

УДК 661.961
МРНТИ 38.55.25

<https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-3-343-353>

^{1,2}Куришбаев А.,
PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0002-0568-5964,
e-mail: rector@kaznaru.edu.kz
³Габдуллин М.,
PhD, ORCID ID: 0000-0003-4853-3642,
e-mail: m.gabdullin@kbtu.kz
³Аманжолова Р.,
магистрант, ORCID ID: 0000-0001-9129-1074,
e-mail: r_amanzholova@kbtu.kz
³Эм Т.,
магистрант, ORCID ID: 0009-0007-6859-1053,
e-mail: t_em@kbtu.kz
^{3*}Сагин Ж.,
PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0002-0386-888X,
*e-mail: j.sagin@kbtu.kz
²Сарсекова Д.,
PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0003-0537-4936,
e-mail: sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz
¹Серикканов А.,
PhD, ORCID ID: 0000-0002-0568-5964,
e-mail: a.serikkanov.nas@gmail.com
¹Алиханов К.,
PhD, ORCID ID: 0000-0001-9514-7678,
e-mail: k.alikhanov.nas@gmail.com
⁴Аденова Д.,
PhD, ORCID ID: 0000-0001-7973-811X,
e-mail: adenovadinara@gmail.com
⁴Абсаметов М.,
PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0003-2520-6294,
e-mail: m.absametov@satbayev.university

¹Национальная академия наук Республики Казахстан, 050010, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
050010, г. Алматы, Казахстан

³Казахско-Британский технический университет, 050000, г. Алматы, Казахстан

⁴Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина,
Сатпаев университет, 050000, г. Алматы, Казахстан

ЗНАЧИМОСТЬ РАСШИРЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ СЕРПЕНТИНИЗАЦИИ ОФИОЛИТОВЫХ ПОРОД ПО ПРИРОДНОМУ «БЕЛОМУ» ВОДОРОДУ ДЛЯ КАЗАХСТАНА

Аннотация

В Казахстане рассматриваются варианты и регионы производства водорода, в том числе на западе Казахстана, в Мангистауской области, с использованием воды Каспийского озера. Текущие продвигаемые технологии производства водорода, включая зеленый водород «green hydrogen», очень дорогие, требующие миллиардных долларовых инвестиций и потенциально создающие сложности местному населению и

природе, экологии, флоре и фауне. В то же время геологические исследования альтернативных вариантов добычи водорода в Казахстане плохо отработаны. Казахстану нужны и очень важны в настоящее время исследования серпентинизации офиолитовых пород по природному «белому» водороду. Во многих странах сейчас идет практически «золотая лихорадка», гидрогеологами ведутся исследования по поиску природного «белого» водорода. Гидрогеологи в настоящее время обнаружили многочисленные источники природного водорода в геологических средах от Мали до Швейцарии, Франции, Германии, США, Канады, Австралии. С целью его обнаружения и добычи возникло более 50 компаний. Природная водородная скважина действует в Мали для обеспечения энергией города с населением около 4000 человек бесплатно и навечно. В отличие от других геологических видов топлива, которые образуются в течение миллионов лет, природный водород генерируется путем смешивания воды и частиц железа, серпентинизации офиолитовых пород, является возобновляемым в масштабах человеческого времени, а не в геологических эпохах. Альтернативные варианты производства и использования водорода представлены в данном обзоре, в том числе различные типы водорода: черного, серого, зеленого, синего, бирюзового, розового и желтого, в зависимости от способа его добычи и производства. Казахстан с богатейшими природными рудными запасами, в том числе угля и полиметаллов, где могут располагаться офиолитовые породы, вполне может иметь месторождения природного «белого» водорода, такие геологические исследования в Казахстан плохо отработаны.

Ключевые слова: серпентинизация, офиолитовые породы, природный «белый» водород, Каспийское озеро, HYRASIA ONE.

Введение

Казахстан намерен продолжить промышленную добычу воды из Каспийского озера для производства водорода и экспорта в ЕС в рамках проекта HYRASIA ONE в дополнение к текущей интенсивной добыче нефти и газа в районе Каспийского озера [1]. Сложность реализации казахстанского проекта HYRASIA ONE связана с проблемой доступности водных ресурсов и стоимостью электроэнергии в Западном Казахстане, Мангистауской области. Будет разумно разработать альтернативные решения с разумными затратами и без ущерба для природы. Более детальное изучение альтернативных вариантов добычи и производства водорода, опыт других стран, в том числе анализ технологий различных типов водорода: черного, серого, зеленого, синего, бирюзового, розового и желтого в зависимости от способа его добычи и производства. Различные способы производства водорода часто связывают с цветом. Такая классификация позволяет понять, откуда берется водород и какой углеродный след связан с его добычей и производством. Хотя водород является наиболее распространенным элементом, он редко существует в чистом виде и обычно находится в сочетании с другими атомами. Исключением является природный «белый» водород, который считался редким и потенциал которого раскрывается сейчас в последние несколько лет от 2024 г. [2]. В отличие от запасов ископаемого топлива, для формирования которых требуются миллионы лет, природный «белый» водород создается непрерывно, а период восстановления примерно равен продолжительности человеческой жизни. Природный «белый» водород – это недавно обнаруженный геологический источник устойчивой энергии, аналогичный природному газу. Природный «белый» водород генерируется естественным геохимическим процессом глубоко внутри земной коры, что делает его устойчивым и неисчерпаемым источником. Природный «белый» водород в категории «золотой лихорадки», гидрогеологами ведутся интенсивные исследования во многих странах, кроме Казахстана. Гидрогеологи Мали, Швейцарии, Франции, Германии, США, Канады, Австралии обнаружили многочисленные источники природного «белого» водорода, некоторые проекты уже запущены и производят природный водород в промышленных количествах [3]. В Казахстане такие геологические исследования природного «белого» водорода отсутствуют. Природный «белый» водород – это самое дешевое решение для производства углеродно нейтрального водорода, которое может конкурировать с ископаемым топливом. Цепочка создания стоимости аналогична добыче природного газа. Она 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 [3]. Природный «белый» водород перспективен в качестве более дешевой альтернативы «зеленому» водороду. «Зеленый» водород в настоящее время стоит около 5 евро за килограмм. Природный «белый» водород стоит около 0.50 евро за килограмм, в десять раз дешевле «зеленого» водорода (5 евро/50 евроцентов=10) [4, 5].

Почему в Казахстане до текущего дня отсутствовали исследования природного «белого» водорода? Ответом на этот вопрос может быть отсутствие экспертизы, знаний, заинтересованности, инвестиций в гидрогеологические исследования природного «белого» водорода. Основные инвестиции до текущего дня были в основном в нефтегазовые ресурсы и рудные исследования полиметаллов. Гидрогеологические исследования естественных природных процессов серпентинизации, исследования воды с окислением металлов, приводящих к выделению природного «белого» водорода, в Казахстане отсутствовали. В принципе, исследования водных ресурсов имели остаточный принцип в Казахстане. Работы гидрогеологов Казахстана имели очень плохое финансирование. Научные институты гидрогеологов Казахстана с трудом выживали без финансирования. Ответ также в геологии. Существуют определенные геологические структуры, в которых обнаруживается природный газ или нефть. Ни в коем случае не гарантируется, что в подходящей геологии будут залежи природного газа, однако можно с уверенностью сказать, что в неподходящей геологии их не будет. Так же по месторождениям природного «белого» водорода, который образуется в геологических структурах, отличных от природного газа или нефти [8]. Вероятность нахождения природного «белого» водорода наибольшая на севере Казахстана, где имеются большие запасы угля и полиметаллов, но не в регионе Каспийского озера, где имеются большие запасы нефтегазовых ресурсов. Итак, ответ на вопрос, почему десятки лет поисков и добычи нефти и природного газа не привели к обнаружению сколько-нибудь значительных количеств природного водорода, прост. Геологи искали не в том месте, если вообще кто-либо искал в Казахстане природный «белый» водород, и отсутствовали стимулы поиска природного «белого» водорода в другом регионе Казахстана, 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. Оптимально изучить опыт этих стран и их геологические структуры, обучиться и исследовать аналогичные геологические структуры Казахстана, где могут быть месторождения природного «белого» водорода, стимулировать и дать финансирование ученым-гидрогеологам Казахстана. Наибольшая вероятность нахождения природного «белого» водорода есть на севере Казахстана, где имеются большие запасы угля и полиметаллов с заброшенными шахтами (рисунок 1).

Гигантское месторождение водорода в регионе заброшенных угольных шахт

На территории бывших заброшенных шахт, закрытых 20 лет назад, на границе Франции и Германии 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 [6]. Исследователи полагают, что природный «белый» водород непрерывно производится настоящей водородной подземной «фабрикой», скрытой под нашими ногами, сырьем для которой являются молекулы воды и минералы, состоящие из карбонатов железа ($FeCO_3$ и $Ca(Fe,Mg,Mn)(CO_3)$). Земля вокруг заброшенных угольных шахт рудников Фолшвиллер богата этими двумя 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) [6].



Рисунок 1 – Карта месторождений, регионов добычи угля, источник [9], где потенциально есть геологические структуры, карбонаты железа (FeCO_3 и $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)$), где могут находиться подземные «фабрики» производства природного «белого» водорода по опыту исследований Мали, Швейцарии, Франции, Германии, США, Канады, Австралии, требуются гидрогеологические исследования

Материалы и методы

Методология исследования представлена ниже в виде блок-схемы (рисунок 2). Планирование и управление системой добычи месторождения водорода.



Рисунок 2 – Блок-схема продвижения исследований природного геологического водорода в Казахстане

Природный «белый» водород, по-видимому, присутствует в широком спектре горных пород и геологических регионов. Естественные процессы образования водорода еще не до конца изучены. Некоторые гипотезы включают дегазацию водорода, реакцию воды с геологическими породами (серпентинизации) или радиолиз (диссоциация воды ураном или плутонием) и разложение органического вещества. Серпентинизации – это процесс вступления воды в реакцию с определенными офиолитовыми породами и выделение водорода [2]. Серпентинизации являются 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 (рН до 12,5).

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



Фаялит + Вода → Магнетит + Кремнезем + Водород

Месторождение природного «белого» водорода французскими учеными Жаком Пироном и Филиппом Де Донато оценивается до 250 млн тонн [7].

Для сравнения: планируемое в Казахстане промышленное производство «зеленого» водорода из воды Каспийского озера составит 2 млн тонн водорода (в 125 раз меньше) при гигантском производстве солнечной и ветряной энергии, покрывающем большую территорию в Мангистауской области, с инвестициями в 50 млрд долларов [1]. В Казахстане имеется очень большое количество заброшенных угольных шахт, где аналогичные исследования, проведенные французскими учеными по месторождениям природного «белого» водорода на территории бывших угольных шахт, отсутствуют. В Казахстане также много геотермальных подземных регионов, карбонатов железа (FeCO_3 и $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$), крупнейшие мировые подземные запасы урана и плутония, где проходят процессы серпентинизации с выделением водорода. Гидрогеологические исследования естественных природных процессов серпентинизации, изменения водой с окислением металлов, приводящих к выделению природного «белого» водорода, в Казахстане плохо отработаны, геоинформационные карты расположения природного «белого» водорода отсутствуют в Казахстане. При нахождении таких регионов природного «белого» водорода в Казахстане себестоимость вполне может быть в десятки раз дешевле, чем планируемые проекты производства «зеленого» водорода из воды Каспийского озера.

Результаты и обсуждение

Важность усиления кооперации с соседними странами ЦА по обеспечению водной подпитки подземных «фабрик» производства природного «белого» водорода

Для подземной выработки водорода нужны подземные воды в геологических пластах, где могут происходить окислительно-восстановительные химические процессы, включая реакции серпентинизации (гидратация богатых железом пород/минералов), радиолиз (расщепление молекул воды при радиоактивном распаде урана и/или тория), распад органического вещества. Для формирования таких процессов нужны металлорудные метаматматические породы, с кремнеземом, гранитоидные породы. Подземным «фабрикам» производства водорода нужна постоянная подпитка водой в случае извлечения водорода из этих «фабрик» [10]. В случае продолжения интенсивного потребления поверхностной воды, строительства дамб, поверхностных резервуаров с большими потерями по испарениям воды до 100% страны ЦА уничтожат свои подземные «фабрики» производства водорода, прекратив обеспечение питанием подземные «фабрики». Странам ЦА более выгодно совместно усилить гидрогеологические исследования, исследовать и найти регионы подземных «фабрик» производства «белого» водорода и обеспечить питанием, подпиткой подземных вод несущих горизонтов на постоянной основе (рисунок 3). Все эти работы требуют большой экспертизы, вовлечения ученых-исследователей подземных ресурсов, геологов-гидрогеологов.



Рисунок 3 – Упрощенное изображение процесса выработки природного геологического «белого» водорода в подземных «фабриках», где требуется наличие подземных вод и среды для серпентинизации (гидратация богатых железом пород/минералов) и радиолизом (расщепление молекул воды при радиоактивном распаде урана и/или тория), источник [10]

В ЦА во всех пяти странах (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан) популярно строительство дамб-резервуаров, причем в настоящее время это является одной из основных стратегий финансирования больших строительных работ. В ЦА построено более 60 крупных поверхностных водохранилищ с текущим продолжением строительства тысяч малых дамб и поверхностных водохранилищ. В то же время многие страны, включая страны Европы, США, Канаду, сокращают строительство дамб-резервуаров и даже ликвидируют ранее построенные дамбы-резервуары, учитывая, какой вред сооружения приносили и приносят естественным природным процессам круговорота воды в природе, флоре и фауне. Во многих странах мира сейчас идет «золотая лихорадка» гидрогеологических исследований по поиску подземных «фабрик» производства природного геологического «белого» водорода. В ЦА, наоборот, поверхностные воды практически исчерпаны и сейчас идет интенсивное уничтожение малых природных поверхностных вод со строительством дамб-резервуаров, что влечет уничтожение натуральной подпитки подземных водоносных горизонтов, где потенциально расположены подземные «фабрики» производства «белого» водорода. Странам ЦА более выгодно включиться в текущие мировые тренды, мировые программы «золотой лихорадки» гидрогеологических исследований в кооперации с учеными Франции, Германии, США, Канады, Австралии и договориться о совместном эффективном использовании подземных «фабрик» и продукции «белого» водорода.

Заключение

В случае наличия природного «белого» водорода в Казахстане конкурентность «зеленого» водорода значительно уменьшится. Природный «белый» водород может быть дешевле производства «зеленого» водорода в десятки раз [4, 5]. Наличие природного «белого» водорода в Казахстане вполне может позволить развивать интенсивно внутреннее использование водорода населением Казахстана, где нужны будут технологии, аналогичные технологиям французских производителей водородных электрических генераторов с нулевым уровнем выбросов [11, 12]. 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 4). 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 Катара (рисунок 5).



Рисунок 4 – Французские технологии водородных электрических генераторов GEN2 с нулевым уровнем выбросов [11, 12] 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

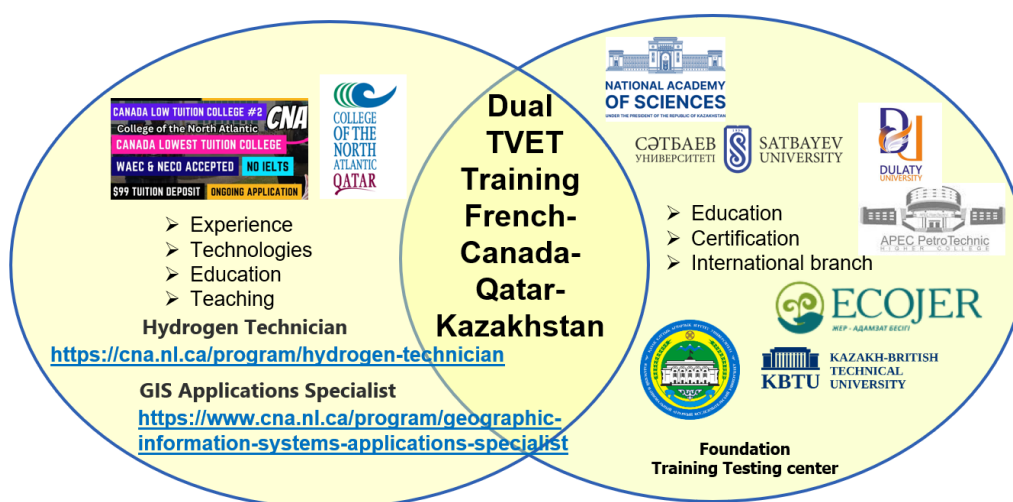


Рисунок 5 – Развитие дуальной программы обучения техников по водороду, включая обучение техников в колледжах в кооперации с колледжами Франции, Канады и Катара [12]

Информация о финансировании

Данная работа поддерживается проектом № AP19679749 и проектом № AP19679749 грантового финансирования Министерства Науки и Высшего Образования Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development, Hydrogen and Ammonia fertilizers for Sustainable Agriculture and New Global Framework for Managing Nature programs, UN, 2023. <https://sdgs.un.org/partnerships/hydrogen-and-ammonia-fertilizers-sustainable-agriculture-and-new-global-framework>
- 2 What potential for natural hydrogen? Energy Observer, 2024. <https://www.energy-observer.org/resources/natural-hydrogen>
- 3 White Hydrogen. Drilling for natural hydrogen, Solar Impulse, 2024. <https://solarimpulse.com/solutions-explorer/white-hydrogen>
- 4 Hand E. Hidden Hydrogen, Does Earth hold vast stores of a renewable, carbon-free fuel? Science, 2023 <https://www.science.org/content/article/hidden-hydrogen-earth-may-hold-vast-stores-renewable-carbon-free-fuel>
- 5 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>
- 6 Bettayeb K. CNRS Geology, A gigantic hydrogen deposit in northeast France? 2023. <https://news.cnrs.fr/articles/a-gigantic-hydrogen-deposit-in-northeast-france>
- 7 Hawkinson K. What is white hydrogen? Scientists say clean-energy gas could save the world. Business Insider Science, 2023. <https://www.businessinsider.com/white-hydrogen-france-clean-energy-climate-change-2023-10>
- 8 Natural Hydrogen Has Been Underestimated, American Gas Association, 2023. <https://www.aga.org/natural-hydrogen-has-been-underestimated/>
- 9 База данных. Казахстан, 2024. <https://aboutkazakhstan.com/>
- 10 A Mineral Systems Approach to Targeting Natural Hydrogen Deposits. Getech, 2023. <https://getech.com/blog/hydrogen/a-mineral-systems-approach-to-targeting-natural-hydrogen-deposits/>
- 11 GEH2: The zero-emission hydrogen power generator. EODEV, France, 2024. <https://www.eo-dev.com/products/geh2-the-zero-emission-hydrogen-power-generator>
- 12 US-French EODev Hydrogen GEH2. Generac Power, 2024. <https://www.generac.com/Industrial/all-about/hydrogen>
- 13 College based TVET program. Hydrogen Technician, 2024. <https://cna.nl.ca/program/hydrogen-technician#>

^{1,2}Куришбаев А.,

PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0002-0568-5964,
e-mail: rector@kaznaru.edu.kz

³Габдуллин М.,

PhD, ORCID ID: 0000-0003-4853-3642,
e-mail: m.gabdullin@kbtu.kz

³Аманжолова Р.,

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

³Эм Т.,

магистрант, ORCID ID: 0009-0007-6859-1053,
e-mail: t_em@kbtu.kz

^{3*}Сагин Ж.,

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

²Сарсекова Д.,

PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0003-0537-4936,
e-mail: sarsekova.dani@kaznaru.edu.kz

¹Серикканов А.,

PhD, ORCID ID: 0000-0002-0568-5964,
e-mail: a.serikkanov.nas@gmail.com,

¹Алиханов К.,

PhD, ORCID ID: 0000-0001-9514-7678,
e-mail: k.alikhanov.nas@gmail.com

⁴Аденова Д.,

PhD, ORCID ID: 0000-0001-7973-811X,
e-mail: adenovadinara@gmail.com

⁴Абсаметов М.,

PhD, профессор, ORCID ID: 0000-0003-2520-6294,
e-mail: m.absametov@satbayev.university

¹Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 050010, Алматы қ., Қазақстан

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050010, Алматы қ., Қазақстан

³Қазақ-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы қ., Қазақстан

⁴У. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты,
Сәтбаев университеті, 050000, Алматы қ., Қазақстан

ТАБИҒИ «АҚ» СУТЕГІНІҢ ОФИОЛИТ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ СЕРПЕНТИНИЗАЦИЯЛАУ ҮДЕРІСІН ЗЕРТТЕУДІ ТЕРЕҢДЕТУДІҢ ҚАЗАҚСТАН ҮШІН МАҢЫЗЫ

Андатпа

Қазақстанда Каспий теңізінің суын пайдалана отырып, сутегі өндірісінің нұсқалары мен шоғырланған өңірлері, соның ішінде Қазақстанның батысындағы Маңғыстау облысы, зерттелді. «Green hydrogen» – жасыл сутегі өндірісін қоса алғанда, қазіргі жетілдірілген сутегі өндірісі технологиялары өте қымбат, миллиардтаған долларлық инвестицияларды қажет етеді және жергілікті халыққа, табиғатқа, экологияға, флора мен фаунаға ықтимал қиындықтар тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, Қазақстанда сутегі өндірудің баламалы нұсқаларын геологиялық тұрғыдан зерттеу нашар пысықталған. Қазақстан үшін қазір опииолит жыныстарының табиғи «ақ» сутегінің серпентинизациясы бойынша зерттеулер жүргізу өте маңызды. Қазіргі таңда көптеген елдерде «алтын асығыс» секілді үрдіс байқалады, гидрогеологтар табиғи «ақ» сутекті іздеу мақсатында зерттеулер жүргізуде. Қазір гидрогеологтар Малиден бастап Швейцарияға, Францияға, Германияға, АҚШ-қа, Канадаға және Австралияға дейінгі геологиялық орталарда табиғи сутектің көптеген көздерін тапты. Оны табу және өндіру мақсатында 50-ден астам компания пайда болды. Малиде табиғи сутегі ұңғымасы 4000-ға жуық тұрғыны бар жергілікті қаланы ақысыз және мәңгілік энергиямен қамтамасыз ету үшін жұмыс істейді. Табиғи сутегі басқа геологиялық отындардан айырмашылығы, миллиондаған жылдар

бойы емес, адам өмірінде жаңаратын ресурстар қатарына жатады. Ол су мен темір бөлшектерінің қосылысы арқылы, опиолит жыныстарының серпентинизациясы нәтижесінде пайда болады. Осы шолуда сутегіні өндірудің әртүрлі нұсқалары ұсынылған, оның ішінде қара, сұр, жасыл, көк, көгілдір, қызғылт және сары сутегілер, олардың өндіру тәсілдеріне байланысты ерекшеліктері талқыланады. Қазақстанның бай табиғи ресурстарының ішінде көмір мен полиметалдарды қоса алғанда, опиолит жыныстары орналасуы мүмкін, бұл жерлерде табиғи «ақ» сутегі кен орындарының болуы ықтимал. Алайда, бұл бағыттағы геологиялық зерттеулер елімізде әлі де толыққанды дамымаған.

Тірек сөздер: серпентинизация, офиолит жыныстары, табиғи «ақ» сутегі, Каспий көлі, HYRASIA ONE.

^{1,2}**Kurishbaev A.,**

PhD, professor, ORCID ID: 0000-0002-0568-5964,

e-mail: rector@kaznaru.edu.kz

³**Gabdullin M.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0003-4853-3642,

e-mail: m.gabdullin@kbtu.kz

³**Amanzholova R.,**

Master's student, ORCID ID: 0000-0001-9129-1074,

e-mail: r_amanzholova@kbtu.kz

³**Em T.,**

Master's student, ORCID ID: 0009-0007-6859-1053,

e-mail: t_em@kbtu.kz

^{3*}**Sagin J.,**

PhD, Professor, ORCID ID: 0000-0002-0386-888X,

*e-mail: j.sagin@kbtu.kz

²**Sarsekova D.,**

PhD, professor, ORCID ID: 0000-0003-0537-4936,

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

¹**Serikkanov A.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0002-0568-5964,

e-mail: a.serikkanov.nas@gmail.com,

¹**Alikhanov K.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0001-9514-7678,

e-mail: k.alikhanov.nas@gmail.com

⁴**Adenova D.,**

PhD, ORCID ID: 0000-0001-7973-811X,

e-mail: adenovadinara@gmail.com

⁴**Absametov M.,**

PhD, Professor, ORCID ID: 0000-0003-2520-6294,

e-mail: m.absametov@satbayev.university

¹National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Agrarian Research University, 050010, Almaty, Kazakhstan

³Kazakh-British Technical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

⁴Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin,
Satpayev University, 050000, Almaty, Kazakhstan

THE IMPORTANCE OF EXPANDING RESEARCH ON THE SERPENTINIZATION OF OPHIOLITE ROCKS BY NATURAL “WHITE” HYDROGEN FOR KAZAKHSTAN

Abstract

In Kazakhstan, options and regions for hydrogen production are being considered, including in Western Kazakhstan, the Mangystau region, using the water of the Caspian Lake. The current advanced hydrogen production

technologies, including green hydrogen, are very expensive, requiring billions of dollars of investment and potentially creating difficulties for the local population and nature, ecology, flora and fauna. At the same time, geological studies of alternative hydrogen production options in Kazakhstan are poorly developed. Kazakhstan needs and is currently very important to study serpentinization of ophiolite rocks using natural «white» hydrogen. In many countries, there is practically a «gold rush» now, hydrogeologists are conducting research on the search for natural «white» hydrogen. Hydrogeologists have now discovered numerous sources of natural hydrogen in geological environments from Mali to Switzerland, France, Germany, the USA, Canada, and Australia. More than 50 companies have sprung up to discover and mine it. A natural hydrogen well operates in Mali to provide energy to a local city with a population of about 4,000 people for free and forever. Unlike other geological fuels, which are formed over millions of years, natural hydrogen is generated by mixing water and iron particles, serpentinization of ophiolite rocks, and is renewable on the scale of human time, and not in geological epochs. Alternative options for the production and use of hydrogen are presented in this review, including various types of hydrogen, black, gray, green, blue, turquoise, pink and yellow, depending on the method of its extraction and production. Kazakhstan, with the richest natural ore reserves, including coal and polymetals, where ophiolite rocks may be located, may well have deposits of natural «white» hydrogen, such geological studies in Kazakhstan are poorly developed.

Key words: serpentinization, ophiolite rocks, natural “white” hydrogen, Caspian Lake, HYRASIA ONE.

Дата поступления статьи в редакцию: 09.02.2024