

## К ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СТАРЫХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ОСТАШКОВИЧСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА)

В.Г. Жогло<sup>1</sup>, А.А. Махнач<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти, Гомель, Республика Беларусь, e-mail: [V.Zhoglo@beloil.by](mailto:V.Zhoglo@beloil.by)

<sup>2</sup>Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт, Минск, Республика Беларусь, e-mail: [amahnach@igig.org.by](mailto:amahnach@igig.org.by)

В условиях постоянного возрастания экологических ограничений и экономических проблем мировое сообщество призвано решать триединую задачу оптимального сочетания энергетики, экономики и экологии. Исходя из этого в свое время было сформулировано требование о необходимости создания «приемлемой энергетики», в первую очередь с точки зрения ее взаимодействия с окружающей средой. Это определяющее требование относится и к геотермальной энергетике. Имеющиеся результаты исследований свидетельствуют о благоприятных предпосылках дальнейшего развития геотермального производства (М.А. Омаров, 2005 г.).

Источниками геотермальных ресурсов недр Беларуси являются подземные геотермальные воды и тепло горных массивов недр (Кодекс Республики Беларусь о недрах, 2009 г.). Геотермальные ресурсы недр могут быть использованы для получения электроэнергии, горячего водоснабжения, теплоснабжения жилых и производственных помещений, для лечебных, оздоровительных и иных целей, обусловленных ценностью, полезностью и иными характеристиками геотермальных ресурсов недр (В.Г. Жогло, А.А. Махнач, 2010 г.).

Геотермальные ресурсы Беларуси изучены на территории Припятского прогиба, восточной части Подляско-Брестской впадины и в верхних осадочных горизонтах западной части республики. При расчетах плотности ресурсов геотермальной энергии использована модель объемного содержания тепла в пористых коллекторах, предполагающая извлечение геотермальной энергии из недр системой дуплетов скважин (эксплуатационной и нагнетательной). Плотность геотермальных ресурсов на изученной территории Беларуси изменяется в широком диапазоне от 10–20 до 1000–4000 килограммов условного топлива на 1 квадратный метр земной поверхности (кг у.т./м<sup>2</sup>). Низкие значения типичны для большей части Белорусской антеклизы и сопредельных Латвийской, Полесской и Жлобинской седловин. Припятский прогиб и Подляско-Брестская впадина – самые перспективные области в Беларуси для непосредственного использования геотермальной энергии.

Строительство экспериментальных геотермальных станций в этих двух регионах с существенно различными гидрогеологическими условиями, по мнению В.И. Зуя (2006; 2010 гг.), должно стимулировать практическое использование геотермальных ресурсов в Беларуси. В пригороде Бреста (Подляско-Брестская впадина), где пресные (или почти пресные) подземные воды залегают на глубине до 1 км, на базе специально пробуренной скважины в начале 2010 г. уже пущена в пробную эксплуатацию геотермальная станция для нужд парниково-тепличного комбината «Берестье». Что касается Припятского прогиба, где доминируют высокоминерализованные рассолы, то здесь главным заделом геотермальной энергетики считают десятки глубоких нефтепоисковых скважин, которые были законсервированы как нерентабельные.

В Республике Беларусь постановлением Совета Министров № 1680 от 30 декабря 2004 г. утверждена «Целевая программа обеспечения в республике не менее 25 процентов объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных видов топлива и альтернативных источников энергии на период до 2012 года». В программе констатируется, что в Брестской и Гомельской областях обнаружены две территории с запасами геотермальных вод плотностью более 2 т у.т./м<sup>2</sup> и температурой 50 °С на глубине 1,4–1,8 км и 90–100 °С на глубине 3,8–4,2 км. Однако высокая минерализация вод, низкая производительность имеющихся скважин, их малое количество и слабая, в целом, изученность ситуации не позволяют рассчитывать на освоение этого вида возобновляемой энергии в ближайшие 10–15 лет. К этому следует добавить, что проведение поисково-разведочных работ на участках ранее пробуренных нефтепоисковых скважин, даже при наличии благоприятных показателей, является дорогостоящим и достаточно рискованным мероприятием. Основные объекты, представляющие интерес для геотермального производства, приурочены к сложно построенным карбонатным коллекторам, фильтрационные и емкостные свойства которых непредсказуемо изменяются даже на коротких расстояниях. В таких условиях достоверность данных о наличии гидродинамической связи между имеющейся и проектируемой скважинами, о величине геотермальных ресурсов на исследуемом участке вряд ли будет удовлетворительной.

Как показали исследования, перспективы геотермального производства имеются на территории месторождений нефти с выработанными запасами или находящимися на заключительной стадии разработки. Такие объекты представляют собой практически разведанные месторождения геотермальных вод и тепла горных массивов.

Рассмотрим возможность организации геотермального производства на примере Осташковичского месторождения нефти, разрабатываемого с 1965 года. Месторождение является самым крупным в Припятском прогибе. По данным В.В. Муляка и В.М. Салажева (2005 г.), оно содержало более 20 % числящихся на балансе начальных извлекаемых запасов (НИЗ) нефти этого региона.

Разрез Осташковичского месторождения сложен мощной толщей осадочных образований – верхнепротерозойских, среднедевонских, верхнедевонских нефтеносных, перекрываемых отложениями каменноугольного, пермского и мезозойско-кайнозойского возраста. В верхнедевонской части разреза выделяется пять литолого-стратиграфических комплексов пород, три из которых по отношению к двум соленосным комплексам называются соответственно подсолевым, межсолевым и надсолевым. Общая мощность осадочных образований на приподнятой по региональному разлому части площади достигает 3,7 км, а в опущенных частях – до 5–6 км.

Осташковичское месторождение многопластовое, его нефтеносность связана с межсолевым и подсолевым карбонатными комплексами пород, а также внутрисолевым ангидритовым пластом в верхней соленосной толще. В межсолевом комплексе основная залежь нефти связана с породами задонского и елецкого горизонтов. В подсолевом комплексе промышленная нефтеносность установлена в отложениях воронежского, семилюкского и саргаевского горизонтов.

Межсолевая залежь нефти массивная, сводовая, с тектоно-стратиграфическим ограничением на юге. Продуктивная толща сложена средне- и крупнозернистыми доломитами с прослоями доломитизированных известняков. Преобладающий тип емкости – порово-трещинно-каверновый (Полезные ископаемые Беларуси, 2002 г.).

Наивысшие темпы отбора запасов нефти и закачки воды в межсолевою залежь достигнуты в 1974–1975 гг. Компенсация отбора закачкой в 1971–1973 гг. составила более 130 %. В результате произошел резкий «обвал» технологических показателей разработки. В 1976–1980 гг. отмечены значительный рост обводненности продукции (с 15 % до 88 %) и резкое снижение темпов отбора запасов (годовой отбор нефти из залежи уменьшился с 3,5 до 0,5 млн т). По оценкам В.В. Муляка и В.М. Салажева (2005 г.), за пятилетку, предшествующую обвальному периоду, было отобрано из залежи около половины числящихся извлекаемых запасов нефти. По состоянию на конец 2009 г., обводненность продукции

скважин межсолевой залежи составила 87,0 %, темп отбора нефти – 0,73 % от НИЗ, текущий коэффициент извлечения нефти – 0,387 при проектном значении 0,442.

Подсолевые отложения на Осташковичском месторождении слагают моноклираль северо-западного простираения, ограниченную с юго-запада, востока и запада сложно построенной системой сбросов. Имеется ряд малоамплитудных (менее 70 м) сбросов и внутри структуры. Коллекторами нефти являются известняки, кавернозные и трещиноватые доломиты. Коллектора относятся к каверново-порово-трещинному типу, часто замещаются плотными разностями карбонатных пород.

В течение всего периода разработки межсолевая залежь была вскрыта 149 добывающими и 25 нагнетательными скважинами, подсолевые залежи – соответственно 55 и 13 скважинами. В настоящее время межсолевая залежь разрабатывается 77 добывающими и 16 нагнетательными скважинами, подсолевые залежи – соответственно 17 и 4 скважинами. Остаточные извлекаемые запасы нефти межсолевой задонско-елецкой залежи составляют 12,9 % от НИЗ, воронежской залежи – 18,9 %, семилукско-саргаевской залежи – 22,5 %.

С целью обоснования наиболее эффективной технологии разработки залежей и управления процессом разработки в БелНИПИнефть были созданы постоянно действующие геолого-гидродинамические модели межсолевой и подсолевой залежей Осташковичского месторождения нефти. Модели реализованы на основе лицензионного программного комплекса Eclipse 100 фирмы Schlumberger Information Solutions. Калибрация моделей производилась путем многократных прогнозных расчетов при различных значениях наиболее чувствительных параметров (коэффициент проницаемости, размеры зон неоднородности и некоторые другие). На геолого-гидродинамических моделях по известным промысловым данным (замеры давлений, дебиты скважин, обводненность продукции, объемы закачки воды в нагнетательные скважины) путем подбора добивались сходимости расчетных показателей разработки с фактическими замерами.

По результатам решения обратных задач в семилукском горизонте была выявлена линейно-региональная зона трещиноватости, протягивающаяся почти через всю нефтяную залежь вдоль ее длинной оси. Она достаточно уверенно трассируется по промысловым материалам целого ряда добывающих и нагнетательных скважин, которые попали в эту зону или оказались в радиусе ее влияния. По результатам моделирования, линейно-региональная зона трещиноватости характеризуется значительной шириной в плане (не

менее 210М–80 м) и высокой проницаемостью (3200–5000 мД). Полученный результат позволяет планировать транспортировку больших объемов теплоносителя в пласте на расстояния не менее 3–5 км.

Созданные модели при небольших доработках могут быть использованы для моделирования теплопереноса в выработанных частях залежей нефти. Добывающие и нагнетательные скважины, входящие в систему по добыче тепловой энергии, с высокой эффективностью могут выполнять функции поддержания оптимального пластового давления в разрабатываемых частях залежей.

Высокая степень геолого-геофизической, гидрогеологической, геотермической и промысловой изученности Осташковичского месторождения, наличие большого количества нагнетательных и обводнившихся скважин, надежно установленные запасы геотермальной энергии делают этот объект весьма перспективным для организации геотермального производства.