

УДК. 551.3.051

Л.А. Успенская¹, Н.В. Попова², Г.А. Калмыков³, А.Г. Дубок⁴

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ СНОСА НА ФОРМИРОВАНИЕ ВЕРХНЕ-СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ УРНЕНСКО-УСАНОВСКОЙ ЗОНЫ (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

На основании данных анализа керн изучены породы фундамента и отложения верхней и средней юры. С помощью данных рентгеноструктурного анализа и растровой электронной микроскопии выполнен анализ глинистых минералов. Выполнена оценка минерального состава продуктивных пластов и найдена закономерность распределения их по площади. С привлечением анализа сейсмических и скважинных данных определены источники сноса и условия накопления верхне-среднеюрских отложений.

Ключевые слова: гетерогенный фундамент, керн, минералогический состав, питающая провинция, условия осадконакопления.

Basement and middle-upper Jurassic deposits were studied on the basis of core data. Investigation of clay minerals was performed according to X-ray diffraction analysis and scanning electronic microscopy. Analysis of reservoir mineral composition was performed and principle of their distribution along the area was defined. Source area and depositional environments for middle-upper Jurassic deposits was defined according to well and seismic data.

Key words: heterogeneous basement, core, mineralogical composite, source area, depositional environment.

Введение. Урненско-Усановская зона находится в пределах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна в южной части Тюменской области и приурочена к центральной части Демьянского мегавала. Основные перспективы нефтеносности связаны с отложениями поздне-среднеюрского возраста — с тюменской (пласты Ю4–Ю2) и васюганской свитами (пласт Ю1).

Нефтегазоносность тюменской и васюганской свит установлена на многих площадях Западной Сибири. Результаты бурения поисковых и разведочных скважин выявили огромные запасы нефти, но на большей части территории они малоперспективны в связи с низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) коллекторов. Пористость коллекторов пластов Ю3, Ю4 не превышает 12–15%, пласта Ю2 — 11–14%, дебит нефти редко выше 5 м³/сут [Гаврилова, 2011].

В пределах Урненско-Усановской зоны, в отличие от большей части месторождений центральной части Западной Сибири, пласты Ю4–Ю1 значительно отличаются по ФЕС. Пористость пластов Ю4, Ю3 составляет 13–19%, пласта Ю2 — 14–21%, дебит нефти выше на один-два порядка.

Опыт эксплуатационного бурения показал, что скважины, расположенные всего в 500 м одна от другой, могут вскрывать разрезы, существенно от-

личающиеся по ФЕС и как следствие по добычным характеристикам. Такая неоднородность связана с изменявшимися во времени и пространстве континентальными и мелководно-морскими условиями осадконакопления. Определяющий фактор, влияющий на формирование отложений с хорошими ФЕС, — близость источников сноса (питающей провинции) обломочного материала. Таким образом, анализ положения источников сноса позволит точнее спрогнозировать участки залежи углеводородов с высокими ФЕС.

Постановка проблемы. В процессе исследования изучали керн и шлифы, результаты определения ФЕС, гранулометрического состава, результаты рентгеноструктурного анализа (РСА), растровой электронной микроскопии (РЭМ), выполненные в разных геолого-геофизических организациях, привлекались данные 3D сейсморазведки.

Характеристика пород доюрского комплекса. В современном структурном плане фундамента выделяются две положительные структуры II порядка: Урненско-Усановская и Усть-Тегусская. Урненско-Усановская структура имеет древнее заложение, Усть-Тегусская структура сформировалась в неогене.

Отложения доюрского комплекса вскрыты 58 поисково-разведочными скважинами. Соглас-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра сейсмологии и геоакустики, аспирант; *e-mail:* lyuda_msu@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, аспирант; *e-mail:* natt.porova@gmail.com

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, доцент, канд. техн. н.; *e-mail:* gega64@mail.ru

⁴ ООО «ТННЦ», ТНК-ВР, главный специалист департамента геологии и разработки месторождений; *e-mail:* agdubok@tnk-bp.com

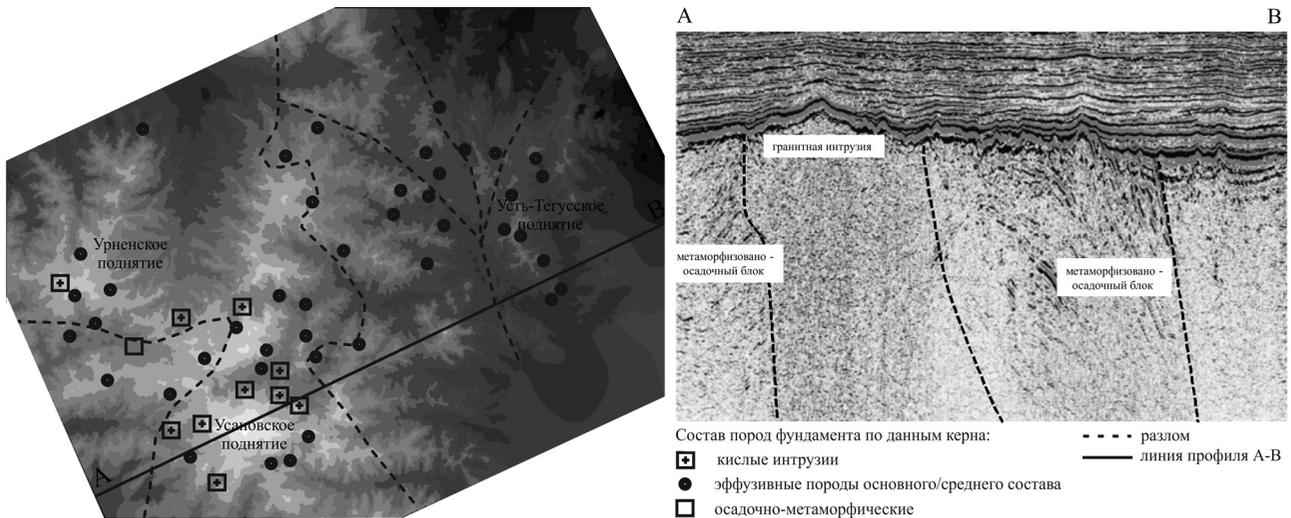


Рис. 1. Характеристика пород фундамента Уренско-Усановской зоны, слева — карта изохрон по отражающему горизонту А, справа — сейсмический разрез вдоль профиля А–В

но описанию и фотографиям керна доюрские отложения представлены магматическими (кислые интрузии, эффузивы основного и среднего состава) и осадочно-метаморфическими горными породами (рис. 1).

Кислые интрузии представлены аляскитами, гранодиоритами, гранитами и их палеотипными аналогами — кварцевыми порфирами. Главные породообразующие минералы представлены кварцем, калиевыми полевыми шпатами (кпш), плагиоклазами ($An < 30$), биотитом, акцессорные минералы — апатитом, цирконом, сфеном, турмалином, гранатом.

Изверженные эффузивы сложены базальтами, андезитобазальтами и их палеотипными аналогами — диабазами и порфиритами. К главным породообразующим минералам относятся плагиоклазы ($An > 40$), роговая обманка, орто- и клинопироксен, оливин, к акцессорным минералам — апатит, циркон, сфен, рутил, ильменит, магнетит.

Осадочно-метаморфические породы вскрыты одной скважиной и представлены метаморфизованными глинисто-кремнистыми, известковистыми породами, темно-серыми до черных с зеленоватым оттенком.

По характеру рисунка сейсмической записи в интервале ниже отражающего горизонта А (доюрское основание) можно выделить три блока (рис. 1). Два блока — западный и восточный — отвечают смятым в складки метаморфизованно-осадочным породам, третий, центральный блок — линейной гранитной интрузии. Гранитная интрузия состоит из нескольких близрасположенных гранитных массивов, внедрившихся вдоль ослабленной зоны предположительно на границе девона и карбона [Сурков, 1981]. В пермский период начался этап пенепленизации. В результате тектонических и денудационных процессов сформировался крайне расчлененный гористый рельеф. В районе развития гранитного массива возникло поднятие. В раннетриасовое время отрицательные фор-

мы рельефа заполнялись вулканогенно-осадочными породами.

Локальное развитие средне- и верхнеюрских отложений во впадинах подтверждает то, что вышеописанный рельеф фундамента сохранялся и во время накопления средне-верхнеюрских отложений. Вулканогенно-осадочные породы не полностью заполнили существовавшие отрицательные формы рельефа, гранитный массив оставался приподнятым во время накопления пластов Ю4–Ю1 и служил одним из поставщиков терригенного материала.

Результаты и их обсуждение. Минералогический состав пластов Ю4–Ю1. Согласно описанию шлифов песчаники пластов Ю4–Ю2 представлены кварцевыми граувакками, реже олигомиктами, песчаники пласта Ю1 — аркозами. Среди полевых шпатов выявлены калиевые разновидности (микроклин, ортоклаз) и кислые плагиоклазы. Обломки пород — кварциты, эффузивы, кремнисто-сланцевые сланцы.

Среди акцессорных минералов присутствуют апатит, циркон, сфен, гранат, турмалин, эпидот, титаносодержащие ильменит и рутил. Попытка районирования распространения акцессорных минералов по вертикали и латерали не помогла выявить определенной закономерности в их распределении.

Минералогический состав глин установлен на основании данных рентгеноструктурного анализа (РСА), растровой электронной микроскопии (РЭМ) и описания шлифов.

По данным РСА состав глинистых минералов в песчаных/алевропесчаных отложениях характеризуется преимущественно каолинитовым составом с примесью иллита и хлорита, а в алевроглинистых отложениях — хлорит-иллитовым с примесью каолинита.

Иллиты свойственны отложениям различных геологических обстановок, малочувствительны к колебаниям рН окружающей среды. Минералы развиты в континентальных корах выветривания, осадках

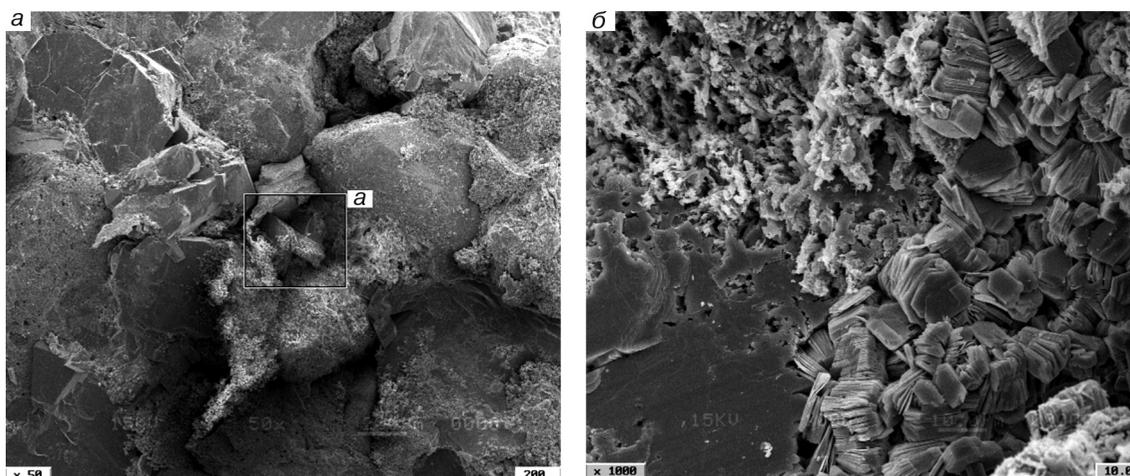


Рис. 2. Песчаник крупнозернистый гравилитовый: *а* — каолинит в отдельных порах (увеличение 50), *б* — «червеобразные» сростки каолинита, следы выщелачивания полевых шпатов (увеличение 1000)

морей и океанов, где они часто находятся в сочетании с хлоритами. Источником вещества для аутигенных хлоритов служат: 1) трансформированные минералы группы биотита, амфиболов, пироксенов; 2) преобразованные вулканические стекла основного и среднего состава. Поэтому хлорит особенно широко развит в вулканогенно-осадочных и терригенных отложениях грауваккового состава [Япаскурт, 2008].

Формирование каолинита происходит под воздействием растворов с низкими значениями pH. Для образования первичного каолинита самые благоприятные условия возникают в субстрате торфяников, в фумарольных полях с кислыми гидротермами и в корках выветривания. В ходе эрозионно-денудационных процессов каолиновые частички транспортируются и примешиваются к другим осадочным компонентам. [Япаскурт, 2008].

Каолинитизация также происходит на участках регрессивно-эпигенетических (наложенных) изменений преимущественно песчаных пород, претерпевших тектонические перестройки своей структуры. Упомянутые перестройки обуславливают изменение гидрогеологического режима и усиливают вероятность проникновения в песчаный пласт чужеродных по химизму вод. Если воды обладали повышенной кислотностью (так как контактировали с нефтяными залежами или скоплениями твердых битумов, или по каким-то иным причинам), то, соприкасаясь с минеральными компонентами песчаника, эти воды стимулируют развитие аутигенного каолинита в его цементе [Япаскурт, 2008].

РЭМ-анализ показал, что формирование каолинита связано преимущественно с метасоматическим замещением (частичным или полным) обломочных полевых шпатов и других силикатов. Синтезируемые из раствора кристаллы имеют правильные шестигранные контуры и группируются в упорядоченные агрегаты в форме «столбика монет» либо «червеобразных» сростков. Метасоматические новообразо-

вания внедрены вростками внутри замещаемого ими минерала (рис. 2). В шлифах некоторых образцов встречен каолинит разных генераций, что связано с разрушением кор выветривания или переотложением пород с седиментационным каолинитом.

Ограниченность исследований, направленных в основном на изучение коллекторов, не позволила определить способ образования глинистых минералов в алевролитоглинистых отложениях по данным РЭМ. Однако согласно описаниям шлифов и результатам РСА изменения коснулись только глинистых минералов. Их состав изменился с каолинитового на хлорит-иллитовый. Состав других обломочных компонентов остался неизменным. Это позволило сделать предположение, что их изменение связано со сменой обстановки осадконакопления.

На основании проведенного минералогического анализа пластов Ю1–Ю4 можно сделать следующие выводы:

1) преобладание обломков кварцитов и калиевых полевых шпатов (микроклин, ортоклаз) и кислых плагиоклазов указывает на один источник сноса — гранитный массив. Продукты разрушения эффузивных пород — обломки собственно эффузивов, титаносодержащие акцессорные минералы присутствуют в породах в качестве примеси;

2) преобладание каолинита в алевропесчаных отложениях связано с продуктами разрушения гранитного массива. Вторичные изменения КППШ привели к возникновению аутигенного каолинита;

3) преобладание хлорит-иллитовых образований в алевролитоглинистых отложениях связано со сменой обстановки осадконакопления.

Условия формирования пластов Ю1–Ю4. Пласты Ю1–Ю4 формировались в трансгрессивный цикл осадконакопления, обстановка сменялась от континентальной (Ю4) до прибрежно-морской (Ю1). На основе данных сейсмической корреляции выполнено районирование распространения отложений пластов

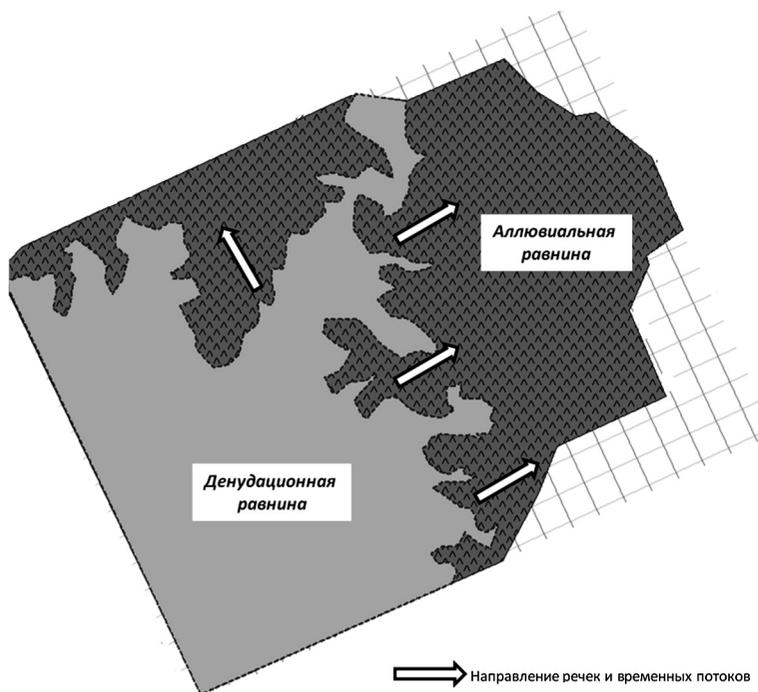


Рис. 3. Схема обстановок формирования пластов Ю3–Ю4

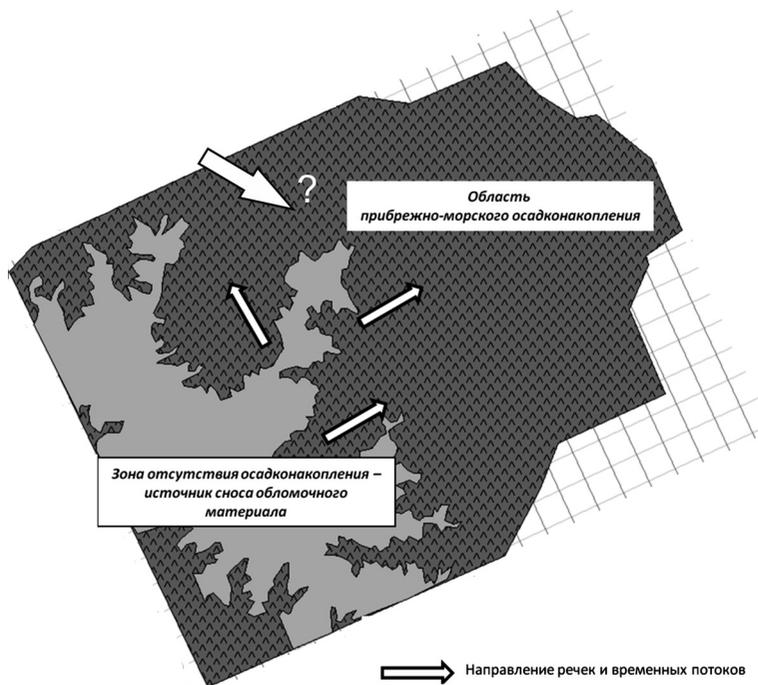


Рис. 4. Схема обстановок формирования пласта Ю2

Ю1–Ю4, что послужило основой для выделения аккумулятивных и эрозийных форм рельефа.

Отложения пласта Ю4 накапливались преимущественно в континентальной обстановке. Урненско-Усановская зона представляла собой обширную денудационную равнину (рис. 3), с которой обломочный материал сносился временными потоками и реками и отлагался в окрестностях современного Усть-Тегусского поднятия и далее на восток. Близость источника сноса обеспечила широкое площадное

распространение песчаных отложений с хорошими коллекторскими свойствами. Коллекторы с высокими ФЭС сконцентрированы преимущественно на пониженных участках рельефа и приурочены к фациям русел и прирусловых валов.

Пласт Ю3. К моменту формирования пласта Ю3 уровень моря повысился. Отложения накапливались в условиях заболоченных лагун. Пласт представлен алевритоглинистыми, углистыми отложениями с редкими прослоями песчаников с раковинным детритом. Мощность песчаных отложений в среднем составляет 3 м. Это может свидетельствовать о том, что ко времени накопления пласта Ю3 Урненско-Усановское поднятие было практически полностью сnivelировано, и поступление обломочного материала с него было затруднено. Повышение уровня моря не обеспечивало активную волновую переработку материала и соответственно развитие мощных аккумулятивных тел. Дополнительный переувлажнение материала происходил только на локальных палеоподнятиях. В этих условиях формировались коллекторы с высокими ФЭС.

Пласт Ю2. Во время накопления пласта Ю2 поднятие было значительно затоплено морем, площадь питающей провинции сократилась примерно вдвое (рис. 4). Большая мощность песчаных отложений и широкое распространение пласта Ю2 не позволяют рассматривать Урненско-Усановскую зону в качестве основной питающей провинции. Основной объем материала в этом случае должен был поступать из другого локального источника, вероятно, расположенного западнее (рис. 5), высокий коэффициент песчаности отложений свидетельствует о его близком расположении. Формирование пласта происходило преимущественно в условиях мелкого моря. Обломочный материал привносился в бассейн реками с запада. В результате волновой деятельности на склонах палеоподнятий он подвергался интенсивной переработке и сортировке, что способствовало формированию пород с высокими коллекторскими свойствами. Песчаники с хорошими ФЭС приурочены к склонам палеоподнятий и фациям приливо-отливных баров.

Пласт Ю1. Дальнейшее повышение уровня моря привело к еще большему сокращению площади поднятия (рис. 6). На момент накопления пласта Ю1 оно представляло собой вытянутый остров. Материал поступал в бассейн за счет временных потоков. На «восточных» склонах материал перерабатывался в условиях высокой гидродинамической активности. На «западных» склонах при слабой волновой активности, возникли условия, благоприятные для карбонатного осадконакопления, — пласт Ю1 представлен органогенно-обломочными известняками и

карбонатизированными песчаниками. Коллекторы с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) приурочены к склонам палеоподнятий. Территория современного Усть-Тегусского поднятия оказалась на глубине, меньше доступной действию морских волн. Коллекторы представлены мало мощными глинистыми песчаниками с низкими ФЕС. Это связано с более глубоководной и спокойной гидродинамической обстановкой и удаленностью источника сноса.

Заключение. Петрографический состав отложений свидетельствует о том, что несмотря на широкое распространение покровов эффузивных пород основного/среднего состава, основной питающей провинцией служил гранитный массив. Во время формирования пластов Ю3–Ю4 и Ю1 таким массивом было Урненское поднятие, а во время накопления пласта Ю2 — массив, расположенный западнее Урненско-Усановской зоны.

Положение уровня моря, близость источника сноса и интенсивность его размыва играли значительную роль в распределении ФЕС коллекторов верхне-среднеюрских отложений. Коллекторы пласта Ю4 с хорошими ФЕС сконцентрированы преимущественно в пониженных участках рельефа, Ю3 — на локальных палеоподнятиях, Ю1–Ю2 — на склонах палеоподнятий. Близость питающей провинции способствовала накоплению коллекторов с высокими фильтрационно-емкостными характеристиками.

Данные наших исследований составят основу корректного фациального анализа и позволят выделить перспективные участки с хорошими коллекторскими свойствами.

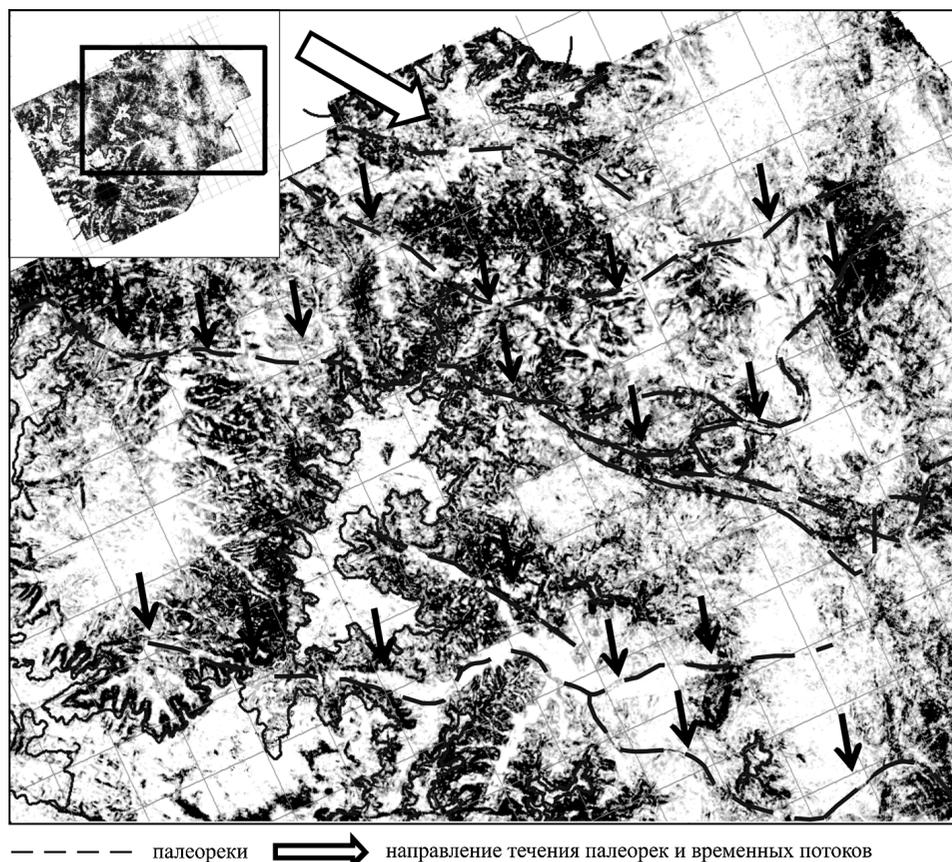


Рис. 5. Карта атрибута когерентности для пласта Ю2

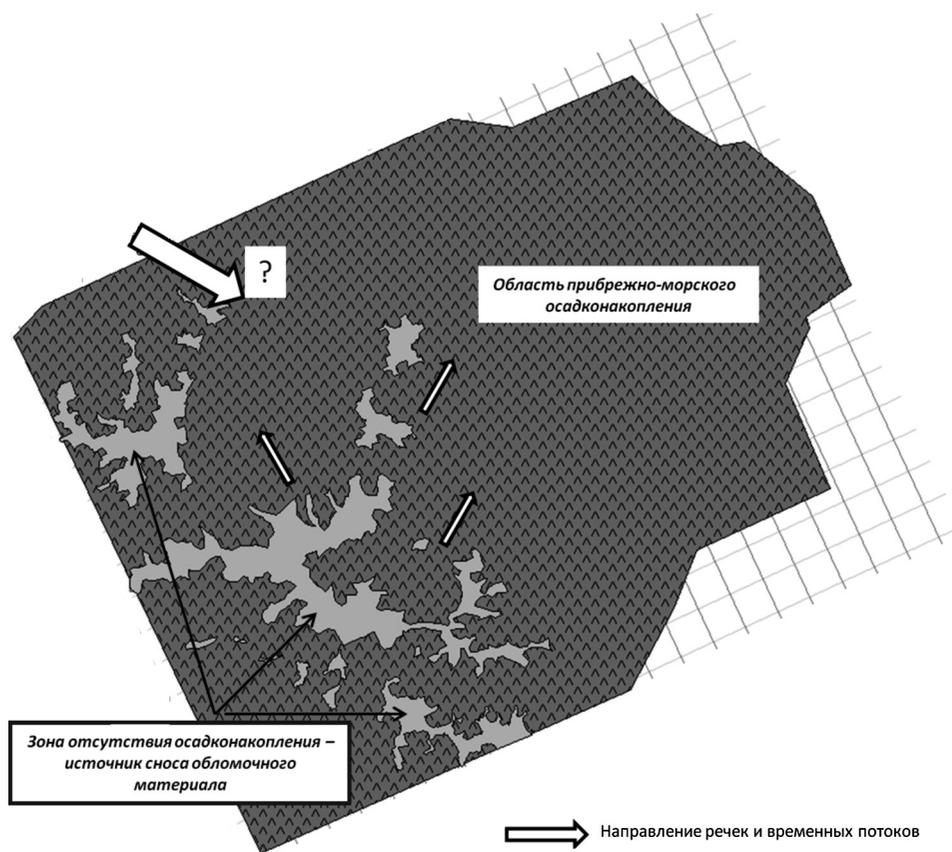


Рис. 6. Схема обстановок формирования пласта Ю1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гаврилова Е.Н. Формирование и нефтеносность высокоизменчивых среднеюрских природных резервуаров на западе Широкого Приобья: Автореф. канд. дисс. М., 2011.

Сынгаевский П.Е. Формация коры выветривания в осадочном цикле Западно-Сибирского бассейна // Геология нефти и газа. 1999. Вып. 11.

Тектоническая карта фундамента Западно-Сибирской плиты / Под ред. В.С. Суркова. М., 1981.

Янакюрт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования: Учеб. пособие. М.: Эслан, 2008. 356 с.

Vyssotski A.V., Vyssotski V.N., Nezhdanov A.A. Evolution of the West Siberian Basin // Marine and Petrol. Geology. 2006. Vol. 23. P. 93–126.

Поступила в редакцию
28.02.2012