



УДК 553.98: [550.832. 622.24] (571.122)

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ НА ЗАПАДЕ ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ

**Е.Н.Гаврилова, В.С.Славкин, Т.Е.Ермолова** (ЗАО "Моделирование и мониторинг геологических объектов" им. В.А.Двуреченского)

Рассмотрены палеоструктурные и палеогеографические условия формирования коллекторов тюменской свиты и основные закономерности распределения ФЕС пластов  $\text{Ю}_2\text{-}\text{Ю}_4$  верхнетюменской подсвиты на западе Широтного Приобья, изученные на основе взаимоувязанных данных бурения и сейсморазведки. Установлено, что наиболее высокие ФЕС коллекторов характерны для пласта  $\text{Ю}_4$ , что объясняется поступлением в бассейн большого объема песчаного материала и значительным влиянием волновых (морских) процессов осадконакопления. Наибольшее влияние волновых процессов во время формирования пласта  $\text{Ю}_4$  проявлялось в пределах относительно малоамплитудных палеоподнятий, подобных Песчаному, а во время накопления пластов  $\text{Ю}_3\text{-}\text{Ю}_2$  – в пределах более амплитудных палеоподнятий, аналогичных Средне-Назымскому.

**Ключевые слова:** закономерности распространения; коллектор; ГИС; палеоподнятие; обстановки осадконакопления; тюменская свита; Широтное Приобье.

В отложениях тюменской свиты (средняя юра –  $\text{J}_2$ , верхнеааленский подъярус – батский ярус) Западной Сибири сосредоточено огромное количество извлекаемых запасов нефти (по данным Госбаланса РФ, это миллиарды тонн по категориям  $C_1 + C_2$ ). Залежи обнаружены на многих площадях, но особенно велика относительная доля запасов в тюменских отложениях на западе Широтного Приобья. Здесь около 60 % всех извлекаемых запасов аккумулировано в резервуарах тюменской свиты. Однако, несмотря на внушительные запасы, добыча нефти в этом районе ведется в весьма ограниченном объеме. Это связано с крайне сложным геологическим строением тюменских природных резервуаров и, прежде всего, с сильной литологической изменчивостью продуктивных пластов, обусловленной особенностями формирования отложений (Голованова М.П., Славкин В.С., Шик Н.С., Ермолова Т.Е., 2002). Известно, что определяющей чертой палеогеографии позднеааленско-батского времени рассматриваемой территории являлась ее

приуроченность к области неустойчивого режима осадконакопления, проходившего в обстановках постоянной борьбы суши и моря (Гураги Ф.Г. и др., 1992).

Кроме того, результаты бурения и испытания скважин создали представление о тюменской свите как о комплексе, малоперспективном для промышленного освоения, в связи с преимущественно низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) коллекторов. Пористость коллекторов пласта  $\text{Ю}_2$  зачастую не превышает 11,0–14,0 %, пластов  $\text{Ю}_3$  и  $\text{Ю}_4$  – 11,5–15,0 %. В соответствии с этим при испытании многих скважин или получены непромышленные дебиты, или притоки жидкости отсутствуют, а на большинстве разрабатываемых месторождений нормальными считаются дебиты 5–10  $\text{m}^3/\text{сут}$ .

Между тем далеко не все запасы нефти, локализованные в пластах тюменской свиты, относятся к категории трудноизвлекаемых. Отдельные залежи или их участки приурочены к коллекторам с ФЕС, способными обеспечить очень высокие дебиты нефти. Так, на Песчаном месторождении первичные дебиты жидкости из пластов  $\text{Ю}_{2-3}$  и  $\text{Ю}_4$  достигают 30–72  $\text{m}^3/\text{сут}$ , а после гидроразрыва пласта в эксплуатационных скважинах – 53–90 т/сут (из них нефти от 43 до 69 т/сут), накопленная добыча нефти по этим пластам за 7 лет составила около 1,5 млн т. На Каменной площади из верхов тюменской свиты получен фонтанный приток нефти дебитом 136  $\text{m}^3/\text{сут}$  (Конторович А.Э. и др., 1995), на месторождениях "Сургут-нефтегаза" в отдельных скважинах из тюменской свиты первичные дебиты нефти достигали 64  $\text{m}^3/\text{сут}$  (Батурина Ю.Е., 2002). Следовательно, наряду с низкопродуктивными отложениями, в тюменской свите получили распространение и высокопродуктивные резервуары, характеризующиеся высокими и приемлемыми коллекторскими свойствами.

Для повышения эффективности поисково-разведочных работ на нефть и газ в отложениях тюменской свиты необходимо выявление площадей достаточно широкого распространения пород-коллекторов, обладающих высокими ФЕС.

В связи с этим возникает вопрос прогнозирования зон и участков высокопродуктивных коллекторов в рассматриваемом комплексе с учетом палеогеографических условий формирования.

Для этого авторы статьи провели детальный анализ строения пластов тюменской свиты в пределах зональных и локальных участков в рамках моделей, созданных на основе комплекса методов (Славкин В.С., Копилевич Е.А., Давыдова Е.А., Мушин И.А., 1999; [1, 4]), их сопоставление друг с другом с привлечением палеоструктурных построений, данных керна и результатов ГИС.

Подобные исследования проведены авторами статьи для ряда площадей, расположенных на западе Широтного Приобья: Большая и Ольховская (Полуйский свод), Галляновская (Галляновский выступ Красноленинского свода), Кислорская и Средне-Лыхминская (Радомский мегавал), Песчаная и Сергинская (Сергинское куполовидное поднятие), Средне-Назымская (Елизаровский прогиб Фроловской мегавпадины).

#### **Палеоструктурные реконструкции на время формирования среднеюрских отложений на западе Широтного Приобья**

Важное влияние на обстановки осадконакопления, а соответственно, и на распространение коллекторов с различными ФЕС оказывает палеоструктурный план (Гроссгейм В.А. и др., 1984; Нежданов А.А., 2004; Фролов В.Т., 1984 и др.).

Для палеореконструкций авторами статьи использовался метод, основанный на изучении карт общих толщин, заключенных между основными реперными горизонтами, в данном случае между поверхностью доюрского основания (или кровлей шеркалинской свиты, там, где развит этот комплекс) и кров-

лей тюменской свиты, т.е. фактически анализировалась мощность тюменской свиты. Известно, что тюменская свита перекрывает сложнорасчлененный рельеф доюрского основания, на некоторых участках сложенный зонально-развитыми отложениями шеркалинской свиты. Толщина тюменской свиты уменьшается над выступами доюрского основания и увеличивается во впадинах. Таким образом, распределение мощности тюменской свиты в первом приближении дает представление о палеоструктурном плане территории.

На западе Широтного Приобья в палеорельфе на начало формирования отложений тюменской свиты выделялись три палеоструктурные зоны, отличающиеся друг от друга общим уровнем погруженности (рис. 1). Наименее погруженной была северо-западная область, которой в современном тектоническом плане соответствуют Чузельский выступ и Висимско-Хашгорская гряда. Наиболее погруженной являлась восточная область, в современном плане ей соответствует Фроловская мегавпадина. Средний уровень занимала центральная область, расположенная в зоне соплении указанных северо-западного и восточного геоблоков (современный план рассматривается в соответствии с картой Шпильмана В.И. и др., 1998).

Помимо региональных закономерностей палеоструктурного плана, на распределение коллекторов оказывали влияние индивидуальные особенности локальных палеоструктур. Особое значение имели относительные амплитуды и площади палеоподнятий. На изучаемых участках по этим признакам выделены две группы палеоподнятий (см. рис. 1). К **первой группе** относятся палеоподнятия, характеризующиеся относительно небольшой амплитудой и площадью (такие, как *Песчаное*, *Сергинское*, *Кислорское*). **Вторую группу** образуют па-

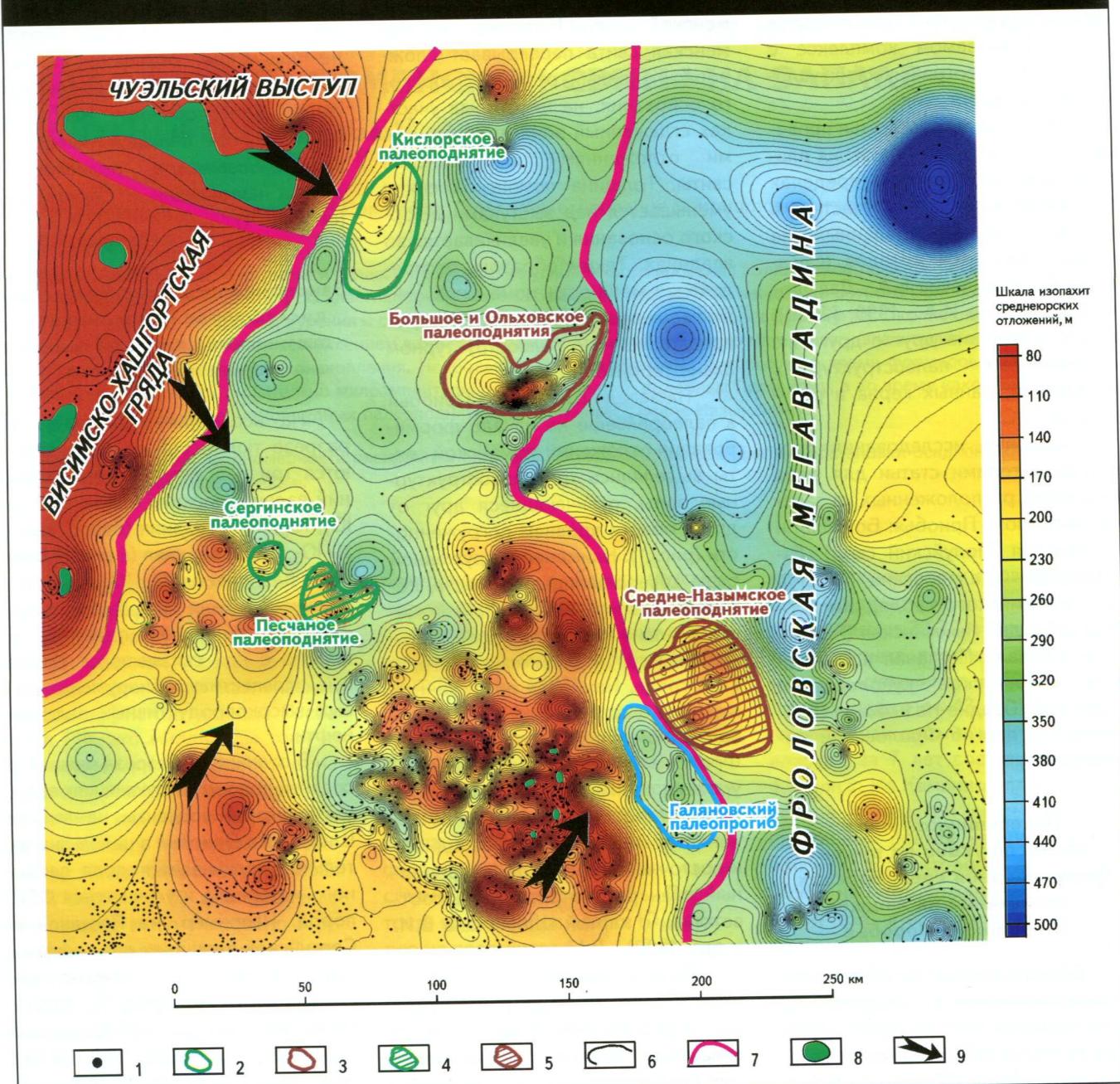
леоподнятия, характеризующиеся значительной амплитудой и достаточно большой площадью (*Средне-Назымское*, *Большое*). Наибольшей амплитудой отличалось *Большое палеоподнятие*. Наиболее крупным по площади являлось *Средне-Назымское палеоподнятие*, а наименьшим – *Сергинское* (см. рис. 1).

#### **Закономерности распределения коллекторов в отложениях тюменской свиты на западе Широтного Приобья**

На исследуемых площадях в разрезе тюменской свиты выделяются три подсвиты: нижняя (верхний аален – нижний байос, пласти  $\text{Ю}_7$ ,  $\text{Ю}_8$ ,  $\text{Ю}_9$ ), средняя (байос, пласти  $\text{Ю}_5$ ,  $\text{Ю}_6$ ) и верхняя (верхний байос – бат, пласти  $\text{Ю}_2$ ,  $\text{Ю}_3$ ,  $\text{Ю}_4$ ). Погружающая доля запасов относится к верхнетюменской подсвите, и именно с ней связываются основные перспективы обнаружения новых высокопродуктивных залежей нефти.

В отличие от разреза нижней и средней подсвит, в отложениях верхнетюменской подсвите на западе Широтного Приобья в целом значительно увеличивается доля песчаного материала и улучшаются ФЕС пород. Например, на Песчаной и Сергинской площадях доля эффективных коллекторов в разрезе пласта  $\text{Ю}_4$  достигает 70-80 %, пористость по данным лабораторных определений составляет 18,3-20,6 %, проницаемость –  $(15-38) \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ . На Кислорской площади пористость коллекторов пластов  $\text{Ю}_4$ - $\text{Ю}_2$  в отдельных прослоях достигает 19-23 %, проницаемость –  $(54-315) \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$  (к сожалению, в последнем случае коллекторы большей частью обводнены, так как основной пласт  $\text{Ю}_4$  расположен ниже уровня водонефтяного контакта). Средняя пористость песчано-алевритовых пород, по данным

Рис. 1. ПАЛЕОСТРУКТУРНАЯ СХЕМА НА НАЧАЛО ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ



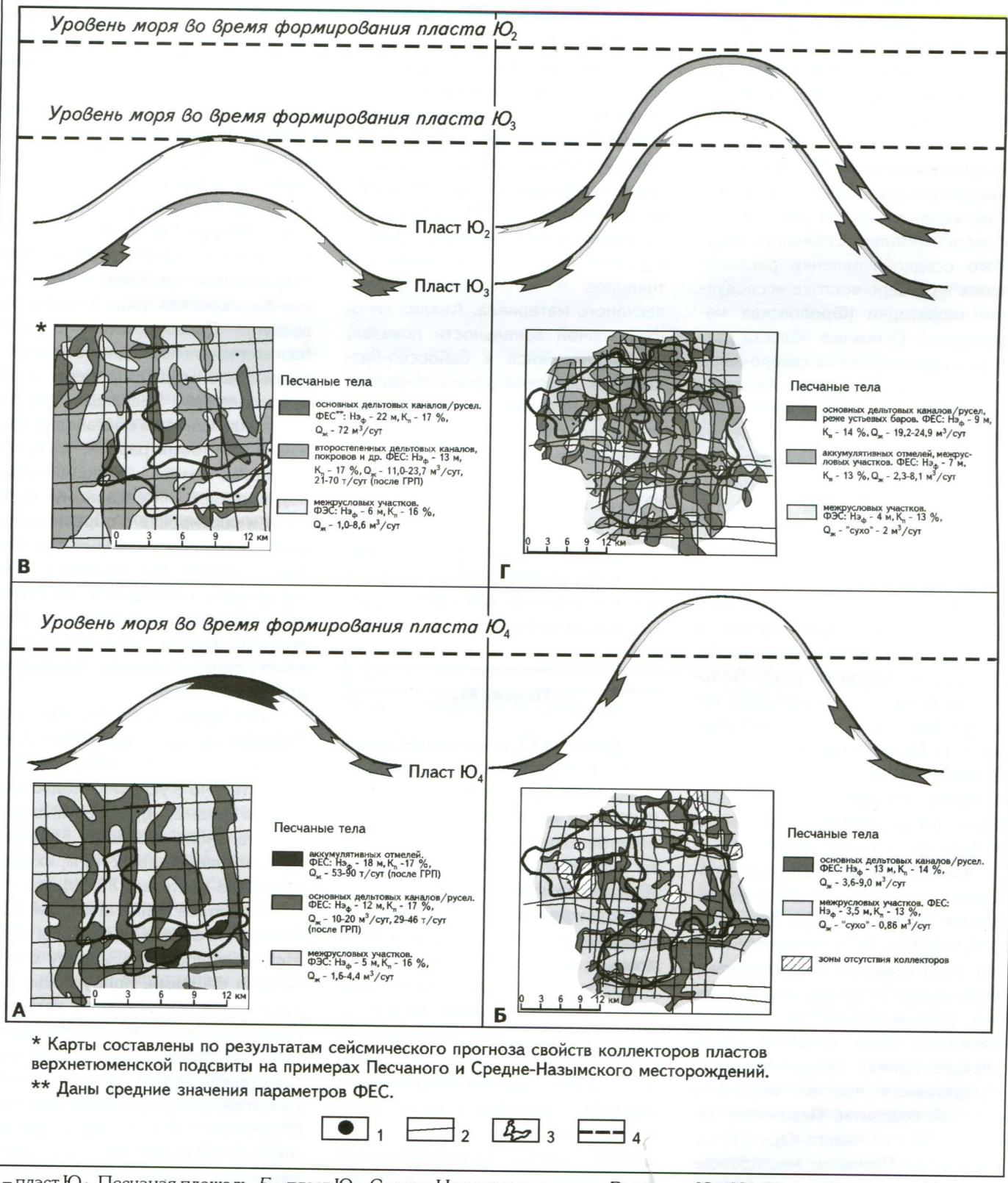
1 – скважины; палеоподнятия: 2 – первой группы, 3 – второй группы; эталонные объекты для рентабельного освоения: 4 – пласты Ю<sub>4</sub>, 5 – пластов Ю<sub>2</sub>-Ю<sub>3</sub>; 6 – линии равных толщин среднеюрских отложений; 7 – границы современных геоблоков, согласно "Тектонической карте" под ред. В.И.Шпильмана и др. (1998); 8 – зоны отсутствия среднеюрских отложений; 9 – направление сноса

ГИС, на этих площадях составляет 17-18 %. Для сравнения отметим, что в пластах нижней и средней подсвит средней по скважинам пористость, по данным ГИС, не превышает 11,5-14,0 %.

Закономерное улучшение ФЕС коллекторов верхнетюменской подсвиты связано с усилением влияния на седиментацию морских обстановок относительно времени накопления осадков нижней и средней под-

свит. Об этом свидетельствуют такие факторы, как заметное снижение содержания углей в разрезе, достигающее 14 % (в пластах нижней и средней подсвит 20-30 %), отмечаемые в керне следы жизне-

Рис. 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕТЮМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ НА ЗАПАДЕ ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ В ПРЕДЕЛАХ ПЕРВОЙ (А, В) И ВТОРОЙ (Б, Г) ГРУПП ПАЛЕОПОДНЯТИЙ



А – пласт  $\text{Ю}_4$ , Песчаная площадь, Б – пласт  $\text{Ю}_4$ , Средне-Назымская площадь, В – пласты  $\text{Ю}_2$ ,  $\text{Ю}_3$ , Песчаная площадь, Г – пласты  $\text{Ю}_2$ ,  $\text{Ю}_3$ , Средне-Назымская площадь; 1 – разведочные скважины; 2 – линии сейсмических профилей 2D; 3 – контуры палеоподнятий; 4 – условный средний уровень моря

деятельности морских организмов (ходы илоедов, остатки раковин фораминифер), увеличение числа прослоев известковых разностей, горизонтально- и волнисто-слоистые текстуры, характерные для относительно устойчивой гидродинамики среды.

В соответствии с региональными исследованиями [3], в том числе палеореконструкциями, выполненным авторами статьи (см. рис. 1), область наиболее устойчивого морского осадконакопления располагалась на северо-востоке исследуемой территории (Фроловская мегавпадина). Основные области размыва существовали на северо-западе территории (Висимско-Хашгорская гряда и Чуэльский выступ) и в пределах крупных палеоподнятий на юге и юго-западе. При этом, по данным М.В.Коржа [3], зоны максимальной песчанистости (50-90 %) размещались исключительно в прибрежной полосе на северо-западе Западно-Сибирского бассейна и в виде узких протяженных участков северо-восточной ориентировки в его южной и юго-восточной частях (палеорусла крупных рек). Большую часть территории занимали зоны пониженной и низкой песчанистости (1-30 %), в связи с чем перспективы верхнетюменской подсвиты на поиск залежей нефти, рентабельных для разработки, здесь можно было оценить как невысокие.

Между тем проведенные в последнее 10-летие геолого-разведочные работы на ряде площадей этой, казалось бы, малоперспективной зоны показали выдающиеся и очень хорошие результаты (Песчаная, Средне-Назымская и другие площади). Были открыты новые месторождения, приуроченные к продуктивным пластам верхнетюменской подсвиты. Первичные дебиты нефти из пласта Ю<sub>2-3</sub> при испытании на Песчаном месторождении составили от 23,7 (скв. 614) до 70,6 м<sup>3</sup>/сут (скв. 618), в скважинах Средне-Назымского месторожде-

ния — 19-25 м<sup>3</sup>/сут. Дебиты флюидов эксплуатационных скважин из пласта Ю<sub>4</sub> после гидроразрыва пласта на Песчаном месторождении достигали 70-90 т/сут.

Таким образом, очевидно, что на фоне общих, региональных закономерностей распространения коллекторов на ряде площадей на первый план выступали индивидуальные особенности строения, прежде всего такие, как приуроченность к разным типам локальных структур в сочетании с расположением источников и направлением сноса песчаного материала. Анализ литофацевальной зональности показал, что усилившийся в байоско-батский век морской режим по-разному воздействовал на распределение коллекторов в пределах двух выявленных групп палеоподнятий как во время формирования пласта Ю<sub>4</sub>, так и Ю<sub>2</sub>, Ю<sub>3</sub>. В этой связи целесообразно более детально рассмотреть закономерности распределения коллекторов указанных пластов отдельно для каждой группы палеоподнятий.

#### Пласт Ю<sub>4</sub>

В пласте Ю<sub>4</sub> в настоящее время открыты наиболее высокопродуктивные залежи тюменской свиты (Песчаное месторождение). Вместе с тем на ряде месторождений дебиты нефти не превышают 10 м<sup>3</sup>/сут (Средне-Назымское и Голяновское месторождения) или являются непромышленными (Большое и Ольховское месторождения).

Формирование пласта в пределах выделенной первой группы палеоподнятий, характеризующихся небольшими амплитудами, происходило при существенном влиянии морских процессов седиментации, в то время, как на палеоподнятиях второй группы (высокоамплитудных) осадконакопление происходило при доминировании субаэральных условий.

В результате в пределах невысоких по амплитуде палеоподнятий **первой группы** (Песчаное, Сергинское, Кислорское), расположенных на западе исследуемого района, формировались обширные зоны распространения мощных пластов коллекторов с хорошей сортировкой песчаного материала и высокими ФЕС. Подобное строение и свойства коллекторов также обусловлены близостью и интенсивностью размыва "западных" источников сноса песчаного материала (в современном рельфе — Висимско-Хашгорская гряда и Чуэльский выступ). Палеоуровень поднятий был оптимальным для волнового воздействия моря в процессе осадконакопления. Песчаные осадки, накапливавшиеся в обстановке подводно-дельтовых равнин, во время ингрессий моря дополнительно подвергались интенсивному перемыву и сортировке с образованием аккумулятивных песчаных тел (баров, отмелей). Это привело к формированию улучшенных коллекторов пласта Ю<sub>4</sub>, которые позволяют получать дебиты, способные обеспечить промышленное освоение подобных залежей.

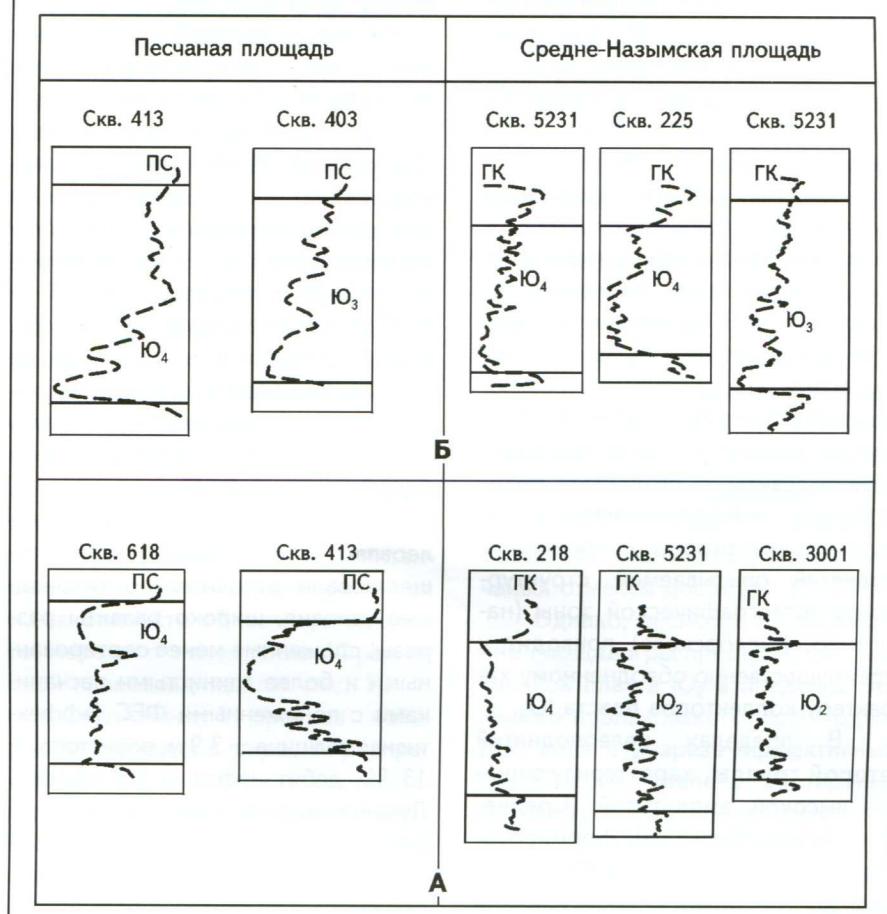
**Песчаная площадь.** На этой площади песчано-алевритовые осадки пласта Ю<sub>4</sub> накапливались преимущественно в условиях подводной дельты (рис. 2, А), образуя пласти значительной мощности (эффективная толщина до 12-18 м, их доля в разрезе достигает 80 %).

Наиболее примечательной особенностью описываемой зоны является формирование, наряду с русловыми фациями, прирусовых аккумулятивных отмелей и устьевых баров (см. рис. 2, А). Данные песчаные тела приурочены к сводовым или присводовым частям некоторых локальных палеоподнятий и характеризуются наиболее высокими ФЕС, о чем свидетельствуют высокие дебиты эксплуатационных скважин, дающих после гидроразрыва пласта 53-90 т/сут. Для этих отло-

жений характерен “ретрессивный” облик кривых ПС, который отражает увеличение вверх по разрезу размера зерен, уменьшение глинистости и улучшение сортировки песчаников, что приводит к закономерному улучшению коллекторских свойств пласта  $\text{Ю}_4$  (рис. 3, А). В пределах Песчаного палеоподнятия, сформировавшегося на границе мелководной и относительно погруженной зон палеобассейна, сложилось наиболее благоприятное сочетание структурного и литолого-фацального факторов. Занимая поперечное положение относительно дельтовых протоков, данная структура была достаточно хорошо выражена в палеоплане и служила барьером, ограничивающим распространение песчаного материала на юг территории, в депрессионную зону. В связи с этим в ее пределах отмечается наибольшая концентрация хорошо отсортированных песчаных осадков.

**Сергинская площадь.** Сергинская структура, расположенная непосредственно к северо-западу от Песчаной площади, входила в ту же фациально-палеогеографическую зону подводной дельты. Для коллекторов руслового генезиса этой зоны характерны средне-мелкозернистый состав, средняя сортировка зерен, обогащенность растительными остатками, неоднородность строения (наличие линз более грубых и тонких осадков), русловой тип цикличности, косая слоистость. По каротажу отмечается “русловой”, или “ретрессивный”, облик кривой ПС (в соответствии с типизацией моделей каротажных кривых, ПС и ГК В.С.Муромцева, 1983) (см. рис. 3, Б), соответствующий уменьшению размера зерен вверх по разрезу. По промысловово-геофизическим данным, средняя пористость составляет 17 %. Это обеспечивает дебиты от 10 до 20 м<sup>3</sup>/сут, после гидроразрыва пласта — от 29 до 46 м<sup>3</sup>/сут. Сеть основных дельтовых протоков (руслел) в пласте  $\text{Ю}_4$

Рис. 3. ЭЛЕКТРО- И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЕСЧАНЫХ ТЕЛ ВЕРХНЕТЮМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ



Типы: А – баровый, Б – русловой

закартирована на территории Сергинского и Песчаного участков по результатам сейсмического прогноза (см. рис. 2, А). Песчаные тела палеорусел тяготеют к склоновым частям палеоподнятий. На межруслоевых участках и в палеодепрессиях накапливались толщи тонкого (до 0,2 м) переслаивания песчаных, алевритовых и глинистых осадков.

В отличие от Сергинской и Песчаной площадей, в пределах северо-запада Широтного Приобья (Кислорско-Средне-Лыхминская зона) донно-флювиальные отложения развиты слабо. Коллекторы пласта  $\text{Ю}_4$  формировались преимущественно в обстановке подвижного мелководья с широким развитием крупных аккумулятивных песчаных

тел волнового генезиса (баров, отмелей). Подобные песчаные тела обладают высокими ФЕС: средняя эффективная толщина составляет 15 м, доля коллекторов в разрезе — 80 %, средняя пористость — 18 % (максимальная — около 23 %), средняя проницаемость —  $24 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> (максимальная — свыше  $300 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>). По данным О.В.Япакурта, Ю.В.Ростовцевой (2003), на волновой (морской) генезис песчаных тел этой зоны указывают преобладание в песчаниках обломков мелкозернистой размерности, хорошая сортировка, мульдообразная (линзовидно-косая, срезающая) слоистость, присутствие глинистых закатышей (донная эрозия), наличие в отдельных прослоях порового кальцито-

вого цемента (до 15-45 %), значительная мощность собственно песчаных отложений. Баровый генезис песчаных тел пласта  $\text{Ю}_4$  подтверждает и палеоструктурная приуроченность к сводовым и присводовым частям палеоподнятий, отличавшихся наиболее активной гидродинамикой. Однако повышенная песчанистость отражается и на разделяющих продуктивные пласты перемычках, которые становятся относительно проницаемыми. В качестве компетентного флюидоупора над всеми резервуарами верхнетюменской подсвиты выступают глинистые отложения нижневасюганской подсвиты. В результате недостаточная морфологическая выраженность некоторых современных поднятий описываемой структурно-палеогеографической зоны (например, Кислорского) приводит к преимущественно обводненному характеру коллекторов пласта  $\text{Ю}_4$ .

В пределах палеоподнятий **второй группы**, характеризующихся высокой амплитудой (Средне-Назымское, Большое), формирование коллекторов пласта  $\text{Ю}_4$  происходило при более слабом влиянии моря, преимущественно в субаэральных обстановках. Это привело к ограничению распространения по площади коллекторов, в том числе песчаных пород с наиболее высокими ФЕС.

**Средне-Назымская, Галляновская площади.** В районе Средне-Назымского палеоподнятия и примыкающего к нему с юго-запада Галляновского палеопротига, расположенных на юго-востоке изучаемой территории, осадки накапливались в обстановке прибрежно-дельтовой равнины, т.е. переходной от континентальной к прибрежно-морской.

О дельтовом генезисе, в соответствии с описанными в литературе аналогами [2, 5], свидетельствуют такие данные, как: а – морфология зон улучшенных коллекторов, имеющих в плане облик разветвленных русел; б – модели кри-

вых по методу РК (стандартный каротаж здесь не информативен) руслового типа (см. рис. 3, *Б*), реже прирусовых отмелей и баров; в – положение Средне-Назымского палеоподнятия вблизи бровки обширной палеодепрессии (Галляновской). Наибольший объем песчаных осадков, характеризующихся лучшими для данной площади коллекторскими свойствами (эффективная толщина – 10-20 м, пористость по ГИС – 14-15 %, дебит флюидов – 5-9 м<sup>3</sup>/сут), концентрировался в основном на склонах Средне-Назымского палеоподнятия, что соответствует русловым частям дельты и прирусовым барам (см. рис. 2, *Б*).

На территории Галляновской палеовпадины, в пределах которой существовали относительно тиховодные условия, широко развиты разрезы, сложенные менее сортированными и более глинистыми песчаниками с пониженными ФЕС (эффективная толщина – 3-9 м, пористость – 13 %, дебит нефти – 2,6 м<sup>3</sup>/сут). Лучшие коллекторы (дебиты до 6-9 м<sup>3</sup>/сут), приуроченные к отдельным линзам более сортированного песчаного материала, формировались в протоках подводной дельты.

Таким образом, особенностью района Средне-Назымского палеоподнятия являются более низкие коллекторские свойства пласта  $\text{Ю}_4$  и более низкие дебиты по сравнению с палеоподнятиями первой группы. Повышенное содержание углей в разрезе пласта  $\text{Ю}_4$  (18 против 10 % на рассмотренных палеоподнятиях первой группы) свидетельствует о более континентальных условиях, что, по-видимому, связано с большей выраженностью Средне-Назымского палеоподнятия в рельфе. Соответственно, эта структура была в меньшей степени подвержена морским ингрессиям.

**Большая, Ольховская площади.** Большое и Ольховское палеоподнятие, как показали палеоструктурные построения, были отдалены от источников сноса и представля-

ли собой изолированную узкую цепочку островов, ограниченную со всех сторон погруженными участками территории (см. рис. 1). На начало формирования среднеюрских отложений это были наиболее высокоамплитудные палеоподнятия по сравнению с остальными структурами на исследуемых площадях.

Данные обстоятельства привели, во-первых, к ограниченному поступлению на этот участок песчаного материала, а во-вторых, к еще менее значительному по сравнению с описанными районами влиянию моря на переработку осадков. Субконтинентальный характер осадконакопления подчеркивается высоким содержанием углей в разрезе (в среднем по скважинам 25 %). Как следствие, в описываемом районе во время формирования пласта  $\text{Ю}_4$  накапливались преимущественно алевритоглинистые илы.

Данная территория, очевидно, представляла собой прибрежную, временами заболачиваемую, аллювиально-дельтовую равнину. В целом, из-за неустойчивого характера осадконакопления и относительной слабой гидродинамики, разрез пласта  $\text{Ю}_4$  отличается сильной расчлененностью (в керне отмечается тонкое переслаивание плотных мелко- и среднезернистых глинистых песчаников с аргиллитами), слабой сортировкой песчано-алевритовых пород, а также низкими ФЕС коллекторов (средняя пористость – 13 %, средняя проницаемость –  $< 1 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ ). Более того, сейсмический прогноз и 3D-моделирование показали, что распространение коллекторов по площади и в разрезе имеет ограниченный, прерывистый характер. Преобладают песчаные тела руслового генезиса, о чем свидетельствуют шнурковая и рукавообразная морфология, приуроченность к склонам палеовозвышенностей, присутствие грубозернистого материала, косослоистая текстура, обилие углефицированных растительных остатков.

## Пласти $\text{Ю}_2$ , $\text{Ю}_3$

Во время формирования пластов  $\text{Ю}_2$  и  $\text{Ю}_3$  в целом продолжилось усиление морского режима и его влияние на осадконакопление, однако объем поступающего в бассейн песчаного материала сокращается.

Палеоподнятия первой группы (небольшие амплитуды) оказались в зоне глубин, слабо доступных действию морских волн, а в пределах палеоподнятий второй группы (высокие амплитуды) субаэральные обстановки сменились прибрежно-морскими мелководными со значительным воздействием на осадки волновых процессов.

На палеоподнятиях **первой группы** в пластах  $\text{Ю}_2$  и  $\text{Ю}_3$ , по сравнению с пластом  $\text{Ю}_4$ , в целом наблюдается уменьшение песчаников в разрезе (и соответственно доли эффективных коллекторов), ухудшение ФЕС.

**Песчаная, Сергинская площади.** Отложения пласта  $\text{Ю}_3$  на Песчаной и Сергинской площадях формировались в условиях подводной дельты аналогично пласту  $\text{Ю}_4$ . Однако повышение уровня моря привело к установлению более спокойной гидродинамики и сокращению как руслоевой, так и волновой деятельности. Результаты сейсмического прогноза показывают значительное уменьшение площади коллекторов пластов  $\text{Ю}_2$ ,  $\text{Ю}_3$  с высокими ФЕС (см. рис. 2, В). Особенno заметно снизилась гидродинамическая активность бассейна на Сергинской площади, что препятствовало формированию мощных аккумулятивных тел. Только в пределах собственно Песчаного палеоподнятия, имеющего более высокую амплитуду по сравнению с Сергинским, наблюдается некоторое опесчанивание разреза в кровле пласта  $\text{Ю}_3$ .

Усиление ингрессии во время формирования пласта  $\text{Ю}_2$  привело в целом к дальнейшему сокращению поступления в бассейн песчаного материала. В результате здесь почти повсеместно развиты маломощ-

ные (до 5 м) покровные песчаники с невысокими ФЕС (см. рис. 2, В).

Палеоподнятия **второй группы** (высокоамплитудные) с повышением уровня моря, напротив, оказались в зоне оптимальных глубин для накопления песчаных осадков и их лучшей сортировки. В результате здесь отмечается увеличение площади распространения песчаников в пластах  $\text{Ю}_2$ - $\text{Ю}_3$  по сравнению с пластом  $\text{Ю}_4$  и улучшение их ФЕС.

**Средне-Назымская, Галановская площади.** На Средне-Назымской площади во время формирования пластов  $\text{Ю}_2$  и  $\text{Ю}_3$ , в связи с продолжающимся наступлением моря, обстановка прибрежно-дельтовой равнины сменилась условиями подводной дельты, особенно интенсивно подверженной влиянию моря из-за близости области устойчивого морского накопления (Фроловской палеовпадины, см. рис. 1).

Сейсмический прогноз показал, что, наряду с широким распространением на склонах палеоподнятий узких рукавообразных песчаных тел в пластах  $\text{Ю}_2$  и  $\text{Ю}_3$ , отвечающих подводным дельтовым каналам, высокая концентрация песчаников, способных обеспечить промышленные притоки нефти, распространялась и на участки локальных палеоподнятий (см. рис. 2, Г). Это связано с повышением уровня моря, в результате чего здесь усилилась волновая деятельность и происходил дополнительный перемыв песчаного материала, поступающего в область мелководья. В этих условиях формировались коллекторы с относительно высокими ФЕС (средняя по скважинам эффективная толщина — 9 м, пористость — 14-15 %, дебиты нефти составляют 19,2-24,9 м<sup>3</sup>/сут).

В районе Галановской палеовпадины повышение уровня моря, наоборот, привело к установлению еще более застойных условий осадконакопления (вне действия волнений и подводной русловой деятельности), уменьшению площади распростране-

ния песчаников и увеличению глинистости разреза пластов  $\text{Ю}_2$ ,  $\text{Ю}_3$ .

**Большая, Ольховская площади.** На территории Большой и Ольховской площадей, где располагались наиболее высокоамплитудные палеоподнятия, повышение уровня моря во время накопления пласта  $\text{Ю}_3$  практически не способствовало увеличению площади распространения песчаников.

Только во время формирования пласта  $\text{Ю}_2$  продвижение моря привело к более широкому развитию песчаных осадков по сравнению с пластами  $\text{Ю}_3$  и  $\text{Ю}_4$ . При этом пески появились в районах сводов и присводовых частях палеоподнятий. Эффективная толщина коллекторов на вскрытых скважинами участках песчаных отмелей достигает 10-12 м.

Однако, несмотря на расширение площади распространения песчаников пласта  $\text{Ю}_2$  в пределах Большого и Ольховского палеоподнятий, доля в разрезе эффективных коллекторов, степень сортировки песчаного материала и коллекторские свойства пласта остались ниже, чем на остальных рассматриваемых площадях, что связано, как и ранее, с их удаленностью от источников сноса.

## Выходы

1. Таким образом, установлено, что в Широтном Приобье в продуктивных пластах верхнетюменской подсвиты в определенных условиях формировались коллекторы с высокими ФЕС, способными обеспечить рентабельную добычу нефти (Песчаное месторождение и др.). Открытие новых залежей в отложениях тюменской свиты, подобных Песчаному месторождению, возможно на основе изучения особенностей палеоструктурного плана и фациально-палеогеографических закономерностей формирования и распространения коллекторов с высокими ФЕС.

2. Анализ распределения толщин тюменской свиты по данным

бурения в пределах Широтного Приобья позволил выделить три региональные палеоструктурные зоны, которым отвечают крупные палеогеографические области: преимущественного размыва, наиболее устойчивого морского осадконакопления и неустойчивого осадконакопления с переменным влиянием континентального и морского режимов. На этом фоне в условиях нарастающего в целом влияния моря распространение коллекторов в отложениях верхнетюменской подсвиты контролировали локальные особенности палеорельефа. Они проявлялись по-разному в зависимости от положения уровня моря, близости источников сноса и интенсивности их размыва. Выделены две группы локальных палеоподнятий, отличающихся по относительной амплитуде и площади.

3. В пределах палеоподнятий первой группы (относительно небольших по амплитуде) песчаные коллекторы с высокими ФЕС и широкой площадью распространения преобладали в пласте Ю<sub>4</sub>. Они формировались в условиях подводных дельт, на участках, в наибольшей степени подверженных влиянию моря на раннем этапе ингрессии моря. Фации прирусловых и устьевых баров и аккумулятивных отмелей, включающие наиболее высокопродуктивные коллекторы, приурочены к присводовым частям палеоподнятий, испытывавшим наиболее интенсивное волновое воздействие, русловые фации с улучшенными ФЕС — к склонам палеоподнятий. Впоследствии с увеличением ингрессии и углублением бассейна волновая активность в пределах палеоподнятий первой группы сокращалась, с чем связано постепенное ухудшение ФЕС коллекторов в пластах Ю<sub>2</sub> и Ю<sub>3</sub> на этих структурах.

4. В пределах палеоподнятий второй группы (относительно высокоамплитудных) влияние морского режима на сedиментацию и связанное с этим расширение площадей распространения песчаных коллек-

торов, в том числе и обладающих высокими ФЕС, отмечаются только во время формирования пластов Ю<sub>2</sub> и Ю<sub>3</sub>. На ранних этапах (пласт Ю<sub>4</sub>) здесь преобладали субконтинентальные условия, коллекторы с приемлемыми ФЕС формировались на ограниченной территории и имеют локальное распространение. В пределах высокоамплитудных и отдаленных от источников сноса палеоподнятий, подобных Большому, на протяжении большего времени господствовали тиховодные условия, неблагоприятные для формирования приемлемых коллекторов.

5. Наибольшие перспективы поиска высокопродуктивных залежей нефти и их последующего рентабельного освоения приурочены к пласту Ю<sub>4</sub>. Это связано с его формированием в условиях развивающейся морской ингрессии при значительной расчлененности рельефа областей сноса, что обеспечивало поступление в бассейн большого объема песчаного материала и его хорошую сортировку. Пласт Ю<sub>4</sub> обладает лучшими перспективами в пределах поднятий первой группы, подобных Песчаному, а пласты Ю<sub>2</sub>, Ю<sub>3</sub>, напротив, — в пределах поднятий второй группы, подобных Средне-Назымскому, так как во время накопления осадков указанных пластов те и другие располагались на границе подводной дельты и морского бассейна, где получили распространение

устевые и прирусловые бары и отмели, характеризующиеся наиболее высокими ФЕС коллекторов.

### Литература

- Гаврилова Е.Н. Особенности геологического моделирования высокочастичных природных резервуаров тюменской свиты Западной Сибири // Технологии сейсморазведки. — 2009. — № 1.
- Дельты — модели для изучения / Под ред. М. Бруссарда. — М.: Наука, 1979.
- Корж М.В. Палеогеографические критерии нефтегазоносности юры Западной Сибири. — М.: Наука, 1978.
- Сапрыкина А.Ю. Классификация типов геологического разреза и их прогноз в межсекционном пространстве с использованием факторного анализа на примере месторождений Западной Сибири и Татарстана / А.Ю. Сапрыкина, Д.С. Кучерявенко, С.С. Гаврилов, Е.Н. Вишнева // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2008. — № 1.

5. Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления. — М.: Недра, 1989.

© Е.Н.Гаврилова, В.С.Славкин,  
Т.Е.Ермолова, 2010

Екатерина Николаевна Гаврилова,  
и.о. старшего научного сотрудника,  
mimgo@redline.ru;

Владимир Семенович Славкин,  
директор,  
доктор геолого-минералогических наук,  
mimgo@redline.ru;

Татьяна Евгеньевна Ермолова,  
заведующая отделом,  
кандидат геолого-минералогических наук,  
ermolova@mimgo.ru.

Рецензент А.И. Ровнин.

## RESERVOIR DISTRIBUTION REGULARITIES IN TYUMEN SUITE DEPOSITS ON THE WEST OF LATITUDINAL PRIOBIE

Gavrilova E.N., Slavkin V.S., Ermolova T.E. (ZAO "Modeling and monitoring of geological objects" named after V.A.Dvurechensky)

Paleostructural and paleogeographic conditions of Tyumen suite reservoir formation are considered as well as principal regularities of rock and fluid properties distribution of Yu<sub>2</sub>-Yu<sub>4</sub> beds of Upper Tyumen subsuite on the west of Latitudinal Priobie studied on the basis of interrelated drilling and seismic exploration data. The highest rock and fluid properties are found to be typical for Yu<sub>4</sub> bed that is caused by supplying in basin a large volume of sandy material and significant effect of wave (sea) sedimentation processes. The most effect of wave processes during Yu<sub>4</sub> bed formation was manifested within relatively low-amplitude paleohighs similar to Peschany, while during Yu<sub>3</sub>-Yu<sub>2</sub> bed accumulation — within more amplitude paleohighs similar to Sredne-Nazym one.

**Key words:** distribution regularities; reservoir; well logging; paleohighs; sedimentation environment; Tyumen suite; Latitudinal Priobie.