

УДК 553.98.048

**ОЦЕНКА ЗАПАСОВ И РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННО-ЦЕННЫХ
КОМПОНЕНТОВ В ПОПУТНЫХ ВОДАХ НЕФТЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ**

В. Д. Порошин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

А. Г. Ракутько, С. И. Гримус

БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Приведены новые данные о текущих содержаниях брома и йода, их запасах и ресурсах в попутных водах основных разрабатываемых нефтяных месторождений Беларуси по состоянию на 2021 г. Впервые выполнена оценка изменения средних концентраций рассматриваемых промышленно-ценных компонентов в попутно добываемых с нефтью водах за десятилетний период в случае их использования в качестве гидроминерального сырья гидрохимическим методом, а также путем гидродинамического моделирования истории разработки для двух крупных месторождений нефти.

Ключевые слова: запасы, ресурсы, бром, йод, попутные воды, месторождения нефти.

**ASSESSMENT OF RESERVES AND RESOURCES
OF INDUSTRIAL-VALUABLE COMPONENTS
IN ASSOCIATED WATER OF OIL FIELDS OF BELARUS**

V. D. Poroshin,

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

A. G. Rakutko, S. I. Grimus

BelNIPIneft RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel

New data on the current contents of bromine and iodine, their reserves and resources in associated waters of the main developed oil fields of Belarus as of 2021 are presented. For the first time, an assessment was made of the change in the average concentrations of the considered industrially valuable components in associated waters produced with oil over a ten-year period in the case of their use as hydromineral raw materials by the hydrochemical method, as well as by hydrodynamic modeling of the development history for two large oil fields.

Keywords: reserves, resources, bromine, iodine, associated waters, oil fields.

При разработке нефтяных месторождений Республики Беларусь ежегодно извлекается более 6,7 млн м³ попутных вод. В настоящее время эти воды используются только лишь для поддержания пластовых давлений в продуктивных пластах, что не совсем рационально. Практический интерес в данном случае представляет содержание в попутных водах нефтяных месторождений таких ценных микрокомпонентов, как бром и йод, высокие концентрации которых позволяют отнести их к ценному гидроминеральному сырью. Учитывая то, что извлечение попутных вод не требует строительства инфраструктуры (строительства скважин, систем сбора и т. п.) и дополнительных затрат на подъем гидроминерального сырья на поверхность, возможность использования их в качестве гидроминерального сырья в значительной степени определяется содержанием промышленно-ценных компонентов в этих водах, их

Секция 6. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений 197

запасами и ресурсами. Оценка запасов позволяет составить объективное представление о возможном уровне развития йодо-бромного производства в настоящее время, а оценка ресурсов – о масштабах такого производства в перспективе. Освоение гидроминеральных ресурсов наиболее целесообразно на завершающей части разработки нефтяных месторождений, когда попутные воды составляют большую часть продукции добывающих скважин, а рентабельность добычи нефти снижается, что в целом характерно для большинства разрабатываемых нефтяных месторождений Беларуси.

Первые работы по технико-экономическому обоснованию применения попутных вод в качестве гидроминерального сырья (для извлечения йода и брома) выполнены в 1993 г. в БелНИПИнефть РУП «ПО «Белоруснефть». Эксплуатационных запасов и потенциальных ресурсов этих элементов в попутных водах нефтяных месторождений Беларуси, как было показано при этом [1], было вполне достаточно для организации на их основе промышленного производства.

В 2021 г. в БелНИПИнефть с привлечением сотрудников кафедры «Нефтегазо-разработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П. О. Сухого проведена научно-исследовательская работа по оценке текущих запасов и ресурсов брома и йода в попутно добываемых с нефтью водах по 16 наиболее крупным залежам нефти Припятского прогиба. Для оценки текущих концентраций брома и йода в попутных водах месторождений нефти РУП «ПО «Белоруснефть» проведена обработка и интерпретация химического состава этих вод за весь срок разработки, рассчитаны концентрации, запасы и ресурсы этих компонентов по состоянию на указанную дату (см. таблицу).

Текущие концентрации, запасы и ресурсы брома и йода в попутных водах шести наиболее крупных нефтяных залежей по состоянию на 2021 г.

Месторождения	Залежь	Текущие концентрации, мг/л		Ресурсы, т		Запасы, т/год	
		бром	йод	бром	йод	бром	йод
Речицкое	sm	1110,6	18,8	31921,7	540,9	767,5	13,0
Речицкое	Zd (VIII)	1062,0	17,1	8217,5	186,3	211,7	3,4
Речицкое	zd (IV)	1063,0	24,1	7172,5	162,6	341,7	7,7
Осташковичское	ptr-zd	1789,9	31,5	79198,4	1397,3	3856,1	68,0
Вишанское	vr-sr	1003,8	21,0	16665,2	348,8	356,5	7,4
Ю-Сосновское	ptr-zd	1341,3	29,2	17974,3	391,2	532,9	11,6

Отмечено, что повышенные концентрации брома и йода преобладают в основном в попутных водах межсолевых залежей. Разработка таких залежей отличается тем, что в пределах участков, наиболее удаленных от нагнетательных скважин, в залежь поступают преимущественно высокоминерализованные пластовые рассолы с очень высокими концентрациями микрокомпонентов. Самые большие запасы попутных вод и рассматриваемых промышленно-ценных компонентов связаны с межсолевой залежью Осташковичского месторождения. Текущие высокие концентрации брома и йода в попутной воде данной залежи обеспечиваются за счет поступления пластовых рассолов к добывающим скважинам на отдельных участках ее разработки, что позволяет поддерживать кондиционные концентрации на протяжении всего периода разработки залежи и в перспективе – на значительный период времени.

Так, при годовом объеме попутной воды из межсолевой залежи нефти Осташковичского месторождения, равном 2154 тыс. м³/год, добыча брома может составить 3856 т/год, а добыча йода – 68 т/год. При полной утилизации попутно добываемых вод 16 рассмотренных залежей нефти ежегодно из них может быть получено более 7417 т брома и около 135 т йода.

Сопоставление величин эксплуатационных запасов и ресурсов рассматриваемых компонентов по оцененным залежам показывает, что запасы составляют около 1,8 % от их ресурсов. В дальнейшем эта величина будет уменьшаться, так как ресурсы попутных подземных вод постоянно увеличиваются (это связано с увеличением накопленных объемов добытой нефти, заполняющихся в залежи пластовыми и закачиваемыми водами), а эксплуатационные запасы снижаются.

Одна из наиболее сложных задач, связанных с оценкой ресурсной базы промышленно ценных компонентов при использовании попутных вод нефтяных месторождений в качестве гидроминерального сырья, состоит в необходимости учета процесса их обеднения бромом и йодом при закачке в продуктивные пласты добытых вод после извлечения из них данных компонентов. В рамках данной работы впервые выполнены расчеты изменения концентраций брома и йода в попутно добываемой воде этих залежей на десятилетний период с учетом использования для системы поддержания пластового давления (ППД) вод, обедненных данными компонентами в процессе их извлечения.

Достоверные результаты при решении этой задачи могут быть получены с помощью гидродинамического моделирования истории разработки нефтяных месторождений с использованием специального методического подхода. Предлагаемый подход основан на прогнозе изменения концентраций йода и брома в попутно добываемых с нефтью водах за счет изменения устанавливаемого для конкретной залежи долевого участия пластовых рассолов в этих водах и разбавления находящихся в залежи вод отработанными (после извлечения ценных компонентов) водами.

Для разрабатываемых месторождений с системой ППД при использовании ранее созданной и адаптированной на историю разработки гидродинамической модели нефтяной залежи проводились ретроспективные и прогнозные расчеты показателей разработки с учетом опции трассирования минерализации пластовой и закачиваемой воды. Гидродинамическая модель настраивалась с учетом имеющихся гидрохимических данных за весь период разработки объекта (плотность, минерализация пластовой и закачиваемой для ППД воды и др.). В ходе расчетов на модели определялась доля пластовых рассолов в общем объеме попутной воды за весь период разработки залежи и на десятилетний прогноз. В прогнозных расчетах на каждом временном шаге, равном одному году, рассчитывались степень разбавления пластовой воды закачиваемой обедненной водой и соответствующее изменение концентраций брома и йода в добываемой воде на период до 2030 г. Моделирование было выполнено для межсолевых залежей нефти Осташковичского и Южно-Осташковичского месторождений. Для этих залежей и для остальных целевых объектов разработки оценка изменения концентрации брома и йода производилась также с помощью гидрохимических расчетов. Эти расчеты выполнялись сотрудниками ГГТУ им. П. О. Сухого независимо от результатов моделирования по предложенной ими методике.

Полученные результаты моделирования показывают, что, например, за десять лет закачки обедненной воды (содержание брома и йода в ней менее 10 % от начальной) в межсолевою залежь Осташковичского месторождения степень разбавления ее пластовой воды может составить 19 %. За счет этого за десять лет разработки концентрация брома в попутной воде может снизиться до 1460,38 мг/л, а концентрация

йода – до 25,7 мг/л. В попутной воде межсолевой залежи Ю-Осташковичского месторождения ожидается снижение концентраций микрокомпонентов на 5 % от текущих значений. Расхождение результатов моделирования с гидрохимическими расчетами для обеих залежей составило менее 1 %.

По результатам гидрохимических расчетов для других рассматриваемых залежей нефти следует также ожидать заметное снижение концентраций брома и йода за десятилетний период использования попутных вод в качестве минерального сырья. Наиболее существенно оно проявляется для залежи нефти IV пачки Речицкого месторождения (23,5 и 22,0 % соответственно для брома и йода), Ю-Сосновского месторождения (22,0 и 24,7 %), и воронежско-саргаевского объекта разработки Вишанского месторождения (13,8 и 22,6 %). Значительное снижение концентраций объясняется, прежде всего, повышенными объемами закачки за этот срок отработанных (и соответственно обедненных бромом и йодом) вод в данные залежи по отношению к их ресурсам (35,2–63,6 %).

На конечные концентрации брома и йода в попутных водах оказывают заметное влияние также величина доли пластовых рассолов в попутно добываемых с нефтью водах и темп ее изменения в процессе разработки, а также концентрация извлекаемых компонентов в пластовых рассолах конкретных залежей нефти.

Таким образом, проведенная оценка текущих концентраций брома и йода, их эксплуатационных запасов и ресурсов в попутных водах нефтяных месторождений показывает, что РУП «ПО «Белоруснефть» обладает достаточной сырьевой базой для организации йодо-бромного производства. Даже без учета возможности пополнения суммарного объема гидроминерального сырья за счет добычи пластовых рассолов при полной утилизации эксплуатационных запасов попутных вод их ресурсов будет достаточно для производства йода и брома на 10 лет и более отдаленную перспективу.

Литература

1. Порошин, В. Д. Оценка запасов и ресурсов промышленно-ценных компонентов в попутных водах нефтяных месторождений Беларуси / В. Д. Порошин, В. П. Хайнак, Н. В. Хайнак // Стратегия развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2000–2015 годы : материалы науч.-практ. конф., Гомель, 14–17 сент. 1999 г. – Гомель, 1999. – С. 410–415.

УДК 556.314:662.276

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ И КОНТРОЛЕ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ЗАСОЛОНЕННЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ (НА ПРИМЕРЕ ЗАЛЕЖИ III БЛОКА БЕРЕЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

В. Д. Порошин, С. Л. Порошина, П. В. Асвинова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Для изучения истории разработки нефтяных залежей гидрохимические сведения применяются ограниченно. На примере залежи нефти III блока Березинского месторождения показано, что при наличии массовых данных о химическом составе нефтепромысловых вод по месторождениям с засолоненными коллекторами и существовании эффективных ме-