

ФОРМИРОВАНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ УЛУЧШЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НИЖНЕМЕЛОВОГО ПРОДУКТИВНОГО КОМПЛЕКСА САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

С.В. Воробьев, О.В. Максименко, О.О. Абросимова, О.И. Дроздова
(ОАО "Сибнефтегеофизика")

Рассмотрены геологические факторы, контролирующие процессы техногенного изменения нефтегазонасыщенных пород-коллекторов горизонтов АВ₁ и АВ_{2,3} при эксплуатации Самотлорского месторождения. Горизонтальные прорывы пластовой воды и газа происходят в пределах линейно ориентированных участков развития улучшенных коллекторов. Зоны, предпочтительные для вертикальных перетоков пластовых флюидов и техногенных вод, связаны с гидродинамическими «окнами» и узлами пересечения дизъюнктивных нарушений.

Основные объемы накопленной добычи нефти в пределах Самотлорского месторождения связаны с продуктивными горизонтами АВ_{2,3} и АВ₁. Разработка верхней части неокомского комплекса сопровождается существенными изменениями флюидодинамического режима нефтегазонасыщенных отложений, выражающимися в падении пластового давления, разгазировании нефти в пластовых условиях, а также в вертикальных и горизонтальных перетоках газа, пластовой и технической воды. Проявление указанных факторов обусловлено как геологическим строением продуктивных горизонтов, так и особенностями их промышленной разработки.

Геологическое строение продуктивных пластов Самотлорского месторождения подробно рассмотрено и изложено в многочисленной научной литературе, что позволяет избежать в данной статье монографического описания этих пластов и ограничиться анализом наиболее общих их черт, в той или иной степени контролирующих процессы фильтрации флюидов при разработке месторождения.

Залежь горизонта АВ_{2,3} приурочена к верхней части ванденской свиты. Возраст отложений раннемеловой (барремский век) [4]. Горизонт представлен чередующимися песчаниками, глинами и алевролитами. Песчаники кварцевые мелко- и среднезернистые, хорошо отсортированные, с содержанием глинистого цемента до 5...10 %. Средняя нефтенасыщенная толщина составляет 8,5 м. Открытая пористость достигает 26,5 % при средней проницаемости $518 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. По всей площади своего распространения проницаемые отложения перекрыты двух — пятиметровой глинистой пачкой.

Горизонт АВ₁ залегает в верхней части нижнеальпийской подсвиты, возраст отложений раннемеловой (аптский век) [4]. Горизонт характеризуется четко выраженным двучленным строением. В его основании залегает пласт АВ₁³. Продуктивные отложения представлены преимущественно кварцевыми песча-

никами средне- и мелкозернистыми с редкими прослоями алевролитов и аргиллитов. Открытая пористость песчаников достигает 22,5 % при средней проницаемости $61 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. По всей площади своего распространения пласт перекрыт пачкой глинисто-алевролитового состава.

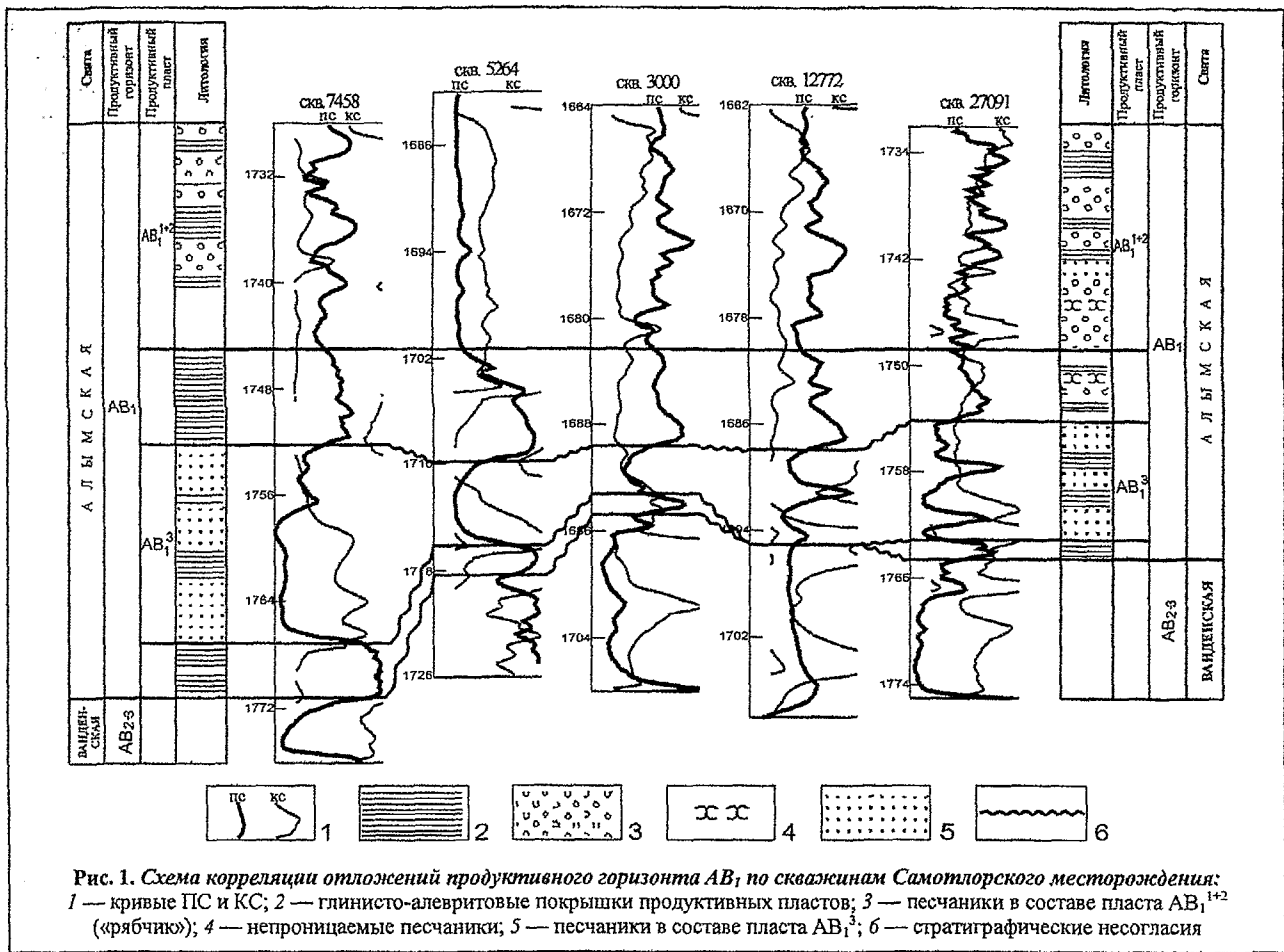
Выше по разрезу залегает продуктивный пласт АВ₁¹⁺². Характеризуется он схожестью литологического состава с пластом АВ₁³. Открытая пористость песчаников достигает 25,2 % при средней проницаемости $184 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Региональным флюидоупором для пласта АВ₁¹⁺² и горизонта АВ₁ в целом служат глинистые отложения кошайской пачки.

Исследованиями в эксплуатационной колонне доказан общий гидродинамический режим горизонтов АВ₁ и АВ_{2,3}. Начальное пластовое давление составляло 17,3 МПа, пластовая температура — 56 °С.

Одним из наиболее характерных признаков геологического строения горизонтов АВ₁ и АВ_{2,3} следует считать широкое развитие стратиграфических несогласий, обусловленных неоднократными палеоперерывами в осадконакоплении, сопровождавшимися денудацией ранее сформированных отложений. В 1975 г. Л.С. Черновой по результатам литологических исследований керна выделено два стратиграфических несогласия. Первое связано с продуктивными отложениями горизонта АВ_{2,3}, второе приурочено к кровельной части экранирующей его глинистой пачки [6]. Эти перерывы наиболее четко фиксируются в присводовых частях Самотлорского и Белозерного локальных поднятий.

Третий перерыв в осадконакоплении [1] отделяет пласт АВ₁³ от экранирующей его глинисто-алевролитовой пачки. Обоснованием палеоразмыва является закономерное сокращение толщины пласта АВ₁³ от 15...25 м в пределах погруженных форм рельефа до 0,8...3,2 м в сводовой части Самотлорского локального поднятия (рис. 1). Относительная глубина эрозионного среза оценивается в 15...20 м.

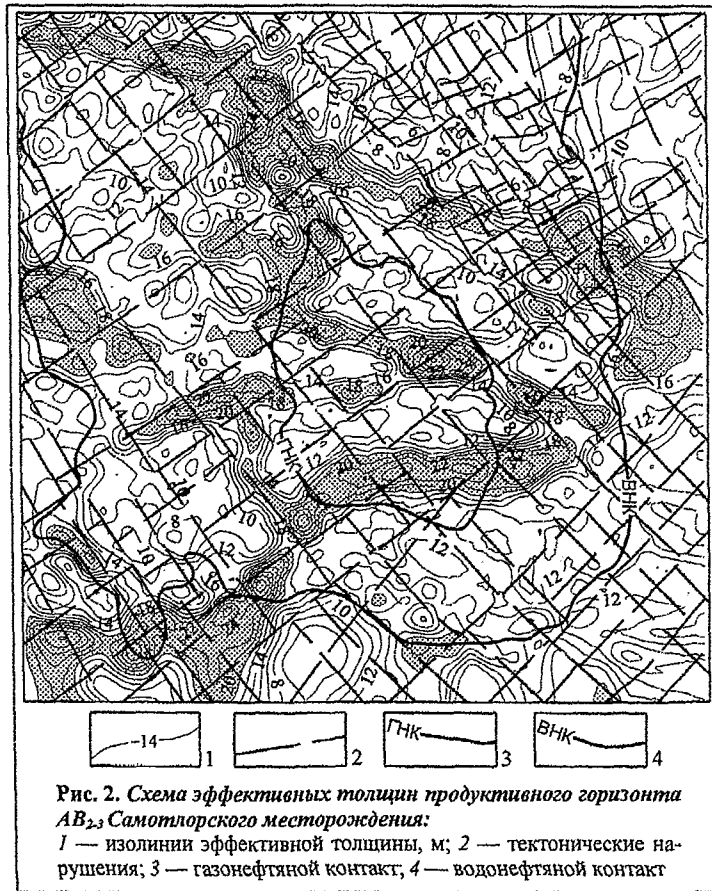
Отрицательное влияние перерывов на нефтегазоносность неокомского комплекса состоит в сокращении толщины потенциально продуктивных отложений и перекрывающих их пород преимущественно глинистого состава. Вследствие этого значительно уменьшаются объемы резервуаров нефти и



газа и ухудшаются экранирующие свойства флюидоупоров. Положительная нефтегазоконтролирующая роль стратиграфических несогласий проявилась в формировании и накоплении надперерывных терригенных толщ, характеризующихся повышенной толщиной и улучшенными коллекторскими свойствами песчаников.

Анализ распространения коллекторов в составе продуктивного горизонта АВ_{2,3} и пласта АВ₁³ показал, что к поверхностям выделенных стратиграфических несогласий приурочены полобообразные песчаные тела увеличенной толщины, протягивающиеся через все Самотлорское месторождение (рис. 2, 3).

История развития осадочного чехла в центральной части Нижнеартовского свода сопровождалась пятью основными этапами активизации тектонической деятельности. Первый приходится на триасовое, остальные — на ранне-среднеюрское, средне-позднеюрское, ранне- и поздне меловое время. В указанные интервалы геологического времени заложились основные структурообразующие элементы, сформированные двумя системами разломов. Первая система имеет северо-западное простирание, вторая — северо-восточное. И те, и другие нарушения характеризуются преобладанием взбросово-сдвиговых деформаций [2].



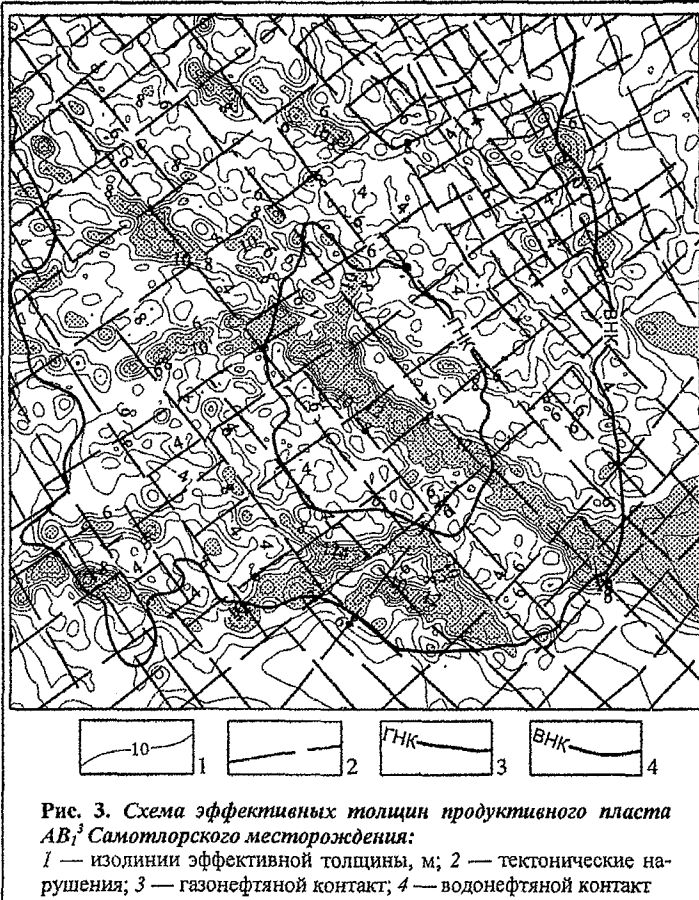


Рис. 3. Схема эффективных толщин продуктивного пласта AB_1^1 Самотлорского месторождения:
1 — изолинии эффективной толщины, м; 2 — тектонические нарушения; 3 — газонефтяной контакт; 4 — водонефтяной контакт

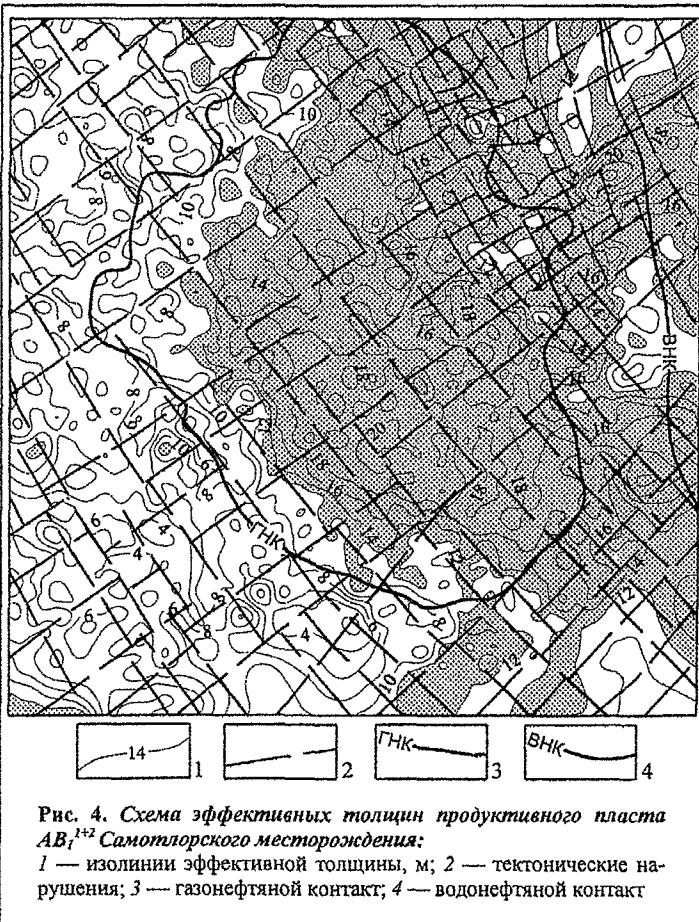


Рис. 4. Схема эффективных толщин продуктивного пласта AB_1^{1+2} Самотлорского месторождения:
1 — изолинии эффективной толщины, м; 2 — тектонические нарушения; 3 — газонефтяной контакт; 4 — водонефтяной контакт

Расстояние между разрывами в каждой из рассматриваемых систем составляет 1,5...2,0 км.

Раннемеловая активизация тектонических движений, сопровождавшаяся проявлением перерывов в осадконакоплении, во многом определила генезис и морфологию песчаных тел с улучшенными коллекторскими свойствами в составе рассматриваемых продуктивных комплексов.

К концу ванденского времени центральная часть Нижневарттовского свода была выведена из режима бассейновой седиментации и представляла собой область сноса. В результате происходило разрушение и переотложение ранее сформированных песчано-глинистых пород горизонта AB_{2-3} . По мере отступления морского бассейна краевые участки суши, расположенные вдоль береговой линии, подвергались волноприбойному воздействию с формированием постоянно мигрирующего пляжа. При перемыве обломочного материала глинистые фракции сносились в более мористые участки бассейна, где в ходе развивающейся регрессии происходил очередной отмыв и их перенос во внутренние участки бассейна. В отдельных случаях продукты перемыва попадали в замкнутые или полузамкнутые водоемы со спокойным гидродинамическим режимом, где отлагались, образуя пропластки и линзы преимущественно глинистого состава. Одновременно с отступлением моря, под воздействием атмосферных процессов, в условиях суши происходила денудация ранее сформированных морских отложений. Эти условия характеризовались нивелировкой рельефа, сопровождавшейся практически полным выносом ветровыми потоками мелкодисперсного (преимущественно глинистого) материала за пределы суши и аккумуляцией грубообломочных фракций в пределах депрессионных зон.

Отчетливо выраженные в палеогеоморфологическом плане восточный склон Белозерно-Ларьеганского палеовала и центральная часть Самотлорско-Мартовской палеоседловины (рис. 4) характеризовались максимальными градиентами наклона дневной поверхности, в результате чего представляли собой пути предпочтительного перемещения временных водных потоков, переносивших обломочный материал по направлениям к погруженным формам рельефа. Этот материал аккумулировался на исследуемой территории (см. рис. 2) в виде полособразных песчаных тел преимущественно субширотного простирания.

Последующее вступление территории в режим бассейновой седиментации сопровождалось дополнительным перемывом как обломочного материала, заполнившего депрессионные формы рельефа, так и подрамытого субстрата. Знакопеременный характер транс-

грессии обусловил некоторое расширение по площади песчаных полос, а также появление в их составе пропластков глин и алевролитов. При этом происходило как латеральное, так и вертикальное наращивание песчаных тел, что и обусловило мозаичность распределения проницаемых и непроницаемых разностей на уровне продуктивного горизонта АВ₂₋₃.

В результате кратковременной трансгрессии произошло формирование отложений надперерывной глинисто-алевритовой пачки, перекрывающей породы-коллекторы рассматриваемого продуктивного горизонта. Последующее отступление береговой линии осадочного бассейна обусловило выход глинистых отложений на дневную поверхность и их полный или частичный размыв. Таким образом, перемещения береговой линии в раннеальмское время способствовали как накоплению, так и размыву песчаников пласта АВ₁³. Одни и те же участки прибрежной зоны подвергались неоднократно воздействию процессов эрозии и волноприбойного отмыва продуктов разрушения. Указанный процесс происходил непрерывно, смещаясь по латерали в сторону отступающего в северо-западном направлении бассейна (см. рис. 3). В результате в зоне сформировавшейся суши оставался преимущественно грубообломочный и псаммитовый материал, образовавшийся из продуктов денудации размываемой толщи. Формирование, разрушение и последующее переотложение пород пласта АВ₁³ осуществлялись по приведенной выше схеме для отложений горизонта АВ₂₋₃.

Последующее региональное погружение территории обусловило формирование глинисто-алевритовой пачки, экраняющей пласт АВ₁³, и песчано-глинистых отложений, слагающих пласт АВ₁¹⁺². Эти стратиграфические подразделения прослеживаются по всей рассматриваемой территории без значительных изменений их толщины.

Максимальные эффективные толщины пород-коллекторов пласта АВ₁¹⁺² приурочены к центральной и восточной частям Самотлорского месторождения (рис. 5), охватывающим наиболее приподнятые в современном рельефе присводовые участки локальных поднятий. Палеотектонические построения свидетельствуют о приуроченности рассматриваемых зон развития улучшенных коллекторов к наиболее гипсометрически выраженным участкам палеорельефа.

Процессы образования песчаников с повышенной толщиной на сводах положительных структур детально рассмотрены в работах Д.В. Наливкина и Р.Ч. Селли [3, 5]. Формирование подобных тел объясняется изменениями гидродинамического режима в различных частях седиментационного бассейна, обусловленными сменой палеобатиметрических обстановок. Как правило, области локализации под-

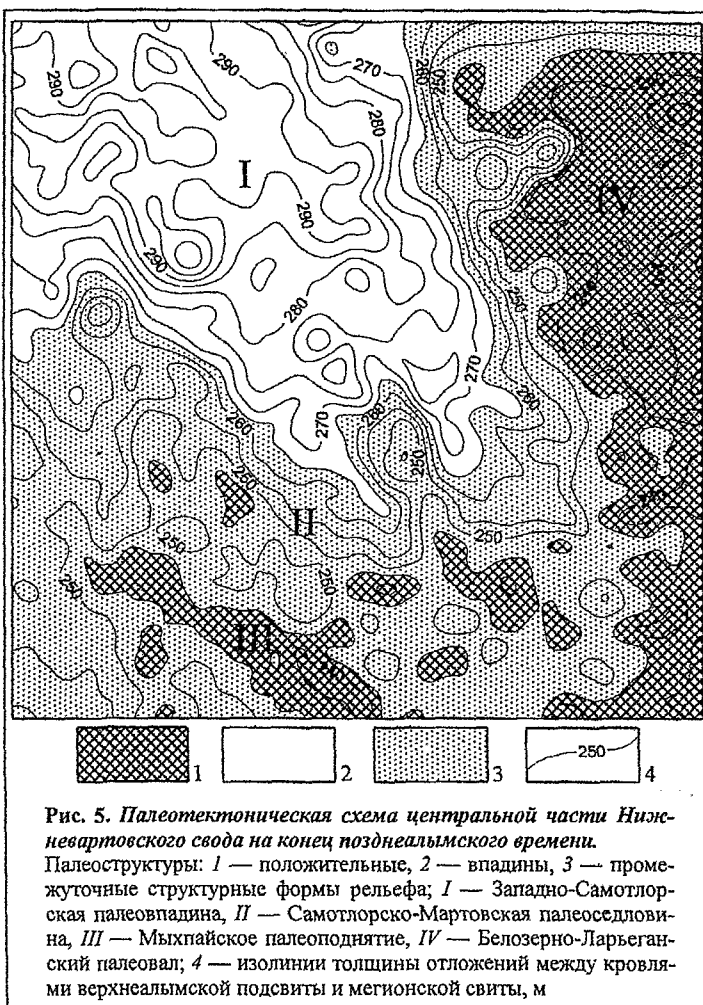


Рис. 5. Палеотектоническая схема центральной части Нижнепермского свода на конец позднепермского времени. Палеоструктуры: 1 — положительные, 2 — впадины, 3 — промежуточные структурные формы рельефа; I — Западно-Самотлорская палеовпадина, II — Самотлорско-Мартовская палеоседловина, III — Мыхайловское палеоподняtie, IV — Белозерно-Ларьеганский палеовал; 4 — изолинии толщины отложений между кровлями верхнеальмской подсвиты и мегнионской свиты, м

водных поднятий сопровождаются возникновением зон гидродинамического максимума, в которых формируются круговые подводные течения, обуславливающие интенсивный переувлажнение песчано-глинистого материала и осаждение грубообломочных разностей в присводовой части поднятия, а также переносом пелитовых фракций в более глубоководные участки бассейна.

Таким образом, в составе продуктивных горизонтов АВ₁ и АВ₂₋₃ сформировались три уровня опесчанивания разреза, каждому из которых присущи свои особенности латерального распространения песчаных тел повышенной толщины. Для данных участков характерны повышенная отсортированность обломочного материала, слабая степень его литологической изменчивости и, как следствие этого, улучшенные фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов. Распространение подобных коллекторов в плане и разрезе обеспечивает высокую гидродинамическую сообщаемость проницаемых разностей с вмещающими и перекрывающими их породами песчаного и песчано-глинистого состава.

Анализ динамики добычи углеводородного сырья из горизонтов АВ₁ и АВ₂₋₃ показал, что максимальный отбор нефти на начальных этапах эксплуатации был связан с участками полособразного

распространения улучшенных коллекторов. Характер площадного развития высокопроницаемых песчаников, пересекающих ГНК и ВНК, во многом определяет механизм дренирования нефтенасыщенных коллекторов. Ускоренный отбор нефти в пределах указанных зон сопровождается одновременным вовлечением в разработку газовой шапки, нефтяной оторочки и водонасыщенной части продуктивного пласта. Избирательное продвижение законтурных вод и газа, имеющих значительно более низкую по сравнению с нефтью динамическую вязкость, обуславливает формирование в продуктивной части разрабатываемых объектов системы гидродинамических барьеров, характеризующихся падением пластового давления на границах латеральных разделов нефть—вода и нефть—газ. Последующий отбор нефти при использовании законтурного заводнения сопровождается расширением фронта обводнения и участков прорыва газа. Используемые для интенсификации притоков гидроразрывы пласта способствуют более интенсивному распространению данных процессов. Эффект обводнения коллекторов уверенно фиксируется при анализе результатов интерпретации данных ГИС. Участки прорыва газа находят свое отражение в изменениях динамических особенностей волнового поля, фиксируемого по данным сейсморазведки МОГТ. Газовое насыщение коллекторов отображается на временных разрезах в виде ослабления амплитуд отражений, связанных с кровлей продуктивного горизонта АВ₁ [1].

Вторая группа геологических факторов, обуславливающих изменение гидродинамического режима продуктивных пластов, может быть связана с проявлением вертикальных и горизонтальных перетоков флюидов по тектонически нарушенным зонам. Наибольшей гидродинамической активностью должны характеризоваться тектонические нарушения, приуроченные к участкам опесчанивания межпластовых перемычек, а также к узлам пересечения разломов.

Таким образом, к геологическим факторам, осложняющим процесс разработки продуктивных отложений, могут быть отнесены: наличие в разре-

зах алымской и ванденской свит линейно ориентированных зон распространения улучшенных коллекторов, пересекающих по латерали поверхности газонефтяного и водонефтяного контактов, проявления блоковой тектоники, а также многочисленные опесчанивания пород-флюидоупоров.

Решение проблемы восстановления потенциала добычи Самотлорского месторождения должно лежать в сфере углубленного доизучения особенностей геологического строения контролирующих нефтегазонасность продуктивных отложений и оказывающих определяющее влияние на процессы их эксплуатации.

При написании статьи были использованы геолого-геофизические материалы ОАО "Самотлорнефтегаз" и ОАО "Сибнефтегеофизика".

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев С.В., Максименко О.В., Дроздова О.И. Критерии прогноза техногенного воздействия процессов разработки Самотлорского месторождения на фазовое состояние углеводородов неоксомского продуктивного комплекса // *Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России «III века горно-геологической службы России»*. — Томск, 2000. — Т. 1. — С. 282—283.
2. Глухманчук Е.Д., Василевский А.Н. Геодинамические условия эволюции деформации блоковых структур в Западной Сибири в послетриасовое время // *Материалы XXXI тектонического совещания «Тектоника и геодинамика: общи и региональные аспекты»*. — М.: Геос, 1998. — Т. 1. — С. 132—134.
3. Наливкин Д. В. Учения о фациях. — М.-Л.: АН СССР, 1956. — Ч. 2. — 388 с.
4. Решения 5-го межведомственного регионального стратегического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины. — Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1991. — 54 с.
5. Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления. — М.: Недра, 1989. — 294 с.
6. Чернова Л.С. Условия формирования продуктивных пластов Б₁₀, Б₈, А₂₋₄, А₁ Нижневартовского свода // *Вопросы литологии и палеогеографии Сибири*. — Новосибирск, 1970. — С. 24—33.