МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РК (РГП НЯЦ РК)
ФИЛИАЛ «ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ»

УДК 504.4.054:551.49

Тоқтағанов Тоғжан Шалқарұлы

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ВОД, РАСПРОСТРАНЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СИП

Работа, представленная на конференцию - конкурс НИОКР
молодых ученых и специалистов
Национального ядерного центра Республики Казахстан

(прикладные исследования)

Руководитель: Актаев М.Р., начальник
лаборатории мониторинговых исследований
ОРСМОС Филиал ИРБЭ НЯЦ РК

Курчатов, 2020

АВТОР

Тоқтағанов Тоғжан Шалқарұлы
инженер лаборатории мониторинговых исследований отдела РСМОС
Филиала «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК»,
1994 года рождения,
высшее – специальное (ГУ им. Шакарима города Семей, 2018 г.),
специальность – экология
квалификация по диплому – бакалавр-экологии,
работает в Филиале «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК» с 2015 г.,
общий стаж работы 5 лет

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Начальник лаборатории мониторинговых

исследований ОРСМОС _____ М.Р. Актаев
подпись, дата

Инженер лаборатории мониторинговых
исследований ОРСМОС _____ Т.Ш. Тоқтағанов
подпись, дата

ТОҚТАҒАНОВ Т. Ш.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ВОД, РАСПРОСТРАНЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СИП

Работа, представляемая на конференцию-конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов Национального ядерного центра Республики Казахстан от Филиала «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК»

071100, г. Курчатов, ул. Красноармейская,2,
тел. (7-722-51)3-34-13, 2-51
факс (7-722-51)3-28-06

E-mail: toktaganov@nnc.kz

РЕФЕРАТ

Работа состоит из 19 страниц, 11 иллюстраций, 3 таблиц, 6 источников.

Объект исследования: подземные и поверхностные воды площадки «Дегелен», «Балапан», «Сары-Узень».

Цель работы: Исследование особенностей формирования вод СИП на основе информации о распределении стабильных изотопов воды.

Задачи исследований:

1. Анализ гидрогеологических особенностей на территории СИП на основе фондовых данных.
2. Определение изотопного состава всех видов вод, распространенных на территории СИП.

Методика исследований:

Лабораторные работы. Измерение отношения стабильных изотопов $^{2}H/^{1}H$ и $^{18}O/^{16}O$ в измеряемой пробе и в стандарте проводилось на высокочувствительном лазерном спектрометре LGR 912-0008. В качестве внутренних стандартов использовались пробы воды, откалиброванные относительно Международного стандарта VSMOW (МАГАТЭ). Точность измерения ^{2}H и ^{18}O составила ± 0,5 ‰ и 0,1 ‰, соответственно.

Актуальность: использование метода изотопной гидрологии на основе определения отношения стабильных изотопов дейтерия и кислорода-18 позволяет достоверно получить прямую информацию о происхождении различных видов вод, и изучить их природные изменения.

Научная новизна: для территории СИП проведена идентификация всех видов вод, в зависимости от условий их формирования.

Практическая значимость: полученные результаты позволят оптимизировать мониторинг водной среды СИП.

Результаты работ: при помощи метода изотопной гидрологии выявлено, что источником питания подземных вод СИП являются атмосферные осадки. Основная доля запасов подземных вод пополняется зимними осадками в период половодья. Также было определено, что радионуклидное загрязнение поверхностных вод происходит в результате разгрузки загрязненных подземных вод на всех участках исследования. Пик разгрузки, и как следствие, максимальная концентрация ^{3}H в воде, приходится на август месяц.

Личный вклад автора: непосредственное участие в проведении полевых и лабораторных работ, обработка и интерпретация полученных данных.

Степень завершенности работы: конкурсная работа является завершенной.

РГП	– РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
НЯЦ РК	– НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ИРБЭ	– ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ
ОРСМОС	– ОТДЕЛ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
УДК	– УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДЕСЯТИЧНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ
^{3}H	– ТРИТИЙ, БК/КГ - БЕККЕРЕЛЬ НА КИЛОГРАММ
ГЛМВ	– ГЛОБАЛЬНАЯ ЛИНИЯ МЕТЕОРНЫХ ВОД
ЛЛМВ	– ЛОКАЛЬНАЯ ЛИНИЯ МЕТЕОРНЫХ ВОД
^{2}H	– ДЕЙТЕРИЙ, ‰ (ПРОМИЛЛЕ)
^{18}O	– КИСЛОРОД, ‰ (ПРОМИЛЛЕ)
d_{xs}	– ЭКСЦЕСС ДЕЙТЕРИЯ, ‰, ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ^{2}H ПО ОТНОШЕНИЮ ^{18}O

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **6**
1. МЕТОДОЛОГИЯ **7**
1.1 Теория метода изотопной гидрологии **7**
1.2 Полевые работы **9**
1.3 Лабораторные работы **10**
2. РЕЗУЛЬТАТЫ **11**
2.1 Анализ гидрогеологических особенностей на территории СИП на основе фондовых данных. **11**
2.2 Определение изотопного состава всех видов вод, распространенных на территории СИП. **12**
ВЫВОДЫ **19**
ЗАКЛЮЧЕНИЕ **19**

ВВЕДЕНИЕ

С момента закрытия бывшего Семипалатинского испытательного полигона (далее СИП) в 1991 г, одним из важных направлений, связанных с обеспечением радиационной безопасности, являются исследования и мониторинг водной среды, которая по-прежнему характеризуется радиоактивным загрязнением. В поверхностных и подземных водах СИП отмечается присутствие таких техногенных радионуклидов как ^{137}Cs, ^{90}Sr, $^{239+240}Pu$, ^{3}H.

В настоящее время СИП существует множество водных объектов, где возможна миграция радионуклидов с поверхностными и подземными водами. Такие водные объекты расположены в пределах площадок «Дегелен», «Балапан» и «Сары-Узень».

Радиоэкологическое состояние площадки «Дегелен» обусловлено вторичным загрязнением путем выноса техногенных радионуклидов с поверхностными водами из полостей «боевых» штолен. Ранее на данной площадке проводились различные многолетние исследования радиоактивного загрязнения вод, выходящих за пределы испытательной площадки. По результатам работ установлено, что максимальный объем поверхностных вод поступает за пределы площадки весной в период снеготаяния, минимальный – в конце лета. При этом, наблюдаются повышенные значения концентрации техногенного радионуклида ^{3}H в ручьях: весенний период от 8 000 до 67 000 Бк/кг; в летне-осенний период - от 7 000 до 52 000 Бк/кг.

На пл. «Балапан» было установлено, что удельная активность ^{3}H в оз. Кишкенсор изменялась от 5000 до 350 000 Бк/кг. В русле р. Шаган отмечается крайне неравномерное распределение и изменение удельной активности ^{3}H от 2000 до 350 000 Бк/кг. На «Атомном озере» максимальное значение удельной активности ^{3}H составляет 20 000 Бк/кг [1].

На площадке «Сары-Узень» проведено 24 подземных испытания. По имеющимся данным, в большинстве испытаний мощность взрывов не превышала 20-ти кт на глубинах от 50 до 430 м. Область наибольшей техногенной нагрузки в результате подземных ядерных взрывов расположена в центральной и северо-западной части.

В связи с тем, что данные площадки являются источником радионуклидного загрязнения водной среды, возникла необходимость изучить условия формирования вод территории СИП. Таким образом, целью данной работы являлась исследование особенностей образования вод, распространённых на площадках «Дегелен», «Балапан» и «Сары-Узень» на основе информации о распределении стабильных изотопов в воде.

Основные задачи исследования:

1. Анализ гидрогеологических особенностей на территории СИП на основе фондовых данных.
2. Определение изотопного состава всех видов вод, распространенных на территории СИП.

Объектами исследования являлись поверхностные и подземные воды площадок «Дегелен», «Балапан» и подземные воды пл. «Сары-Узень».

1. МЕТОДОЛОГИЯ

1.1 Теория метода изотопной гидрологии

Под термином «изотопный состав воды» обычно понимают содержание ^{2}H и ^{18}O в воде. Основные экспериментальные и теоретические положения изотопной систематики ^{2}H и ^{18}O разработаны достаточно давно (Craig 1961; Dansgaard 1964) [2].

В целом, изотопный состав воды определяется масс-спектрометрически и выражается в относительных величинах $\delta^{2}H$ и $\delta^{18}O$:

$$\delta = [(R_{пр}/R_{станд}) - 1] \times 1000\ ‰,$$

где $R_{пр}$ и $R_{станд}$ – отношения $^{2}H/^{1}H$ и $^{18}O/^{16}O$ в измеряемой пробе и в стандарте, в качестве которого принята средняя океаническая вода (Standard of Mean Ocean Water, SMOW, Vienna, IAEA).

Для анализа условий формирования природных вод результаты измерений наносят на диаграмму $\delta^{18}O \div \delta^{2}H$, которая отражает закономерное распределение изотопного состава атмосферных осадков, так называемая глобальная линия метеорных вод (ГЛМВ) (Рисунок 1).

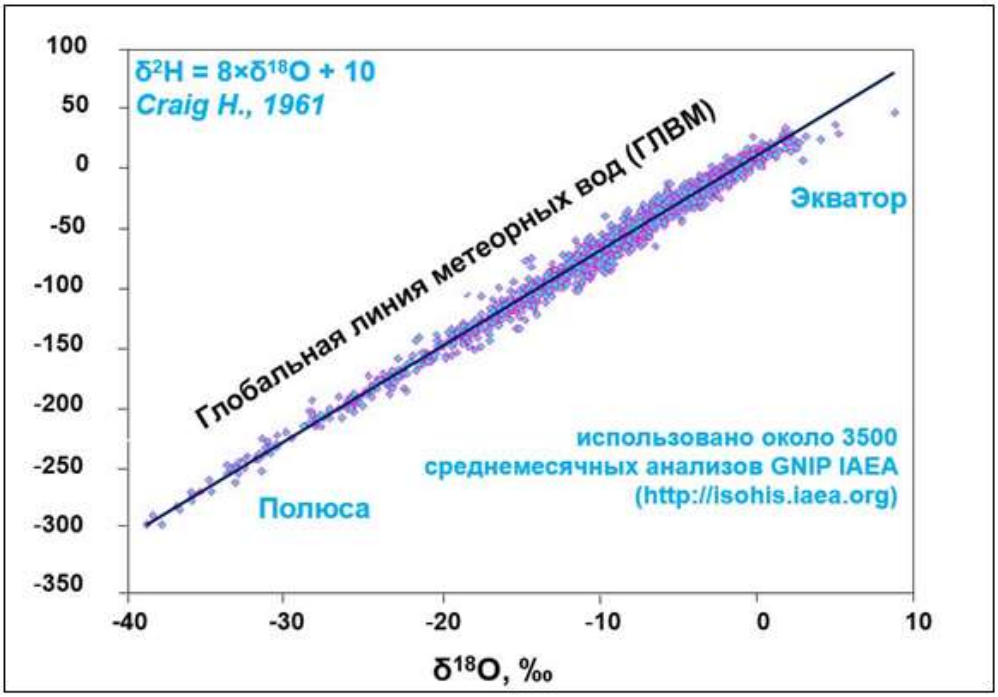

Рисунок 1 – Глобальная линия метеорных вод

Согласно ГЛМВ, наиболее тяжелые осадки $\delta^{2}H \geq -50$, $\delta^{18}O \geq -5$ ‰ выпадают в экваториальных, а наиболее легкие $\delta^{2}H \leq -200$, $\delta^{18}O \leq -25$ ‰ – в полярных областях земного шара.

Относительно ГЛВМ также показывается фракционирование изотопного состава воды, которое имеет место в ходе фазовых превращений. При этом, строго соблюдается правило – тяжелые изотопы накапливаются в более конденсированной фазе: при испарении – в воде и при замерзании – во льду (Рисунок 2)

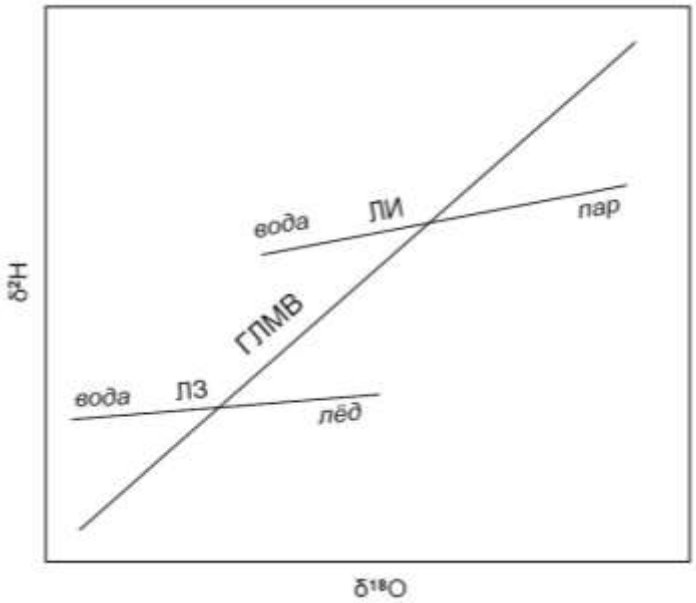

Рисунок 2 – Система фракционирования изотопов относительно ГЛМВ

В области перехода от холодного климата со среднегодовой температурой ниже 0 ºС к теплому климату со среднегодовой температурой выше 0 ºС изотопный состав воды имеет значения $\delta^{18}O \sim -13$ ‰, $\delta^{2}H \sim -100$ ‰.

Глобальная модель формирования изотопного состава природных вод. Основным источником влаги в атмосфере является Мировой океан, изотопный состав воды которого выражен как $\delta^{2}H = 0$, $\delta^{18}O = 0$ ‰ и принят за точку отсчета. Первичный пар, покидающий поверхность океана, формируя атмосферные осадки, оказывается облегченным относительно океанической воды (Рисунок 3).

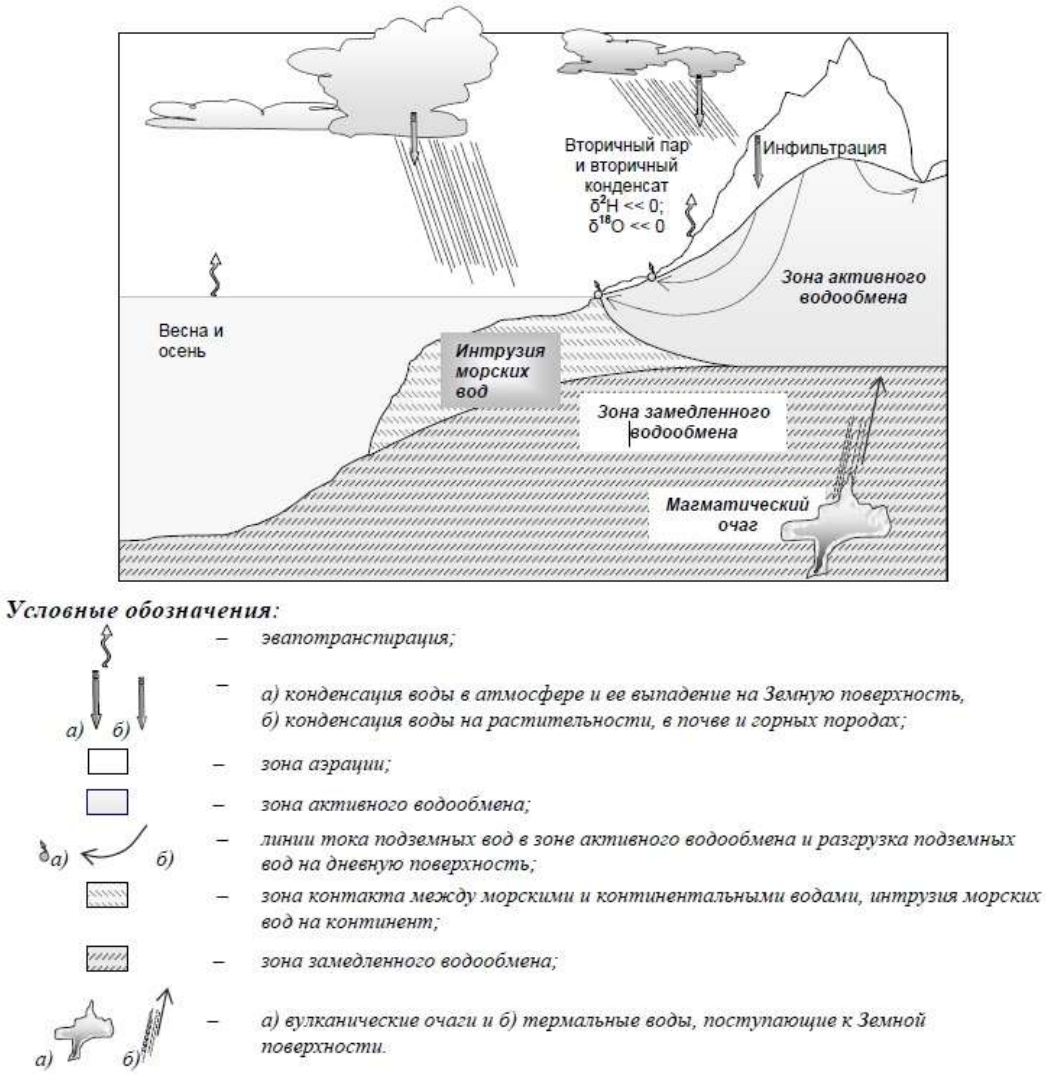

Рисунок 3 – Глобальная модель формирования изотопного состава природных вод при взаимодействии атмосферных, поверхностных и подземных вод.

В зоне активного водообмена воды имеют, как правило, инфильтрационное происхождение, поэтому их изотопный состав определяется изотопным составом местных атмосферных осадков. В связи с этим, для изучения механизмов формирования вод исследуемых участков, изначально необходимо получить данные о значениях стабильных изотопов в атмосферных выпадениях данного региона и сформировать локальную линию метеорных вод (ЛЛМВ).

1.2 Полевые работы

- Отбор проб штольневых вод проводился в месте выхода водотока на дневную поверхность.
- Отбор проб поверхностных вод проводился на основных ручьях площадки «Дегелен» – Узынбулак, Карабулак, Байтлес, Токтакушук, и на площадке «Балапан» - в «Атомном озере», р. Шаган и оз. Кишкенсор.

Все пробы поверхностных вод отбирались непосредственно из водотоков [3].

- Отбор проб подземных вод проводился из пробуренных и прочищенных скважин, расположенных на исследуемых испытательных площадках, с помощью специального глубинного пробоотборника.

1.3 Лабораторные работы

Лабораторные работы включали в себя подготовку и измерение образцов воды на соотношение стабильных изотопов и определение содержания техногенного радионуклида ^{3}H.

Измерение отношения стабильных изотопов $^{2}H/^{1}H$ и $^{18}O/^{16}O$ в анализируемом образце и стандарте проводилось на высокочувствительном лазерном спектрометре LGR 912-0008. В качестве внутренних стандартов использовались пробы воды, откалиброванные относительно международного стандарта VSMOW (МАГАТЭ). Точность определения ^{2}H и ^{18}O составила ± 0,5 ‰ и 0,1 ‰, соответственно.

Определение содержания ^{3}H проводилось методом жидкосцинтилляционной спектрометрии на приборе TRI-CARB 2900 TR. Измерения проводились в соответствии с [4].

2. РЕЗУЛЬТАТЫ

2.1 Анализ гидрогеологических особенностей на территории СИП на основе фондовых данных.

Для анализа гидрогеологических особенностей подземных вод, распространённых на территории СИП, взяты архивные фондовые геологические данные.

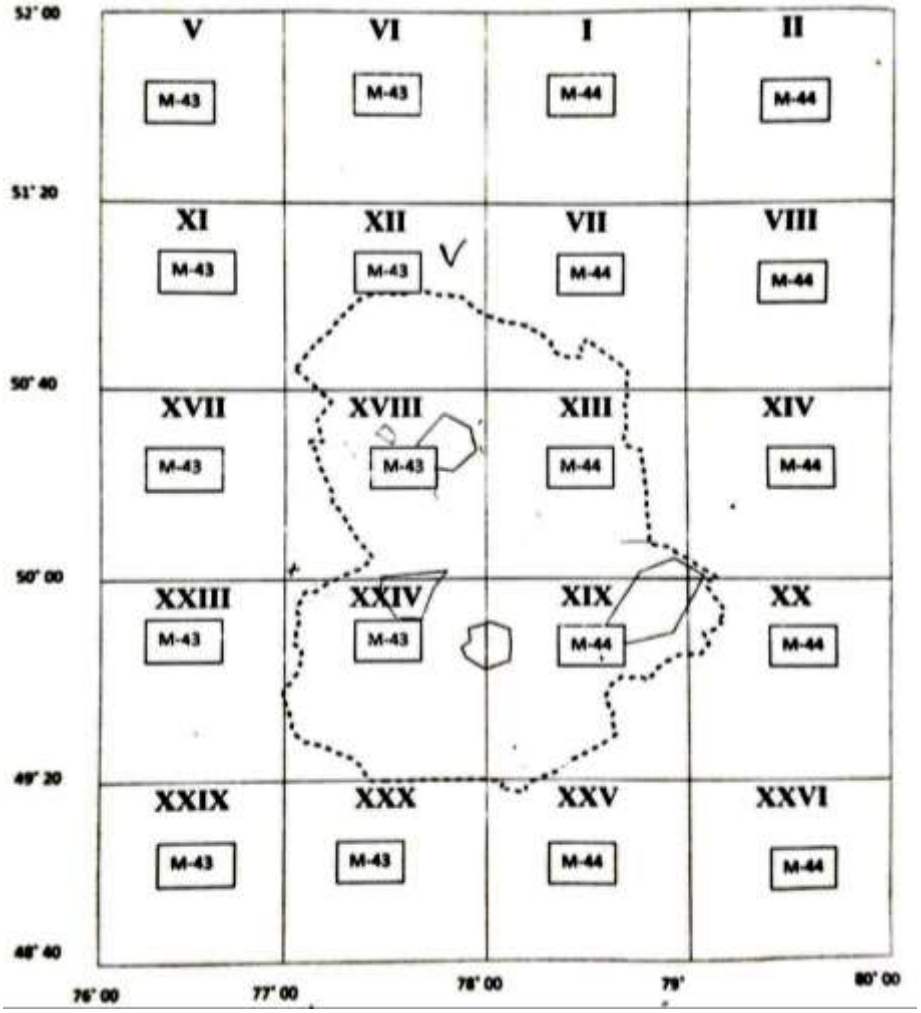

Рисунок 4– Расположения листов карт М 1:200000 на СИП

По рисунку видно, что территория СИП расположена на листах М-43-XII, М-43-XVIII, М-43-XXIV, М-44-XIX и М-43-XVII. В данной работе рассматриваются листы М-43-XXIV и М-44-XIX, где расположены площадках «Дегелен», «Сары-Узень» и «Балапан».

Гидрогеологическая описание листов.

Территория М-43-XXIV расположена на юго-западе СИП. Подземные воды на площади отличаются значительным разнообразием как количественных, так качественных характеристик, обусловленным влиянием различных природных факторов. В зависимости от характера водовмещающих пород и условий залегания в районе выделяются поровые воды в рыхлых четвертичных отложениях, трещинные и трещинно-грунтовые коренных породах.

Поровые воды рыхлых четвертичных отложений развиты в долинах рек Сарыозен, Карасу, Ащису, Босага и др.

Питание подземных вод четвертичных отложений происходит за счет атмосферных осадков, поглощения поверхностного стока и подтока трещинных вод. Обводненность пород неравномерна. Водоносность их зависит от литологического состава. Дебиты скважин и колодцев изменяются от сотых долей до 12,5 л/с при понижении уровня воды 0,4-7 ,8 м. Иногда

подземные воды выходят на поверхность в обрывах террас в виде нисходящих родников с расходами 0,1 – 0,5 л/с.

Питание всех трещинных вод происходит главным образом за счет инфильтрации выпадающих атмосферных осадков. Самое усиленное пополнение трещинных вод происходит в весенний период во время снеготаяния. К этому времени приурочено повышение их уровня и оживление временно действующих родников. Трещинные воды характеризуются обилием постоянно действующих родников, расходы которых достигают иногда 15 л/с, что свидетельствует о хороших коллекторских свойствах пород. Режим трещинных вод испытывает как сезонные, так и годовые колебания, амплитуда которых достигает 1 м [5].

Территория М-44-XIX расположена юго-востоке территории СИП. Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации поверхностных вод рек, талых вод, атмосферных осадков и за счет подтока трещинных вод. Направление движения вод северное, согласно общим уклонам поверхности. Разгрузка горизонта идет путем испарения, транспирации растениями и подрусловым оттоком. Дебиты водоисточников, эксплуатирующих горизонт равны 0,2-1,8 л/с при понижениях 1,2-1,3 м.

Трещинные воды залегают в зоне, открытой трещинноватости палеозойских пород, неравномерно развитой повсюду до глубины 40-60 м. Наибольшие дебиты (2,5-4,3 л/с) имеют водоисточники в низкогорных и холмогорных возвышенностях. В тектонических зонах дебит отдельных водоисточников достигает 10 л/с. Под покровом водонепроницаемых суглинков трещинные воды иногда имеют небольшой напор (2,6-17 м).

Питание трещинных вод происходит путем инфильтрации атмосферных осадков и талых вод. Разгрузка осуществляется родниковым стоком в эрозионные ложбины и перетеканием в горизонт рыхлых четвертичных отложений. В районе прирусловой части р. Шаган водообмен наиболее интенсивный [6].

2.2 Определение изотопного состава всех видов вод, распространенных на территории СИП.

Площадка «Дегелен»

Основная доля радиоактивного загрязнения сосредоточена в полостях штолен (

Рисунок 5). Загрязнение водных объектов горного массива Дегелен связано с выносом радионуклидов водным путем из штольневых полостей. Наилучшими миграционными способностями обладают ^{3}H и ^{90}Sr, поэтому данные радионуклиды способны мигрировать за пределы площадки «Дегелен» по ручьям, которые находятся в зоне влияния водотоков штолен.

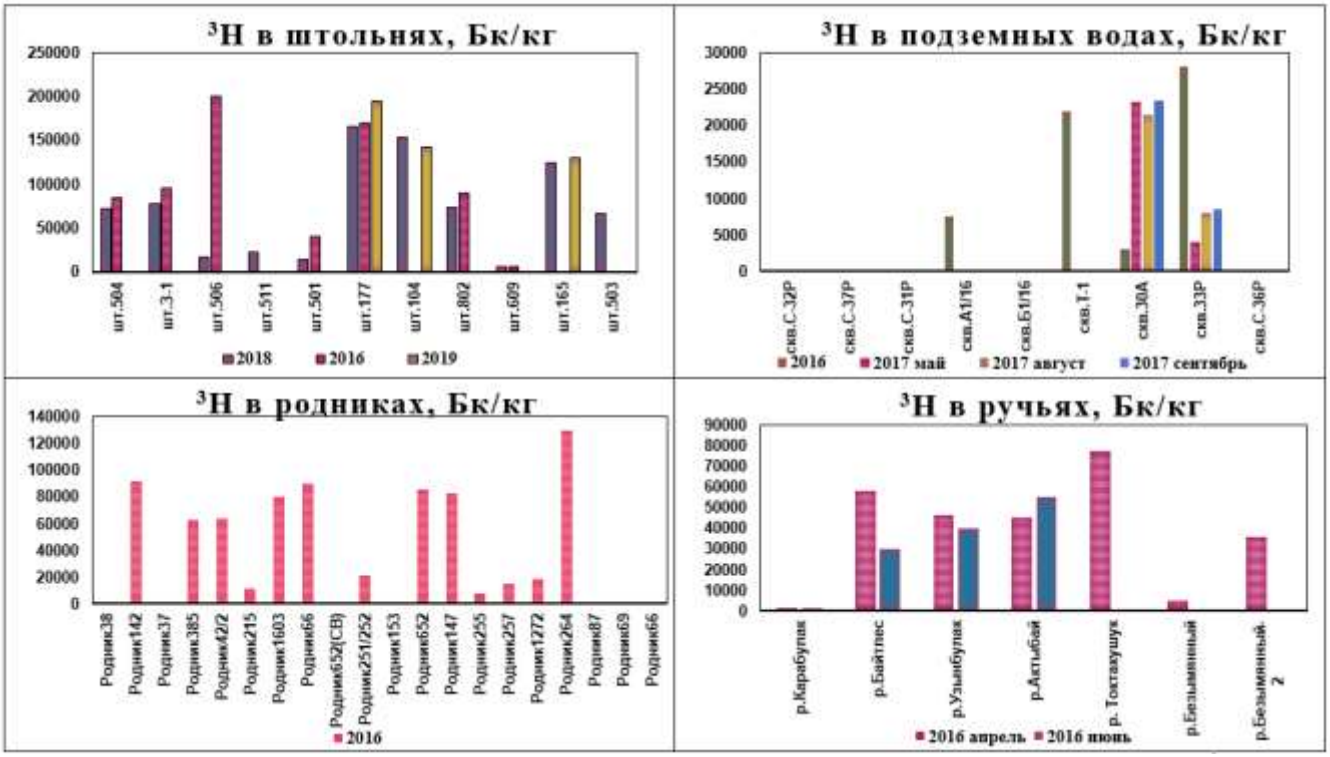

Рисунок 5 – Распределение техногенного радионуклида ^{3}H в водах, распространённых на площадке «Дегелен»

Как видно из представленных данных, максимальные концентрации ^{3}H наблюдаются в водах штольневых водотоков (до 200 000 Бк/кг), далее идут родники (120 000 Бк/кг) и ручьи (80 000 Бк/кг). В подземных водах наблюдаются сравнительно минимальные концентрации ^{3}H (35 000 Бк/кг).

Для определений условий формирования вод площадки «Дегелен» проведен изотопный анализ всех вод, распространённых на этой территории, результаты изотопного анализа и сравнительный изотопный анализ представлен на рисунке (Рисунок 6).

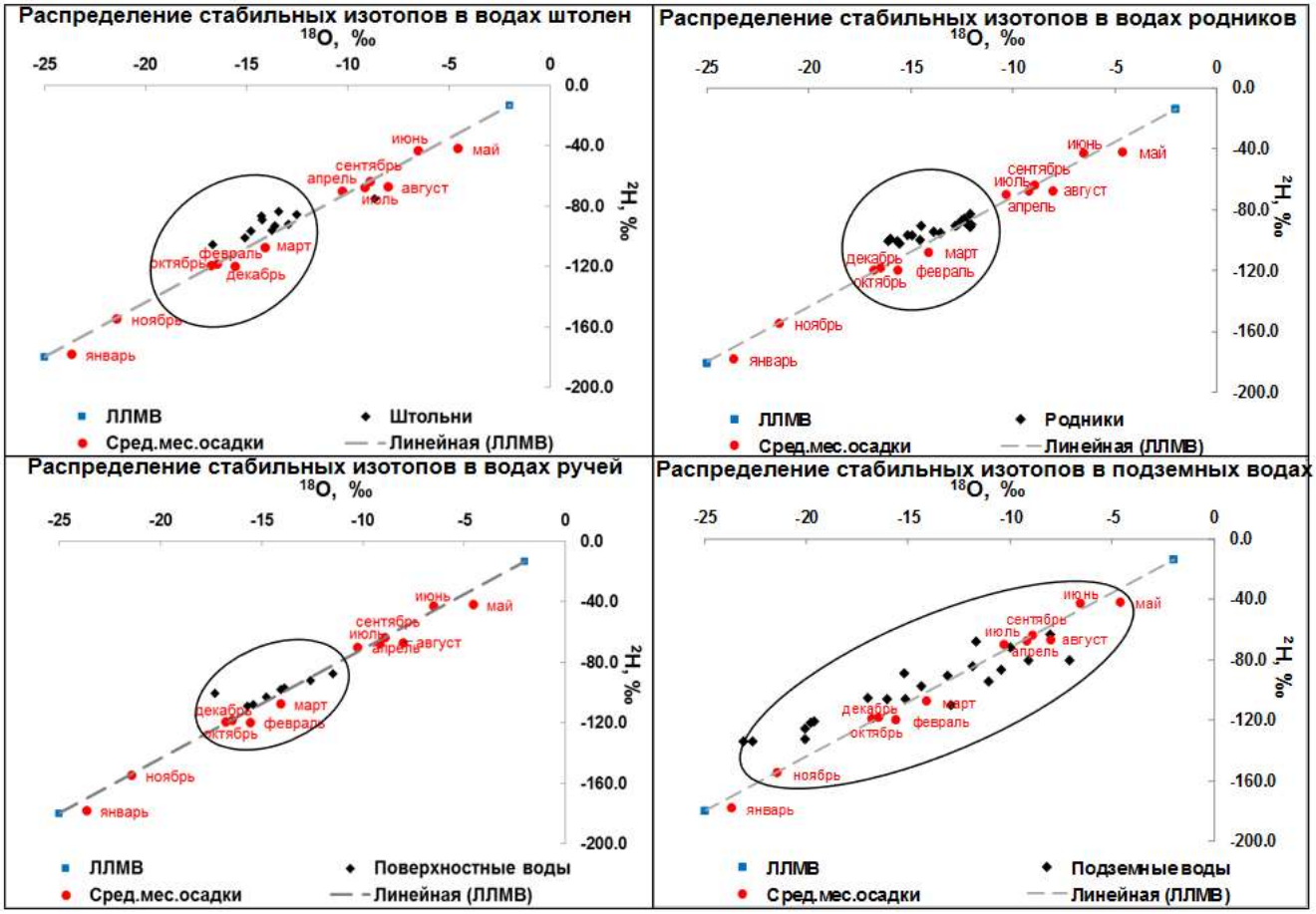

Рисунок 6 – Распределение стабильных изотопов в водах, распространённых на площадке «Дегелен»

Как видно графика, формирование штольневых вод зависит от зимне-весенних осадков. По содержанию изотопов воды родников и ручьев очень схожи с водами штольневых водотоков. То есть, эти воды формируются в одинаковых условиях. Подземные воды сильно подвержены влиянию годовых осадков и поверхностных вод.

Площадка «Балапан»

На площадке «Балапан» существуют водные объекты, которые характеризуются повышенной концентрацией ^{3}H. К таким водным объектам относятся р. Шаган, оз. Кишкенсор, «Атомное озеро».

«Атомное озеро»

Результаты измерения ^{3}H и изотопного анализа проб, отобранных из «Атомного озера» представлены на рисунке (Рисунок 7)

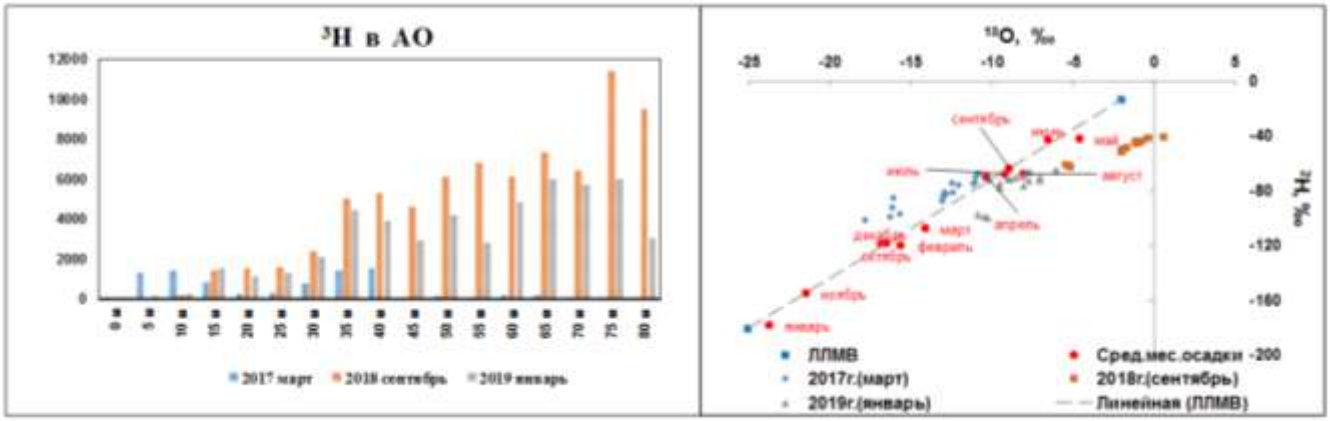

Рисунок 7 – Результаты бета-спектрометрического и изотопного анализа

Согласно полученным данным, установлено, что основным источником питания «Атомного озера» являются атмосферные осадки и талые воды. Весной воды озера смешиваются с зимне-весенними осадками, поэтому в этот период наблюдаются минимальные концентрации ^{3}H. Осенью воды «Атомного озера» характеризуются тяжелыми значениями изотопов, так как подвергаются процессу испарения. На основе полученных результатов сделан вывод, что максимальную концентрацию ^{3}H в воде следует ожидать в осенний период.

Участок оз. Кишкенсор

Результаты представлены в таблице (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты измерении ^{3}H и $^{2}H/^{18}O$

№	Точка отбора	Дата отбора	Удельная активность ^{3}H. Бк/кг	^{2}H. ‰	^{18}O. ‰
1	оз. Кишкенсор	21.06.2017	30 000 ± 3 000	-111,4	-17,6
2	оз. Кишкенсор	11.07.2017	5 000 ± 500	-68,8	-6,0
3	оз. Кишкенсор	28.08.2017	200 000 ± 20 000	-90,7	-11,5

Согласно представленным данным, содержание ^{3}H изменяется от 5000 до 200 000 Бк/кг, с максимальной концентрации в августе.

Аналогичные изменения в зависимости от времени наблюдаются в содержании стабильных изотопов. В период с июня по июль отмечается заметное утяжеление значения изотопов от -111,4 до -68,8‰ по ^{2}H и от -17,6 до -6,0 ‰ по ^{18}O. Затем, в августе, фиксируется облегчение значения изотопов до -90,7 ‰ по ^{2}H и -11,5 ‰ по ^{18}O.

Для установления причин вариации, проведен сравнительный анализ значений стабильных изотопов вод оз. Кишкенсор с исходными значениями изотопов в атмосферных выпадениях. Результаты представлены на рисунке (Рисунок 8).

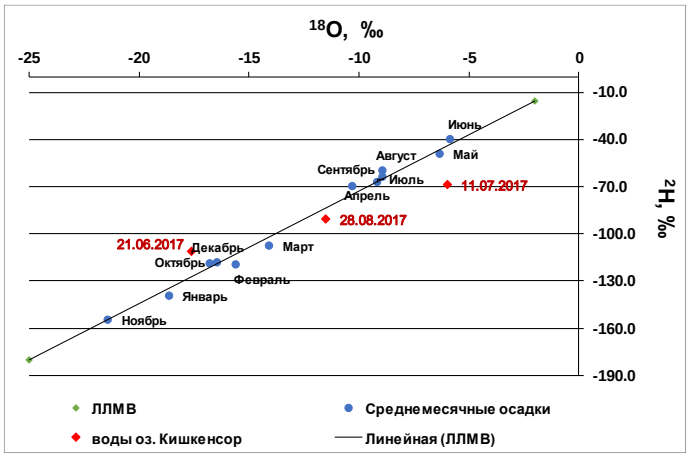

Рисунок 8 – Сравнительный изотопный анализ

Анализ полученных данных показал, что изотопный состав воды, отобранной в июне, характеризуется остаточными водами, образованными после весеннего снеготаяния. На это указывает то, что содержание стабильных изотопов данного периода находятся в области формирования значений изотопов зимнего периода. Далее, в июле фиксируется существенное утяжеление значений изотопов (значения расположены в области испарения), которое оценивалось по величине эксцесса (избытка) дейтерия $dex=\delta^{2}H-7,1*\delta^{18}O$. Согласно вычислениям, значение dex составило -26.2 ‰. Полученные результаты говорят о том, что фракционирование изотопов водоема в первую очередь связано с процессом испарения, при котором в остаточной воде конденсируются тяжелые изотопы. Процессы испарения, также отражаются на концентрации ^{3}H в воде, которая уменьшилась от 30 000 до 5000 Бк/кг.

В августе содержание стабильных изотопов в поверхностных водах оз. Кишкенсор должны находиться в утяжеленных значениях, так как данный водоем подвергается процессу испарения. Однако, в данный период наблюдается повторное облегчение значений изотопов поверхностных вод. Вероятнее всего, такое изменение изотопного состава воды связано с разгрузкой относительно легких подземных вод в поверхностные.

Для проверки данного предположения было проведено определение условий формирования подземных вод в районе оз. Кишкенсор. Результаты представлены на рисунке (Рисунок 9).

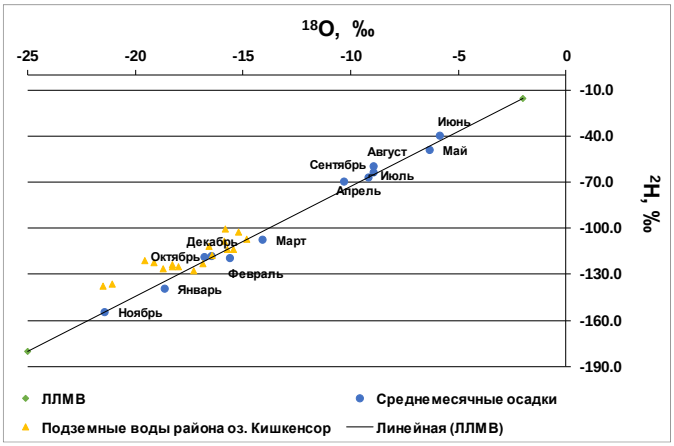

Рисунок 9– Сравнительный изотопный анализ

Согласно полученным данным установлено, что изотопный состав подземных вод соответствует изотопному составу атмосферных осадков, выпавшим в зимний период. Таким образом выявлено, что источником питания подземных вод являются зимние осадки, которые в результате весеннего снеготаяние инфильтруются в полости «боевых» скважин, тем самым повышая уровень подземных вод. Вследствие этого, происходит разгрузка загрязненных подземных вод на дневную поверхность водоема. Максимальный пик разгрузки загрязненных подземных вод приходится на август, что подтверждается результатами исследования удельной активности ^{3}H, которая в августе также достигает своего максимума за указанный период.

Таким образом, установлено что поверхностные воды оз. Кишкенсор загрязняются в результате разгрузки радиоактивно-загрязненных подземных вод.

Участок р. Шаган

Результаты лабораторных анализов представлены в таблице (Таблица 2).

Таблица 2 – Результаты измерений ^{3}H и $^{2}H/^{18}O$ в поверхностных и подземных водах

№	Место отбора	Точка отбора	Дата отбора	^{3}H, Бк/кг	^{2}H, ‰	^{18}O, ‰
1	старое русло	СР	23.06.2017	19 500 ± 2 000	-104,2	-16,2
2		СР	12.07.2017	17 500 ± 2 000	-56,9	-4,3
3		СР	28.08.2017	18 400 ± 2 000	-108,5	-17,3
4	5 км	скв. 5ПН	22.06.2017	317 000-± 32 000	-122,7	-19,8
5		скв. 5ПН	11.07.2017	337 000 ± 34 000	-99,30	-11,0

№	Место отбора	Точка отбора	Дата отбора	^{3}H, Бк/кг	^{2}H, ‰	^{18}O, ‰
6		скв. 5ПН	28.08.2017	337 800 ± 34 000	-119,9	-14,9
7		5 км	22.06.2017	25 000 ± 2 500	-109,0	-17,0
8		5 км	12.07.2017	70 000 ± 7 000	-72,0	-7,0
9		5 км	28.08.2017	320 000 ± 32 000	-100,7	-11,1
10	14 км	14 км	22.06.2017	6 000 ± 600	-99,6	-17,0
11		14 км	13.07.2017	6 600 ± 600	-54,4	-4,0
12		14 км	28.08.2017	8 500 ± 850	-111,9	-15,5

Согласно полученным данным, содержание ^{3}H в период с июня по август на исследуемых участках старого русла и в подземных водах участка 5 км (5 ПН) не изменяется. В поверхностных водах на участках русла р. Шаган 5 км и 14 км отмечаются сезонные изменения концентрации ^{3}H.

Также наблюдаются существенные сезонные колебания в содержании стабильных изотопов. Повсеместно, с июня по июль регистрируется утяжеление стабильных изотопов в воде. Например, на участке старого русла, отмечается утяжеление по ^{2}H от -104,2 ‰ в июне до -56,9 ‰ в июле. Однако, в августе на всех участках исследования фиксируется облегчение стабильных изотопов.

Для определения изучения механизмов формирования вод р. Шаган проведен сравнительный анализ со значениями изотопов в атмосферных выпадениях. Результаты представлены на рисунке (Рисунок 10).

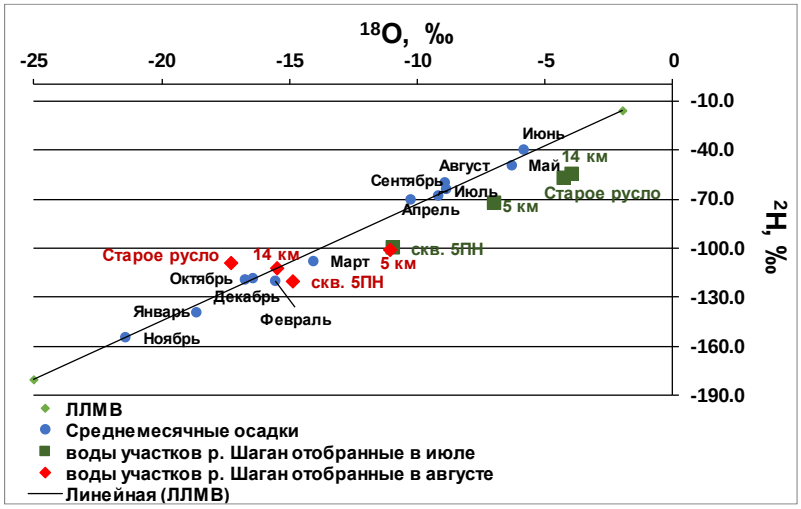

Рисунок 10 – Сравнительный изотопный анализ

Согласно данным, изотопный состав воды, отобранной в июле, характеризуется утяжеленными значениями, которые на ЛЛМВ соответствуют области выпадения летних и осенних осадков. Воды, отобранные в августе, расположены в области формирования зимних атмосферных выпадений и характеризуются облегченным значением изотопов. Эти данные указывают на то, что в августе происходит разгрузка облегченных подземных вод, также, как и на оз. Кишкенсор. Это также подтверждается результатами измерения уровня подземных вод в скважине 5 ПН (Таблица 3).

Таблица 3 – Измерение уровня подземных вод в скважине 5 ПН

№ п/п	Дата	Уровень подземных вод, м	Изменение уровня подземных вод, см
1	22.06.17	2,65	0
2	11.07.17	2,80	-35
3	28.08.17	2,30	+50

Установлено что в период с мая по июнь отмечается уменьшение уровня подземных вод на 35 см, а в августе наблюдается увеличение уровня на 50 см.

По результатам выполненных работ установлено, что исследуемые участки р. Шаган подвергаются радиоактивному загрязнению в процессе разгрузки подземных вод.

Площадка «Сары-Узень»

На площадке «Сары-Узень» есть вероятность миграции техногенных радионуклидов, в особенности ^{3}H, с подземными водами. Для выявления условий формирования подземных вод проведен бета-спектрометрический и изотопный анализы. Результаты представлены на рисунке (Рисунок 11Рисунок 11– Результаты бета-спектрометрического и изотопного анализа.).

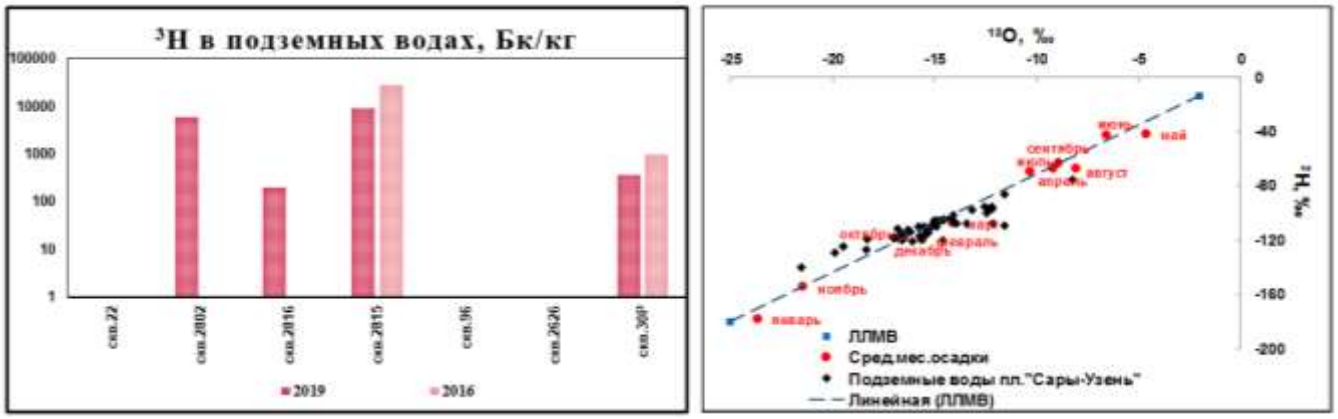

Рисунок 11– Результаты бета-спектрометрического и изотопного анализа.

Согласно представленным данным, содержание техногенного радионуклида ^{3}H изменяется в широком диапазоне от <11 до 8 000 Бк/кг. По результатам сравнительного изотопного анализа установлено что, на формирование подземных вод площадки «Сары-Узень» в наибольшей степени оказывают влияние зимне-весенние осадки.

ВЫВОДЫ

Установлено, что основным источником образования и питания поверхностных и подземных вод, распространённых на площадке «Дегелен», являются атмосферные осадки. Существенная доля питания всех вод атмосферными осадками приходится на весенний период.

За счет штольневых вод осуществляется питание ручьев, которые в свою очередь, оказывают влияние на радионуклидное загрязнение подземных вод.

Воды «Атомного озера» обновляются только за счет атмосферных осадков. Максимальную концентрацию техногенного радионуклида ^{3}H следует ожидать в осенний период.

Максимальный пик концентрации ^{3}H на оз. Кишкенсор и р. Шаган приходится на август месяц, это объясняется повышением уровня подземных вод, вследствие чего происходит вымывание радионуклидов с полостей «боевых» скважин.

Таким образом, при помощи метода изотопной гидрологии было установлено, что источником питания подземных вод являются атмосферные осадки. Основная доля запасов подземных вод пополняется зимними осадками в период половодья. Также было определено, что радионуклидное загрязнение поверхностных вод происходит в результате разгрузки загрязненных подземных вод на всех участках исследования. Пик разгрузки, как следствие и максимальная концентрация ^{3}H в воде, приходится на август месяц.

По результатам сравнительного изотопного анализа установлено что, формирование подземных вод площадки «Сары-Узень» зависит от зимне-весенних осадков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ фондовых данных и результатов, полученных методом изотопной гидрологии

Согласно фондовым данным на территории площадок «Дегелен» и «Сары-Узень» питание подземных вод происходит за счет атмосферных осадков, поглощения поверхностного стока вод. Архивные данные подтверждают результаты прошлогодней конкурсной работы, где были сделаны выводы о том, что поверхностные воды оказывают влияние на радионуклидное загрязнение подземных вод площадки «Дегелен». Также в архивных данных указан режим трещинных вод, который испытывает как сезонные, так и годовые колебания, это также подтверждается изотопным анализом подземных вод, распространённых в районе горного массива Дегелен. По результатам изотопного анализа, было установлено, что подземные воды подвержены влиянию годовых осадков. Результаты изотопного анализа подземных вод пл. «Сары-Узень» показали, что воды имеют только сезонные колебания, то есть основное пополнение запасов подземных вод происходит только в зимне-весенний период.

Согласно фондовым данным питание грунтовых и трещинных вод, распространённых в районе площадки «Балапан», осуществляется за счет инфильтрации поверхностных вод рек, талых вод, атмосферных осадков. Разгрузка грунтовых идет путем испарения, транспирации растениями и подрусловым оттоком. В районе прирусловой части р. Шаган наблюдается наиболее интенсивный водообмен. Эти данные также подтверждают результаты конкурсных работ, где было выявлено, что основным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки, основное пополнение запасов подземных вод происходит зимне-весенний период. Также были выявлены места разгрузки подземных вод на р. Шаган (5, 14, 28 и 50 км) подрусловыми подтоками.

Полученные данные показали, что результаты проведенной работы достоверны и в дальнейшем позволят скорректировать рекомендации для проведения мониторинговых наблюдений водных объектов, не только СИП, но и других территории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Актаев М.Р. «Выявление механизмов формирования подземных и поверхностных вод площадки "Балапан"» под рук. Лукашенко С.Н/ конф. - конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов РГП НЯЦ РК // 18-20 мая 2016 г. – Курчатов.

2 Craig H. Isotopic variations in meteoric waters. Science, 1961, v. 133, No 3464, pp. 1702-1703. Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation. Tellus, 1964, v. 16, No 4, pp. 436-463.

3 ГОСТ СТ РК Р 51593 – 2003. Вода питьевая. Отбор проб. – Введ. 2005-01-01. – Астана: Госстандарт, 2003. – 14с. – Инв. № Т-862.

4 Качество воды. Определение объемной активности трития. Метод подсчета сцинтилляций в жидкой среде. Международный стандарт ISO 9698, издание второе 2010-12-15. Номер документа ISO 9698:2010(E) 07. 03. 2000 г. Учетная регистрация в Республике Казахстан № 116/149, введен с момента регистрации.

5 «Государственная геологическая карта СССР» / Серия Чингиз-Саурская Лист М-44-XXIV (Айнабулак) // Министерство геологии СССР Москва 1986 г.

6 Кузьмин С.С., Сополев А.В., Кагарманов А.Х., Клейман Г.П. «Государственная геологическая карта СССР» / Серия Чингиз-Саурская Лист М-44-XIX // Казахская ССР Республиканский геологический фонд Москва 1981 г.