
<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-2-121-133.18>

УДК 556.314
МРНТИ 38.61.17

Н. А. Медешова*¹, М. А. Утегенова², А. М. Орынбек³, Е. С. Аюелхан⁴, Е. Ж. Муртазин⁵

¹ Докторант, младший научный сотрудник, научный сотрудник (Satbayev University, Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан; n.medesheva@satbayev.university)

² Докторант, младший научный сотрудник (Satbayev University,

Институт геофизических исследований, Алматы, Казахстан; 21_dec@mail.ru)

³ Главный гидрогеолог (АО «Волковгеология», Алматы, Казахстан; adil_83kz@mail.ru)

⁴ К.т.н., заведующий кафедрой (Satbayev University, Алматы, Казахстан; y.auyelkhan@satbayev.university)

⁵ К.г.-м.н., заместитель директора (Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, Алматы, Казахстан; ye_murtazin@list.ru)

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРНОГО ТОРГАЯ

Аннотация. Тема радиационной безопасности актуальна для Казахстана с учетом советской истории ядерных испытаний. Однако радиационные показатели также зависят от многих других факторов, как техногенных, так и природных. Представлены результаты комплексных исследований территории Северного Торгая, который является частью Торгайского прогиба. В административном отношении регион исследований занимает большую часть Костанайской области, с юга-запада – Актюбинскую область, на востоке – Северо-Казахстанскую и Акмолинский области. Для изучения радиационной безопасности использованы обобщенные данные проведенных радиогеохимических исследований, учитывающие геологическую обстановку и антропогенную нагрузку.

Ключевые слова: радиационная безопасность, радионуклиды, радиогеохимия, подземные воды, Северный Торгай, Торгайский прогиб, гидрогеохимические данные.

Введение. Республика Казахстан относится к числу государств с напряженной радиологической обстановкой, что обусловлено двумя основными причинами. Во-первых, Казахстан обладает одной из крупнейших в мире сырьевой базой природного урана, и, во-вторых, на протяжении 40 лет (1949-1989 гг.) он являлся главным полигоном Советского Союза по проведению ядерных испытаний, повлекших за собой негативные изменения окружающей среды. Эти негативные изменения влияют на среду обитания населения – почвы, флору и фауну, природные воды, приземный слой атмосферы. В настоящее время возрастает необходимость количественного определения масштабов и степени воздействия этих факторов на население путем их предметного изучения по регионам Казахстана.

Систематические радиологические исследования были начаты по распоряжению Совмина КазССР в 1989 г. Дальнейшее развитие эти работы получили с выходом Постановлений Кабинета Министров Республики Казахстан № 1103 от 31.12.1992 г. «О срочных мерах по изучению радиологической ситуации в Республике Казахстан» и № 363 от 30.03.1995 г. «О дополнительных мерах по улучшению радиационной обстановки в Республике Казахстан».

Целью настоящей статьи являются обобщение и анализ накопленной информации по радиохимическому и радионуклидному составу природных вод и донных отложений, выявление

наиболее радиационно напряженных зон и участков, составление специализированных региональных картографических материалов.

В основу исследования положены материалы и данные, полученные в результате поисков и разведки, проведенных специализированными организациями Министерства геологии СССР – «Волковгеологией» и др. Кроме того, использованы материалы исследовательских работ союзных и казахстанских научных институтов, производственных организаций Министерства геологии КазССР.

Северная часть Торгайского прогиба расположена на стыке южных отрогов Урала, Западно-Сибирской низменности и Центрального Казахстана [1]. Депрессия имеет большую протяженность с севера на юг, в том же направлении происходит постепенная смена природных ландшафтов от лесостепного до пустынного. Север изучаемой территории занимает Костанайская равнина, являющаяся частью Западно-Сибирской низменности. Западная окраина приурочена к восточному склону Урало-Тобольского водораздела. Центральную часть занимает возвышенная равнина Торгайского плато, которая, в свою очередь, расчленена Убаган-Торгайской долиной меридионального простирания.

Климат территории резко континентальный, засушливый, характеризуется небольшим количеством осадков, значительным дефицитом влажности и сравнительно интенсивным испарением.

Распределение осадков по сезонам года неравномерное, большая часть осадков выпадает в теплый период с апреля по октябрь. Основная масса осадков обычно выпадает в виде малоинтенсивных дождей или снегопадов, летом часты ливни. При высоких температурах воздуха летние осадки большей частью смачивают лишь поверхность почвы и сразу теряются на испарение, за исключением участков, где на поверхности развиты хорошо проницаемые отложения.

Основную роль в питании безнапорных вод играют осадки холодного периода, составляющие 23-49 % от годовой нормы, в отдельные годы достигая 70%. Снежный покров устанавливается к середине ноября и сохраняется до конца марта – начала апреля. Высота снежного покрова по площади изменяется от 0,1 до 1,2-1,5 м. В лесных массивах и на пониженных участках она достигает наибольших значений.

Гидрография Северного Торгая в связи с сухостью климата и преобладанием равнинного рельефа имеет ряд особенностей: речная сеть развита преимущественно на пониженных участках, а на низких плоских пространствах сосредоточено большое количество больших и малых, в основном бессточных озер. Основным источником питания озёр являются талые воды. Мелкие озёра весной или в течение лета пересыхают, крупные сохраняют воду до следующего снеготаяния [2].

В гидрографическом отношении описываемая территория в основном относится к водосборному бассейну Обь-Иртышской системы. Наиболее крупной рекой территории является река Тобыл. Ее современная долина представляет собой плосковогнутую субгоризонтальную ложбину шириной от 0,5 км в верховьях и до 5-6 км у северной границы. В верхнем течении долина реки в виде узкого извилистого ущелья с высокими обрывистыми берегами прорезает породы складчатого фундамента. Левые притоки р. Тобыл – р. Уй (по границе с Челябинской областью), Аят, Тогузак и единственный правый приток – р. Обаган.

По гипсометрическому положению и размерам главной дрёной северной части области является р. Обаган. Однако по величине суммарных годовых и разовых меженных и паводковых расходов р. Обаган уступает р. Тобыл. В верхнем течении р. Тобыл до г. Костаная (200 км) наблюдается общее падение русла на 250 м, на остальном 600-километровом участке нижнего течения реки до слияния ее с р. Ертис общее падение русла не превышает 70 м.

Современные русла рек Торгай, Улькайяк, Улыжиланшик в среднем и нижнем течении дренируют обширные днище Торгайской ложбины. Поймы современных долин этих рек представляют собой плосковолнистую поверхность, которая ежегодно на 10-15 сут заливается снеготальными водами с образованием обширного мелководного бассейна. Все реки весной сильно разливаются, весенний сток составляет 90-95% годового стока. Летом реки мелеют, пересыхают или разбиваются на отдельные плёсы.

В Северном Торгае отчетливо выражена смена с севера на юг широтных типов равнинного ландшафта: лесостепного, степного, полупустынного и пустынного (рисунок 1).

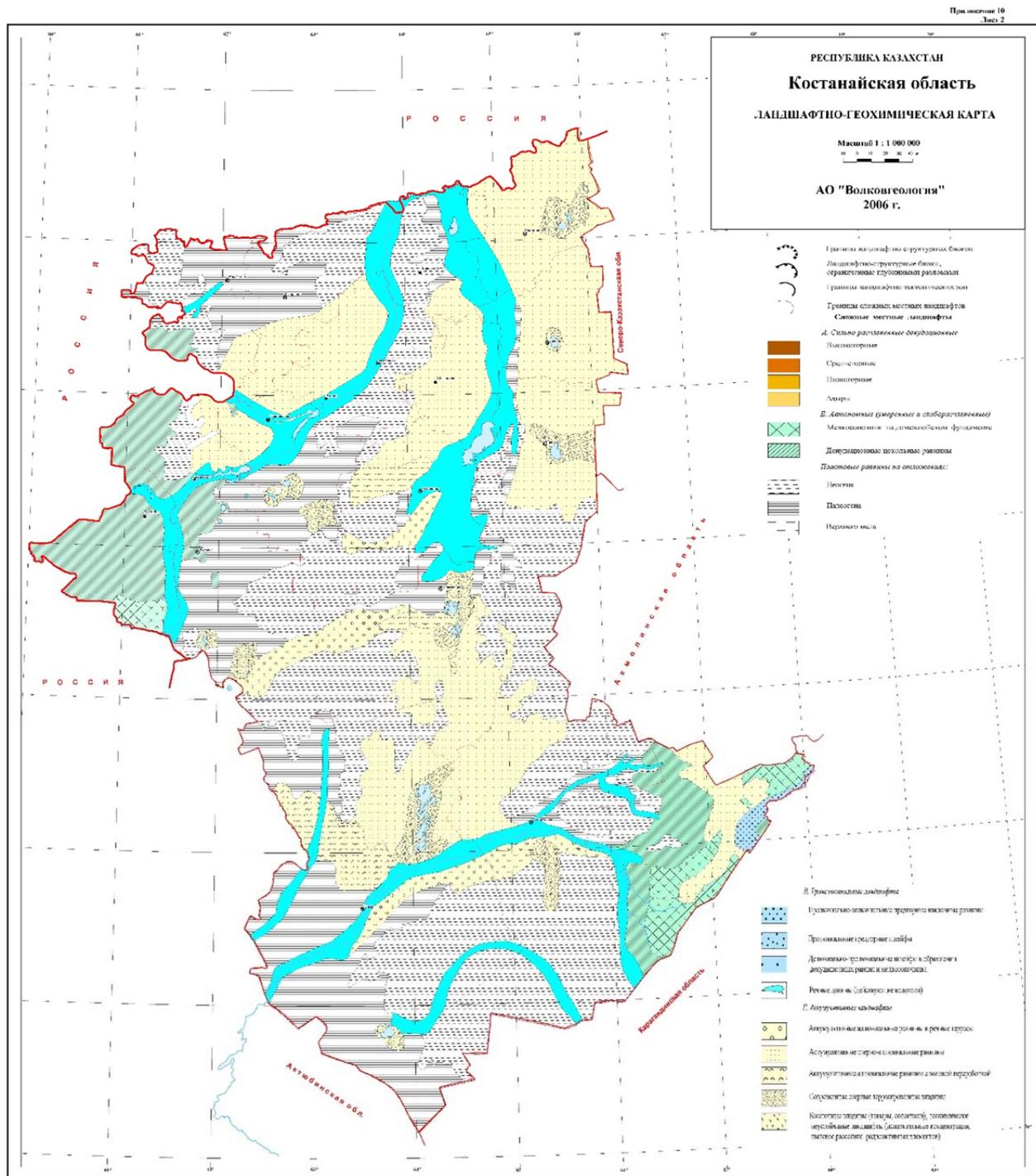


Рисунок 1 – Ландшафтно-геохимическая карта Костанайской области

Лесостепной тип характерен для крайнего севера области. Южная граница его проходит широтно, примерно 20 км севернее посёлка Качар, южнее 25 км посёлка Боровской и далее через озеро Сарыколь. Здесь на равнине, расчленённой многочисленными озерами и мелкими западинами, лесные массивы чередуются с участками степей.

Степной тип ландшафта занимает большую часть территории. Южная граница его проходит широтно с запада на восток, севернее озера Сарыкопа, и далее уходит на юго-восток между реками Ащитасты и Кара-Торгай. Степной тип формируется на озерно-аллювиальной, плоской или слабоволнистой равнине в условиях более засушливого климата, чем лесостепной.

Пустынный ландшафт занимает территорию южнее степного типа. Южная граница полупустынного типа проходит широтно по 49°20' от западной границы области до реки Улы-Жилакшик и по реке уходит на юго-восток до границы области. Полупустынный тип формируется на размытой поверхности неогенового плато высотой от 100 до 320 м, расчлененной долинами рек Торгай, Олкейек и их притоками.

Ограниченно распространены ландшафты современных озерных впадин, речные долины, аккумулятивные аллювиальные равнины, аккумулятивные аллювиальные равнины с эоловой переработкой [3].

Материалы и методы. *Радиационные объекты.* Северная часть Торгайского прогиба является частью Торгайско-Северо-Казахстанского металлогенического пояса с потенциальной ураноносностью, обрамляющего Кокшетауское поднятие с севера и запада. Восточную часть области занимает Торгайский бурогольный бассейн, который простирается от озера Сарыколь на севере до южных границ области. В западной части области располагается Западно-Торгайская область россыпной титаноносности. Также имеются бокситоносные площади – Западно-Торгайская, Центрально-Торгайская, Восточно-Торгайская.

На месторождениях бурых углей выявлены молибден-урановые грунтово-инфильтрационные проявления: Энгисайское, Кушмурунское, Джаныспайское, Кызылтальское, Мхатовское. Потенциальную радиоактивную опасность могут представлять бурые угли окисленных пластов на разрабатываемых месторождениях. На этих же территориях имеются экзодиагенетические урановые проявления в сероцветных отложениях палеодолин и глинистых аллювиально-озерных отложениях. Часть из них крупные по параметрам оруденения (Тобольская группа рудопроявлений, находится на севере области, севернее поселка Боровской).

Западно-Торгайская область россыпной титаноносности. Здесь в отложениях палеогена, неогена и современных образований во многих пунктах известны цирконий-титановые россыпи с повышенной радиоактивностью за счет присутствия в них торийсодержащих минералов: Батмановское, Кусетское, Аласорское, Ортакшильское.

Массивы горных пород с высоким содержанием урана и других радиоактивных элементов располагаются на северо-западе области – район г. Житикары и юго-востоке – район г. Аркалыка [4]. Они представлены метаморфическими сланцами, гранитогнейсами, вулканическими породами и гранитоидами. На гранитоидах Житикаринской площади (10 тыс. км²) потенциально радиоактивную опасность представляют остаточные коры выветривания с редкими землями и бокситоносные коры выветривания Западно-Торгайской площади (25 тыс. км²). Здесь же на север и юго-запад от г. Житикары находятся месторождения редких металлов и редких земель с ураном и торием: Сокракское, Дрожиловское, Кундыбайское.

Наиболее высоким фоном радиоактивности обладают гранитоиды и гранитогнейсы в юго-восточной части области. Многочисленные аномалии ториевой и неясной природы радиоактивности находятся к юго-западу от Аркалыка. Здесь же месторождения редких металлов и редких земель с ураном и торием – Акбулакское, Талайрыкское. Севернее Аркалыка такие же месторождения – Молодёжное, Надеждинское. Потенциально радиоактивную опасность представляют остаточные коры выветривания, выделенные на площади 6,5 тыс. км² [5].

К тектоническим структурам, проницаемым для радона, можно отнести крупные региональные разломы: Центрально-Торгайский, Севастопольский, Амангельдинский. Они пересекают территорию с северо-востока на юго-запад и большей частью проходят по Торгайской ложбине [1].

На исследуемой территории отсутствуют уранодобывающие и перерабатывающие предприятия, тем не менее существуют источники радиоактивного загрязнения. Так, завод по производству титаноциркониевых концентратов, расположенный на свободных площадях Лисаковского горно-обогатительного комбината, заскладировал около 1200 т слаборадиоактивного сырья с удельной активностью до 10 кБк/кг. На 22 предприятиях используются ампульные источники ионизирующих излучений в количестве 8410 ампул суммарной радиационной активностью около 9000 Ки, из которых подлежат захоронению 7541 ампула суммарной активностью 650 Ки. В районном центре Карабалык находится 17 датчиков – радиоизотопных извещателей дыма (РИД-6) системы пожароизвещения РУПИ-1, которые относятся к радиоактивным отходам и подлежат захоронению на стендовом комплексе «Байкал-1».

Характеристика распределения радионуклидов и тяжелых металлов. Распределения и концентрации природных и искусственных радионуклидов (Cs-137), тяжелых металлов в почвах, донных осадках и поверхностных водах определяются следующими основными факторами:

наличием площадных источников с аномальными концентрациями металлов;

наличием рудных объектов, степенью и масштабностью их проявленности на поверхности и площадными размерами;

особенностями геоморфологических и климатических условий, влияющих на интенсивность физического и химического выветривания пород и ореолов, на образование кор выветривания и возможность переноса элементов в химической и механической форме природными водами;

условиями их отложений на различного рода физико-химических барьерах.

Наличие таких барьеров может привести и к аномально опасным концентрациям радионуклидов даже при отсутствии источников с повышенной концентрацией. Вероятностно-статистические варианты обработки этих полученных данных позволят ранжировать блоки по степени радиационной опасности для населения и сконцентрировать дальнейшие работы на наиболее опасных площадях.

Результаты и их обсуждение. По данным АО «Волковгеология» [8], в Костанайской области выделены два крупных блока (рисунок 2): Северный А (Северный Торгай) и Южный Б (Южный Торгай).

Северный блок А. Основную часть территории блока занимают ландшафты пластовых равнин на отложениях неогена, палеогена и аккумулятивные озерно-аллювиальные равнины. Ландшафты речных долин занимают площадь долин рек Тобыл и Обаган. Денудационные цокольные равнины развиты в юго-западной части блока А, западнее р. Тобыл, район г. Житикары. Здесь и наблюдаются породы с повышенной радиоактивностью порядка 5% от площади блока. Потенциальную радиоактивную опасность могут представлять гранитоиды Житикаринской площади, кремнистоуглеродистые сланцы, углеродистые песчаники и остаточные коры выветривания всех этих пород [6].

Северо-восточная половина блока является частью Торгайско-Северо-Казахстанского металлогенического пояса с потенциальной ураноносностью. На этой территории имеются экзогенетические урановые рудопроявления в сероцветных отложениях палеодолин и глинистых аллювиально-озерных отложениях.

Часть из них крупные по параметрам оруденения (Тобыльская группа рудопроявлений находится на севере блока, севернее посёлка Боровской). Западно-Торгайская область россыпной титаноносности занимает западную часть блока. Все титан-циркониевые россыпи обладают повышенной радиоактивностью за счет торий-содержащих минералов.

На территории блока располагаются две бокситоносные площади. Западно-Торгайская находится в западной части блока, Центрально-Торгайская расположена в бассейне реки Обаган, озеро Кушмурун [2]. Потенциально радиоактивную опасность могут представлять прослои урансодержащих фосфоритоносных пород (руд), выходящие на поверхность.

Торгайский буроугольный бассейн занимает юго-восточную часть блока [7]. Потенциальную радиоактивную опасность могут представлять бурые угли окисленных пластов на разрабатываемых месторождениях.

Почти вся территория блока перекрыта рыхлыми, преимущественно глинистыми отложениями. В контур работ АО «Волковгеология» вошло примерно 93% территории блока.

На территории блока выделены три потенциально радиоэкологически опасных зоны:

зона III Кушмурунская – северная часть Торгайской ложбины (оз.Кушмурун);

зона IV Убаган-Затобольская – в междуречье рек Тобыл и Обаган;

зона V Тобольская – охватывает западную часть блока.

По результатам исследований АО «Волковгеология» в блоке А отобрано 711 проб донных осадков, 360 проб из них имеют и водную фазу [8].

Донные осадки.

U-238. На большей части территории блока А, особенно в северо-восточной его половине, преобладает удельная активность урана до 25 Бк/кг (таблица 1). На этом фоне выделяются островки микробассейнов с удельной активностью 25-75, в единичных случаях – до 100 Бк/кг. Крупные поля с такими же значениями наблюдаются в полосе северо-северо-западного простирания, шириной от 40 до 100 км на запад от линии населенных пунктов Фёдоровка, Костанай,

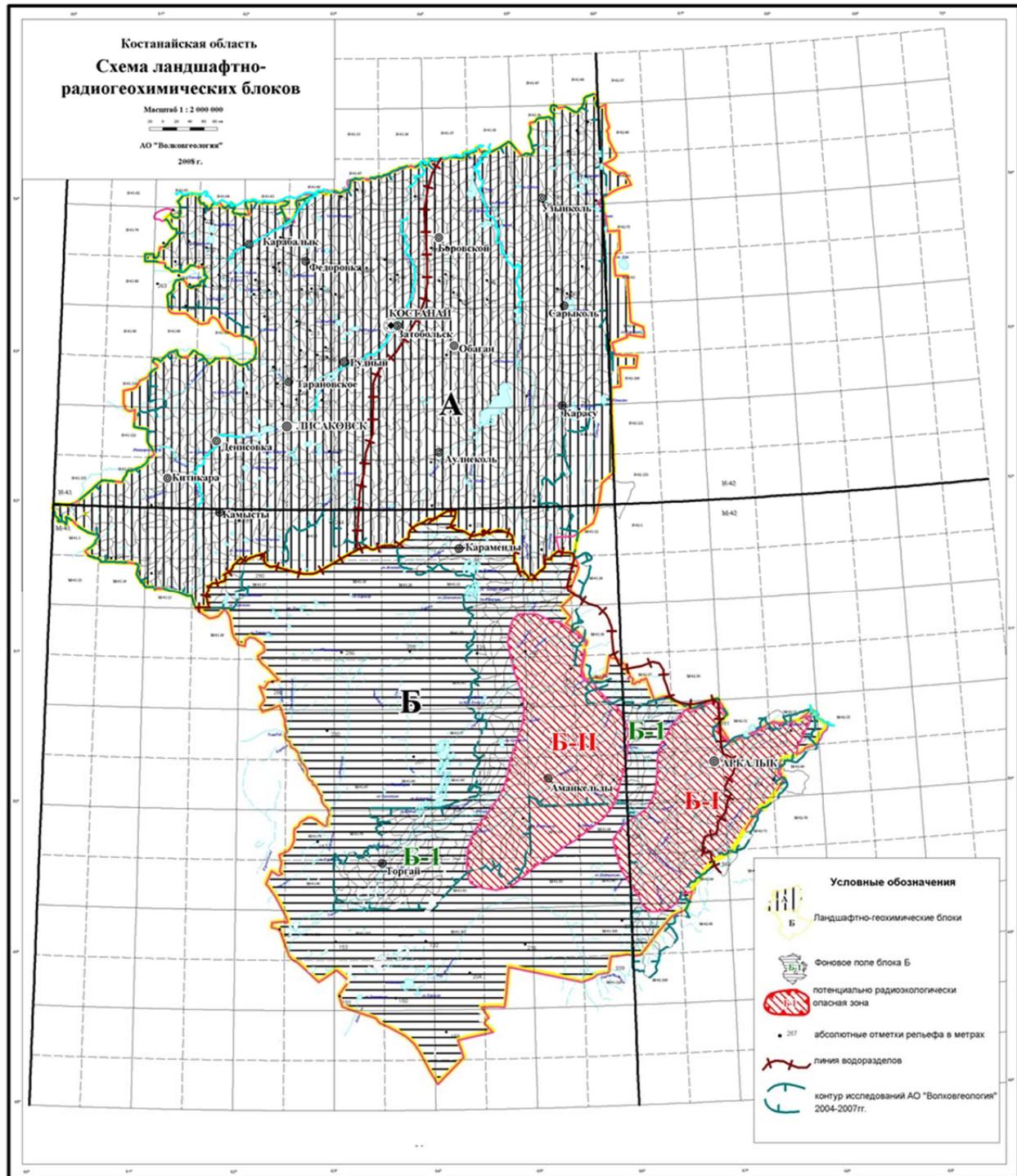


Рисунок 2 – Схема ландшафтно-радиогеохимических блоков

Аулиеколь, а также в юго-западной части блока с близким залеганием и выходами на поверхность коренных горных пород. Удельная активность урана в микробассейнах западной части блока до 100-125 Бк/кг. Высокие значения – более 150 Бк/кг (всего пять значений), установлены в озерных котловинах Бусколь, Сасыкколь и в мелких соленых озерах западнее посёлка Урнек (это на северо-западе блока), на юге блока в понижениях рельефа с мелкими озерами в районе сел Жатырколь и Тимофеевка, на северной границе, южнее сел Кенарал, Жыланды. Концентрации урана связаны с солонцами на берегах мелких бессточных бассейнов.

Таблица 1 – Максимальная и средняя удельная активность в донных осадках по блоку А [8], Бк/кг

| Элементы | Удельная активность | |
|-----------------------|---------------------|---------|
| | максимальная | средняя |
| U-238 | - 272,8 | 37,7 |
| Ra-226 | - 174,2 | 26,5 |
| Th-232 | - 65,6 | 23,4 |
| Ra-228 | - 91,9 | 24,6 |
| K-40 | - 856 | 351 |
| Аэфф | - 302 | 88,6 |
| Zc | - 20,6 | 1,2 |
| В природных водах: | | |
| U-238 | - 5,9 | 0,07 |
| Ra-226 | - 0,4 | 0,026 |
| U-238 в сухом остатке | - 392,6 | 32,56 |

Ra-226. Низкие значения (до 20 Бк/кг) занимают центральную часть южной половины блока и широко разбросаны по всей северной половине. Несколько повышенные значения – более 20 до 50 Бк/кг образуют крупные поля в юго-западной, северо-западной и восточной частях блока. Максимальные значения – более 70 Бк/кг зафиксированы в пяти случаях: к юго-западу от озера Карасор – 84 Бк/кг (удельная активность урана – 50-75 Бк/кг) – проба М-41-138-6, к северо-востоку от города Рудного – 79 Бк/кг (удельная активность урана – 50-75 Бк/кг) – проба М-41-103-8, к востоку от с. Владимировка, в районе пос. Воробьевский – 174 Бк/кг (удельная активность урана 125-150 Бк/кг) – рудопроявление Бозшаколь – проба М-41-93-7, на правом борту р. Обаган, в районе села Нововасильевка – 95 Бк/кг (удельная активность урана – 50- 75 Бк/кг) – проба М-41-95-2, в притоке реки Жарлы – 80 Бк/кг, на юго-восток от посёлка Тосабай на самой границе блока и области – проба М-41-1-4.

Th-234. Абсолютно преобладает удельная активность 25-50 Бк/кг. Максимальные значения – более 150 Бк/кг отмечены в двух микробассейнах (озеро Сасыкколь и район сел Кенарал, Жыланды), совместно с максимальной удельной активностью U-238.

Th-232. Абсолютно преобладает удельная активность 20-30 Бк/кг. Максимальные значения – 50-75 Бк/кг в виде одиночных микробассейнов разбросаны на юго-западе и северо-востоке блока.

Ra-228. Картина распределения Ra-228 в пробах почти полностью совпадает с таковой для Ra-226, в том числе и по активности ореолов. Максимальная удельная активность Ra-228 – 92 Бк/кг в микробассейне села Воробьевский, совместно с Ra-226 и U-238 – рудопроявление Бозшаколь – проба М-41-93-7.

K-40. Большую центральную часть площади блока А занимает удельная активность K-40 до 300 Бк/кг, в западной части преобладают значения 400-600 Бк/кг, восточнее реки Обаган – 400-750 Бк/кг. Максимальное значение, равное 856 Бк/кг, одно и расположено восточнее села Денисовка.

Аэфф (рисунок 3). Абсолютно преобладает удельная активность до 100 Бк/кг, занимающая почти всю территорию блока. Только на крайнем юго-западе и восточнее р. Обаган располагаются поля значений 100-200 Бк/кг. Максимальное значение всего одно и равно 302 Бк/кг, это проба М-41-93-7 – рудопроявление Бозшаколь.

Zc. Значения менее 0 преобладают в центральной части блока А в основном на площади между реками Тобыл и Обаган. Несколько повышенная удельная активность от 0 до 4 и средние значения от 4 до 6 преобладают на площадях западнее реки Тобыл и восточнее реки Обаган. Максимальные значения более 10, их всего три, зафиксированы в северной части блока. Это уже отмечавшиеся ранее в микробассейне озеро Сасыкколь, районы южнее сел Кенарал, Жыланды и район рудопроявления Бозшаколь (таблица 2).

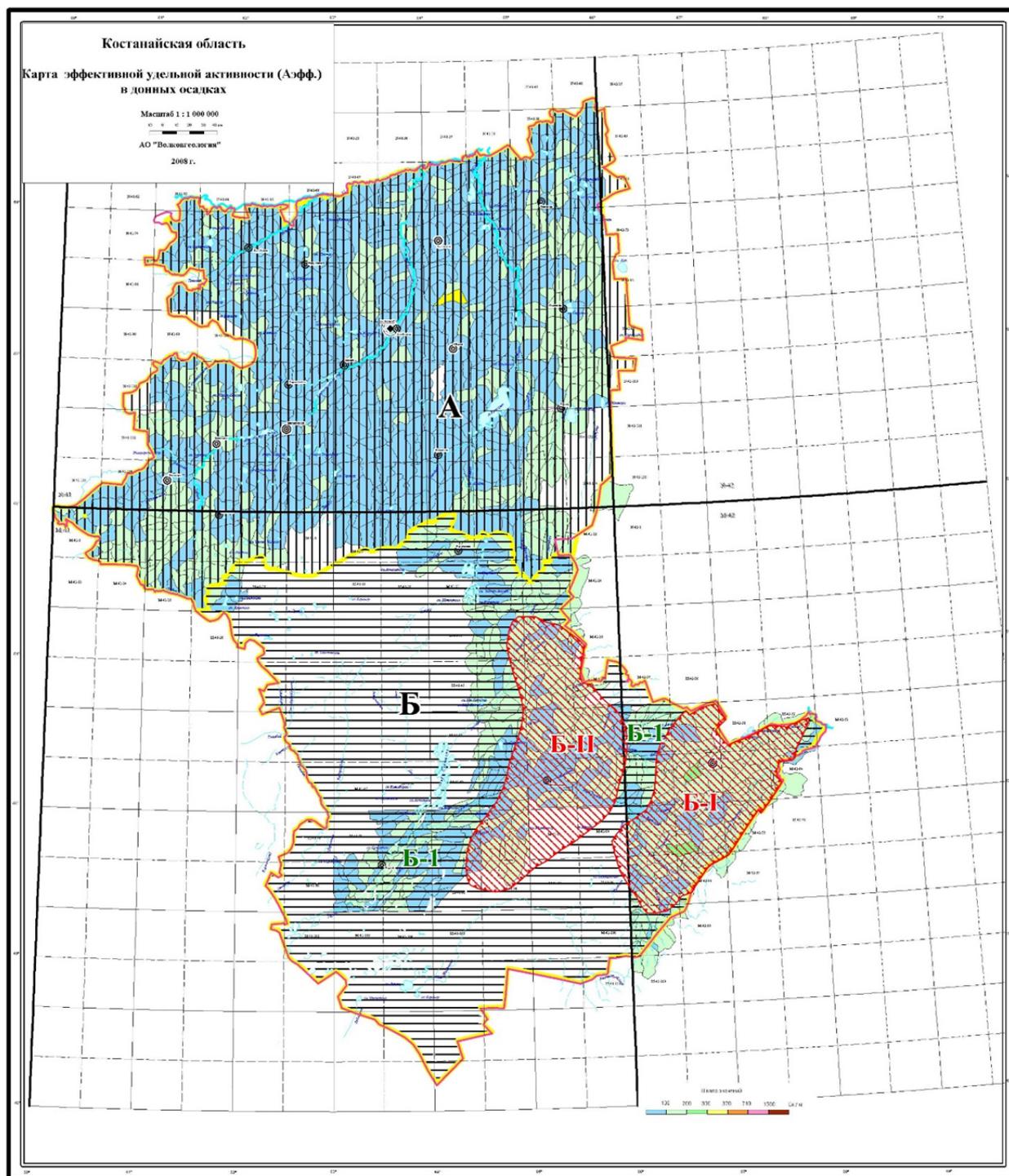


Рисунок 3 – Карта эффективной удельно активности ($A_{эфф}$) в донных отложениях

Таблица 2 – Сопоставление ландшафтно-радиогеохимических блоков Костанайской области по основным параметрам распределения удельной активности радионуклидов в донных осадках [8]

| Ландшафтно-радиогеохимические блоки и потенциально радиоэкологически опасные зоны | Индекс | Кол-во проб | U-238, Бк/кг | | | | Ra-226, Бк/кг | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|--------------|--------|---------|------------|---------------|--------|
| | | | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Северный | А | 711 | 18,60 | 272,80 | 37,71 | 25,95 | 3,20 | 174,20 |
| Южный | Б | 370 | 18,60 | 136,40 | 44,34 | 21,38 | 8,70 | 91,10 |
| Фоновый | Б-1 | 166 | 18,60 | 124,00 | 39,78 | 21,78 | 10,10 | 53,50 |
| Зона I | Б-I | 108 | 18,60 | 136,40 | 53,16 | 19,29 | 8,70 | 91,10 |
| Зона II | Б-II | 96 | 18,60 | 99,20 | 42,30 | 20,07 | 13,10 | 62,60 |

Окончание таблицы 2

| Ландшафтно-радиогеохимические блоки и потенциально радиоэкологически опасные зоны | Ra-226, Бк/кг | | Th-232, Бк/кг | | | | Ra-228, Бк/кг | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|---------------|-------|---------|------------|---------------|-------|---------|------------|
| | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. |
| 1 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Северный | 26,55 | 12,55 | 20,50 | 65,60 | 23,41 | 8,44 | 3,00 | 91,90 | 24,56 | 11,15 |
| Южный | 34,39 | 11,03 | 20,50 | 82,00 | 27,78 | 13,25 | 5,60 | 69,10 | 33,18 | 10,77 |
| Фоновый | 30,15 | 8,98 | 20,50 | 65,60 | 25,04 | 10,32 | 6,20 | 49,00 | 29,49 | 9,84 |
| Зона I | 39,65 | 12,39 | 20,50 | 82,00 | 31,28 | 16,20 | 5,60 | 69,10 | 37,00 | 10,55 |
| Зона II | 35,78 | 9,73 | 20,50 | 65,60 | 28,57 | 13,16 | 9,30 | 63,70 | 35,24 | 10,60 |

Таблица 3 – Сопоставление ландшафтно-радиогеохимических блоков Костанайской области по основным параметрам распределения комплексных показателей в донных осадках [8]

| Ландшафтно-радиогеохимические блоки и потенциально радиоэкологически опасные зоны | Индекс | Кол-во проб | Аэфф., Бк/кг | | | | Zc | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------|--------------|--------|---------|------------|-------|-------|---------|------------|
| | | | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Северный | А | 711 | 33,61 | 301,96 | 88,58 | 26,98 | -5,00 | 20,56 | 1,16 | 2,02 |
| Южный | Б | 370 | 46,77 | 258,13 | 112,14 | 29,50 | -1,83 | 9,85 | 2,55 | 1,98 |
| Фоновый | Б-1 | 166 | 56,37 | 183,51 | 103,10 | 25,14 | -1,83 | 9,85 | 1,78 | 1,65 |
| Зона I | Б-I | 108 | 57,69 | 258,13 | 126,74 | 32,04 | -1,45 | 8,48 | 3,59 | 1,96 |
| Зона II | Б-II | 96 | 46,77 | 175,88 | 111,35 | 27,23 | -1,59 | 9,58 | 2,71 | 1,98 |

Окончание таблицы 3

| Ландшафтно-радиогеохимические блоки и потенциально радиоэкологически опасные зоны | ПРФ, мкЗв/мг | | | | PRn | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|---------|------------|-------|-------|---------|------------|
| | мин. | макс. | среднее | стд. откл. | мин. | макс. | среднее | стд. откл. |
| 1 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Северный | 0,002 | 0,018 | 0,004 | 0,002 | -0,57 | 13,21 | 1,15 | 1,02 |
| Южный | 0,002 | 0,012 | 0,005 | 0,001 | -0,33 | 5,47 | 1,81 | 0,97 |
| Фоновый | 0,002 | 0,012 | 0,005 | 0,001 | -0,33 | 5,43 | 1,47 | 0,84 |
| Зона I | 0,003 | 0,011 | 0,006 | 0,061 | -0,03 | 4,63 | 2,20 | 0,96 |
| Зона II | 0,002 | 0,010 | 0,005 | 0,001 | -0,23 | 5,47 | 1,94 | 1,02 |

Cs-137. На всей площади блока абсолютное преобладание удельной активности до 10 Бк/кг. В единичных пробах удельная активность до 20-50 Бк/кг. Лишь в пробе озера Шыбындысор удельная активность достигает в среднем 100 Бк/кг, а в пробе N-41-120-1 на востоке блока, юго-западнее населённого пункта Павловский – более 100 Бк/кг.

Pb. На большей центральной части площади блока отмечаются концентрации до 20 мг/кг. Значения от 20 до 40 мг/кг образуют крупные поля на юго-западе, севере и восточнее реки Обаган. Максимальные концентрации свинца не превышают 60 мг/кг. Микробассейнов четырнадцать, они разбросаны на юго-западе, северо-западе и северо-востоке блока.

As. Сплошное поле значений до 20 мг/кг. В семи единичных пробах – до 40 мг/кг.

Природные воды. Водные пробы отобраны в 50,6% микробассейнов [8].

U-238. В абсолютном большинстве водных проб объемная активность урана до 0,05 Бк/л. Повышенная удельная активность до 1,5 Бк/л в единичных пробах в сухих руслах и на побережьях соленых озер. Активность, превышающая УВ (3,1 Бк/дм³), фиксируется в двух пробах – 42 км к востоку от г. Костаная соленое озеро – проба N-41-105-3 и 17 км на запад от населённого пункта Аулиеколь тоже озеро – проба N-41-128-5.

Ra-226. Объемная активность Ra-226 в водах на всей территории до 0,05 Бк/л. Лишь в трех пробах активность достигает 0,1-0,25 Бк/л, а в одной есть среднее значение 0,4 Бк/л, проба N-41-80-1 озеро Воронья ляга между сёлами Введенка и Буденновка.

U-238 в сухих остатках. Преобладающая удельная активность урана 7,5-40 Бк/кг, но во многих случаях в северо-западной половине блока превышает 100 Бк/кг, лишь частично совпадая с аномалиями урана в водах. Максимальные значения 300-400 Бк/кг отмечены в четырех микробассейнах в центральной полосе блока.

Свинец. ПДК – 30 мкг/л превышено в одной пробе N-41-90-7 в 20 км к югу от железнодорожной станции Фёдоровка, район села Целинное.

Селен. ПДК - 10 мкг/л превышено в пробе N-41-76-2, северо-западная часть области южнее г. Троицка, речка Кайран, и в пробе N-41-82-6 оз. Алаколь, 0,5 км от посёлка Аксуат, северо-восток области.

Мышьяк. ПДК – 50 мкг/л превышена в пробе N-41-104-4, солёное озеро к востоку от г. Костаная, район поселка Октябрьский, и в пробе N-41-140-8 в русле Ащыбой в 40 км к югу от Аманкарагайского бора.

Кадмий. ПДК – 1 мкг/л превышена до 30 мкг/л по берегам реки Обаган, в её нижнем течении пробы N-41-70-4 и 5; N-41-82-5 и 7.

Ртуть. Во всех пробах концентрация ртути не превышает 1 мкг/л.

Концентрации цинка, меди и молибдена в водах значительно ниже ПДК.

Таким образом, ореолы радионуклидов распространены преимущественно в западной части блока, на участках близкого к поверхности залегания и выходов на поверхность пород палеозойского основания, а также в бассейнах солёных озер. Коры выветривания коренных пород и юрские угленосные отложения потенциально ураноносные, перекрыты мощным чехлом палеогеновых, неогеновых и современных отложений [9]. Экзогенные урановые проявления в палеодолинах и угленосных отложениях также не проявлены в донных отложениях и поверхностных водах, кроме рудопоявления Бозшаколь.

Геохимические особенности подземных вод обрамления Мугоджар Северного Торгая. Подземные воды изученных поисковых площадей сильно отличаются по химическому составу и общей минерализации [10]. В первую очередь проявления соленых вод (более 10 г/дм³) обязаны своим происхождением процессам континентального засоления с учетом нахождения исследуемого района в аридном климате. В целом доминируют воды HCO₃-Cl Ca-Mg-Na, SO₄-HCO₃-Cl Na-Ca-Mg, SO₄-HCO₃-Cl Mg-Ca-Na и SO₄-Cl-HCO₃ Ca-Mg-Na состава. Они характеризуются pH от слабокислых до слабощелочных (5,2 – 8,2). Концентрации ²³⁸U составляют от 9,5·10⁻⁵ до 0,12 мг/дм³. Объемная активность ²²²Rn изменяется от 9 до 363 Бк/дм³. Кратко рассмотрим распределение радионуклидов по изученным площадям.

Подземные воды *Милютинского* проявления характеризуются преимущественно HCO₃-Cl Ca-Mg-Na и Cl Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 341 – 22 427 мг/дм³. pH от нейтральных до слабощелочных (6,5 – 8,0) с объемной активностью ²²²Rn 69 – 150 Бк/дм³ и концентрациями ²³⁸U 0,0002 – 0,036 мг/дм³.

Подземные воды *Шевченковского* проявления имеют преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na состав с общей минерализацией 263 – 14 581 мг/дм³. Они от слабокислых до слабощелочных с pH 6,2 – 8,1. Объемная активность ²²²Rn составляет 13 – 40 Бк/дм³, а содержания ²³⁸U – 0,00015 – 0,085 мг/дм³.

Подземные воды *Камышинского* проявления отличаются преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Na-Mg-Ca и $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 262 – 28374 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 7,0 – 8,1) с содержанием ²³⁸U 0,00041 – 0,0078 мг/дм³.

Подземные воды *Краснооктябрьского* проявления относятся преимущественно к $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na типам с величиной общей минерализации 84 – 21075 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 6,8 – 8,0) с объемной активностью ²²²Rn 46 – 261 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,0045 мг/дм³.

Подземные воды *Аккаргинского* проявления характеризуются преимущественно $\text{SO}_4\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 467 – 10 797 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 7,0 – 7,7) с объемной активностью ²²²Rn 54 – 121 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,0029 – 0,0113 мг/дм³.

Подземные воды *Шекубаевского* проявления имеют преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Na-Ca-Mg состав с общей минерализацией 366 – 1629 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 6,5 – 7,6) с объемной активностью ²²²Rn 28 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,00026 – 0,00061 мг/дм³.

Подземные воды *Денисовского* проявления характеризуются преимущественно $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 303 – 2007 мг/дм³. Они нейтральные – слабощелочные (pH 7,1 – 8,2) с объемной активностью ²²²Rn 11 – 363 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,00052 – 0,016 мг/дм³.

Подземные воды *Смирновского* проявления характеризуются преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ Ca-Mg-Na составом с общей минерализацией 152 – 12917 мг/дм³. Они слабокислые – слабощелочные (pH 5,2 – 8,2) с объемной активностью ²²²Rn 28 Бк/дм³ и концентрациями ²³⁸U 0,00026 – 0,00061 мг/дм³.

Подземные воды *Варваринского* проявления имеют преимущественно $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ Na-Mg-Ca состав с общей минерализацией 168 – 2792 мг/дм³. Они слабокислые – нейтральные (pH 5,4 – 7,3) с объемной активностью ²²²Rn 54 – 108 Бк/дм³ и содержанием ²³⁸U 0,00065 – 0,0078 мг/дм³.

Анализ распределения радионуклидов требует дополнительных исследований вмещающих пород и выделения однородных геохимических совокупностей [10].

Выводы. Представлены результаты первого обобщения радиогеохимических данных, полученных за длительный период времени поисковых работ на МПИ в Торгайском прогибе. Установлено широкое разнообразие подземных вод по химическому составу и общей минерализации от ультрапресных до соленых (84 – 28375 мг/дм³). Преобладают воды $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ Ca-Mg-Na, $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Na-Ca-Mg, $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$ Mg-Ca-Na и $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$ Ca-Mg-Na состава. Они характеризуются pH от слабокислых (5,2) до слабощелочных (8,2). Концентрации ²³⁸U варьируют от $9,5 \cdot 10^{-5}$ до 0,12 мг/дм³. Объемная активность ²²²Rn изменяется от 9 до 363 Бк/дм³. Максимальная активность радона в природных водах хорошо трассирует интрузивные образования, поскольку радон не может далеко мигрировать от источника эманации.

Результаты исследований донных осадков и природных подземных вод в Северном Торгае свидетельствуют об объектах, которые подлежат мониторингу, но не представляют опасности для жителей. Потенциально опасными могут быть только выходы коренных интрузивных пород с высокой радиоактивностью, что показали проведенные полевые исследования. Отсюда следует, что при повторном мониторинге необходимо изучить объекты обрамления Мугождар, а также Кокшетауского поднятия для полноты картины о радиационной безопасности Северного Торгая.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Геология СССР. Тургайский прогиб. Полезные ископаемые / Гл. редактор А. В. Сидоренко. – Москва: Недра, 1975. – Т. XXIV. – 304 с.
- [2] Гидрогеология СССР. Северный Казахстан / Гл. редактор А. В. Сидоренко. – Москва: Недра, 1966. – Т. XXXIII. – 355 с.
- [3] Шаркенов Б. Е. Гидрохимические условия и особенности формирования химического состава грунтовых вод юго-восточной части Тургайской впадины: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Ленинград, 1970. – 26 с.

- [4] Ivanova K. Radiological impact of surface water and sediment near uranium mining sites // Journal of Radiological Protection. – 2015. – Vol. 35. – P. 819-834.
- [5] Месторождения урана Казахстана: Справочник. – Алматы, 2014. – С. 149.
- [6] Manjón G. Some naturally occurring radionuclides (NORM) in a river affected by acid mining drainages // Chemosphere. – 2019. – Vol. 223. – P. 536-543.
- [7] Бассейны и месторождения углей и горючих сланцев Казахстана: Справочник. – Алматы, 2014. – С. 153.
- [8] Ефремов Г. Ф. Изучение радиационной обстановки на территории Республики Казахстан, Костанайская область (N-41; M-41, M-42). – Алматы, 2008. – Т. X.
- [9] Медешова Н. А., Новиков Д. А., Максимова А. А., Деркачев А. С. Радионуклиды в природных водах западных районов Тургайского прогиба // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – Томск, 2021. – С. 350.
- [10] Медешова Н. А., Антоненко А. А. Гидрогеохимический метод исследований рудных месторождений в Казахстане // Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. – Томск, 2019. – С. 425.

REFERENCES

- [1] Geology of the USSR. Turai trough. Minerals / Ch. editor A. V. Sidorenko. Moscow: Nedra Publishing House, 1975. Vol. XXIV. 304 p. (in Russ.).
- [2] Hydrogeology of the USSR. Northern Kazakhstan / Ch. editor A. V. Sidorenko. Moscow: Nedra Publishing House, 1966. Vol. XXXIII. 355 p. (in Russ.).
- [3] Sharkenov B. E. Hydrochemical conditions and features of the formation of the chemical composition of groundwater in the southeastern part of the Turgai depression: Abstract of thesis. dis. ... Candidate of Geological and Mineralogical Sciences. Leningrad, 1970. 26 p. (in Russ.).
- [4] Ivanova K. Radiological impact of surface water and sediment near uranium mining sites // Journal of Radiological Protection. 2015. Vol. 35. P. 819-834.
- [5] Uranium deposits of Kazakhstan: Directory. Almaty, 2014. P. 149 (in Russ.).
- [6] Manjón G. Some naturally occurring radionuclides (NORM) in a river affected by acid mining drainages // Chemosphere. 2019. Vol. 223. P. 536-543.
- [7] Coal and oil shale deposits of Kazakhstan: Directory. Almaty, 2014. P. 153 (in Russ.).
- [8] Efremov G. F. Study of the radiation situation on the territory of the Republic of Kazakhstan. Kostanay region (N-41; M-41, M-42). Almaty, 2008. Vol. X (in Russ.).
- [9] Medeshova N. A., Novikov D. A., Maksimova A. A., Derkachev A. S. Radionuclides in natural waters of the western regions of the Turgai trough // Radioactivity and radioactive elements in the human environment. Tomsk, 2021. P. 350 (in Russ.).
- [10] Medeshova N. A., Antonenko A. A. Hydrogeochemical method for studying ore deposits in Kazakhstan // Proceedings of the XXIII International Symposium named after Academician M.A. Usov students and young scientists, dedicated to the 120th anniversary of the birth of Academician K. I. Satpayev, 120th anniversary of the birth of Professor K. V. Radugina. Tomsk, 2019. P. 425 (in Russ.).

Н. Ә. Медешова^{*1}, М. А. Утегенова², А. М. Орынбек³, Е. С. Ауелхан⁴, Е. Ж. Муртазин⁵

^{1*} Докторант, кіші ғылыми қызметкер, ғылыми қызметкер (Сәтбаев университеті, Қ. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан; n.medesheva@satbayev.university)

² Докторант, кіші ғылыми қызметкер (Сәтбаев университеті, Геофизикалық зерттеулер институты, Алматы, Қазақстан; 21_dec@mail.ru)

³ Бас гидрогеолог (АҚ «Волковгеология», Алматы, Қазақстан; adil_83kz@mail.ru)

⁴ Техника ғылымдарының кандидаты, кафедра меңгерушісі (Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан; y.auelkhan@satbayev.university)

⁵ Геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, институт директорының орынбасары (У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан; ye_murtazin@list.ru)

СОЛТҮСТІК ТОРҒАЙДЫҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Аннотация. Радиациялық қауіпсіздік тақырыбы Қазақстан үшін ядролық сынақтардың кеңестік тарихын ескере отырып өзекті болып табылады. Дегенмен, радиациялық көрсеткіштер сонымен қатар техногендік және табиғи сияқты көптеген басқа факторларға байланысты. Торғай шұңқырының құрамына кіретін Солтүстік Торғай аумағындағы кешенді зерттеулердің нәтижелері берілген. Әкімшілік жағынан зерттеу аймағы Қостанай облысының көп бөлігін алып жатыр, оңтүстік-батыстан Ақтөбе облысы, шығысында Солтүстік Қазақстан және Ақмола облыстары. Аймақтың геологиялық жағдайы мен антропогендік жүктемесін ескере отырып, радиациялық қауіпсіздікті зерттеудің кешенді тәсілі қолданылды.

Түйін сөздер: радиациялық қауіпсіздік, радионуклидтер, радиогеохимия, жер асты сулары, Солтүстік Торғай, Торғай ойысымы, гидрогеохимиялық деректер.

N. A. Medeshova^{*1}, M. A. Utegenova², A. M. Orynbek³, Ye. S. Auelkhan⁴, Ye. Zh. Murtazin⁵

^{1*} PhD student, junior researcher, researcher (Satbayev University, Institute of Geological Sciences named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan; *n.medesheva@satbayev.university*)

² PhD student, junior researcher (Satbayev University, Institute of Geophysical Research, Almaty, Kazakhstan; *21_dec@mail.ru*)

³ Chief hydrogeologist (JSC "Volkovgeologiya", Almaty, Kazakhstan; *adil_83kz@mail.ru*)

⁴ Candidate of technical sciences, head of department (Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; *y.auelkhan@satbayev.university*)

⁵ Candidate of geological and mineralogical sciences, deputy director (Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience named after U. M. Ahmedsafin, Almaty, Kazakhstan; *ye_murtazin@list.ru*)

ASSESSMENT AND ANALYSIS OF RADIATION SAFETY OF NORTHERN TORGAI

Abstract. The topic of radiation safety is relevant for Kazakhstan given the Soviet history of nuclear testing. However, radiation indicators also depend on many other factors, both man-made and natural. The results of comprehensive research on the territory of Northern Turgai, which is part of the Turgai trough, are presented. Administratively, the research area occupies most of the Kostanay region, from the south-west the Aktobe region, in the east the North Kazakhstan and Akmola regions. An integrated approach to the study of radiation safety was used, taking into account the geological situation and anthropogenic load of the region.

Keywords: radiation safety, radionuclides, radiogeochimistry groundwater, Northern Torgai, Torgai trough, hydrogeochemical data.