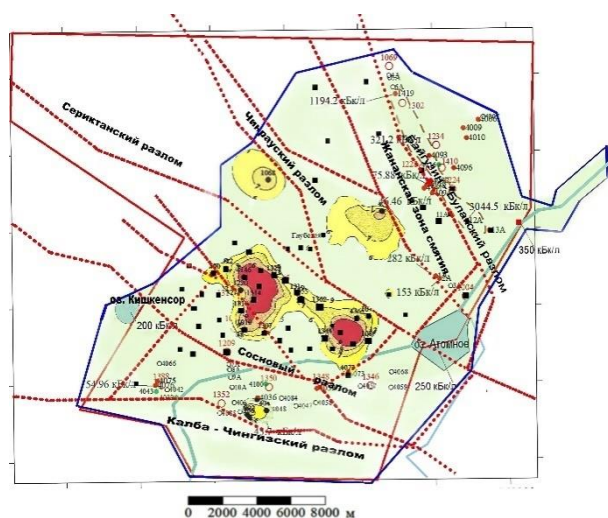


а)



б)

Рисунок 9. Карты площадного распределения на территории скважины 1004: а) ^{137}Cs ; б) ^{241}Am



1 – наблюдательные скважины: а – ^3H не обнаружен или его содержание $< 0,1$ УВ, б – содержание $^3\text{H} > 0,1$ Бк/л, в – содержание $^3\text{H} > \text{УВ}$; 2 – повышенные (более 5 УВ) содержания ^3H . 3 – контролируемые боевые скважины; 4 – область суммарной пористости пород выше 6%; 5 – контур участка «Балапан»; 6 – граница развития поствзрывных процессов; 7 – скважины в углефицированных породах

Рисунок 10. Скорректированные границы площадки, вмещающие территории, несущие потенциальную экологическую угрозу при ведении хозяйственной деятельности

ВЫВОДЫ

В рамках данной исследовательской работы проведена предварительная оценка соответствия границ площадки «Балапан» и областей развития поствзрывных экологически значимых процессов вследствие деструктивного воздействия ПЯВ, сопровождающихся радионуклидным загрязнением геологической среды.

Полагается, что:

1) Северо-западную границу площадки, в принципе, возможно переместить на юго-восток, но только после детального обследования прилегающих к ней скважин ПЯВ на предмет оценки проявленности деструктивных процессов в гипоцентральных зонах ПЯВ.

2) Границы площадки рационально расширить:

а) в районе приустьевой территории реки Шаган, где за пределами СИП до 25 км отмечаются аномальные значения (до 350 кБк/кг) удельной активности ^3H , и превышающие УВ, согласно [9], от 5 до 50 раз;

б) в районе озера «Кишкенсор» вблизи западной границы площадки и за ее пределами, где фиксируется содержание ^3H , превышающее УВ в 25 раз.

3) Для объективного расширения или уменьшения территории площадки «Балапан» и обеспечения безопасной хозяйственной деятельности в ее пределах, необходимо провести дополнительные исследования:

а) гидрогеологический анализ направления течения и определения бассейна вод скважин 1419 и 12А на северо-востоке площадки, где зафиксированы аномально высокие значения удельной активности, превышающие УВ в 157 и 400 раз.

б) в условиях высокого радиоактивного загрязнения подземных вод, развития вторичной трещиноватости, в следствие ПЯВ, вероятности обрушения котловых полостей с последующим выбросом радиоактивности и горючих газов в углефицированных горных породах требуется проведение геолого-геофизических исследований по оценке возможности развития этих процессов, следствием которых может быть экологически неприемлемое загрязнение окружающей геологической среды, противоречащее принципу безопасного ведения хозяйственной деятельности.

Разработанный подход для определения границ испытательных площадок СИП и возможности размещения на них объектов хозяйственной деятельности может приниматься во внимание при решении этих задач, как в комплексе с другими методиками, так и самостоятельно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ядерные испытания в СССР. Том II. Технологии ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки. Глава 4. http://www.iss-atom.ru/sssr2/4_3.htm.
2. Мурзадилов, Т.Д. Некоторые методы расчёта геофизических и геохимических следствий от подземных ядерных взрывов / Т.Д. Мурзадилов, Ю.А. Гринштейн. – Алматы: «Service Press», 2019. – 232 с.
3. Айдарханов А. О. Радиоактивное загрязнение вод реки Шаган (по результатам 2011-го года) / А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, С.В. Генова, О.Н. Ляхова, А.К. Айдарханова // Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011–2012 гг. / под рук. С.Н. Лукашенко. – Павлодар: «Дом печати», 2013. – С. 249–256.
4. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана: сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2007–2009 гг. / под рук. С.Н. Лукашенко. – Вып. 2. – 12 с.
5. Токтаганов Т.Ш., Айдарханов А.О., Актаев М.Р., Кокежанов Б.А., Пронин С.С., Искенов А.О. Оптимизация мониторинговых наблюдений вод на радиационно-опасных участках сип при помощи метода изотопной гидрологии // Вестник НЯЦ РК. – 2018. – Вып. 4. – С. 44–48.
6. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. // Гидродинамика / М. «Наука», 1986, т. 6, с. 558–563.
7. Шайторов В.Н., Казакова Ю. И., Великанов А.Е., Жолдыбаев А.К. Геоэкологическое районирование территории СИП по геолого-геофизическим данным (на примере участков Балапан и Сары-Узень) // Вестник НЯЦ РК. – 2013. – Вып. 2. – С. 94–103.
8. Субботин С. Б., Лукашенко С. Н., Айдарханов А. О. // V Междунар. конф. «Ядерная и радиационная физика». Алматы: ИЯФ, 26–29 сентября 2005 г. С. 71–83.

9. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности». Утверждены приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 02 августа 2022 года.
 10. Отчет о научно-технической деятельности Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, выполненной по РЦНТП «Развитие атомной энергетики в Казахстане» за 2001г.: отчет о НТД (информационный) / Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК (ИРБЭ НЯЦ РК); рук. Птицкая Л.Д. – Курчатова: ИРБЭ НЯЦ РК, 2001. – С. 77.
- REFERENCES**
1. Yadernye ispytaniya v SSSR. Tom II. Tekhnologii yadernykh ispytaniy SSSR. Vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu. Mery po obespecheniyu bezopasnosti. Yadernye poligony i ploshchadki. Glava 4. http://www.iss-atom.ru/sss2/4_3.htm.
 2. Murzadilov, T.D. Nekotorye metody rascheta geofizicheskikh i geokhimicheskikh sledstviy ot podzemnykh yadernykh vzryvov / T.D. Murzadilov, Yu.A. Grinshteyn. – Almaty: “Service Press”, 2019. – 232 p.
 3. Aydarkhanov A. O. Radioaktivnoe zagryaznenie vod reki Shagan (po rezul'tatam 2011-go goda) / A.O. Aydarkhanov, S.N. Lukashenko, S.V. Genova, O.N. Lyakhova, A.K. Aydarkhanova // Sbornik trudov Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan za 2011–2012 gg. / pod ruk. S.N. Lukashenko. – Pavlodar: “Dom pečhati”, 2013. – P. 249–256.
 4. Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana: sbornik trudov Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan za 2007–2009 gg. / pod ruk. S.N. Lukashenko. – Issue 2. – 12 p.
 5. Toktaganov T.Sh., Aydarkhanov A.O., Aktaev M.R., Kokezhanov B.A., Pronin S.S., Iskenov A.O. Optimizatsiya monitoringovykh nablyudeniy vod na radiatsionno-opasnykh uchastkakh sip pri pomoshchi metoda izotopnoy gidrologii // Vestnik NYaTs RK. – 2018. – Issue 4. – P. 44–48.
 6. Landau L.D. Teoreticheskaya fizika. / Landau L.D. Lifshits E.M. // Gidrodinamika / Moscow «Nauka», 1986, T. 6, P. 558–563.
 7. Shaytorov V.N., Kazakova Yu. I., Velikanov A.E., Zholdybaev A.K. Geoekologicheskoe rayonirovanie territorii SIP po geologo-geofizicheskim dannym (na primere uchastkov Balapan i Sary-Uzen') // Vestnik NYaTs RK. – 2013. – Issue 2. – P. 94–103.
 8. Subbotin S. B., Lukashenko S. N., Aydarkhanov A. O. // V Mezhdunar. konf. «Yadernaya i radiatsionnaya fizika». Almaty: IYAF, 26–29 sentyabrya 2005 g. P. 71–83.
 9. Gigenicheskie normativy «Sanitarно-epidemiologicheskie trebovaniya k obespecheniyu radiatsionnoy bezopasnosti». Utverzhdeny prikazom Ministra natsional'noy ekonomiki Respubliki Kazakhstan ot 02 avgusta 2022 goda.
 10. Otchet o nauchno-tehnicheskoy deyatel'nosti Instituta radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii NYaTs RK, vypolnennoy po RTsNTP «Razvitie atomnoy energetiki v Kazakhstane» za 2001g.: otchet o NTD (informatsionnyy) / Institut radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii NYaTs RK (IRBE NYaTs RK); ruk. Pitiskaya L.D. – Kurchatov: IRBE NYaTs RK, 2001. – P. 77.

БАЛАПАН УЧАСКЕСІНДЕ ЖАРЫЛЫСТАН КЕЙІНГІ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ДАМУ ДӘРЕЖЕСІ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МАҢЫЗДЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ БОЙЫНША БАҒАЛАУ

И. О. Марченко^{1*}, С. Б. Субботин², О. О. Марченко²

¹ ҚР ҰЯО РМК «Геофизикалық зерттеулер институты» филиалы, Курчатова, Қазақстан

² ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатова, Қазақстан

*Байланыс үшін E-mail: marchenko@igr.kz

Семей сынақ полигонының (ССП) қазіргі аумақтары экологиялық жағдайға және оларда тиісті инфрақұрылымның болмауына байланысты шаруашылық қызметке толық тартылмаған. Алайда, ерте ме, кеш пе, мысалы, оларды осы аумақтарда қолда бар минералды және құрылыс ресурстарын игеру үшін пайдалануға болады. Бұл жерлерде геологиялық ортада жер үсті қабаттарының механикалық тұрақтылығына айтарлықтай әсер ететін көптеген ядролық қуыстар болғандықтан, жер қойнауын әртүрлі инфрақұрылымдық және шаруашылық объектілері үшін олардың көтергіштігін бағалау үшін арнайы зерттеулер қажет.

Бұл жұмыста экологиялық маңызды жарылыстан кейінгі процестердің дамуын ескере отырып, «Балапан» алаңының шекараларының сәйкестігін бағалау бойынша деректер ұсынылған. Экономикалық қызметті жүргізуге экологиялық қауіп төндіретін аумақтарды ғана қамтитын алаңның шекаралары ұсынылған.

Түйінді сөздер: Балапан, жойылу, жарылыстан кейінгі процестер, радиоактивті ластану.

ASSESSMENT OF THE BALAPAN SITE ACCORDING TO THE DEGREE OF DEVELOPMENT OF POST-
EXPLOSIVE GEOLOGICAL PROCESSES AND ENVIRONMENTALLY SIGNIFICANT FEATURES

I. O. Marchenko^{1*}, S. B. Subbotin², O. O. Marchenko²

¹ Branch "Institute of Geophysical Research" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

² Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

*E-mail for contacts: marchenko@igr.kz

Modern territories of the Semipalatinsk Test Site (STS) are not sufficiently involved in economic activities due to environmental conditions and lack of appropriate infrastructure on them. However, sooner or later they can be used, for example, for development of available mineral and building resources on these territories. Since in these lands the geological environment contains many nuclear cavities that significantly affect the mechanical stability of the surface layers, special studies are required in order to assess the subsurface for their carrying capacity for various infrastructure and economic facilities.

This paper presents data on assessing the compliance of the Balapan site boundaries with regard to the development of environmentally significant post-explosive processes. The boundaries of the site, which contain only territories posing direct ecological threat to economic activity, are proposed.

Keywords: *Balapan, destruction, post-explosive processes, radioactive contamination.*