

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 622.038

Геологические особенности и оценка добычного потенциала отложений тюменской свиты

А.А. Севастьянов^а, К.В. Коровин^а, О.П. Зотова^а, Д.И. Зубарев^б

^аТюменский индустриальный университет, 625000, Тюмень, ул. Володарского, 38. E-mail: zotovaop@tsogu.ru

^бООО «Научно-исследовательский инновационный центр нефтегазовых технологий», 625002, Тюмень, ул. Орджоникидзе, 5

E-mail: contact@ogtcentre.ru

(Статья поступила в редакцию 26 октября 2016 г.)

Проведен анализ геологических особенностей строения тюменской свиты, представлены условия осадконакопления среднеюрских отложений на территории ХМАО-Югры. Приведена характеристика коллекторов основной продуктивной части горизонта ЮС₂. Выявлены геолого-физические факторы, оказывающие влияние на технологические решения по выработке запасов. Проведена вероятностно-статистическая оценка распределения основных подсчетных параметров для среднеюрских отложений. Охарактеризован «портрет» прогнозируемой залежи при вероятности ее открытия. Дан прогноз уровней добычи нефти по разрабатываемым и не введенным в эксплуатацию объектам на территории ХМАО-Югры.

Ключевые слова: *среднеюрские отложения, тюменская свита, трудноизвлекаемые запасы, прогноз добычи нефти.*

DOI: 10.17072/psu.geol.16.1.1.61

ХМАО-Югра на настоящий момент является основным нефтедобывающим регионом Российской Федерации, вклад в общую добычу по стране в 2015 г. составил порядка 47 %. Начиная с 2008 г., в Югре отмечается снижение уровней добычи нефти на 2–2,5 % в год. В связи с этим государство совместно с нефтяными компаниями формируют и реализуют стратегии, направленные на стабилизацию уровней добычи нефти путем вовлечения в активную разработку месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. Одним из инструментов стимулирования является предоставление льгот компаниям, разрабатывающим месторождения с низкой

проницаемостью, залежи, приуроченные к баженовской и тюменской свитам.

В настоящей работе авторы поставили перед собой задачу дать оценку добычного потенциала тюменской свиты для анализа перспектив развития нефтедобывающей отрасли в регионе.

Тюменская свита, обладающая существенной долей запасов нефти на территории ХМАО-Югры, приурочена к юрским отложениям. Всего из объектов средней юры с начала разработки добыто 388,9 млн. т, из которых 22,1 млн. т – в 2015 г. Более 90% годовой и накопленной добычи обеспечено за счет 22 объектов по таким месторождениям, как Восточно-

Сургутское, Западно-Сургутское, Русскинское, Федоровское, Талинская площадь Красноленинского месторождения (Шпильман и др., 2015).

Образование юрских отложений началось в условиях весьма расчлененного рельефа, осадки накапливались за счет разрушения близрасположенных выступов – местных источников сноса. Кратковременные морские трансгрессии приводили к образованию мелководных лагун, седиментация в которых также предопределялась разрушением близрасположенных выступов. Каждая локальная депрессия рельефа развивалась как независимый осадочный малый бассейн. На этом этапе, когда на территории преобладал режим денудации и лишь в депрессионных участках происходила седиментация, сформировалась нижняя юра, пласты Ю₁₀₋₁₁.

На втором, среднеюрском, этапе развития за счет заполнения впадин осадками и размыва древних выступов происходит выравнивание палеорельефа, к концу этого этапа роль местных источников сноса снижается, в условиях континентального и переходного режима седиментации формируется тюменская свита (пласты Ю₂₋₉) с многочисленными перерывами (Конторович и др., 1964, 1975, 1995; Сурков и др., 1991).

В конце средней юры континентальный режим сменяется нормально-морским. Смена происходит достаточно быстро, наступающее море срезает накопившиеся пласты и, вторично перерабатывая, формирует пласт Ю₂ (Медведский, Севастьянов, 2005).

Коллекторы **основной продуктивной части горизонта Ю₂** представлены песчаниками, преимущественно мелкозернистыми, и алевролитами, реже их переходными разностями. Породы-коллекторы неоднородны по структуре, текстуре, количественному содержанию обломочного материала, глинистого и карбонатного цемента, типу цемента, интенсивности постседиментационных преобразований.

Коллекторские свойства определяются количеством глинистого и карбонатного цемента, а также интенсивностью окварцевания и пиритизации. При увеличении карбонатности до 10 % значение пористости снижается с 22,4 до 13 %, а проницаемости – со 100 до 1×10^{-3} мкм². При глинистости более 25,0 % и карбонатности более 10,0 % пористость и проницаемость уменьшаются, появляются трещинки. Вышеприведенные факторы также определяют неравномерность характера смачиваемости водой.

Поровые коллекторы представлены неяснослоистыми песчаниками и алевролитами, не имеющими трещин, а порово-трещинные коллекторы представлены преимущественно тонкослоистыми алевролитами и очень редко песчаниками, трещины располагаются кулисообразно параллельно или субпараллельно слоистости. Трещинки открытые, ширина их составляет сотые доли миллиметра. По происхождению трещинки тектонические, образовались при разрушении обломочных пород путем отрыва.

Выявлено, что поровые коллекторы содержат светло- и тёмно-коричневую нефть, а также бесцветную легкую нефть, приуроченную к уплотненным разностям – алевролитам, после их раскалывания нефть быстро испаряется с поверхности скола (Коровин, 2007).

Принимая во внимание различие составов нефти, низкую пористость и проницаемость алевролитов, можно утверждать, что заполнение резервуара происходило при термобарических условиях, отличных от современных. Это объясняет текущую величину нефтенасыщенности резервуара, т. к. определяемые характеристики капиллярных сил в текущих условиях не обеспечивают такого распределения нефти. Имеются примеры залежей средней юры на севере ХМАО-Югры, когда при пластовой температуре 120°C получают притоки газового конденсата с плотностью 0,787 г/см³ из коллекторов с газонасыщенностью 0,6 д. ед., проницаемостью 0,4–1,1 мД и пористостью 11,8–

13,9 %. Причем выше по разрезу на данной территории в средней юре располагаются залежи легкой нефти с плотностью 0,848 г/см³ и высоким газосодержанием 138 нм³/м³.

Тектоническая активность также обуславливает блоковое строение резервуара. Размеры блоков, образованных разрывами, составляют порядка 1,2–2,0 км. Дизъюнктивные нарушения, формирующиеся в результате тектонической активности, образуют вокруг себя зоны дробления породы, т. е. сеть трещин, оперяющих основную, магистральную. Таким образом, формируется двойная среда, представленная поровыми блоками, вмещающими нефть, и сетью трещин, по которым происходит ее транспортировка.

На ряде эксплуатируемых месторождений Западной Сибири участки разрывов являются зонами с улучшенным добычным потенциалом.

Вышеописанные особенности строения коллекторов средней юры, а именно сочетание порового коллектора с порово-трещинным, являются важным геологическим фактором, который необходимо учитывать при оценке добычного потенциала объекта разработки (Толстолыткин и др., 2004).

Современный арсенал апробированных технологий, таких как горизонтальное бурение (ГС) с методикой гидроразрыва пласта (МГРП), позволяет обеспечить получение высоких входных дебитов, которые существенно снижаются по мере истощения энергетического потенциала залежи. Таким образом, необходимо эффективное восполнение энергетического потенциала в условиях низкопроницаемых коллекторов и трещиноватости.

При использовании воды как агента воздействия проявляется ряд негативных последствий в виде прорыва воды при низком коэффициенте охвата и её последующей бесполезной циркуляции. Это связано с проявлением в коллекторах ручейковой (струйной) фильтрации, когда вода в пласте движется по высокопроницаемым каналам, связывающим нагнета-

тельную скважину с добывающими. Струйное течение в первую очередь формируется в пластах с мелкими и мельчайшими трещинами. Эти трещины осваиваются закачанной водой и, разрываясь по своим кончикам, соединяются друг с другом в сеть каналов, замыкающих между собой пористые блоки (Медведский и др., 2005).

Описанные выше геолого-физические факторы оказывают существенное влияние на выбор технологических решений при разработке среднеюрских объектов, среди которых принципиальны адаптивность системы разработки, тип скважин, методы и агенты воздействия на пласт, методы контроля регулирования процесса разработки (Зотова, Севастьянов, 2015; Медведский и др., 2005; Медведский, Севастьянов, 2004; Севастьянов и др., 2007, 2016; Толстолыткин и др., 2004а, б).

В условиях среднеюрских пластов наиболее эффективны избирательное воздействие, разбуривание ГС с МГРП, ориентированными с учетом поля напряжений, в котором будет формироваться трещинная система. Рядные системы с горизонтальными скважинами эффективны на крупных залежах и направлены на предотвращение возникновения застойных зон за счет более широкой области дренирования.

Принимая во внимание потенциал современных технологий, введем граничные критерии для учета кондиционных запасов, на которые можно рассчитывать при планировании развития отрасли и региона. Принятые авторами статьи граничные критерии обусловлены использованием технологий на основе водной репрессии: проницаемость более 2,0 мД, нефтенасыщенность более 0,43 д. ед., эффективная нефтенасыщенная толщина более 3,8 м, пористость более 0,15 д. ед. Данные критерии позволяют выделить объекты, представляющие промышленный интерес, и уйти от манипулирования ресурсным потенциалом. Таким образом, объем извлекаемых запасов оценивается в 800 млн т. При этом из 149 месторождений ХМАО-

Югры только на 82 месторождениях объекты тюменской свиты представляют промышленный интерес.

В таблице представлены результаты анализа вероятностно-статистического распределения основных подсчетных параметров для отложений тюменской свиты. Использование метода статистического моделирования Монте-Карло при 50 тысячах реализаций случайных процессов позволило установить образ залежи, до-

бычной потенциал которой оценен по вероятностной шкале, используемой в классификации PRMS (Севастьянов и др., 2016 а, б). Следует отметить, что при 10 и 50 тысячах реализаций случайных процессов оценка величины извлекаемых запасов изменялась незначительно.

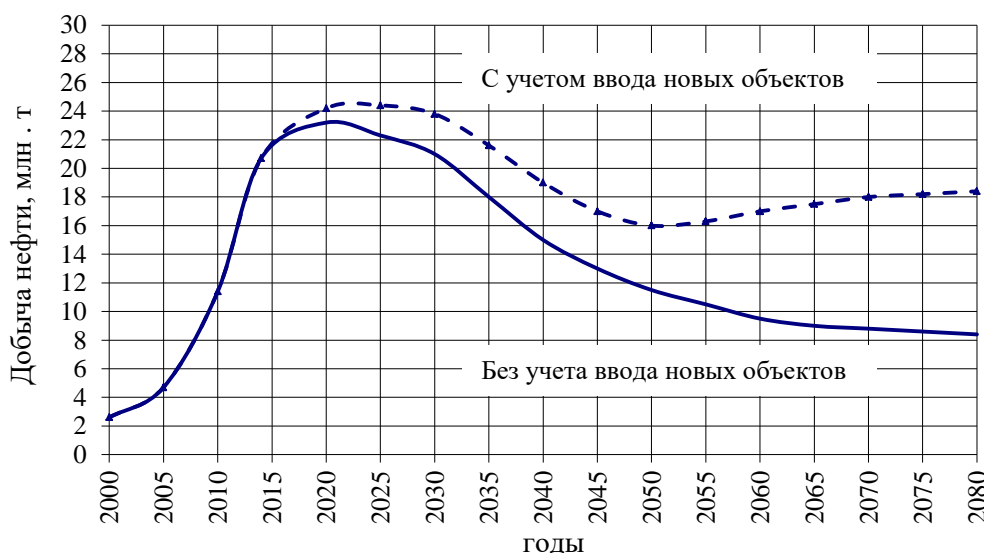
Авторами установлено, что с вероятностью 90% величина извлекаемых запасов составит 3,7 млн. т, с вероятностью 50% – 18,4 млн. т.

Вероятностная оценка распределения извлекаемых запасов нефти и основных параметров

Параметр	Нефтенасыщенная толщина, м	Открытая пористость, д. ед.	Начальная нефтенасыщенность, д. ед.	Пересчетный коэффициент, д. ед.	Плотность нефти, г/см ³	КИН, д. ед.	Оценка извлекаемых запасов вероятной залежи, млн. т
P 10	7,2	0,184	0,600	0,908	0,892	0,344	32,9
P 50	6,6	0,179	0,589	0,879	0,844	0,325	18,4
P 90	5,9	0,168	0,553	0,841	0,840	0,234	3,7

На основе изложенных представлений о геологическом строении, существующем арсенале технологий авторами выполнен прогноз уровней добычи нефти по

разрабатываемым и еще не введенным в эксплуатацию объектам с учетом представленных выше способов их разработки (рисунок).



Прогноз уровней добычи нефти по объектам среднеюрских отложений, млн. т

По результатам оценки можно отметить, что при дальнейшей разработке среднеюрских отложений современными технологиями к 2020 г. уровень добычи

может составить порядка 23,0 млн. т с последующим снижением. При существующей системе налогового стимулирования прогноз добычи нефти с учетом ввода но-

вых объектов на перспективу до 2030 г. оценивается на уровне 24 млн. т, обеспечивая стабилизацию добычи дополнительно на 10 лет. С 2030 г. прогнозируется снижение добычи нефти до уровня 16–18 млн. т.

Таким образом, авторы данной статьи постарались объективно оценить потенциал тюменской свиты ХМАО-Югры, чтобы избежать рисков от завышенных ожиданий при формировании стратегии развития отрасли. Только правильно выбранная концепция развития обеспечит преимущество и безопасность России на мировом рынке в будущем.

Библиографический список

- Зотова О.П., Севастьянов А.А.* Перспективы разработки трудноизвлекаемых запасов нефти // Нефть и газ Западной Сибири: матер. Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича // ТюмГНГУ; ред. П.В. Евтин. Тюмень, 2015. С. 69–71.
- Конторович А.Э., Андрусевич В.Е., Афанасьев С.А.* Геология и условия формирования гигантской Талинской зоны газонефтенакопления в континентальных отложениях нижней юры // Геология и геофизика. 1995. № 6. С. 5–28.
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др.* Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 680 с.
- Конторович А.Э., Стасова О.Ф., Фомичев А.С.* Нефти базальных горизонтов осадочного чехла Западно-Сибирской плиты // Геология нефтегазоносных районов Сибири: Тр. СНИИГГиМСа. Новосибирск, 1964. Вып. 32. С. 27–32.
- Коровин К.В.* Прогнозирование выработки запасов нефти из коллекторов с двойной средой: дис. ... к. т. н. ТюмГНГУ. Тюмень, 2007. 141 с.
- Медведский Р.И., Севастьянов А.А., Коровин К.В.* Прогнозирование выработки запасов из пластов с двойной средой // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа. 2005. №15. С. 49–53.
- Медведский Р.И., Севастьянов А.А.* Оценка извлекаемых запасов нефти и прогноз уровней добычи по промысловым данным. СПб.: Недра, 2004. 192 с.
- Севастьянов А.А., Карнаухов К.Н., Коровин К.В.* Обоснование технологических решений для повышения эффективности выработки запасов нефти // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: сб. матер. II Междунар. науч.-техн. конф./ ТюмГНГУ. Тюмень, 2006. С. 178–182.
- Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П.* Оценка кондиционности запасов ачимовских отложений на территории ХМАО-Югры // Академический журнал Западной Сибири. 2016а. Т. 11, №1. С. 36–39.
- Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П., Зубарев Д.И.* Особенности строения и оценка потенциала ачимовских отложений на территории ХМАО-Югры // Успехи современного естествознания. 2016б. №8. С. 195–199.
- Севастьянов А.А., Коровин К.В., Карнаухов А.Н.* Выявление особенностей механизма выработки запасов нефти по месторождениям Ханты-Мансийского автономного округа // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2007. № 3. С. 32–38.
- Сурков В.С., Гурари Ф.Г., Смирнов Л.В. и др.* Нижне-среднеюрские отложения Западно-Сибирской плиты, особенности их строения и нефтегазоносность // Теоретические региональные проблемы геологии нефти и газа. Новосибирск. 1991. С. 101–110.
- Толстолыткин И.П., Коровин В.А., Мухарлямова Н.В., Сутормин С.Е., Севастьянов А.А.* Разработка нефтяных месторождений ХМАО. Ханты-Мансийск; Тюмень: Изд. дом «ИздатНаукаСервис», 2004а. 382 с.
- Толстолыткин И.П., Мухарлямова Н.В., Сутормин С.Е., Севастьянов А.А.* Проблемы эффективного использования запасов нефти на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа // Нефтяное хозяйство. 2004б. №5. С. 41–45.
- Шильман А.В., Коровин К.В., Савранская М.П.* Перспективы освоения ТРИЗ в ХМАО-ЮГРЕ // НЕФТЬГАЗТЭК: матер. 6 Тюменского международного инновационного форума / Правительство Тюменской области. Комитет по инновациям Тюменской области. Тюмень, 2015. С. 461–464.

Geological Characteristics and Assessment of the Potential Production of the Tyumen Suite Deposits

A.A. Sevastyanov^a, K.V. Korovin^a, O.P. Zotova^a, D.I. Zubarev^b

^a Tyumen Industrial University, 38 Volodarskogo Str., Tyumen 625000, Russia.
E-mail: zotovaop@tsogu.ru

^b Science Research Innovation Center of Petroleum Technology Ltd.,
5 Ordzhonikidze Str., Tyumen 625002, Russia. E-mail: contact@ogtcentre.ru

Depositional environments of the Middle Jurassic deposits on the territory of KHMAO-Yugra were reconstructed based on the analysis of geological characteristics of the structure of Tyumen Suite. The characteristics of reservoir within the main productive part of YS2 horizon are given. The geological and physical factors that influence the development of engineering solutions for the effective oil recovery were identified. The probabilistic evaluation of the distribution of main parameters of the Middle Jurassic deposits development was conducted. The model of the predictable reservoir was worked out. The forecast of the oil production at the exploited and known but not exploited deposits on the territory of KHMAO-Yugra is presented.

Key words: *Middle Jurassic, Tyumen Suite, reserves, oil production forecast.*

References

- Zotova O.P., Sevastyanov A.A. 2015. Perspektivy razrabotki trudnoizvlekaemykh zapasov nefi [Prospects of the development of difficult oil reserves]. *In Neft i gaz Zapadnoy Sibiri. Mater. Mezhdunar. nauch.-tekh. konf. posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya Kosukhina Anatoliya Nikolayevicha.* TyumGNGU, Tyumen, pp. 69–71. (in Russian)
- Kontorovich A.E., Andrusevich V.E., Afanasyev S.A. 1995. Geologiya i usloviya formirovaniya gigantskoy Talinskoy zony gazonefte-nakopleniya v kontinentalnykh otlozheniyakh nizhney yury [Geology and conditions of formation of the giant oil and gas bearing Talinskaya Zone in the continental Lower Jurassic deposits]. *Geologiya i geofizika.* 6:5–28. (in Russian)
- Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K. et al. 1975. *Geologiya nefi i gaza Zapadnoy Sibiri* [Oil and gas geology of Western Siberia]. Nedra, Moskva, p. 680. (in Russian)
- Kontorovich A.E., Stasova O.F., Fomichev A.S. 1964. Nefti bazalnykh gorizontov osadochnogo chekhla Zapadno-Sibirskoy plity [The oil of base horizons of sedimentary cover of the West Siberian Plate]. *Geologiya nefte-gazonosnykh rayonov Sibiri. Tr. SNIIGiM-Sa.* Novosibirsk. 32:27–32. (in Russian)
- Korovin K.V. 2007. Prognozirovaniye vyrabotki zapasov nefi iz kollektorov s dvoynoy sredoy [Forecasting of oil production from reservoirs with the double-material medium]. Dis. kand tekhn. nauk, TyumGNGU. Tyumen.
- Medvedskiy R.I., Sevastyanov A.A., Korovin K.V. 2005. Prognozirovaniye vyrabotki zapasov iz plastov s dvoynoy sredoy [Forecasting of oil production from reservoirs with the double-material medium]. *Vestnik nedropolzovatelya Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga.* 15:49–53. (in Russian)
- Medvedskiy R.I., Sevastyanov A.A. 2004. Otsenka izvlekayemykh zapasov nefi i prognoz urovney dobychi po promyslovym dannym [Assessment of recoverable oil reserves and forecast of the production rate using field data]. *Nedra, SPb,* p. 192. (in Russian)
- Sevastyanov A.A., Karnaukhov K.N., Korovin K.V. 2006. Obosnovaniye tekhnologicheskikh resheniy dlya povysheniya effektivnosti vyrabotki zapasov nefi [Rationale of engineering solutions for increasing the effectiveness of oil reserves recovery]. *In Novye informatsionnye tekhnologii v neftegazovoy otrasli i obrazovaniy.* Mater. II Mezhdunar. nauch.-tekh. konf.,

- TyumGNGU, Tyumen, pp. 178–182. (in Russian)
- Sevastyanov A.A., Korovin K.V., Zotova O.P.* 2016a. Otsenka konditsionnosti zapasov achimovskikh otlozheniy na territorii KhMAO-Yugry [Quality assessment of reserves of the Achimovskian deposits on the KhMAO-Yugra territory]. *Akademicheskij zhurnal Zapadnoy Sibiri*. 11(1):36–39. (in Russian)
- Sevastyanov A.A., Korovin K.V., Zotova O.P., Zubarev D.I.* 2016b. Osobennosti stroyeniya i otsenka potentsiala achimovskikh otlozheniy na territorii KhMAO-Yugry [Characteristics of structure and potential assessment for Achimovskian deposits on the KhMAO-Yugra territory]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 8:195–199. (in Russian)
- Sevastyanov A.A., Korovin K.V., Karnaukhov A.N.* 2007. Vyyavleniye osobennostey mekhanizma vyrabotki zapasov nefti po mestorozhdeniyam Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga [Elicitation of characteristics of oil reserves recovery mechanism in the fields of the Khanty-Mansiyskiy Autonomous District]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft i gaz*. 3:32–38. (in Russian)
- Surkov B.C., Gurari F.G., Smirnov L.V. et al.* 1991. Nizhne-sredneyurskiye otlozheniya Zapadno-Sibirskoy plity. osobennosti ikh stroyeniya i neftegazonosnost [Lower and Middle Jurassic of the West Siberian Plate, characteristics of their structure and oil and gas content]. In *Teoreticheskie regionalnye problemy geologii nefti i gaza*, Novosibirsk, pp. 101–110. (in Russian)
- Tolstolytkin I.P., Korovin V.A., Mukharlyamova N.V., Sutormin S.E., Sevastyanov A.A.* 2004a. Razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy KhMAO [Development of the oil fields of KhMAO]. Karaseva V.I., Akhpatelova E.A., Panova V.F. (Eds.), *IzdatNaukServis, Khanty-Mansiysk, Tyumen*, p. 382. (in Russian)
- Tolstolytkin I.P., Mukharlyamova N.V., Sutormin S.E., Sevastyanov A.A.* 2004b. Problemy effektivnogo ispolzovaniya zapasov nefti na mestorozhdeniyakh Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga [Problems of effective exploitation of the oil reserves at the fields of the Khanty-Mansiyskiy Autonomous District]. *Neftyanoye khozyaystvo*. 5:41–45. (in Russian)
- Shpilman A.V., Korovin K.V., Savranskaya M.P.* 2015. Perspektivy osvoyeniya TRIZ v KhMAO-Yugre [Prospects of development of TRIZ in the KhMAO-Yugra]. In *NEFTGAZTEK. Mater. 6th Tyumenskogo mezhdunarodnogo innovatsionnogo foruma, Tyumen*, pp. 461–464. (in Russian)