

МРНТИ 38.61.31
УДК 556

<https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-22-2-307-323>

¹**Аманжолова Р.,**

магистр, ORCID ID: 0000-0001-9129-1074, e-mail: r_amanzholova@kbtu.kz

²**Аденова Д.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0001-7973-811X, e-mail: d.adenova@satbayev.university

¹**Аманжолов К.,**

магистрант, ORCID ID: 0009-0007-6698-2106, e-mail: ka_amanzholov@kbtu.kz

³**Мурат Д.**

магистр, ORCID ID: 0009-0009-2332-4802, e-mail: dauletmurat8080@gmail.com

^{1,3}**Дүйсебек Б.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0002-2596-4936, e-mail: b.duisebek@kbtu.kz

^{1*}**Сагин Ж.,**

PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0002-0386-888X, *e-mail: j.sagin@kbtu.kz

³**Сарсекова Д.,**

д.с.-х.н., профессор, ORCID ID: 56403235500,
e-mail: "sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz" sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz

⁴**Орунбаев С.,**

PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0002-9321-6390, e-mail: orunbaev_s@auca.kg

^{5,6}**Алиев М.**

магистр, ORCID ID: 0000-0002-3550-5223, e-mail: hydrolab.kr@gmail.com

¹Казахстанско-Британский технический университет, 050000, г. Алматы, Казахстан,

²Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина,
Сатпаев университет, 050000, г. Алматы, Казахстан,

³Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, г. Алматы, Казахстан

⁴Американский университет в Центральной Азии, 720060, г. Бишкек, Кыргызстан

⁵Кыргызский научно-исследовательский институт ирригации,
720055, г. Бишкек, Кыргызстан

⁶Служба водных ресурсов при Министерстве водных ресурсов, сельского хозяйства и
перерабатывающей промышленности Кыргызской Республики,
720014, г. Бишкек, Кыргызстан

ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИИ КЫРГЫЗСТАНА – КАЗАХСТАНА ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ВОДОРОДНО-ВОДНОГО РЫНКА

Аннотация

Дефицит воды является одним из глобальных рисков в засушливых и полузасушливых регионах, таких как Центральная Азия (ЦА), включая Кыргызстан и Казахстан. Основные реки ЦА являются трансграничными, как, например, бассейн рек Чу и Талас, которые находятся на территории Кыргызстана и Казахстана. Природные и антропогенные факторы, такие как изменение климата, могут привести к водным кризисам и конфликтам из-за снижения водоснабжения и ухудшения качества воды. К сожалению, в ЦА в основном изучаются поверхностные водные ресурсы, а ресурсы подземных вод исключены из открытого аналитического анализа. В то же время подземные воды являются жизненно важным компонентом экосистемы речных бассейнов и должны изучаться одновременно с поверхностными водами, чтобы получить более полный анализ устойчивости интегрированной системы поверхностных, подземных вод бассейна. Комбинированные научные исследования поверхностных, подземных вод, прогноз водного баланса бассейнов связаны с большими сложностями трансграничной кооперации специалистов – метеорологов, гидрологов, гидрогеологов

граничащих государств. В основном в трансграничных переговорах преобладает ведомственное управление, больше административное управление, без системного планирования, анализа адаптации и подготовки к естественным природным процессам, без стимулирования вовлечения местного населения, студентов школ, колледжей, университетов в изучение, без проведения полевых водных исследований, моделирования водных балансов поверхностных, подземных вод бассейнов. Местные жители аулов бассейнов рек Кыргызстана и Казахстана нуждаются в усилении совместной поддержки повышения квалификации населения, возможностей адаптации к изменению климата в цепочке школа – колледж – индустрия – университет. Совместные гидрогеологические исследования естественных природных процессов в Кыргызстане и Казахстане плохо отработаны. Кыргызстан, Казахстан упускают возможности совместной кооперации. Во многих странах сейчас идет «золотая лихорадка» гидрогеологических исследований, исследований по природному геологическому «белому» водороду, в том числе на границе Франции и Германии, где обнаружены крупнейшие мировые подземные запасы водорода. На территории трансграничного бассейна рек Мозель, Саар, где расположены заброшенные более 20 лет назад угольные шахты, обнаружены большие объемы природного геологического «белого» водорода с оцениваемым объемом до 250 млн тонн с циклом возобновления выработки в подземных «фабриках» водорода около 80 лет – средний цикл человеческой жизни. Подземным «фабрикам» водорода важна подпитка воды для физико-химических окислительных процессов серпентинизации, радиолиза, что является важным для согласования представителями трансграничного бассейна рек Мозель, Саар – Франции и Германии. Кыргызстану с Казахстаном важно усилить кооперацию с созданием стимулов роста, поддержкой исследователей ученых-гидрогеологов, созданием совместных киргизско-казахстанских бассейновых колледжей подготовки техников по водным ресурсам, водородным технологиям, аналогично тому, как делается в других странах. В настоящем обзоре представлены возможности усиления кооперации Кыргызстана и Казахстана, в том числе по совместному эффективному управлению природными ресурсами, изучению гидрогеологии Кыргызстана, Казахстана для эффективного совместного использования водородно-водных ресурсов двух стран.

Ключевые слова: поверхностные, подземные воды, бассейновый совет, Франция – Германия, Канада – США, Кыргызстан – Казахстан, природный «белый» водород.

Введение

Заблаговременная подготовка с эффективной научной поддержкой бизнес-планирования прихода-расхода водных ресурсов плохо отработана в ЦА, в том числе на бассейнах рек Кыргызстана – Казахстана [1–3]. Так происходит на примере бассейна рек Чу – Талас, когда был сделан слишком оптимистичный расчет, что будет много воды в 2023 г. «По предварительному прогнозу гидрометеорологической службы водности рек и притока воды в водохранилища на вегетационный период (апрель–сентябрь) 2023 г. по реке Шу приток в Орто-Токойское водохранилище ожидался в пределах 474–727 млн кубометров, или 115%. А по реке Талас приток в Кировское водохранилище предполагался в объеме 316–474 млн кубометров, или 109%. Учитывая прогноз, были составлены графики на вегетацию 2023 г., где по реке Шу должно было поступить 222 млн кубометров воды, а по реке Талас – 520 млн». «Однако из-за низких ночных температур весной и в начале лета таяние ледников оказалось неинтенсивным. В этой связи прогноз не подтвердился. К примеру, объем воды в Кировском водохранилище с апреля по 10 августа 2023 г. составил 60 млн кубометров, в то время как в аналогичном периоде 2022 г. в водохранилище поступило 297,09 млн кубометров воды», «на 10 августа 2023 г. объем воды в Кировском водохранилище составляет 31,27 млн кубометров, то есть всего 6% от проектной мощности; в августе 2022 г. этот показатель был на уровне 174,29 млн кубометров» [2].

Следующая сложность связана с управлением водными ресурсами, где в бассейновых управлениях преобладает административная система, похожая на снабженческую структуру. Взаимоотношения между Кыргызстаном и Казахстаном представляют собой систему снабженческих сделок, когда один снабженец пытается убедить другого забрать что-то как можно скорее и побольше или, наоборот, забрать позже, без детального анализа учета последствий, прогноза, что может произойти в будущем, как эти текущие сиюминутные действия повлияют на устойчивость целостной системы бассейна, на окружающую среду. Так, одна

сторона – Кыргызстан убеждала другую сторону – Казахстан, что приближаются проблемы с заполнением Кировского водохранилища, но снабженцам воды из Казахстана нужно было забрать воду вне графика поставок, вода нужна прямо сейчас, без прогноза анализа сложностей. «17–19 июля 2023 г. в Бишкеке прошла встреча представителей Кыргызстана и Казахстана, в ходе которой казахская сторона просила увеличить поставки воды. Казахская сторона обратилась с просьбой об увеличении подачи воды из Кировского водохранилища с 18 по 31 июля до 45 кубометров в секунду, хотя по подписанному графику должна была получать 40. В свою очередь, кыргызская сторона проинформировала об аналогичной тяжелой ситуации с поливами в Чуйской и Таласской областях и уведомила казахскую сторону, что при расходе 45 кубометров в секунду доля Казахстана, которая составляет 3,54 млн кубометров, будет исчерпана к 4 августа. Несмотря на приведенные расчеты и доводы, казахская сторона не отказалась от своей просьбы. В результате стороны подписали протокол, согласно которому со второй декады августа вода казахской стороне не будет подаваться», – рассказали в Минсельхозе Кыргызстана [3].

Мнение местных жителей, фермеров, пользователей воды бассейнов практически отсутствует в принятии решений, как им использовать воду в их бассейне, их регионе проживания. Местные жители исключены из системы программ эффективной подготовки анализа объемов воды в их бассейнах, у местных жителей отсутствует возможность самим согласованно планировать с другими членами бассейна, как им лучше подготовиться к сезону, что лучше засеять, как им планировать ресурсы в координации с другими без создания проблем своим близким соседям. Система прихода и расхода общего бассейна водных ресурсов плохо отрегулирована, когда нужно приход правильно спланировать с эффективной системой доходов. Практически сколько осадков, снега, дождей, какой водный баланс в бассейне, какой приход воды в Кыргызско-казахском Чу-Таласском бассейне плохо просчитано. Обе стороны, как жители Кыргызстана, так и Казахстана, тратят больше, чем имеется приход. Оптимально приход с расходом отрегулировать с учетом интересов и возможностей обеих сторон. Важно подготавливать наиболее эффективное использование прихода для увеличения следующего дохода, без ущерба для природы, с максимальным сохранением окружающей среды, помогая своим детям видеть и понимать, что такое хорошо и что такое плохо, и стимулировать их сознательно самостоятельно принимать правильные решения без административного давления. Разумеется, это кропотливая и долгая работа, требующая повышения квалификации и обучения с раннего детства и в течение всей жизни в цепочке школа – колледж – индустрия – университет. Создание совместных киргизско-казахских бассейновых колледжей – перспективное направление кооперации для обеих стран.

Основные положения

Как усилить изучение гидрогеологии Кыргызстана – Казахстана для внедрения водородно-водного рынка?

Для ответа на эти вопросы оптимально изучить опыт других аналогичных пар, как они взаимодействуют в таких ситуациях, как планируют свой приход-расход, какой у них уровень прихода-расхода, кто занимается расчетом, как они используют свой приход, во что вкладываются, как создают устойчивую эффективную систему использования общих ресурсов. Приблизительно идентичные пары – регионы Канада – США, Франция – Германия – представлены для изучения и обмена опытом, создания дуальных программ обучения, взаимных визитов, сравнения похожих и имеющих идентичные сложности территорий, для рациональной системы взаимной адаптации (рисунок 1, стр. 310).

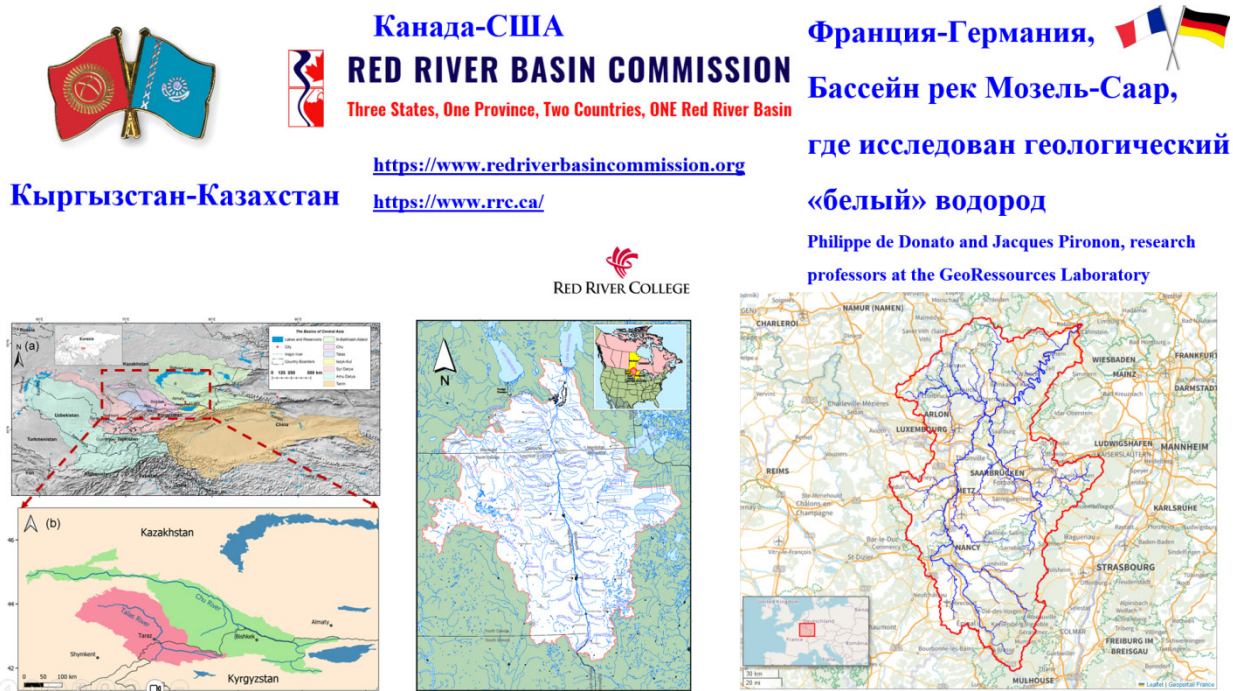


Рисунок 1– Кыргызско-Казахский Чу-Таласский бассейн, один из бассейновых комитетов Канады – США [8] с аффилированным колледжем Red River [9] и французско-германский бассейн Мозель-Саар

Материалы и методы

Методы исследования возможности внедрения водородно-водного рынка с предварительным изучением гидрогеологии Кыргызстана – Казахстана по опыту других стран, в бассейнах рек Франции – Германии, США – Канады, представлены на рисунке 2.

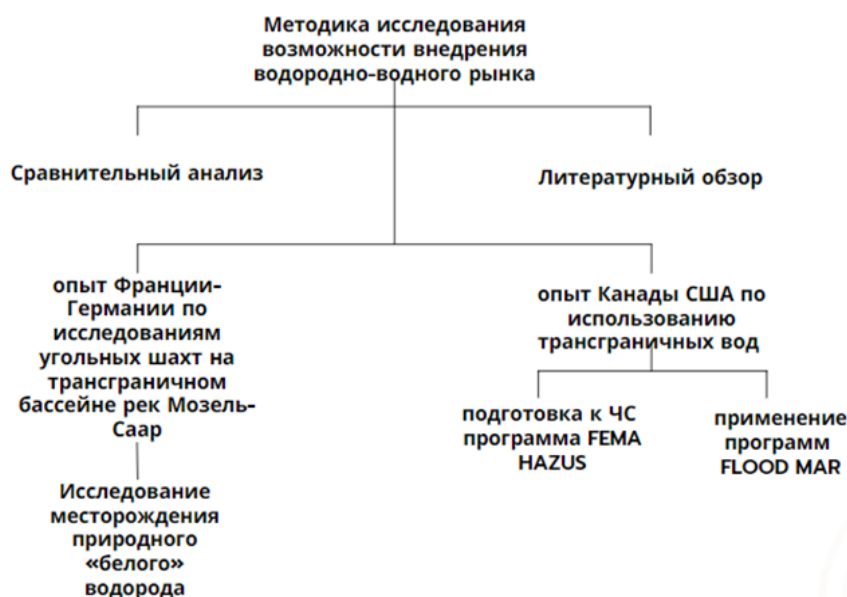


Рисунок 2 – Диаграмма исследования возможности внедрения водородно-водного рынка с предварительным изучением гидрогеологии Кыргызстана – Казахстана по опыту других стран, в бассейнах рек Франции – Германии, США – Канады

Система устойчивости управления и использования природных ресурсов трансграничного бассейна Кыргызстана – Казахстана проанализирована в сравнении с трансграничными бассейнами рек Канады – США, Франции – Германии.

Кыргызско-казахский Чу–Таласский бассейн

Верховье бассейна рек Чу–Талас (БРЧТ) находится в Кыргызстане, а низовье рек – в Казахстане. Реки Чу (Шу) и Талас берут воду с гор Центрального Тянь-Шаня в Кыргызстане на высоте более 4000 м над уровнем моря и далее спускаются в низовье до степей и пустынь Казахстана с высотами около 400 м над уровнем моря, где они завершаются топографической депрессией, образующей мелкие озера (рисунок 1). Бассейн Чу получает больше осадков (до 1000 мм/год в высокогорье Тянь-Шаня), чем Таласский (около 500 мм/год), и имеет более высокую плотность населения и долю пахотных земель, которые составляют 11% и 5,3% от площади бассейнов соответственно [4]. Столица Кыргызстана – Бишкек с населением чуть более миллиона человек расположена в верховье реки Чу, на притоке Ала-Арча. В водопотреблении преобладает ирригация, на которую приходится более 90% водопотребления на кыргызской стороне БРЧТ. Об этом бассейне гораздо меньше современной информации по сравнению с другими бассейнами ЦА, хотя текущая работа, координируемая Чу–Таласской трансграничной комиссией (ЧТТК), созданной правительствами Казахстана и Кыргызстана, направлена на расширение водного сотрудничества [5]. Бассейн рек Чу–Талас наименее изучен среди других речных бассейнов ЦА [4]. Мнение местных жителей, фермеров БРЧТ как со стороны Казахстана, так и Кыргызстана практически отсутствует в решении совместных проектов программ эффективного использования водных ресурсов бассейна, слабое участие гражданского общества в управлении водными ресурсами, также и слабый местный потенциал водных техников для управления своими водными ресурсами. БРЧТ, отсутствует открытая, доступная каждому жителю база данных ГИС (геоинформационная система), платформа поверхностных–подземных вод БРЧТ с внедренной системой моделирования прогнозов, интегрированных гидрологических, гидрогеологических данных, отсутствует открытая база данных пользователей воды БРЧТ, используемых скважин подземных вод, отсутствует единая программа подготовки БРЧТ к чрезвычайным ситуациям по наводнениям и засухам, с финансовыми расчетами, использованием программ, аналогичных FEMA HAZUS, Flood-MAR [6]. Кировское водохранилище, находящееся в БРЧТ, построено в районе девятибалльной сейсмической опасности, строительство велось в 1965–1975 гг. В связи с изменением климата пики периодов наводнений и засух усиливаются, и в случае комбинированного совпадения с землетрясением дамбы водохранилища могут разрушиться от паводка с землетрясением. В случае прорыва плотины Кировского водохранилища близ Тараза могут погибнуть более 150 тыс. человек и быть разрушено более 44 тыс. жилых домов [7].

Один из бассейновых комитетов Канады – США

Бассейновый комитет Канады – США координирует водные проектные программы (рисунок 1), включая финансовые, инженерные работы по наводнениям, засухам, эффективному использованию водных ресурсов. Система базируется на самоуправлении общими водными ресурсами жителей фермеров, индейцев, проживающих в трех штатах США (Миннесота, Северная и Южная Дакота) и провинции Канады (Манитоба). Местные жители, фермеры, индейцы, гражданские общества защиты природы, флоры и фауны активно участвуют в решении совместных проектов программ эффективного использования водных ресурсов, в управлении водными ресурсами. Сильный местный потенциал водных техников в управлении своими водными ресурсами с финансово-технической подготовкой техников в аффилированных колледжах постоянно обновляется самыми современными знаниями и технологиями с высокой оплатой труда [8, 9]. Бассейновый комитет Канады – США ведет базы данных, они открыты и доступны каждому. Информация по каждому проекту и группе, ведущей проект, находится на открытом веб-сайте [10]. К примеру, по бассейну жители, фермеры решили сделать LIDAR [11], Light Detection and Ranging – Remote Sensing, снимки высокой резолуции в

50 см для создания топографических карт, цифровых моделей рельефа, планирования земли фермеров, моделирования наводнений и засух. На это было потрачено 5 млн долларов. Финансы были вложены частично общими усилиями местных фермеров Канады и США – 3 млн, другая часть – 2 млн долларов была субсидирована провинциальной администрацией. Данные LIDAR в открытом доступе для скачивания [12]. Доступные программы обучения по использованию LIDAR открыты для каждого [13] с программами моделирования по прогнозу и адаптации к изменению климата [14]. По эффективному использованию накопления дренажных, паводковых вод наводнений бассейновый комитет использует интенсивно моделирование согласованно с фермерами Канады и США. Стороны совместно определяют регионы, где будет оптимально создать малые накопители для пополнения водоносных подземных горизонтов (MAR-Managed Aquifer Recharge) [15], аналогично программам Flood-MAR действующим в Калифорнии [16]. Местными жителями Канады – США используется единая геоинформационная база данных моделирования чрезвычайных ситуаций Канады – США FEMA HAZUS [6], представляющая стандартизированные инструменты и данные для оценки риска землетрясений, наводнений, ураганов, засух, пожаров с экономическим анализом и сценариями планирования финансовых расходов (рисунок 3) в кооперации со страховыми компаниями этих государств.



Рисунок 3 – Единая геоинформационная база данных моделирования чрезвычайных ситуаций FEMA HAZUS по оценке рисков землетрясений, наводнений, ураганов, засух, пожаров с финансовыми расчетами [6]

Экономическая польза, эффективность от внедрения программ моделирования, прогноза, мероприятий заранее до чрезвычайных событий (ЧС), использование комбинированных действий с технологиями FEMA HAZUS оценена Федеральным агентством Канады – США по ЧС в пропорции 1:10, каждый доллар, вложенный до ЧС, экономит до 10 долларов на последствиях ЧС [17]. По мере того как число и стоимость погодных и климатических катастроф увеличиваются, Федеральное агентство по ЧС FEMA США все больше инвестирует в программы подготовки к ЧС с эффективным реагированием, с акцентом на повышение квалификации на местах самим населением, в местных колледжах. Каждый год в течение последних пяти лет в США происходит более 20 бедствий, ущерб от которых оценивается более чем в 20 млрд долларов [17]. Стратегия FEMA США – стать более дальновидным, а не реактивным. Изменение климата требует планирования на десятилетия вперед, но в прошлом это не входило в обязанности FEMA. Сейчас же FEMA США интенсивно вкладывается в исследовательские работы по моделированию сценариев на десятки лет вперед по ЧС с передачей и доступностью знаний для разного уровня в цепочке школа – колледж – индустрия – университет. Моде-

ли HAZUS сочетают в себе опыт из многих дисциплин для создания полезной информации о рисках, которая повышает устойчивость сообщества. Программное обеспечение HAZUS распространяется как настольное приложение на основе ГИС с растущим набором упрощенных инструментов с открытым исходным кодом. Ресурсы по оценке рисков из программы HAZUS всегда находятся в свободном доступе и прозрачно развиваются. Программой HAZUS управляет Программа оценки рисков природных опасностей (NHRAP) Федерального агентства по чрезвычайным ситуациям управления рисками. HAZUS включает модули: а) историческое и сценарное моделирование; б) экономические потери; в) ущерб зданиям и социальные последствия исторических событий; г) сценарии планирования [6]. Бассейновый комитет Канады – США действует по принципам единой платформы в цепочке школа – колледж – индустрия – университет с вовлечением детей и взрослых в обсуждение и решение их общих сложностей, нахождение оптимальных решений, имея аффилированный колледж при бассейне [9]. Школьники вовлекаются и помогают своим родителям-фермерам в компьютерных технологиях, а также в полевых работах по изучению состояния поверхностных–подземных вод бассейна. Программы школьников, аналогичные программе «Знай свою скважину» [18], обучение тому, как отбирать пробы и проверять качество воды скважин, популярны в США – Канаде. Студенты сравнивают свои результаты с тестами, проведенными в лаборатории водных наук. Скважины местных жителей проверяются на наличие нитратов, нитритов, металлов, пестицидов и бактерий группы кишечной палочки. Студенты собирают данные о землепользовании для определения уязвимости к загрязнению. Владельцам скважин предоставляются результаты испытаний и информация, которая поможет им оценить качество воды. Программа «Знай свою скважину» помогает владельцам скважин и школьникам самим анализировать свою воду на местном уровне в регионах без централизованной системы администрирования (рисунок 4).

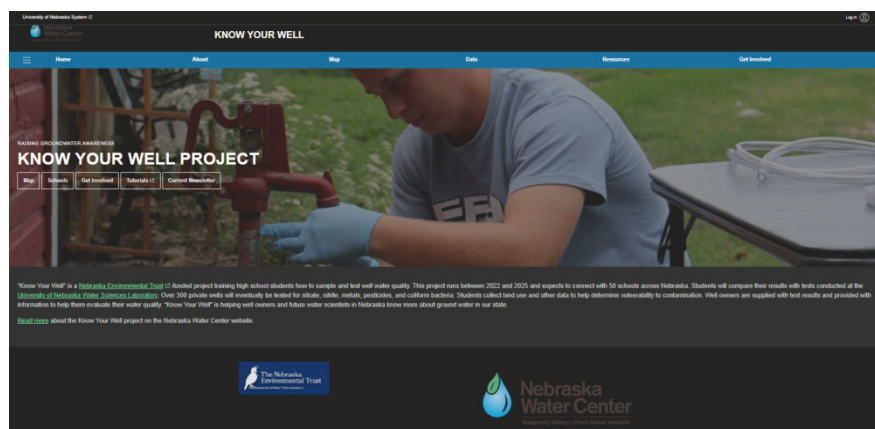


Рисунок 4 – Школьники США – Канады обучаются полевым работам по изучению подземных вод, отбору проб и проверяют качество воды скважин [18]

США, Канада также интенсивно поддерживают научные работы ученых исследователей в кооперации с Индустрией по созданию водородных хабов (рисунок 5, стр. 314) с развитием внутренних совместных рынков водорода, в том числе для использования аграрными корпорациями, ирригационными и транспортными машинами для работ по производству продовольствия.

Природный «белый» водород в категории «золотой лихорадки» во многих странах. Гидрогеологами ведутся интенсивные исследования в Северной Америке на землях фермеров (рисунок 6, стр. 314). Природный «белый» водород – это самое дешевое решение для производства углеродно-нейтрального водорода, который может конкурировать с ископаемым топливом. Цепочка геологической разведки природного водорода аналогична добыче природного газа и включает в себя разведку, выбор участков, бурение, добычу и разделение продукции.

Защита окружающей среды является приоритетом для реализации добычи природного «белого» водорода, который не требует использования экологически опасных методов, таких как гидроразрыв пласта. Природный «белый» водород на 33% дешевле, чем самый дешевый водород из ископаемого топлива, и в несколько раз дешевле самого дешевого «зеленого» водорода [20]. Природный «белый» водород перспективен в качестве более дешевой альтернативы «зеленому» водороду. Природный «белый» водород стоит в десять раз дешевле «зеленого» водорода [21–24].

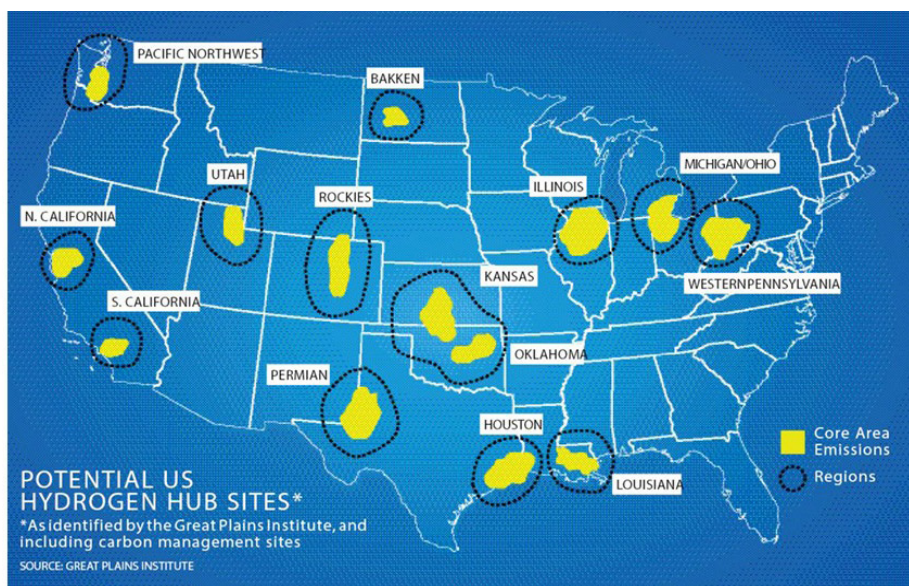


Рисунок 5 – Развиваемые водородные хабы в Северной Америке [19]



Рисунок 6 – Буровые работы компании по добыче природного «белого» водорода на землях фермеров Северной Америки Natural Hydrogen Energy [20]

Франция – Германия, бассейн рек Мозель – Саар

На территории бывших заброшенных шахт, закрытых 20 лет назад, на границе Франции и Германии (рисунок 7) ученые-гидрогеологи Филипп де Донато и Жак Пиронон, профессора-исследователи лаборатории GeoRessources в городе Нанси, исследовали месторождения природного «белого» водорода (H_2). Земля под горнодобывающим бассейном Лотарингии очень богата природным «белым» водородом [24, 25]. Исследователи полагают, что природный «белый» водород непрерывно производится настоящей водородной подземной «фабрикой», скрытой под ногами, сырьем которой являются молекулы воды и минералы, состоящие из карбонатов железа ($FeCO_3$ и $Ca(Fe, Mg, Mn)(CO_3)$) и урановых минералов. Земля вокруг заброшенных угольных шахт рудников Фолшвиллер богата этими типами соединений. Когда минералы вступают в контакт с водой, происходит физико-химическая окислительно-восстановительная реакция, в которой минералы разделяют молекулы воды (H_2O) на кислород (O_2) и водород (H_2) [23].

Природный «белый» водород присутствует в широком спектре горных пород и геологических регионов. Подземные физико-химические реакции включают дегазацию водорода, реакцию воды с геологическими породами (серпентинизации) или радиолиз (диссоциация воды ураном или плутонием) и разложение органического вещества. Серпентинизация – это процесс вступления воды в реакцию с определенными офиолитовыми породами и выделение водорода [20]. Серпентинизация является естественным природным процессом изменения водой горных пород, содержащих высокую концентрацию железа и магния. Это изменение в сочетании с окислением металлов, присутствующих в породах, приводит к образованию богатого водородом газа и очень щелочной воды (pH до 12,5).

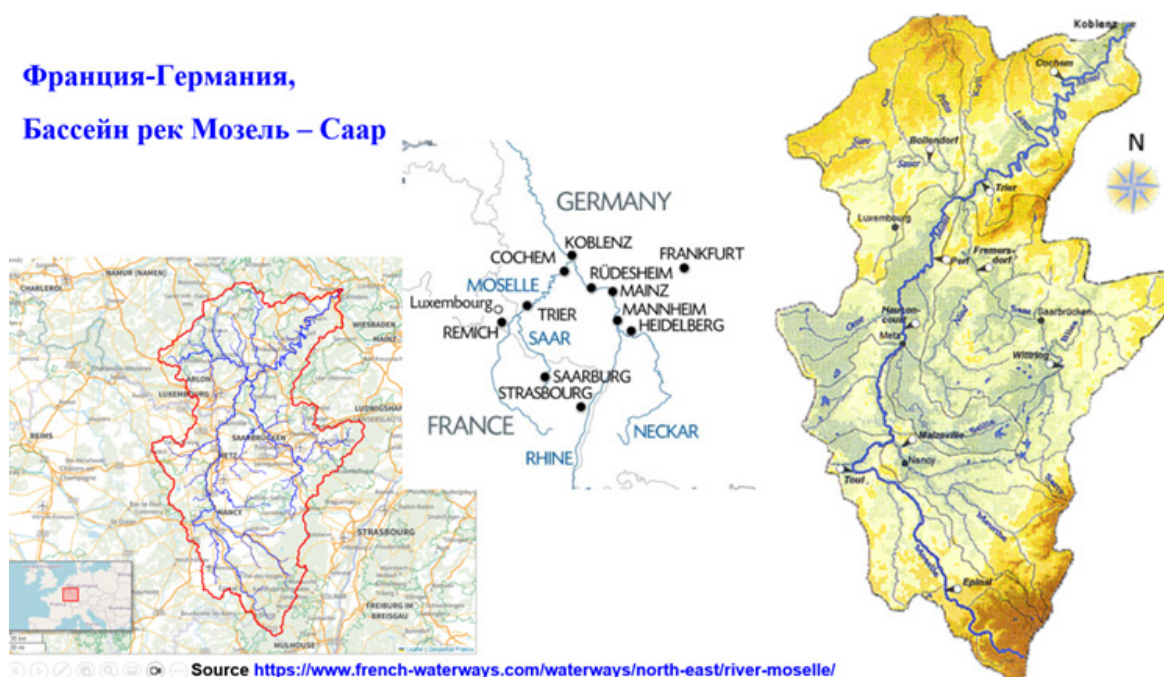
Франция-Германия,
Бассейн рек Мозель – Саар

Рисунок 7– На границе Франции и Германии ученые-гидрогеологи Филипп де Донато и Жак Пиронон, профессора-исследователи лаборатории GeoRessources исследовали гигантское месторождение до 250 млн т природного «белого» водорода (H_2) в регионе речного бассейна Мозель – Саар

Результаты и обсуждение

Исследования гидрогеологии природных запасов водорода являются сложной задачей. Исследователями-гидрогеологами проводятся обширные исследования для определения потенциального расположения месторождений природного водорода (рисунок 8).



<https://getech.com/blog/hydrogen/a-mineral-systems-approach-to-targeting-natural-hydrogen-deposits/>

Рисунок 8 – Подземные природные геологические «фабрики» производства водорода, возобновляемой энергии с циклом около периода человеческой жизни, около 80 лет [26, 27]

Ученые-гидрогеологи используют расширенные исследования базы данных скважин для анализа запасов природного «белого» водорода. В то же время добыча природного «белого» водорода может быть намного дешевле, чем все типы водородов (рисунок 9). Под землей может быть в тысячу раз больше водорода, чем всех существующих типов водорода, производимых на земле [27]. Геологическая службы США, USGS, считает, что Земля ежегодно производит намного больше водорода, чем миллионы тонн, производимые людьми на всей земле [28].

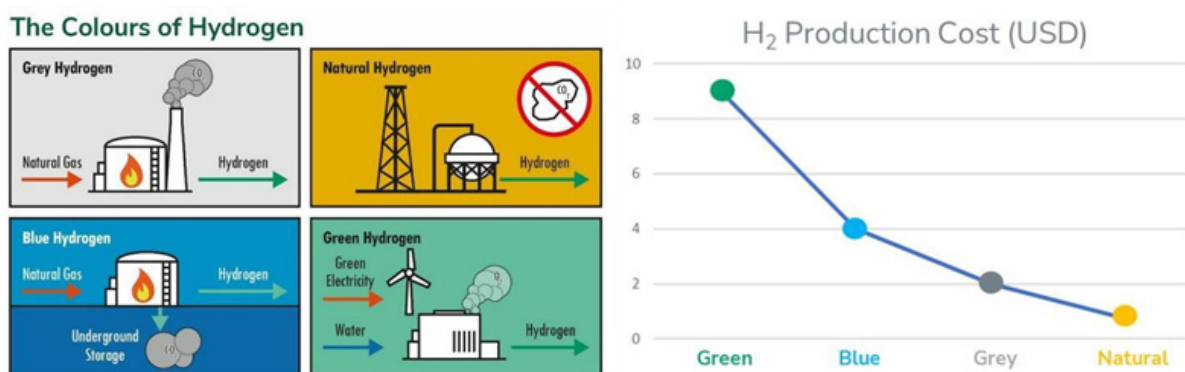
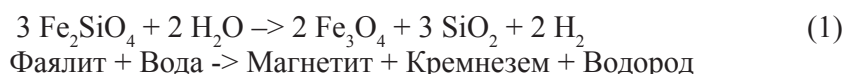


Рисунок 9 – Природный геологический «белый» водород намного дешевле по себестоимости, чем все типы других водородов, производимых на земле [27].

Наличие воды в подземных «фабриках» является одним из основных компонентов процесса выработки природного геологического «белого» водорода. Без воды подземная «фабрика» просто высохнет. В связи с этим очень важно отрегулировать снабжение водой подземных геологических «фабрик» водорода. Основными процессами выработки природного геологического «белого» водорода являются:

- а) серпентинизация (гидратация богатых железом пород/минералов)
- б) радиолиз (расщепление молекул воды при радиоактивном распаде урана и/или тория)

Пример серпентинизации оливина (минерала, богатого железом и магнием):



Пример радиолиза, диссоциация воды ураном или плутонием в земле. При радиолизе вода разлагается на такие частицы, как гидроксильные радикалы (точка НО-радикал), атомы водорода (Н точка-радикал) и атомы кислорода (О точка-радикал) (рисунок 10) [26].

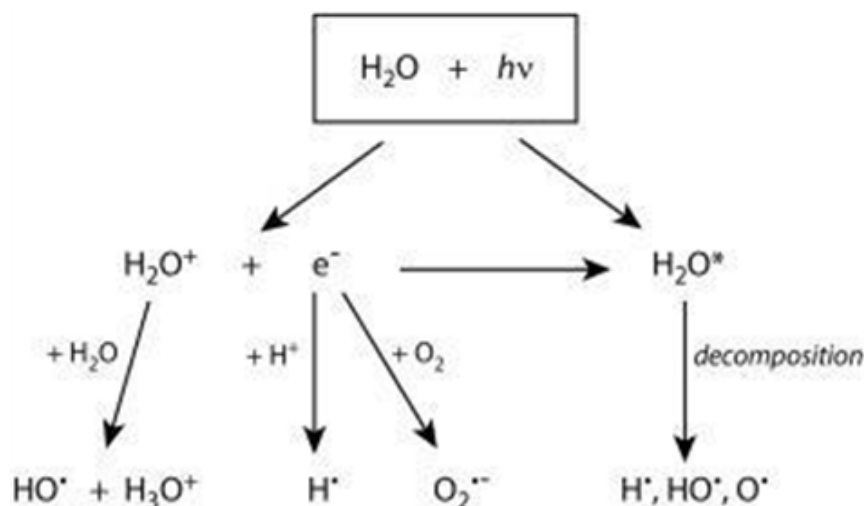


Рисунок 10 – Основные первичные реакции и продукты радиолиза воды [26]

Есть большая вероятность нахождения природного «белого» водорода в Кыргызстане – Казахстане, где имеются большие запасы полиметаллов, урана, подземных вод. В Кыргызстане – Казахстане отсутствовали стимулы поиска природного «белого» водорода, отсутствовало финансирование, стимулы вовлечения ученых-гидрогеологов в изучение природного «белого» водорода. Теперь же имеется информация и знания, как выглядят правильные геологические структуры, где могут находиться подземные «фабрики» производства природного «белого» водорода по опыту исследований Мали, Швейцарии, Франции, Германии, США, Канады, Австралии [29–31]. Оптимально изучить опыт этих стран и их геологические структуры, обучиться и исследовать аналогичные геологические структуры Кыргызстана – Казахстана, где могут быть месторождения природного «белого» водорода, стимулировать и дать финансирование ученым-гидрогеологам Кыргызстана–Казахстана. В случае наличия природного «белого» водорода в Кыргызстане–Казахстане он может быть дешевле производства «зеленого» водорода в десятки раз [21]. Наличие природного «белого» водорода в Кыргызстане – Казахстане вполне может позволить развивать интенсивно внутреннее использование водорода населением этих стран, где нужны будут технологии, аналогичные технологиям французских производителей водородных электрических генераторов с нулевым уровнем выбросов [32, 33]. Накопительные технологии водорода в емкостях, идентичных сжиженному природному

газу, с последующим производством электроэнергии станциями GEN2, вполне могут заменить дорогие технологии хранения электроэнергии в батареях, практически могут заменить батареи (рисунок 11). Развитие использования таких технологий требует технической экспертизы с системой подготовки техников по водороду, включая обучение техников в колледжах в кооперации с колледжами Франции, Канады и Катар. Кыргызстану – Казахстану будет выгодно усилить кооперацию в подготовке техников в цепочке школа – колледж – индустрия – университет в изучении, проведении полевых водных исследований, моделировании водных балансов поверхностных–подземных вод бассейнов, гидрогеологии [34, 35].



Рисунок 11 – Французские технологии водородных электрических генераторов GEN2 с нулевым уровнем выбросов [33, 34, 35] с накопителями водорода в емкостях, идентичных сжиженному природному газу, с последующим производством электроэнергии вполне могут заменить дорогие технологии хранения электроэнергии в батареях, практически могут заменить батареи

Заключение

Кыргызстану и Казахстану важно развить более тесную кооперацию по совместному развитию водородно-водного рынка с созданием стимулов вовлечения населения в изучение гидрогеологии в цепочке школа – колледж – индустрия – университет. Кыргызстан и Казахстан очень богаты подземными природными ресурсами, которые используются в основном только для того, чтобы получить сиюминутную выгоду на несколько лет, без системы долгосрочного сохранения природных ресурсов для будущих поколений этих стран. Добывающая индустрия Кыргызстана – Казахстана нацелена лишь на извлечение руд без возобновляемой системы восстановления природных ресурсов. Технологии использования подземных ресурсов как восстанавливаемой подземной «фабрики» с эффективной системой восстановления природных ресурсов практически нет. Кыргызстан и Казахстан вполне могут исследовать, наладить и эффективно использовать природный геологический «белый» водород в системе непрерывного получения и восстановления в подземной водородной «фабрике». В Кыргызстане и Казахстане плохо отработана кооперация гидрогеологических исследований. Геоинформационные карты расположения природного «белого» водорода отсутствуют. Важно усилить экспертизу, знания, заинтересованность, инвестиции в гидрогеологические исследования при-

родного «белого» водорода в обеих странах. Гидрогеологические исследования естественных природных процессов серпентинизации, радиолиза плохо отработаны в Кыргызстане и Казахстане, практически отсутствуют. Исследования водных ресурсов гидрогеологии имели и имеют остаточный принцип. Работы гидрогеологов очень плохо финансируются. Научные институты гидрогеологов Кыргызстана и Казахстана с трудом выживают без финансирования. Этим странам оптимально использовать текущие возможности «золотой лихорадки» гидрогеологических исследований по природному геологическому «белому» водороду. Наиболее рационально развить партнерские дуальные системы обучения с Канадой – США, Францией – Германией, где обнаружены крупнейшие мировые подземные запасы водорода. Кыргызстану с Казахстаном важно усилить кооперацию с созданием стимулов роста, поддержкой исследователей, ученых-гидрогеологов, созданием совместных кыргызско-казахских бассейновых колледжей подготовки техников по водным ресурсам, водородным технологиям аналогично тому, как делается в других странах.

Информация о финансировании

Данная работа поддерживается проектом № AP19679749 грантового финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Adenova D., Tazhiyev S., Sagin J., Absametov M., Murtazin Y., Trushel L., Miroshnichenko O., Zaryab A. (2023) Groundwater Quality and Potential Health Risk in Zhambyl Region, Kazakhstan. *Water*, no. 15, p. 482. <https://doi.org/10.3390/w15030482>.
- 2 Ob#em vody v Kirovskom vodohranilishhe (2023). <https://agro.gov.kg/ru/10589/> [in Russian].
- 3 ody v Kirovskom vodohranilishhe pochni net. Zasuha na jube (2023). https://youtu.be/Z31qTmL8Hhk?si=Bqk2Vxb-u-gI2V0_ [in Russian].
- 4 Yapiyev V., Sagintayev Z., Inglezakis V.J., Samarkhanov K., Verhoef A. (2017) Essentials of Endorheic Basins and Lakes: A Review in the Context of Current and Future Water Resource Management and Mitigation Activities in Central Asia. *Water*, 9, 798. <https://doi.org/10.3390/w9100798>.
- 5 Transgranichnoe sotrudnichestvo v bassejnah rek Chu i Talas (2018). <https://unece.org/environment-policy/water/areas-work-convention/transboundary-cooperation-chu-and-talas-river-basin> [in Russian].
- 6 FEMA Hazus Program (2024). <https://www.fema.gov/flood-maps/products-tools/hazus>.
- 7 Kazakhstan Today (2009) V sluchae proryva plotiny Kirovskogo vodohranilishha bliz Taraza mozhet pogibnut' bolee 150 tys. chelovek. https://www.kt.kz/rus/society/v_sluchae_proryva_plotini_kirovskogo_vodohranilishta_bliz_taraza_mozhet_pogibnutj_bolee_150_tis_chelovek_mchs_1153502816.html [in Russian].
- 8 RED RIVER BASIN COMMISSION (2024) Three States, One Province, Two Countries, ONE Red River Basin. <https://www.redriverbasincommission.org/>
- 9 RED RIVER COLLEGE (2024) <https://www.rrc.ca/>
- 10 Proekty Kanady-SShA/ <https://www.redriverbasincommission.org/rrbc-projects> [in Russian].
- 11 Light Detection and Ranging – Remote Sensing (2024) <https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/lidar-basics>.
- 12 Dannye LIDAR otkrytogo dostupa dlja skachivaniya (2024) <https://geoportal.gov.mb.ca/datasets/manitoba-lidar-tracker/explore> [in Russian].
- 13 Programmy obuchenija po ispol'zovaniju LIDAR otkryty dlja kazhdogo (2024) https://www.redriverbasincommission.org/_files/ugd/4a0263_b8b0c30808534dde9af401bf3bf7cc78.pdf [in Russian].
- 14 Novye primeneniya LiDAR dlja Adaptacii k klimatu v bassejne Krasnoj reki https://www.redriverbasincommission.org/_files/ugd/4a0263_52343221a2ad47f8a638213458414f2a.pdf [in Russian].
- 15 Upravlenie zasuhami-navodnenijami na granice Kanady – SShA. <https://drive.google.com/drive/folders/0B776EVHLD2yGaFdPZkxQVVFQRTg?resourcekey=0-GgFPWywQS8RT37yU6F32jA> [in Russian].

- 16 Malye nakopiteli dlja popolnenija vodonosnyh podzemnyh gorizontov, FLOOD-MAR (2024) <https://floodmar.org/> [in Russian].
- 17 US FEMA expenses estimations (2023). <https://www.smartcitiesdive.com/news/fema-climate-billion-dollar-weather-disaster-resilience/685250/>
- 18 Programmy shkol'nikov SShA Kanady po izucheniju vodnyh resursov. Znaj svoju skvazhinu (2024) <https://knowyourwell.unl.edu/> [in Russian].
- 19 ENR. The Rush Is On: Administration's \$8 Billion Attracts Lots of US Hydrogen Hub Builders (2022). <https://www.enr.com/articles/54092-the-rush-is-on-administrations-8-billion-attracts-lots-of-us-hydrogen-hub-builders>.
- 20 White Hydrogen. The hunt for 'holy grail' of clean energy buried beneath the ground (2023). <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/hydrogen-renewable-energy-wildcatter-mali-nebraska-b2451551.html>.
- 21 Energy Observer. What potential for natural hydrogen? (2024). <https://www.energy-observer.org/resources/natural-hydrogen>.
- 22 Solar Impulse. White Hydrogen. Drilling for natural hydrogen (2024). <https://solarimpulse.com/solutions-explorer/white-hydrogen>.
- 23 Hand E. (2023) Hidden Hydrogen, Does Earth hold vast stores of a renewable, carbon-free fuel? Science. <https://www.science.org/content/article/hidden-hydrogen-earth-may-hold-vast-stores-renewable-carbon-free-fuel>.
- 24 What is 'white hydrogen'? The pros and cons of Europe's latest clean energy source. EuroNews Green (2023). <https://www.euronews.com/green/2023/11/05/what-is-white-hydrogen-the-pros-and-cons-of-europes-latest-clean-energy-source>
- 25 Bettayeb K. (2023) CNRS Geology, A gigantic hydrogen deposit in northeast France? <https://news.cnrs.fr/articles/a-gigantic-hydrogen-deposit-in-northeast-france>
- 26 Radiolysis (2003). <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/radiolysis>.
- 27 Getech. A Mineral Systems Approach to Targeting Natural Hydrogen Deposits (2023). <https://getech.com/blog/hydrogen/a-mineral-systems-approach-to-targeting-natural-hydrogen-deposits/>.
- 28 Wang B. (2023) Possibly a Trillion Tons of Mineable Hydrogen. <https://www.nextbigfuture.com/2023/02/possibly-a-trillion-tons-of-mineable-hydrogen.html>.
- 29 Amadi A. (2024) Natural Hydrogen: A Potential Carbon-Free Energy Source of the Future? <https://medriva.com/health/environmental-health/natural-hydrogen-a-potential-carbon-free-energy-source-of-the-future/>.
- 30 UN, Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development, Hydrogen and Ammonia fertilizers for Sustainable Agriculture and New Global Framework for Managing Nature programs (2023). <https://sdgs.un.org/partnerships/hydrogen-and-ammonia-fertilizers-sustainable-agriculture-and-new-global-framework>.
- 31 Hawkinson K. (2023) What is white hydrogen? Scientists say clean-energy gas could save the world. Business Insider Science. <https://www.businessinsider.com/white-hydrogen-france-clean-energy-climate-change-2023-10>.
- 32 American Gas Association. Natural Hydrogen Has Been Underestimated (2023). <https://www.aga.org/natural-hydrogen-has-been-underestimated/>.
- 33 EODEV. GEH2: The zero-emission hydrogen power generator (2024). <https://www.eo-dev.com/products/geh2-the-zero-emission-hydrogen-power-generator>.
- 34 Generac Power, US-French EODev Hydrogen GEH2 (2024). <https://www.generac.com/Industrial/all-about/hydrogen>.
- 35 Hydrogen Technician, college based TVET program (2024). <https://cna.nl.ca/program/hydrogen-technician#>.

¹Аманжолова Р.,

магистр, ORCID ID: 0000-0001-9129-1074, e-mail: r_amanzholova@kbtu.kz

²Аденова Д.,

PhD, ORCID ID: 0000-0001-7973-811X, e-mail: d.adenova@satbayev.university

¹Аманжолов К.,

магистрант, ORCID ID: 0009-0007-6698-2106, e-mail: ka_amanzholov@kbtu.kz

³Мурат Д.,

магистр, ORCID ID: 0009-0009-2332-4802, e-mail: dauletmurat8080@gmail.com

^{1,3}Дүйсебек Б.,

PhD, ORCID ID: 0000-0002-2596-4936, e-mail: b.duisebek@kbtu.kz

^{1*}Сагин Ж.,

PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0002-0386-888X, *e-mail: j.sagin@kbtu.kz

³Сарсекова Д.,

а.-ш.ғ.д., профессор, ORCID ID: 56403235500,

e-mail: sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz" sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz

⁴Орунбаев С.,

PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0002-9321-6390, e-mail: orunbaev_s@auca.kg

^{5,6}Алиев М.

магистр, ORCID ID: 0000-0002-3550-5223, e-mail: hydrolab.kr@gmail.com

¹Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы қ., Қазақстан

²У. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты,

Қ. Сәтбаев университеті, 050000, Алматы қ., Қазақстан

³Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы қ., Қазақстан

⁴Орталық Азиядағы Америка университеті, 720060, Бішкек қ., Қырғызстан

⁵Қырғыз ирригация ғылыми-зерттеу институты, 720055, Бішкек қ., Қырғызстан

⁶Қырғыз Республикасының Су ресурстары, ауыл шаруашылығы және қайта өңдеу өнеркәсібі министрлігі, 720014, Бішкек қ., Қырғызстан

СУТЕГІ-СУ НАРЫҒЫН ЕНГІЗУ ҮШІН ҚЫРҒЫЗСТАН – ҚАЗАҚСТАН ГИДРОГЕОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Андатпа

Су тапшылығы Орталық Азия (ОА), соның ішінде Қырғызстан – Қазақстан сияқты құрғақ және жартылай құрғақ аймақтардағы жаһандық тәуекелдердің бірі. Орталық Азияның негізгі өзендері – Қырғызстан мен Қазақстан аймағында орналасқан Шу–Талас өзендер алабы сияқты трансшекаралық болып келеді. Климаттың өзгеруі, сумен қамтамасыз етудің қысқаруы, су сапасының нашарлауы сияқты табиғи және техногендік факторлар су дағдарыстары мен қақтығыстарына әкелуі мүмкін. Өкінішке орай, негізінен Орталық Азияның жер үсті суларының ресурстары зерттеліп, жер асты суларының ресурстары ашық аналитикалық талдаудан тыс қалған. Сонымен қатар жер асты сулары өзен алабы экожүйесінің өмірлік маңызды құрамдас бөлігі және алабтың жер үсті-жер асты суларының біріктірілген жүйесінің тұрақтылығын толық талдау үшін жер үсті суларымен бір мезгілде зерттелуі керек. Жер үсті және жер асты сулары біріктірілген ғылыми зерттеулер, алабтардың су теңгерімін болжау шекаралас мемлекеттердің метеоролог, гидролог, гидрогеолог мамандарының ынтымақтастығындағы қиындықтармен байланысты. Негізінен трансшекаралық келіссөздерде мекемелік басқару, жүйелі жоспарсыз, табиғи үрдістерге бейімділік пен дайындықты талдамай, далалық жұмыстарға жергілікті тұрғындарды, мектептердің, колледждердің және университет студенттерін тартып, ынталандырмай, жер үсті және жер асты сулары алабындағы су теңгерімін модельдеуді, суды зерттейтін әкімшілік басқарудан басымырақ. Қырғызстан мен Қазақстан алабтарындағы ауылдардың жергілікті тұрғындарының мектеп – колледж – өндіріс – университет тізбегінде біліктілігін, климаттың өзгеруіне бейімделу мүмкіндіктерін арттыру үшін бірлесе қолдау көрсету керек. Қырғызстан мен Қазақстандағы табиғи үрдістердің бірлескен гидрогеологиялық зерттеулері нашар дамыған. Қырғызстан мен Қазақстан бірлескен ынтымақтастық мүмкіндіктерін жоғалтуда. Қазір көптеген елдерде гидрогеологиялық зерттеулер мен табиғи геологиялық «ак» сутегі бойынша зерттеулердің «алтын қарқыны» жүріп жатыр, сонымен қатар Франция – Германия шекарасынан әлемдегі ең үлкен жер асты

сутегінің қоры табылды. 20 жыл бұрын қараусыз қалған көмір шахталары орналасқан Мозель және Саар өзендерінің трансшекаралық алабтары аумағында жер асты «зауыттарындағы» өндірісті – адамның орташа өмір сүру кезеңімен шамалас 80 жылда қайта қалпына келтіру мүмкіндігіне ие, көлемі шамамен 250 миллион тоннаға жететін табиғи геологиялық «ақ» сутектің үлкен көлемі анықталды. Мозель, Саар өзендерінің трансшекаралық алабының өкілдері – Франция мен Германияның келісімі серпентинизация мен радиолиздің физика-химиялық тотығу үрдістерін жүзеге асыру үшін жер астындағы сутегі «зауыттарын» суға толтыру кезінде маңызды рөл атқарады. Қырғызстан мен Қазақстан үшін халқын дамуға ынталандырып, зерттеушілер мен гидрогеологтарға қолдау көрсетіп, екі елдің Ғылым академияларын нығайту арқылы ынтымақтастықты күшейту керек. Бұл шолуда Қырғызстан мен Қазақстанның гидрогеологиясын зерделеу арқылы Қырғызстан мен Қазақстан арасындағы қоғамдастықты нығайту, сонымен қатар екі елдің бірлесіп табиғи ресурстарды тиімді басқару, сутек пен су ресурстарын тиімді пайдалану мүмкіндіктері ұсынылды.

Тірек сөздер: жер үсті, жер асты сулары, алабық кеңес, Франция –Германия, Канада – АҚШ, Қырғызстан – Қазақстан, табиғи «ақ» сутегі.

¹**Amanzholova R.,**

master, ORCID ID: 0000-0001-9129-1074, e-mail: r_amanzholova@kbtu.kz

²**Adenova D.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0001-7973-811X, e-mail: d.adenova@satbayev.university

¹**Amanzholov K.,**

master student's, ORCID ID: 0009-0007-6698-2106, e-mail: ka_amanzholov@kbtu.kz

³**Murat D.,**

master, ORCID ID: 0009-0009-2332-4802, e-mail: dauletmurat8080@gmail.com

^{1,3}**Dujsebek B.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0002-2596-4936, e-mail: b.dusebek@kbtu.kz

^{1*}**Sagin Zh.**

PhD, professor, ORCID ID: 0000-0002-0386-888X, *e-mail: j.sagin@kbtu.kz

³**Sarsekova D.,**

Doctor of Agricultural Sciences, professor, ORCID ID: 56403235500,
e-mail: "sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz" sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz

⁴**Orunbaev S.,**

PhD, professor, ORCID ID: 0000-0002-9321-6390, e-mail: orunbaev_s@auca.kg

^{5,6}**Aliev M.**

master, ORCID ID: 0000-0002-3550-5223, e-mail: hydrolab.kr@gmail.com

¹Kazakh-British Technical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

²Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology, Satpayev University,
050000, Almaty, Kazakhstan

³Kazakh National Agrarian Research University, 050010, Almaty, Kazakhstan

⁴American University of Central Asia, 720060, Bishkek, Kyrgyzstan

⁵Kyrgyz Research Institute of Irrigation, 720055, Bishkek, Kyrgyzstan

⁶Water Resources Service under the Ministry
of Water Resources, Agriculture and Processing Industry of the Kyrgyz Republic,
720055, Bishkek, Kyrgyzstan

HYDROGEOLOGY OF KYRGYZSTAN-KAZAKHSTAN EXPLORATION FOR HYDROGEN-WATER MARKET DEVELOPMENT

Abstract

Water scarcity is one of the global risks in arid and semi-arid regions such as Central Asia (CA), including Kyrgyzstan-Kazakhstan. The main rivers of Central Asia are transboundary, such as the Chu-Talas River basin, which is located on the territory of Kyrgyzstan and Kazakhstan. Natural and man-made factors such as climate change

can lead to water crises and conflicts due to reduced water supplies and deteriorating water quality. Unfortunately, in Central Asia, surface water resources are mainly studied, and groundwater resources are excluded from open analytical analysis. At the same time, groundwater is a vital component of the river basin ecosystem and should be studied simultaneously with surface water to obtain a more complete analysis of the sustainability of the integrated surface-groundwater system of the basin. Combined scientific research of surface and groundwater, forecasting the water balance of basins is associated with great difficulties in transboundary cooperation of specialists from meteorologists, hydrologists, hydrogeologists of bordering states. Basically, cross-border negotiations are dominated by departmental management, more administrative management, without system planning, analysis of adaptation and preparation for natural processes, without stimulating the involvement of the local population, students of schools, colleges and universities in studying, conducting field water research, modeling surface water balances -groundwater of swimming pools. Local residents of the villages of the basins of Kyrgyzstan and Kazakhstan need increased joint support for advanced training of the population, opportunities for adaptation to climate change in the school-college-industry-university chain. Joint hydrogeological studies of natural processes in Kyrgyzstan and Kazakhstan are poorly developed. Kyrgyzstan-Kazakhstan is missing out on opportunities for joint cooperation. In many countries there is now a “gold rush” of hydrogeological research and research on natural geological “white” hydrogen, including on the France-German border, where the world’s largest underground reserves of hydrogen have been discovered. It is important for Kyrgyzstan and Kazakhstan to strengthen cooperation with the creation of growth incentives, support for researchers, hydrogeologists, and strengthening of the Academies of Sciences of the two countries. This review presents opportunities for strengthening cooperation between Kyrgyzstan and Kazakhstan, including joint effective management of natural resources, studying the hydrogeology of Kyrgyzstan and Kazakhstan for the effective joint use of hydrogen and water resources of the two countries.

Key words: surface-groundwater, basin council, France-Germany, Canada-USA, Kyrgyzstan-Kazakhstan, natural “white” hydrogen.