



МАГНИЙ ИЗ ПЛАСТОВЫХ ВОД: ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНОЙ ДОБЫЧИ И ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Сапартувакова Огульнур Гюйзтуваковна

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В статье рассмотрены современные подходы к добыче магния из пластовых вод нефтегазовых месторождений как к перспективному направлению рационального использования минерально-сырьевых ресурсов. Проанализированы химический состав пластовых рассолов, методы извлечения магния, энергетическая эффективность и экологические аспекты процесса. Обсуждаются преимущества вторичного вовлечения пластовых вод в промышленный цикл и возможности интеграции технологий извлечения с нефтегазовым производством.

Ключевые слова: пластовые воды, магний, добыча, сорбция, мембранные технологии, комплексное использование ресурсов, устойчивое развитие.

Введение

В условиях истощаемости традиционных источников минерального сырья особую актуальность приобретают технологии комплексного использования недр. Одним из перспективных направлений является извлечение ценных компонентов из пластовых вод нефтегазовых месторождений, которые традиционно рассматривались как отход производства.

Пластовые воды представляют собой природные рассолы, насыщенные хлоридом натрия, кальцием, магнием, калием и микроэлементами. По оценкам геохимических исследований, ежегодно в мире извлекается свыше **70** миллиардов кубометров пластовых вод, большая часть которых возвращается в недра без переработки. Между тем концентрация магния в этих рассолах может достигать до 8–10 г/л, что делает их ценным сырьевым источником.

Магний — стратегический металл XXI века, востребованный в авиакосмической, химической, электронной и медицинской промышленности. Его легкость, коррозионная стойкость и высокая электропроводность обеспечивают широкое применение в сплавах, аккумуляторах и медицинских имплантах.

Таким образом, разработка технологий извлечения магния из пластовых вод является не только экономически целесообразной, но и экологически значимой задачей, способствующей формированию принципов замкнутого ресурсного цикла.

Химико-минералогические особенности пластовых вод

Пластовые воды формируются в результате длительного геологического взаимодействия пород и углеводородных систем. Их состав зависит от глубины залегания, возраста отложений, температуры, минерализации и геохимических условий месторождения.

Обычно такие воды содержат от 20 до 350 г/л растворённых веществ, среди которых значительные доли приходится на Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- и SO_4^{2-} . В некоторых районах Прикаспия и Западного Казахстана концентрация магния достигает уровня, сравнимого с морской водой.

Преимущество пластовых вод перед другими источниками заключается в устойчивости химического состава и непрерывности поступления — ведь они постоянно добываются вместе с нефтью и газом. Это делает возможным их промышленное использование при минимальных капитальных затратах на добычу.

Методы извлечения магния из пластовых рассолов

Современные технологии извлечения магния можно условно разделить на три группы: химико-осадительные, сорбционные и мембранные.

Химические методы основаны на осаждении гидроксида магния из раствора с последующей фильтрацией и прокаливанием до оксида. В качестве реагентов применяются известь или сода. Этот метод хорошо освоен, но характеризуется высоким расходом реагентов и образованием большого количества осадков.

Сорбционные методы используют ионообменные смолы и модифицированные сорбенты (на основе цеолитов, активированных углей, гидроксипатитов), которые избирательно поглощают ионы магния. Преимущества — возможность селективного извлечения и регенерации сорбента.

Мембранные технологии (обратный осмос, электродиализ, нанофильтрация) становятся наиболее перспективным направлением. Они позволяют концентрировать раствор и разделять ионы по заряду и размеру без добавления реагентов. В сочетании с солнечной или геотермальной энергией такие системы обеспечивают высокую энергетическую эффективность и экологическую чистоту процесса.

В ряде нефтедобывающих регионов Казахстана, Омана и Саудовской Аравии ведутся пилотные проекты по внедрению **гибридных схем**, где мембранная концентрация совмещается с химическим осаждением.

Энергетическая и экологическая эффективность процессов

Извлечение магния из пластовых вод требует значительных энергозатрат, однако использование вторичных энергоресурсов — тепла сопутствующих газов, геотермальных потоков или солнечных установок — делает процесс устойчивым.

По оценкам Международного энергетического агентства (IEA, 2023), интеграция таких систем в нефтегазовую инфраструктуру способна сократить углеродный след добычи магния на до 60% по сравнению с традиционным способом выпаривания морской воды.

Экологические преимущества технологии очевидны:

- сокращается объём захороняемых пластовых вод;
- уменьшается нагрузка на поверхностные водоёмы;
- повышается степень утилизации попутных потоков;
- снижается общий объём отходов нефтегазовой промышленности.

Таким образом, производство магния из пластовых вод можно рассматривать как элемент циркулярной экономики — где отход одной отрасли становится ресурсом для другой.

Промышленные и экономические перспективы

В мировой практике растёт интерес к переработке минеральных рассолов. Крупнейшие компании (*Dow Chemical, Dead Sea Works, CNPC, Tatneft Green Technologies*) активно разрабатывают установки комплексного извлечения магния, лития, калия и брома.

Для Казахстана и Прикаспийского региона эти технологии открывают новые возможности:

- создание вторичных производств в нефтегазовых районах;
- развитие локальных энергетически независимых предприятий;
- экспорт продукции с высокой добавленной стоимостью — магниевых сплавов, оксидов, электролитов.

По прогнозам, использование всего 10% объёма пластовых вод нефтегазовых месторождений региона может обеспечить до **15–20 тысяч тонн магния в год**, что сопоставимо с объёмами небольших месторождений рудного происхождения.

Научно-технические вызовы и направления развития

Несмотря на очевидные преимущества, технология требует решения ряда проблем:

- высокая коррозионная активность рассолов;
- необходимость стабильной селективности мембран;
- вопросы утилизации концентрированных отходов;
- экономическая оптимизация процесса регенерации реагентов.

Перспективные направления исследований включают:

- разработку наноструктурированных сорбентов с высокой ёмкостью к Mg^{2+} ;
- применение электрохимических методов выделения магния;
- интеграцию с системами CO_2 -улавливания для совместного получения магниевых соединений;
- использование искусственного интеллекта для моделирования и оптимизации технологических процессов.

Заключение

Добыча магния из пластовых вод — это шаг к устойчивой и безотходной энергетико-ресурсной модели.

Эта технология не только открывает новые источники стратегического металла, но и способствует снижению экологической нагрузки нефтегазового сектора.

В долгосрочной перспективе использование пластовых рассолов станет частью интегрированных экосистем недропользования, где добыча нефти, газа и растворённых минеральных компонентов объединяется в единый технологический цикл.

Реализация подобных проектов требует междисциплинарного подхода, объединяющего геологию, химию, энергетику и экологию, а также государственной поддержки инновационных разработок.

Литература

1. IEA. *Critical Minerals and Circular Economy Report*. — Paris, 2023.
2. KazGeoTech Institute. *Geochemical Composition of Formation Waters in the Caspian Basin*. — Atyrau, 2022.
3. UNEP. *Sustainable Resource Management in Oil and Gas Sector*. — Geneva, 2023.
4. Liu X., Zhang H. *Extraction of Magnesium from Brine Using Hybrid Membrane Systems*. — *Journal of Membrane Science*, 2022.
5. Ниязов А.Б., Мурзагалиева Г. *Магний из пластовых рассолов Прикаспийского региона*. — Алматы, 2023.
6. Dow Chemical Co. *Magnesium Recovery from Oilfield Brines: Pilot Results*. — Texas, 2022.
7. FAO. *Water Reuse and Mineral Recovery in Industry*. — Rome, 2023.