

ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ

УДК [528.9:004.9]+553.94
DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-2-5-15

Создание для целей кадастра трехмерной карты угольного месторождения «Каражыра», загрязненного техногенными радионуклидами

К. С. Исабекова^{1*}, Г. А. Уставич¹, С. М. Кудеринов², Н. А. Кудеринова²

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Университет им. Шакарима города Семей, г. Семей, Республика Казахстан

* e-mail: kamilka_1995@mail.ru

Аннотация. Закрытие Семипалатинского испытательного ядерного полигона и ввод его земель в народно-хозяйственный оборот позволяет осуществлять различную хозяйственную деятельность на его территории. К такой деятельности относится и разработка находящегося на территории полигона угольного месторождения «Каражыра». Во время проведения ядерных испытаний происходило загрязнение техногенными радионуклидами верхнего слоя почвы данного месторождения, а также подземных вод. В настоящее время при проведении вскрышных работ и последующей добыче угля происходит интенсивное пылеобразование, которое приводит ко вторичному загрязнению путем ветрового переноса техногенных радионуклидов, что приводит к расширению площади этого загрязнения на прилегающей к полигону территории. При этом направление переноса в значительной степени зависит от розы ветров, которая меняется в течение года. Перенос радионуклидов происходит и при перевозе загрязненного угля по автомобильной дороге на промышленные предприятия в г. Семей, а также для жителей, проживающих в частных домах. Для обеспечения мониторинга вторичного загрязнения данного месторождения и прилегающей к полигону территории необходимо, с целью безопасного ведения хозяйственной деятельности, в частности кадастровой деятельности, отображать уровень загрязнения и динамику его расширения на межевых планах. В связи с этим рассмотрение данного вопроса является актуальным и своевременным. В статье указываются виды работ, которые оказывают влияние на радиационную обстановку окружающей среды, в том числе и на земли, прилегающие к угольному разрезу «Каражыра». Установлено, что на методику выполнения геодезических и кадастровых работ будет оказывать влияние уровень загрязнения территории техногенными радионуклидами. Для отображения уровня загрязнения на разных горизонтах предлагается методика создания трехмерной карты месторождения и части территории, прилегающей к нему.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный ядерный полигон, радионуклидное загрязнение, границы земельных участков, трехмерная карта, угольное месторождение «Каражыра»

Введение

Проводимые до 1991 г. ядерные испытания на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне (СИЯП) являлись главным источником загрязнения техногенными радионуклидами земной поверхности как на самом полигоне, так и на прилегающей к нему значительной территории. Кроме того, загрязнению подвергались и находящиеся на ней различные инженерные сооружения. За время эксплуатации

СИЯП, который имел площадь, равную 18 500 км², было проведено 456 ядерных испытаний [1–4]. Загрязнения техногенными радионуклидами содержат продукты ядерных выпадений из радиоактивных облаков, а также частицы грунта, поднявшегося после взрыва. Загрязнение земной поверхности проходило, как правило, неравномерно, а уровень этого загрязнения в разных точках различался в нескольких раз. Кроме загрязнения земной поверхности происходило загрязнение и подземных вод.

Последнее испытание на СИЯП было проведено 19 октября 1989 г., а после Указа президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева 21 августа 1991 г. испытания полностью прекратились. Правительством и Советом Безопасности Республики Казахстан 7 мая 2009 г. было принято решение о поэтапной передаче части земель СИЯП в народнохозяйственный оборот. После этого территория полигона начала постепенно использоваться для сель-

скохозяйственной и промышленной деятельности. К такой промышленной деятельности на СИЯП относится и добыча угля на крупном месторождении «Каражыра». Месторождение «Каражыра» площадью 21,4 км расположено в 130 км к юго-западу от г. Семипалатинска Восточно-Казахстанской области на территории испытательной площадки «Балапан» и является источником высококачественной угольной продукции (рис. 1).

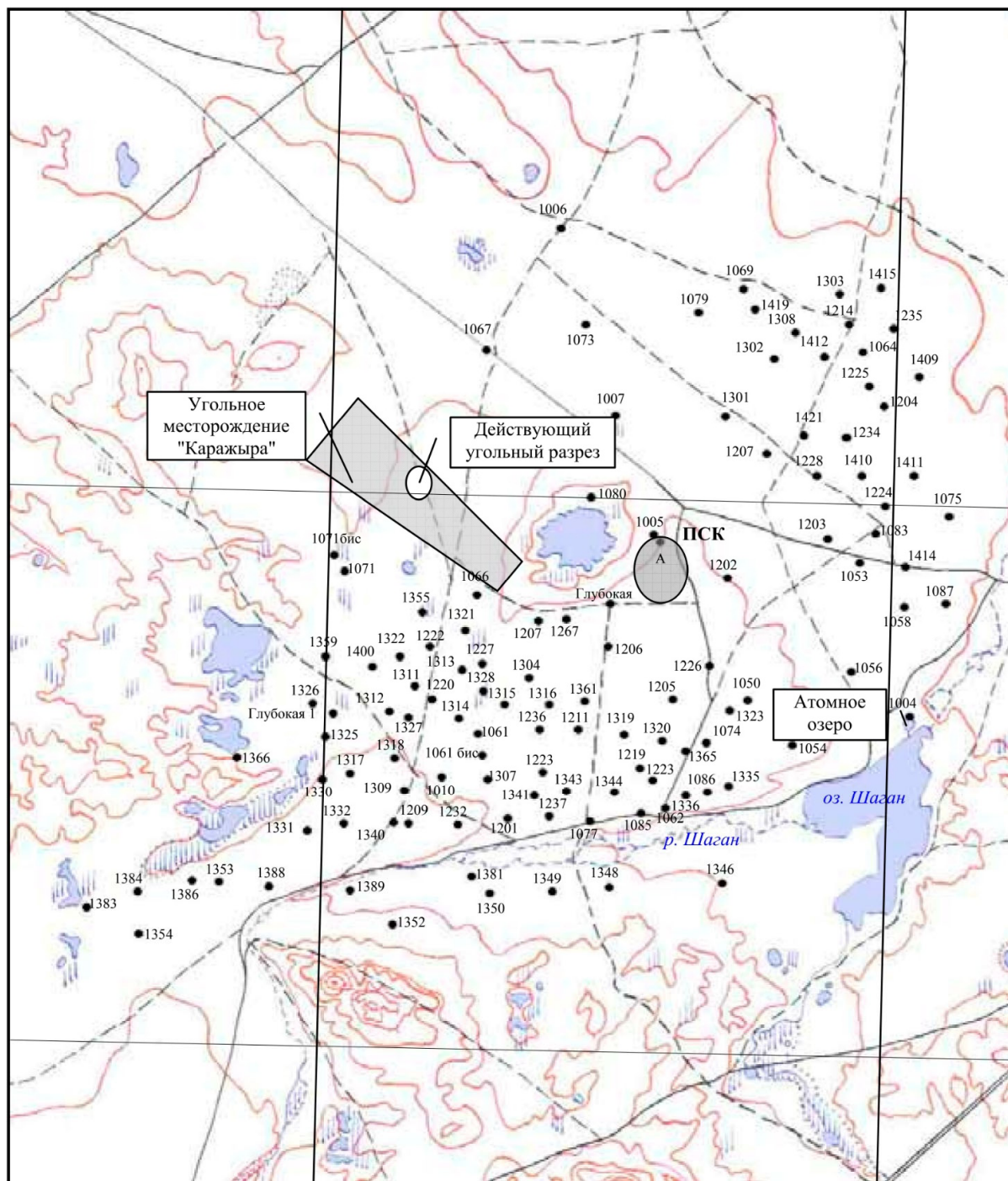


Рис. 1. Схема расположения угольного месторождения и «Атомного озера» [5]

Рядом с месторождением находится «Атомное озеро», которое образовалось после ядерного испытания (экскавационного взрыва) [5].

На данном месторождении производятся горные и геологоразведочные работы, добыча угля и его отправка потребителю. На месторождении ведется открытый способ разработки с вывозом вскрышных пород на внешний и внутренний отвалы. Во время проведения вскрышных работ нарушается верхний загрязненный слой почвы. При добыче полезных ископаемых, их транспортировке по технологическим и проселочным дорогам происходит подъем пыли непосредственно в районе карьера. Кроме того, при транспортировке полезных ископаемых за пределы полигона на большие расстояния также происходит перенос техногенных радионуклидов и вторичное загрязнение прилегающих территорий.

Актуальность исследования данной темы заключается, во-первых, в мониторинге уровня радиоактивного загрязнения некоторых участков территории полигона, включая и данное месторождение, на которых выполняются геодезические и маркшейдерские работы и, во-вторых, в использовании полученной информации для кадастровых работ на самом месторождении и на прилегающих территориях, включая автомобильные дороги. Это подтверждает важность решения научной и прикладной задачи, связанной с безопасным использованием земельных ресурсов.

Методы и материалы

Как показывает практика ведения мониторинга уровня загрязнения на территории СИЯП, в настоящее время имеет место постоянное изменение этого уровня и границ загрязнения техногенными радионуклидами вследствие влияния следующих основных факторов [6–11]:

- переноса воздушными массами в зависимости от розы ветров;
- переноса подземными водами;
- различной хозяйственной деятельности (промышленной и сельскохозяйственной).

С целью определения и отображения границ и уровня радионуклидного загрязнения регулярно проводятся соответствующие мероприятия на территории всего СИЯП [5, 7, 12–15].

Отображение уровня и границ загрязнения производится в настоящее время, в основном, сотрудниками Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК с использованием различных схем и планов [5, 7, 9, 14–17]. Отображение производится обычно в формате 2D-плана (схемы). Вместе с тем, в некоторых случаях более детально такое отображение осуществляется использованием трехмерного формата.

В связи с этим рассмотрим технологическую схему создания трехмерной карты местности загрязнения (рис. 2), которая будет включать в себя следующие объекты исследования:

- месторождение «Каражыра»;
- частичное перемещение воздушных масс.

Технологическая схема создания трехмерной карты месторождения состоит из нескольких этапов. В создании учитываются особенности объекта, схемы создания планово-высотного обоснования, границы загрязнения на разных горизонтах. На весь участок работ имеется топографическая карта, выполненная АО «Карагандагеология». Результаты полевых измерений обрабатывались в программе Autodesk Autocad.

Для составления трехмерной карты был взят снимок со спутника. После этого космический снимок и данные топографической съемки были последовательно внесены в программу ПО Global Mapper и выполнена предварительная обработка данных. Затем были нанесены границы загрязнения на разных горизонтах и выполнена окончательная обработка трехмерной карты, которая может предоставляться заказчику.

Таким образом, по результатам данных космической съемки местности, полевых радиологических исследований и геодезических измерений подготовлены материалы, на основе которых может быть создана трехмерная карта угольного месторождения.

Актуальность разработки и использования трехмерных карт характеризует широкий спектр ее применения в различных видах хо-

зяйственной деятельности, таких как земельный кадастр, различные отрасли сельского хозяйства (земледелие, животноводство), экологическая деятельность, сельское и городское планирование и в других сферах. Поэтому с учетом загрязненной территории при

принятии необходимых управленческих решений при планировании хозяйственной деятельности, с целью наглядного и детального восприятия объекта, важно наличие трехмерной карты территории данного угольного месторождения.

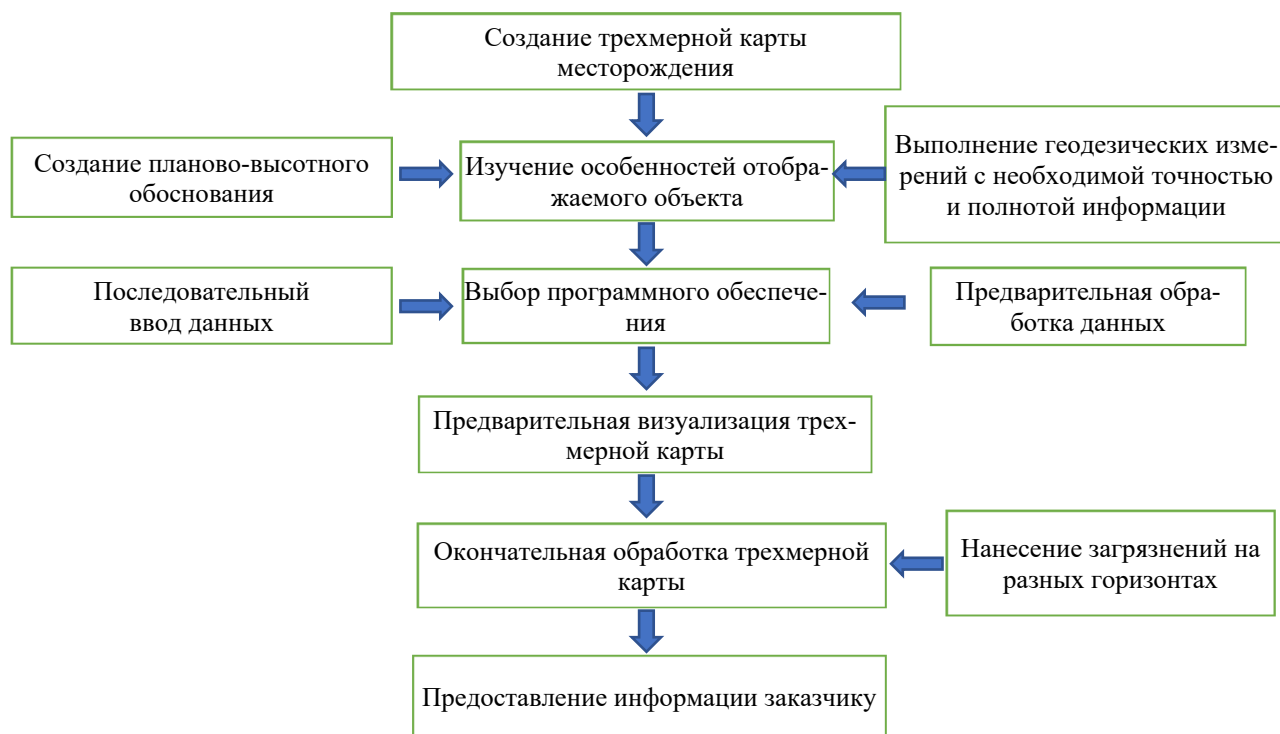


Рис. 2. Технологическая схема создания трехмерной карты угольного месторождения

Основной составляющей оценки уровня загрязнения в районе месторождения «Каражыры» является достоверное представление полученной информации об уровне загрязнения. Для более объективной оценки влияния уровня загрязнения на месторождении и в районе «Атомного озера» вследствие проведенных подземных ядерных взрывов представим следующие основные факторы. Важнейшим фактором загрязнения техногенными радионуклидами является наличие «Атомного озера», которое и оказывает значительное влияние на это загрязнение. Согласно данным НЯЦ РК, вблизи воронки «Атомного озера» находится основная зона радиоактивного загрязнения почвы, которая имеет площадной характер. Общая площадь загрязнения ограничивается 1,0–2,0 км от

гребня воронки. В 2009–2012 гг. сотрудниками данного института были проведены работы по определению степени загрязнения «Атомного озера» техногенными радионуклидами [18].

Потенциальным источником вторичного загрязнения окружающей среды (воды, воздуха, растительности) является зона навала грунта вокруг «Атомного озера» радиусом 3–4 км, которая может представлять основную угрозу человеку при ведении хозяйственной деятельности на данной местности. Кроме того, в окружающую среду техногенные радионуклиды могут переноситься ветром, пылью, атмосферными осадками, а также попаданием их в реку Шаган с дальнейшим переносом поверхностным водотоком [18]. В зависимости от гидрологического режима, кон-

центрация радионуклидов может резко колебаться [19].

Важным фактором, который определяет уровень загрязнения на данной территории, является расстояние границ месторождения (или границ земельного отвода) от «боевых» скважин, которое колеблется от 0,4 до 5,8 км. Эти законсервированные скважины продолжают быть источником радионуклидов. Вместе с тем, необходимо отметить, что к настоящему времени вопрос о степени опасности «боевых» скважин пока остается открытым [20–23].

Выполняя мониторинг происходящих технологических процессов на угольном разрезе в целом и на отдельных рабочих местах, требуется непрерывное (или циклическое с заданным временным интервалом) получение достоверных данных об уровне загрязнения наземными методами как с мониторинговых точек, так и с недоступных для исследования площадок. Кроме того, для определения полной и детальной характеристики изучаемого участка месторождения необходимо проведение и дистанционных исследований. Последний метод нужен для мониторинга прилегающих к месторождению земельных участков,

которые используются, например, для выпаса животных.

Предлагаемая трехмерная виртуальная карта позволяет контролировать поступление загрязняющих веществ на территорию месторождения, планировать технологические решения при разработке карьера, а также выполнение геодезических и маркшейдерских работ.

Результаты

Для получения трехмерной карты месторождения нами были взят снимок со спутника, а также данные топографической съемки месторождения «Каражыра». Данные топографической съемки были внесены в программу Autodesk Civil 3D, а затем обработаны с помощью команды «Поверхность».

Далее для получения трехмерной карты месторождения в программе ПО Global Mapper была загружено растровое изображение со спутника и привязано к опорным пунктам месторождения «Каражыра» (рис. 3). При загрузке данных в программу была использована система Гаусса Крюгера СК-42 с соответствующими ключами.

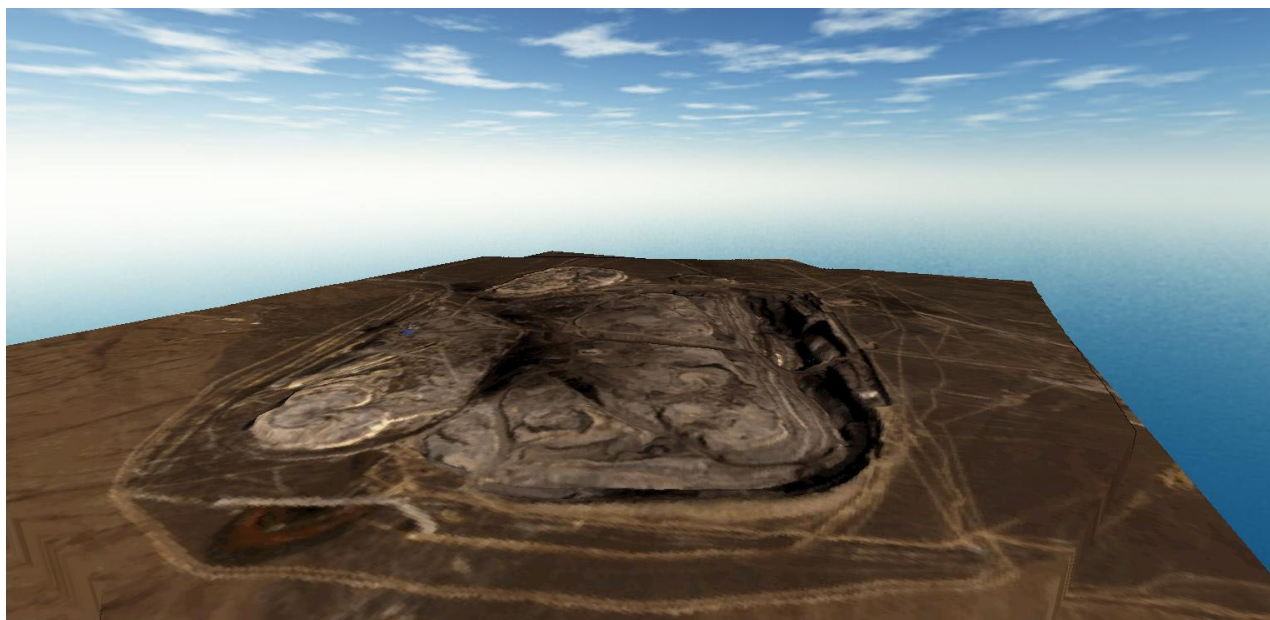


Рис. 3. Угольное месторождение «Каражыра» в программе Global Mapper

Далее была выполнена категоризация радионуклидов и получена трехмерная карта месторождения (рис. 4).

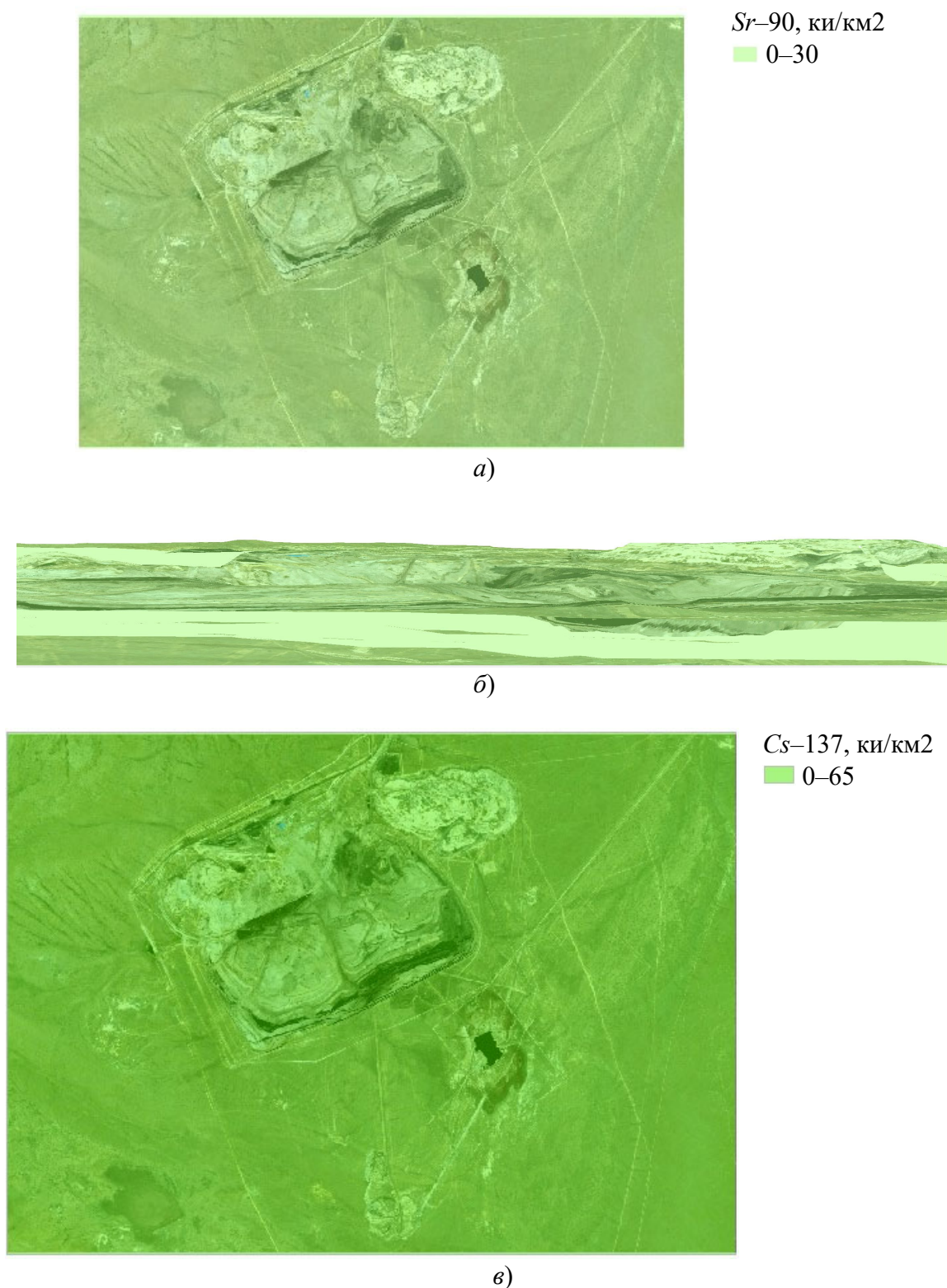


Рис. 4. Трехмерная карта месторождения «Каражыра» с данными радионуклидов, взятых из [18]:
а), б) карта концентрации стронция в двух плоскостях; в) карта концентрации цезия

Многолетние исследования радиационной ситуации на разрабатываемых месторождениях полезных ископаемых, даже находя-

щихся на территории испытательных площадок СИЯП и в непосредственной близости от них, показали, что соблюдение соответствующей

щих мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, специально разрабатываемых в зависимости от специфики каждого предприятия, позволяют обеспечить радиационную безопасность персонала в полной мере и обеспечить гарантированное качество производимой продукции [6, 24, 25].

Созданная карта может применяться для разработки управленческих и технологических решений по использованию прилегающих земель с точки зрения уровня их радионуклидного загрязнения. Так, исходя из фактических границ загрязнения, можно выполнять планирование маркшейдерских и геодезических работ непосредственно на месторождении. Планирование таких работ заключается:

- в разработке схемы размещения пунктов опорной планово-высотной сети, а также схемы сети сгущения;
- разработке технологической схемы и применении приборов (спутниковых приемников,

лазерных сканеров или тахеометров) для производства маркшейдерских и геодезических измерений;

- установлении мест (станций) для установки геодезических приборов с минимальным или допустимым уровнем загрязнения;
- выборе способа выполнения измерений тахеометром (с применением отражателя или безотражательного режимов);
- установлении индивидуальных средств защиты исполнителей в зависимости от уровня загрязнения.

Таким образом, карты месторождения 3D-формата позволяет отображать уровень загрязнения угольного месторождения, вести мониторинг его изменения, планировать проведение геодезических и маркшейдерских работ, а также определять границы загрязнения как для целей разработки месторождения, так и для целей кадастра (проведения межевания с заданными или допустимыми уровнями загрязнения).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукашенко С. Н., Стрильчук Ю. Г., Субботин С. Б. и др. Семипалатинский испытательный полигон. – Курчатова: Дом печати, 2011. – 47 с.
2. Рихванов Л. П. Радиоактивные элементы в окружающей среде. – Томск: СТУ, 2009. – 430 с.
3. Ромашова Л. А., Николаева О. Н., Волкова О. А. Роль картографического метода исследований в решении проблемы радиационной обстановки окружающей среды // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 6. – С. 34–37.
4. СП 2.6.1.2523–09. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). – Изд. офиц. – М., 2009. – 80 с.
5. Птицкая Л. Д. Современное состояние радиационной обстановки на территории испытательной площадки «Балапан» бывшего Семипалатинского полигона // Периодический научно-технический журнал Национального ядерного центра Республики Казахстан. – 2002 – Вып. 3. – С. 11–17.
6. Уставич Г. А., Какимов А. К., Пошивайло Я. Г., Ахметов Б. Ж., Кудеринова Н. А., Минаева М. А. Влияние розы ветров на хозяйственную деятельность на землях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному ядерному полигону // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013: IX Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апр. 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 24–29.
7. Айдарханов А. О., Лукашенко С. Н., Субботин С. Б., Яковенко Ю. Ю. Исследование механизмов формирования поверхностного загрязнения почвогрунтов и донных отложений в зоне реки Шаган // Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан. – Курчатова, 2011. Т. 1, вып. 3. – С. 179–199.
8. Уставич Г. А., Пошивайло Я. Г., Ахметов Б. Ж., Пошивайло А. О. Особенности создания межевых планов земельных участков загрязненных радионуклидами // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 70–75.
9. Субботин С. Б., Лукашенко С. Н., Генова С. В. и др. Оценка возможностей протекания процессов катастрофического характера на площадке «Балапан» // Актуальные вопросы радиозащиты Казах-

стана : сб. трудов Ин-та радиационной безопасности и экологии за 2007–2009 гг. – 2010. – Вып. 2. – С. 401–448.

10. Уставич Г. А., Пошивайло Я. Г., Яковенко А. М., Ахметов Б. Ж. Вопросы межевания земель Семипалатинского испытательного полигона и прилегающих к нему территорий // Геодезия и картография. – 2013. – № 9. – С. 59–64.

11. Уставич Г. А., Ахметов Б. Ж. Разработка содержания межевого плана при межевании загрязненных радионуклидами земель, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону. // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 57–61.

12. Назарбаев Н. А., Школьник В. С., Лукашенко С. Н. Проведение комплекса научно-технических и инженерных работ по приведению бывшего Семипалатинского испытательного полигона в безопасное состояние. – Курчатов, 2016. – Т. 2. – 448 с.

13. Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий : постановление кабинета министров РК от 31.07.2007 № 653 // Казахстанская правда. – 2007. – № 124. – 23 с.

14. Айдарханов А. О., Лукашенко С. Н., Субботин С. Б. и др. Состояние экосистемы р. Шаган и основные механизмы его формирования // Актуальные вопросы радиозоологии Казахстана : сб. тр. Ин-та радиационной безопасности и экологии за 2007–2009 гг. – Павлодар, 2010. – Вып. 2. – С. 9–57.

15. Яковенко А. М., Богатырев А. О. Семипалатинский испытательный полигон и топографо-геодезические методы изучения мест проведения подземных ядерных взрывов // Материалы междунар. конф. «Иновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления пространственными данными». – Алматы : КазНТУ им. К. И. Сатпаева, 2012. – С. 50–56.

16. Аковецкий В. И., Зверев А. Т., Наздриев М. Н. Методические основы экологического картографирования и создания банка данных // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1992. – № 1. – С. 81–87.

17. Геоэкологическое картографирование / под ред. Б. И. Кочурова. – М. : Академия, 2009. – 192 с.

18. Нурпеисова М. Б., Левин Е., Умирбаева А. Б. Создание экологических карт нарушенных земель // Материалы 14 междунар. конф. молодых ученых «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых». – М. : ИПКОН РАН, 2019. – С. 103–105.

19. Уставич Г. А., Пошивайло Я. Г., Дубровский А. В., Ахметов Б. Ж., Пошивайло А. О. Зонирование и межевание земель, прилегающих к ядерным полигонам, для целей хозяйственного использования (на примере Семипалатинского испытательного ядерного полигона) // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 145–157.

20. Мошков А. С., Лукашенко С. Н., Яковенко Ю. Ю. и др. Характер и уровни радионуклидного загрязнения площадки «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. Актуальные вопросы радиозоологии Казахстана : Сб. трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан. Курчатов, 2011. Т. 1, вып. 3. – С. 13–81.

21. Яковенко А. М., Абишев А. Х. Проведение геодезического мониторинга на приустьевой площадке скважины № 104 участка Сары-Узень на бывшем Семипалатинском испытательном ядерном полигоне // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (18–22 апреля 2016 г., Новосибирск) – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 8–12.

22. Яковенко А. М. Геодезический деформационный мониторинг мест проведения подземных ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне // Мониторинг ядерных испытаний и их последствий : Тезисы докладов. IX Междунар. конф. (08–12 авг. 2016 г. Алматы, Казахстан). – Курчатов : НЯЦ РК, 2016. – С. 105–106.

23. Радиозоологическое состояние «северной» части территории Семипалатинского испытательного полигона / Кол. авторов под рук. С. Н. Лукашенко // Актуальные вопросы радиозоологии Казахстана. – Курчатов : Дом печати, 2010. Вып. 1. – 234 с.

24. Умирбаева А. Б., Нурпеисова М. Б., Омиржанова Ж. Т. Оценка последствий загрязнения территории с точки зрения радиационной безопасности // Сб. трудов междунар. конф., посвящ. 125-летию К. И. Сатпаева «Роль геодезии и маркшейдерии в реализации программы “Цифровой Казахстан”». – Алматы : КазНТУ, 2019. – С. 996–1000.

25. Земельный кодекс : закон Республики Казахстан № 442-III-ЗРК // Ведомости Парламента Республики Казахстан. – 2003. – № 13. – ст. 99.

Об авторах

Камила Саниярбековна Исабекова – аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Георгий Афанасьевич Уставич – доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Серикбек Мухаметсадыкович Кудеринов – магистр технических наук, ст. преподаватель кафедры геодезии и строительства.

Назира Адамбековна Кудеринова – кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры геодезии и строительства.

Получено 27.11.2022

© К. С. Исабекова, Г. А. Уставич,
С. М. Кудеринов, Н. А. Кудеринова, 2023

Creation of a three-dimensional map of the Karazhyra coal deposit, contaminated with technogenic radionuclides for inventory purposes

K. S. Issabekova^{1*}, G. A. Ustavich¹, S. M. Kuderinov², N. A. Kuderinova²

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² Shakarim University, Semey, Kazakhstan Republic

* e-mail: kamilka_1995@mail.ru

Abstract. The closure of the Semipalatinsk nuclear test site (SNTS) and the introduction of its lands into the national economic circulation makes it possible to carry out various economic activities on its territory. Such activity also includes the development of the Karazhyra coal deposit located on its territory. During the nuclear tests, technogenic radionuclides contaminated the upper soil layer of this deposit, as well as groundwater. Currently, during overburden operations and subsequent coal mining, intensive dust formation occurs, which leads to secondary pollution by wind transfer of technogenic radionuclides, which leads to an expansion of the polluted area over the territory adjacent to the landfill. At the same time, the direction of transfer largely depends on the wind rose, which changes throughout the year. The transfer of radionuclides also occurs when contaminated coal is transported by road to Semey to industrial enterprises, as well as to the population of private houses. To ensure monitoring of the development of secondary pollution of this deposit and the territory adjacent to the landfill, it is necessary, in order to safely conduct economic activities, in particular cadastral activities, to display the level of pollution and the dynamics of its expansion on boundary plans. In this regard, consideration of this issue is relevant and timely. The article indicates the types of work that have an impact on the radiation situation of the environment, including on the lands adjacent to the Karazhyr coal mine. It has been established that the method of performing geodetic and cadastral work will be influenced by the level of territory contamination with technogenic radio nuclides. To display the level of pollution at different horizons, a method for creating a three-dimensional map of the deposit and a part of the territory adjacent to it is proposed.

Keywords: Semipalatinsk nuclear test site, radionuclide contamination, land boundaries, three-dimensional map, Karazhyra coal deposit

REFERENCES

1. Lukashenko, S. N., Strilchuk, Yu. G., Subbotin, S. B., & et al. (2011). *Semipalatinskiy ispytatel'nyy poligon [Semipalatinsk test site]*. Kurchatov: Dom pečhati Publ., 47 p. [in Russian].
2. Rikhvanov, L. P. (2009). *Radioaktivnye elementy v okruzhayushchey srede [Radioactive elements in the environment]*. Tomsk: STT Publ., 430 p. [in Russian].
3. Romashova, L. A., Nikolaeva, O. N., & Volkova, O. A. (2012). The role of the cartographic research method in solving the problem of the radiation situation in the environment. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 6, 34–37 [in Russian].

4. Code of Practice. (2009). SP 2.6.1.2523-09. State sanitary and epidemiological rules and regulations. Radiation Safety Standards (NRB-99). Moscow, 80 p. [in Russian].
5. Ptitskaya, L. D. (2002). The current state of the radiation situation on the territory of the test site "Balapan" of the former Semipalatinsk test site. *Periodicheskiy nauchno-tekhnicheskii zhurnal natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan [Periodical Scientific and Technical Journal of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan]*, 3, 11–17 [in Russian].
6. Ustavich, G. A., Kakimov, A. K., Poshivaylo, Ya. G., Akhmetov, B. Zh., Kuderinova, N. A., & Minaeva, M. A. (2013). Influence of the wind rose on economic activity on the lands adjacent to the Semipalatinsk nuclear test site. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2013: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2013: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 24–29). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
7. Aidarkhanov, A. O., Aidarkhanov, A. O., Lukashenko, S. N., Subbotin, S. B., & Yakovenko, Yu. Yu. (2011). Investigation of the mechanisms of formation of surface contamination of soils and bottom sediments in the area of the Shagan River. In *Sbornik trudov Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan: T. 1, vyp. 3. [Proceedings of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan: Vol. 1, Issue 3]* (pp. 179–199). Kurchatov [in Russian].
8. Ustavich, G. A., Poshivailo, Ya. G., Akhmetov, B. Zh., & Poshivailo, A. O. (2016). Peculiarities of creating boundary plans for land plots contaminated with radionuclides. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2016: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 2. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 70–75). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
9. Subbotin, S. B., Lukashenko, S. N., Genova, S. V., & et al. (2010). Assessment of the possibilities of catastrophic processes at the Balapan site. In *Sbornik trudov institutata radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii za 2007–2009 gg.: Vyp. 2. Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana [Proceedings of the Institute of Radiation Safety and Ecology for 2007–2009: Issue. 2. Current Issues of Radio Ecology of Kazakhstan]* (pp. 401–448) [in Russian].
10. Ustavich, G. A., Poshivailo, Ya. G., Yakovenko, A. M., & Akhmetov, B. Zh. (2013). Issues of surveying the lands of the Semipalatinsk test site and adjacent territories. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 9, 59–64 [in Russian].
11. Ustavich, G. A., & Akhmetov, B. Zh. (2015). Development of the content of the survey plan for land surveying contaminated with radionuclides adjacent to the Semipalatinsk test site. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 5/S, 57–61 [in Russian].
12. Nazarbaev, N. A., Shkolnik, V. S., & Lukashenko, S. N. (2016). *Provedenie kompleksa nauchno-tekhnicheskikh i inzhenernykh rabot po provedeniyu byvshego Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona v bezopasnoe sostoyanie: T. 2 [Carrying out a complex of scientific, technical and engineering works to bring the former Semipalatinsk test site to a safe state: Vol. 2]*. Kurchatov, 448 p. [in Russian].
13. Decree of the Cabinet of Ministers of the Republic of Kazakhstan No. 653 of July 31, 2007. On approval of the criteria for assessing the environmental situation of the territories. (2007). *Kazakhstanskaya Pravda [Kazakh Truth]*, No.124, 23 p. [in Russian].
14. Aidarkhanov, A. O., Lukashenko, S. N., Subbotin, S. B., & et al. (2010). The state of the river ecosystem Shagan and the main mechanisms of its formation. In *Sbornik trudov institutata radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii za 2007–2009 gg.: Vyp. 2 [Proceedings of the Institute of Radiation Safety and Ecology for 2007–2009: Issue. 2]* (pp. 9–57). Pavlodar [in Russian].
15. Yakovenko, A. M., & Bogatyrev, A. O. (2012). Semipalatinsk test site and topographic and geodetic methods for studying the sites of underground nuclear explosions. In *Sbornik materialov mezhdunarodnoy konferentsii: Innovatsionnye tekhnologii sbora i obrabotki geoprostranstvennykh dannykh dlya upravleniya prostranstvennyimi dannymi [Proceedings of the International Conference: Innovative Technologies of Geospatial Data Collection and Processing for Spatial Data Management]* (pp. 50–56). Almaty: KazNTU named after K. I. Satpaeva Publ. [in Russian].
16. Akovetsky, V. I., Zverev, A. T., & Nazdriev, M. N. (1992). Methodological foundations of ecological mapping and creation of a data bank. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 1, 81–87 [in Russian].

17. Kochurov, B. I. (Ed.). (2009). *Geoekologicheskoe kartografirovaniye [Geoecological mapping]*. Moscow: Akademiya Publ., 192 p. [in Russian].
18. Nurpeisova, M. B., Levin, E., & Umirbayeva, A. B. (2019). Creation of ecological maps of disturbed lands. In *Sbornik materialov 14 mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh: Problemy osvoeniya nedr v XXI veke glazami molodykh [Proceedings of the 14th International Conference of Young Scientists: Problems of Subsoil Development in the XXI Century through the Eyes of Young People]* (pp. 103–105). Moscow: IPKON RAS Publ. [in Russian].
19. Ustavich, G. A., Poshivailo, Ya. G., Dubrovsky, A. V., Akhmetov, B. Zh., & Poshivailo A. O. (2016). Zoning and surveying of lands adjacent to nuclear test sites for the purposes of economic use (on the example of the Semipalatinsk nuclear test site). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(36), 145–157 [in Russian].
20. Moshkov, A. S., Lukashenko, S. N., Yakovenko, Yu. Yu., & et al. (2011). The nature and levels of radionuclide contamination of the Experimental Field site of the Semipalatinsk test site. In *Sbornik trudov Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan: T. 1, vyp. 3. Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana [Proceedings of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan: Vol. 1, Issue 3. Current Issues of the Radio Ecology of Kazakhstan]* (pp. 13–81). Kurchatov [in Russian].
21. Yakovenko, A. M., & Abishev, A. Kh. (2016). Conducting geodetic monitoring at the wellhead site of well No. 104 of the Sary-Uzen section at the former Semipalatinsk nuclear test site. In *Sbornik materialov Interexpo GEO-Sibir'-2016: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 2. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 8–12). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
22. Yakovenko, A. M. (2016). Geodetic deformation monitoring of sites of underground nuclear explosions at the Semipalatinsk test site. In *Tezisy dokladov IX Mezhdunarodnoy konferentsii: Monitoring yadernykh ispytaniy i ikh posledstviy [Theses of Reports IX International Conference: Monitoring of Nuclear Tests and their Consequences]* (pp. 105–106). Kurchatov: National Center of the Republic of Kazakhstan Publ. [in Russian].
23. Lukashenko, S. N., & et al. (2010). Radioecological state of the "northern" part of the territory of the Semipalatinsk test site. *Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana. Vyp. 1 [Current issues of radio ecology of Kazakhstan: Issue 1]* (234 p.). Kurchatov: Dom pečhati Publ. [in Russian].
24. Umirbayeva, A. B., Nurpeisova, M. B., & Omirzhanova, Zh. T. (2019). Assessment of the consequences of pollution of the territory from the point of view of radiation safety. In *Sbornik trudov mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 125-letiyu K. I. Satpaeva: Rol' geodezii i marksheyderii v realizatsii programmy "Tsifrovoy Kazakhstan" [Proceedings of the International Conference devoted to the 125th Anniversary of K. I. Satpaev: The Role of Geodesy and Land Surveying in the Implementation of the Program "Digital Kazakhstan"]* (pp. 996–1000). Almaty: KazNITU Publ. [In Russian].
25. Law of the Republic of Kazakhstan No. 442-11-ZRK. Land Code. (2003). *Vedomosti Parlamenta Respubliki Kazakhstan [Bulletin of the Parliament of the Republic of Kazakhstan]*, No. 13, Art. 99 [in Russian].

Author details

Kamila S. Issabekova – Ph. D. Student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying.
Georgy A. Ustavich – Ph. D., Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying.
Serikbek M. Kuderinov – MSc of Technical Sciences, Senior Teacher of Geodesy and Construction.
Nazira A. Kuderinova – Ph. D., Senior Teacher of Geodesy and Construction.

Received 27.11.2022

© K. S. Issabekova, G. A. Ustavich,
S. M. Kuderinov, N. A. Kuderinova, 2023