



ЙОДОДЕФИЦИТ

ТЕКСТ: ЕЛЕНА ХАРИТОНОВА, ЕЛЕНА КРЫЛОВА, ПЕТР ШВЫДЬКО

ЙОД — ОДИН ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА. МЕДИЦИНА ДАВНО ОПРЕДЕЛИЛА, НАСКОЛЬКО ВАЖНО ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА. ДЛЯ РОССИИ И УКРАИНЫ ЭТА ПРОБЛЕМА ЯВЛЯЕТСЯ ВЕСЬМА АКТУАЛЬНОЙ. РОССИЯ И УКРАИНА НЕ ОСУЩЕСТВЛЯЮТ СОБСТВЕННОЙ ДОБЫЧИ ЙОДА. ВМЕСТЕ С ТЕМ НАЛИЧИЕ В ОБЕИХ СТРАНАХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ЙОДНЫХ ВОД В БОЛЬШИХ ОБЪЕМАХ СОЗДАЕТ УСЛОВИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ МАЛОРЕАГЕНТНЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОЛНОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ ВСЕХ ЦЕННЫХ ВЕЩЕСТВ, ЧТО ПОЗВОЛИТ СУЩЕСТВЕННО СНИЗИТЬ СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ И ПЕРИОД ОКУПАЕМОСТИ, ИСКЛЮЧИТЬ ВРЕДНУЮ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.

ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА ХАРИТОНОВА

ассистент Днепродзержинского
технического университета

ЕЛЕНА ВАЛЕРЬЯНОВНА КРЫЛОВА

доцент Национального горного
университета в Днепропетровске

ПЕТР ВАСИЛЬЕВИЧ ШВЫДЬКО

генеральный директор — концерн
«Южруда», заместитель генерального
директора, канд. техн. наук

Йод — элемент достаточно редкий. Его среднее содержание в земной коре — всего 400 мг/т. Сложность его добычи состоит, прежде всего, в том, что помимо его малой распространенности он сильно рассеян, то есть встречается везде, но в крайне малых количествах. Удельное, самое большое его содержание, как ни странно, присутствует в морской воде — в виде йодидов (солей йодоводородной кислоты щелочных металлов). Средняя концентрация йода в морских и солоноватых водах, в том числе и подземной (например, сеноманской, то есть находящейся на глубине более 1000 м), составляет в среднем от 20 до 50 миллиграммов на литр воды.

Интересные свойства проявляют морские водоросли — различные виды ламинарии (она же известна в мире как морская капуста). Они аккумулируют в собственных клетках не усваивающийся йод до колоссального значения — 3–6 кг на одну тонну просушенных водорослей. Именно поэтому морская капуста так полезна, благодаря йоду в том числе.

Собственных минералов йод образует мало, такие находки столь же редки, как и сам йод. Но йод нужен и активно потребляется: в медицине (спиртовой раствор йода как обеззараживающее средство — лишь начало этого списка), в производстве галогеновых ламп, жидкокристаллических дисплеев, литий-галогеновых топливных ячеек и, наконец, в лазерных установках. Потребление в среднемировом срезе составляет около 30 тысяч тонн.

99 процентов мировых запасов йода приходится на Чили, Японию, Италию и ЮАР. Уровень добычи йода в мире приближается к уровню добычи серебра и ртути. Собственно, переходя к вопросу добычи йода, стоит отметить такие подходы, как переработка природных накопителей йода — морских водорослей и получение йода из их золы; получение йода из отходов селитряного производства — маточных растворов чилийской селитры (нитрата натрия), содержащей до 0,4% йода в виде йодата и йодида натрия (солей йодной и йодоводородной кислот соответственно); получение йода из природных йодсодержащих растворов, например воды некоторых соленых озер или попутных (буровых) нефтяных вод, содержащих обычно 20–40 мг/л йода в виде йодидов (местами 1 литр этих вод содержит свыше 100 мг йода, что является хорошим показателем).

Несмотря на выходы к океанам и морям и довольно развитое производство азотных удобрений, в России (и в Украине) первые два способа получе-

Материал был подготовлен
до событий марта 2014 года



ния йода в промышленных масштабах не используются. А вот переработка природных вод всегда была перспективной и поэтому стала главным источником йода. В настоящее время нефтяные буровые воды служат основным сырьем для промышленного получения йода в России. Но темпы производства настолько низки, что потребности не удовлетворяют — йод теперь импортируется. В СССР довольно активно добывали йод при переработке углем буровых вод: в 1930 году советский инженер В.П. Денисович разработал этот метод, который довольно долго был основой советского йодного производства. В 1 кг угля за месяц накапливалось до 40 г йода. Но те времена давно ушли, да и места были другие (Азербайджан и Туркмения).

Но в России и Украине есть перспективный источник, позволяющий в будущем полностью покрыть потребности в йоде, — геотермальные воды.

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОИЗВОДСТВУ

Для России и Украины новые источники — это, прежде всего, воды Северодвинского и Северо-Сивашского месторождения соответственно.

Разведочные скважины Северо-Сивашского месторождения размещены на полуостровах Тюп-Тархан, Джанкойский, Чонгарский и в северной части Арабатской стрелки. Северодвинское месторождение йодсодержащих подземных вод открыто в 1966 г. и находится в 50 км от г. Архангельска. Разделено на два участка: Бобровский и Лапоминский. Наиболее разведанным и отработанным для промышленного использования является Бобровский участок. На юге участок граничит с автодорогой Архангельск — Пинега, на западе — с окраиной г. Архангельска.

На этих геотермальных месторождениях были проведены предварительные работы, пробурены скважины, определены приемистость и дебит. Все готово для добычи йода, и пусть начальная мощность не будет превышать 120 тонн в год, главное — испытать энергосберегающую и ресурсосберегающую технологии, так как стартовать со старой технологии, как и было определено, нерентабельно.

Основные способы добычи — переработка селитры и водорослей, минерализованных вод. Но так как мы подробнее остановились именно на последнем, то стоит добавить ионообменный способ, основанный на избирательном поглощении йода особыми химическими соединениями — высокомолекулярными ионообменными смолами. Этот способ был разработан сравнительно недавно, в последние десятилетия, и успешно используется в йодной промышленности Японии, где попутно

Слева: фото из космоса всего Северо-Сивашского месторождения.

Справа от Арабатской стрелки — Азовское море, а слева — заливы Сиваша.

Справа: йод.

53 I



126,904

Йод — от древнегреч. «фиалковый (фиолетовый)» — элемент 7-й группы периодической таблицы химических элементов, пятого периода, с атомным номером 53. Обозначается символом I (лат. Iodum). Химически активный неметалл, относится к группе галогенов.



НИЖЕ ПРИВЕДЕНЫ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭТИХ ВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Параметры	Северо-Сивашское месторождение	Северодвинское месторождение
Балансовые запасы вод	А — 7,2 тыс. м ³ /сутки В — 12,8 тыс. м ³ /сутки С1 — 13,6 тыс. м ³ /сутки	В — 15 тыс. м ³ /сутки
Балансовые запасы йода	366 тонн в год	120 тонн в год
Концентрация ценного минерального сырья	Бром 86,3 мг/л Бор 64,3 мг/л Литий 0,9 мг/л Стронций 52,5 мг/л	Нет данных
Средняя концентрация йода	29,8 мг/л	25 мг/л
Минерализация воды	24–36 г/л	20–30 г/л
Тип воды	Натриево-хлоридный	Натриево-хлоридный
Наличие растворенных газов (типично для геотермальных вод)	Метан, 1,6 м ³ на тонну воды	Газы не растворены
Температура	Около 60 °С	Около 30 °С

извлекают бром, бор, стронций. Применяли его и в России, но низкое содержание йода в природных водах не позволяет извлечь из них весь йод. Нужны более избирательные к йоду и более «емкие» сорбенты, и тогда появятся новые производства, о которых пока можно лишь мечтать. И вот мечта, кажется, начала сбываться. Но прежде чем перейти к описанию новой технологии, надо подробно описать текущую, пусть и малоэффективную ионообменную сорбционную технологию. Она связана в первую очередь с использованием анионообменных смол (смол, сорбирующих анионы — отрицательно заряженные ионы). Производство анионообменных смол хорошо налажено в России, Украине (основные марки АВ-17-8, АМп, АМ-2Б, так и слабоосновные аниониты типа АН-3, АН-511, АН-22), не считая зарубежных аналогов (Dowex, Purolite, Lewatit и пр.). По старой ионообменной технологии также использовали хлор как окислитель, что делало производство достаточно опасным. И, наконец, результаты: йодиды из раскисленных вод сорбировались на ионитах, после регенерации которых в рафинат попадал йод, концентрации не более 1 г/л... Кроме того, при температурах около 60 градусов ионообменные смолы теряли свои свойства и стабильность, что явно малоприменимо к геотермальным водам Северо-Сивашского месторождения (напомним, оно более перспективно, так как в нем больше йода и есть метан, который можно сжигать и получать тепловую и электрическую энергию, делающую производство еще выгодней).

Нужен новый подход, и он был найден.

Во-первых, хлор был заменен на гипохлорит натрия в качестве окислителя. Кстати, это явление, происходящее сейчас повсеместно: все водоканалы, муниципальные и городские станции подготовки питьевой воды переходят на более безопасный гипохлорит, который более эффективен для окисления железа, марганца, органических веществ и дезинфекции воды.

Во-вторых, ионообменная технология была заменена на чисто адсорбционную.

ЭКОНОМИКА

Наиболее убедительным условием выбора той или иной технологии является сравнение основных технико-экономических показателей, в том числе себестоимости продукции, прибыли, величины капложений и сроков их окупаемости.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
АДСОРБЦИОННОГО СПОСОБА
КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ
ЙОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ
СИНТЕТИЧЕСКОГО
УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА
ВЫСОКОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ПРОЧНОСТИ ИСКЛЮЧАЕТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАГЕНТОВ
И ДЕЛАЕТ ДОБЫЧУ ЙОДА
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ**



При относительно стабильной цене на кристаллический йод по ГОСТ 4159-79 марки «Ч» 40 \$/кг себестоимость переработки двух видов сырья будет существенно отличаться, даже при одной и той же выбранной схеме.

Это отличие будет определяться, в первую очередь, наличием в Северо-Сивашском месторождении растворенного в воде метана в количестве 0,9–1,6 м³ на 1 м³ воды. При добыче, например, 30 т йода в год избыточное количество добываемого метана можно принять для расчета до 200 м³/час, при небольшом (менее 10%) собственном потреблении газа. При переработке этого количества метана на типовой когерационной установке будут получены тепло и электроэнергия, реализация которых может принести доход до 0,25 млн \$/год, который снизит себестоимость продукции минимум на 30%.

Проект переработки вод Северодвинского месторождения в РФ, рассчитанный на 120 т йода в год на период до 30 лет, при сроках окупаемости от 2 до 5 лет должен обеспечить себестоимость йода на уровне 25 \$/кг. Украинский проект, благодаря утилизации попутного метана, обеспечит расчетную себестоимость не выше 15 \$/кг, что увеличит расчетную прибыль в 1,6 раза и существенно снизит срок окупаемости. Удельные капитальные затраты при обоих вариантах различаются несущественно и могут составлять до 37,5 тыс. \$/т йода.

Кроме этого, не учитываются важные преимущества эксплуатации Северо-Сивашского месторождения, такие как: возможная утилизация тепла геотермальных вод в тепличной, санаторной и жилой инфраструктурах Арабатской стрелки, отсутствие потребности обратной закачки обедненной по йоду воды в подземные пласты — после сброса ее в «мертвую часть» озера Сиваш, ограниченную дамбой от той части залива, где водится рыба, что даст экономию электроэнергии как минимум 0,2 кВт/м³. Наличие избыточного давления на устье скважин позволяет снизить энергетические затраты на подъем воды на поверхность, что отсутствует в Северодвинском месторождении. При реализации вышеуказанных преимуществ себестоимость йода существенно снизится, что может уменьшить срок окупаемости до 1 года, что является прекрасным результатом.

Подводя итоги, важно отметить следующее:

- Россия и Украина имеют собственную и довольно перспективную и богатую сырьевую базу для производства йода в объеме своих потребностей из природных минеральных вод.
- Существующий уровень технологии извлечения йода, минералогические, гидрогеологические и геотермальные характеристики отечественных месторождений позволяют организовывать его производство с рентабельностью не меньше 60% в РФ и 260% в Украине (за счет высокой температуры воды и наличия метана).
- В качестве передовой и контурной технологии представляет интерес технология, основанная на применении углеродных сорбентов.
- РФ и Украина имеют опыт производства анионитов различной основности, углеродных сорбентов и могут обеспечить ими свое производство.
- Замена экспорта йода в количестве 150 т/г для двух стран даст экономию валюты до 6 млн долларов в год.
- Проект носит ярко выраженный социальный характер и может обеспечить независимость обеих стран в вопросе закупки дефицитного йода.

Старые технологии уже отживают свой век. Для качественного перехода на новый экономический уровень нужны качественно новые технологии. В производстве йода этот переход уже сделан. 🌐

Некоторые сферы применения йода:

Йод образует многочисленные соединения, которые входят в состав некоторых красителей.

Как катализатор йод используется в производстве всех видов искусственных каучуков.

Получение сверхчистых материалов — кремния, титана, гафния, циркония — также не обходится без этого элемента. Йодидный способ получения чистых металлов применяют довольно часто.

Йодные препараты используют в качестве сухой смазки для трущихся поверхностей из стали и титана.

Йод и его соединения используются в лабораторной практике для анализа и в хемотронных приборах, действие которых основано на окислительно-восстановительных реакциях йода...

Источник: www.chemistry.narod.ru