

На правах рукописи

ЯН Петр Александрович

**СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ
КЕЛЛОВЕЙ-ОКСФОРДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НАДЫМ-
ПУРСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

25.00.06 – литология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск
2003

Работа выполнена в Институте геологии нефти и газа Сибирского отделения Российской Академии наук.

Научные руководители: доктор геолого-минералогических наук
Ю.Н.Занин
кандидат геолого-минералогических наук
Л.Г.Вакуленко

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Р.С.Родин
кандидат геолого-минералогических наук
В.Б.Белозеров

Ведущая организация: Томский политехнический университет (ТПУ)

Защита состоится 19 июня 2003 г. в 10 часов на заседании Диссертационного совета К 216.014.01 при Федеральном государственном унитарном предприятии «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья» (ФГУП СНИИГГиМС).

Адрес: 630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 67
Факс: (3832) 21 49 47

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП СНИИГГиМС

Автореферат разослан «19» мая 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат геол.-минерал. наук



Е.А. Предтеченская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Объект исследования. Объектом исследования являются келловей-оксфордские отложения Надым-Пурского междуречья Западно-Сибирского осадочного бассейна, представленные васюганской свитой.

Актуальность. Келловей-оксфордские отложения на территории Западной Сибири имеют почти повсеместное распространение. Их формирование происходило в условиях изменений фациальных обстановок седиментации. Преимущественно континентальный и переходный от континентального к морскому режим седиментации ранне-среднеюрской эпохи сменился в келловее на стабильный морской на большей части Западно-Сибирского бассейна. Последовавшее затем обмеление моря, имевшее импульсный характер, привело к образованию алевроито-песчаных тел в верхневасюганском подгоризонте и определило неоднородность его строения. На фоне продолжающейся дискуссии относительно роли эвстатики, тектоники и климата в развитии осадочных бассейнов, имеющей место в мировой литературе, разносторонние исследования келловей-оксфордских отложений Западной Сибири имеют большое теоретическое значение. Кроме того, к келловей-оксфордским отложениям приурочен нефтегазоносный горизонт Ю₁, продуктивный на многих месторождениях, что определяет актуальность изучения этого объекта с практической точки зрения.

Цель исследований - выявить особенности развития келловей-оксфордского осадочного бассейна в Надым-Пурском междуречье на основе изучения состава и строения васюганской свиты.

Задачи исследований:

1. На основе результатов изучения кернового материала и данных промысловой геофизики определить состав и строение васюганской свиты в Надым-Пурском междуречье Западно-Сибирского бассейна.

2. По комплексу методов установить и детализировать обстановки формирования васюганской свиты, а также закономерности пространственного распространения различных литотипов пород в связи с прогнозированием зон улучшенных коллекторов.

Фактический материал и методы исследований:

Изучение келловей-оксфордских отложений проводилось по керновому материалу и данным промысловой геофизики более 20 скважин, пробуренных в Надым-Пурском междуречье Западно-Сибирского бассейна. Материал в значительной степени отобран автором в ходе полевых работ 1997 и 1998 гг. Кроме того, использовались материалы, любезно предоставленные Л.Г.Вакуленко и Т.П.Аксеновой.

Изучение алеврито-песчаных пород проводилось с помощью оптической микроскопии с детальным подсчетом гранулометрического и петрографического составов (около 600 шлифов, из них около 300 описаны лично автором). Результаты определения структуры обломочных пород обрабатывались с помощью программы “Shlif”, разработанной В.Р.Лившицем (ИГНГ СО РАН). При изучении глинистых пород широко использовались результаты рентгеноструктурного, ИК-спектроскопического и термического анализов (около 100 анализов).

При восстановлении обстановок формирования васюганской свиты использовался вещественно-текстурный подход, основы которого были заложены в работах Н.В.Вассоевича, Л.Н.Ботвинкиной, Ю.А.Жемчужникова, Г.Ф.Крашенинникова, П.П.Тимофеева, М.С.Швецова и других исследователей. Привлекались результаты изучения современных и древних отложений зарубежными исследователями, обобщенные в работах Р.Градзиньского, Г.-Э.Рейнека и И.Б.Сингха, Х.Рединга и др. Использовались также геохимические данные: для реконструкции солёности бассейна анализировались содержание бора и галлия в глинистой фракции (<0,002 мм) алеврито-глинистых пород (около 40 анализов); для определения окислительно-восстановительных условий в осадке - отношение содержания пиритного железа к органическому углероду. Построение сиквенс-стратиграфической модели васюганской свиты Надым-Пурского междуречья проводилось согласно концепции, предложенной специалистами группы «Эксон» [Van Wagoner et al., 1988; Posamentier, Vail, 1988; Posamentier et al., 1988].

В работе использованы результаты расчленения и корреляции разрезов, проведенных Г.Г.Шеминым, Е.А.Гайдебуровой, Л.С.Саенко; палеонтологические определения - Б.Л.Никитенко, Б.Н.Шурыгина и Л.А.Глинских; палинологические - В.И.Ильиной. Аналитические работы выполнены в Аналитическом центре ОИГГМ СО РАН Э.П.Солотчиной, Т.А.Корневой, В.Н.Столповской, Н.А.Яковлевой и в лаборатории геохимии нефти и газа ИГНГ СО РАН.

Защищаемые положения:

1. В васюганской свите Надым-Пурского междуречья выделены 19 литотипов пород, объединенных в 6 литофаций. Установлено, что формирование свиты происходило преимущественно в морских обстановках. Прибрежно-континентальные отложения, встречены только в составе пласта Ю₂⁰. Для остальной части разреза характерно чередование литофаций, формировавшихся в прибрежно-морских и мелководно-морских обстановках. Наиболее высокими фильтрационно-емкостными

свойствами обладают литотипы литофаций, отвечающих обстановкам зоны морских течений и предфронтальной зоны пляжа.

2. Построена сиквенс-стратиграфическая модель келловей-оксфордских отложений Надым-Пурского междуречья, согласно которой выделен васюганский сиквенс второго порядка, имеющий двучленную структуру: нижний трансгрессивный системный тракт и верхний - системный тракт высокого стояния. В основе модели лежат представления об относительных колебаниях уровня моря, реконструированные по результатам литолого-фациального анализа. Основными факторами, предопределившими эти колебания, являются эвстатика и количество осадочного материала, привносимого в келловей-оксфордский морской бассейн.

Научная новизна и личный вклад:

- На основе детального комплексного изучения состава, текстур, минеральных новообразований келловей-оксфордских отложений, результатов палеонтологических определений и геохимических данных проведена генетическая типизация пород, согласно которой в васюганской свите выделены 19 литотипов, входящих в состав 6 литофаций. Проведена интерпретация обстановок их формирования.

- Выполненный впервые для средне-верхнеюрских отложений ихнофациальный анализ позволил установить закономерности распределения следов жизнедеятельности в разрезах келловей-оксфордских отложений Надым-Пурского междуречья и уточнить обстановки и условия их формирования.

- Впервые для Надым-Пурского междуречья Западной Сибири построена сиквенс-стратиграфическая модель келловей-оксфордских отложений, в рамках которой установлены основные этапы развития бассейна в это время и факторы, оказывавшие решающее влияние на режим бассейновой седиментации.

Практическая значимость работы. Установленные пространственные закономерности распространения пород с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами способствуют более эффективному проведению поисково-разведочных работ на территории Надым-Пурского междуречья. Построенная сиквенс-стратиграфическая модель является основой для более детальных моделей, как для отдельных тектонических элементов первого и второго порядка, так и для отдельных месторождений. Первые позволяют решать задачи поиска ловушек неантиклинального типа. Модели, построенные для отдельных месторождений, помогут уточнить их строение и выработать наиболее оптимальные схемы разработки. Материалы диссертационной работы

вошли в ряд научно-исследовательских отчетов, переданных производственным предприятиям ОАО «Ноябрьскнефтегаз», ОАО «Сибирский научно-аналитический центр».

Апробация работы. Полученные в ходе работы результаты докладывались на Сибирских чтениях, посвященных 95-летию член.-кор. АН СССР Н.Б.Вассоевича (Новосибирск, 1997 г.), научной конференции «Актуальные вопросы геологии и географии Сибири» (Томск, 1998 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Критерии оценки нефтегазоносности ниже промышленно освоенных глубин и определение приоритетных направлений геолого-разведочных работ» (Пермь, 2000 г.), симпозиуме «Среда и жизнь в геологическом прошлом» (Новосибирск, 2000 г.), Региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России (Томск, 2000 г.), Международном геологическом конгрессе (Рио-де-Жанейро, 2000 г.), Всероссийском литологическом совещании «Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса (Москва, 2000 г.), Международном симпозиуме "Геология нефти и газа Китая в 21-ом веке" (Хань-Джоу, 2002 г.), 5-ом Уральском литологическом совещании «Терригенные осадочные последовательности Урала и сопредельных территорий: седименто- и литогенез, минерагения» (Екатеринбург, 2002 г.), Третьем Всероссийском литологическом совещании «Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия» (Москва, 2003 г.). По теме диссертации опубликовано 24 работы, из них 7 в рецензируемых изданиях, в том числе 4 работы в изданиях, рекомендованных ВАКом для опубликования основных научных результатов. Еще одна работа принята к печати.

Объем работы. Диссертация изложена на 168 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав и заключения. Сопровождается 6 таблицами, 46 рисунками и фотографиями, списком литературы, включающим 120 наименований.

Работа проведена в лаборатории седиментологии Института геологии нефти и газа СО РАН под руководством д.г.-м.н. Ю.Н.Занина и к.г.-м.н. Л.Г.Вакуленко, которым автор выражает искреннюю признательность. Также автор благодарит Т.П.Аксенову, А.Л.Бейзеля, И.В.Вараксину, Е.М.Хабарова, Г.Г.Шемина, Б.Н.Шурыгина за ценные замечания и советы.

Глава 1. Геологическое строение района исследований

1.1. Стратиграфия

Стратиграфия юрских отложений на изучаемой территории рассмотрена с позиций стратиграфической схемы Б.Н.Шурыгина и др. (2000). Основные ее отличия от принятых МСК схем (Решения..., 1991) касаются расчленения ниже-среднеюрских отложений, а также районирования как ниже-среднеюрских, так и келловей-верхнеюрских отложений. Согласно схеме фациального районирования келловей и верхней юры Сибири (Шурыгин и др., 2000), исследуемая территория располагается в центральной части Пур-Иртышского фациального района и выделена в Верхнепурский фациальный подрайон (Ян и др., 2001). Здесь, в объеме верхов верхнего бата - низов верхнего оксфорда, выделена васюганская свита, подразделяемая на две подсвиты. Нижняя подсвита представлена глинистыми отложениями и имеет мощность 10-50 м. В ее основании выделяется пласт $Ю_2^0$ (пахомовская пачка). Верхняя граница подсвиты проводится внутри нижнего оксфорда. Верхняя подсвита представлена песчаниками (горизонт $Ю_1$) с прослоями алевролитов и аргиллитов мощностью 8-70 м. Васюганская свита подстилается глинисто-терригенной угленосной тюменской свитой (верхи верхнего аалена - низы верхнего бата), перекрывается существенно глинистой георгиевской свитой (верхи верхнего оксфорда - низы нижней волги) с базальным пластом $Ю_1^0$ в основании и битуминозными глинистыми и кремнистыми породами баженовской свиты (нижняя волга - низы нижнего берриаса).

1.2. Тектоническое строение

При описании тектонического строения изучаемого района использовалась тектоническая карта юрского структурного яруса Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (под ред. А.Э. Конторовича, 2001). Район исследования расположен в южной части Ямало-Карской региональной депрессии и охватывает самую южную часть Большехетской мегасинеклизы, юго-восточный борт Надымской гемисинеклизы, большую часть Среднепурского наклонного мегажелоба и Южно-Надымской моноклинали.

1.3. Нефтегазоносность

Рассматриваемая территория приурочена к двум нефтегазоносным областям (НГО) Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции: северной части Среднеобской НГО и южной части Надым-Пурской НГО. В пределах изученной территории располагаются северные части Сургутского, Вартовского и Варьеганского нефтегазоносных районов (НГР), Ноябрьский и Вэнгапурский НГР, большая часть Губкинского и самая южная часть Уренгойского НГР. Всего здесь открыто около 130 месторождений. Из них около 80 сосредоточено в северной части Среднеобской НГО, а 50 - в южной части Надым-Пурской НГО. В Среднеобской НГО нефтяных месторождений 92%, нефтегазоконденсатных около 5%, газонефтяных 2%, газоконденсатных менее 1%. В Надым-Пурской НГО нефтяные месторождения составляют 61%, нефтегазоконденсатные - 24%, газонефтяные - 7% и газоконденсатные - 7%. Преобладают многозалежные месторождения. Основным продуктивным комплексом в обоих областях являются неокомские отложения. В горизонте Ю₁ верхнеюрского комплекса в Среднеобской НГО сосредоточено 17% залежей, в Надым-Пурской НГО - 11% залежей. Среди них преобладают нефтяные.

Глава 2. История литологических исследований келловей-оксфордских отложений Западно-Сибирского бассейна

В главе изложены сведения о состоянии литологической изученности келловей-оксфордских отложений Западно-Сибирского осадочного бассейна. Особое их положение в разрезе мезозоя отмечали еще Т.Ф.Балобанова и др. (1959), Т.И.Гурова и В.П.Казаринов (1962). Примерно в это же время в их составе была выделена васюганская свита (Шерихора, 1961; Гурари, 1962). Вопросы строения, состава и условий формирования васюганской свиты рассматривались в работах И.И.Нестерова и др. (1964), З.Я.Сердюк (1966), М.С.Зонн и др. (1970, 1973, 1975, 1990), А.Г.Поды (1970), М.В.Коржа и Н.Х.Кулахметова (1974), С.И.Филиной и др. (1973), С.И.Филиной (1974, 1976, 1979), М.В.Коржа и др. (1977), М.В.Коржа (1978), И.Н.Ушатинского и О.Г.Зарипова (1978), В.Б.Белозерова и др. (1980, 1984, 1989, 1991), В.В.Рысева (1983), Ю.Н.Карогодина и Е.А.Гайдебуровой (1985), Н.А.Брылиной (1987), А.А.Гусейнова и др. (1988), Н.А.Брылиной и Е.Е.Даненберга (1989), Т.Г.Егоровой и др. (1989), А.В.Ежовой и

М.Р.Цибульниковой (1989), Е.А.Гайдебуровой и Г.В.Ведерникова (1989), А.А.Нежданова и др. (1990), В.С.Славкина и др. (1995), Б.В.Никулина (1996), В.П.Девятова и др. (1997), Н.В.Мельникова и др. (2000), и многих других.

Глава 3. Методы исследований

Методика исследования носит комплексный характер. Для определения строения свиты привлекались данные геофизических исследований скважин и результаты изучения кернового материала. Состав алеврито-песчаных пород изучался микроскопически с детальным подсчетом содержания различных компонентов. При этом использовалась классификация пород по составу обломочного материала Ю.П.Казанского (Осадочные породы..., 1987) с некоторыми изменениями. При изучении состава глинистых пород, кроме микроскопии, использовались данные рентгеноструктурного, ИК-спектроскопического и термического анализов.

Реконструкция обстановок седиментации проводилась с помощью литолого-фациального анализа, который включает детальное изучение состава пород, текстурных особенностей, характера границ, минеральных новообразований, фаунистических и флористических остатков. Отдельным аспектом литолого-фациальных исследований являлся предложенный А.Зейлахером (1967), а позднее дополненный Р.Фреем и Дж.Пембертоном (1985, 1987), анализ ихнофоссилий и их рекуррентных ассоциаций (ихнофаций). В его основе лежит представление о том, что следы жизнедеятельности в значительной степени отражают характер поведения оставивших их организмов, которые приспосабливались к факторам окружающей среды, таким как гидродинамическая энергия, привнос осадочного материала и пищи, консистенция субстрата, наличие кислорода. На основе полученных результатов были выделены литотипы и объединяющие их литофации. Под литотипом понимаются отложения, характеризующиеся устойчивым комплексом литологических и палеонтологических признаков, свидетельствующих об определенном механизме их седиментации (Фролов, 1984). Литофация представляет собой комплекс пространственно и генетически связанных между собой литотипов, образовывавшихся в пределах обстановки.

При определении особенностей келловей-оксфордского бассейна Надым-Пурского междуречья использовались методы сиквенс-стратиграфии. В ее основе лежит представление, что основным факто-

ром, определяющим развитие бассейна, является изменение относительного уровня моря, которое контролируется эвстатикой, тектоникой и количеством привносимого осадочного материала (Van Wagoner et al., 1988; Posamentier and Vail, 1988; Posamentier et al., 1988). Роль каждого из этих факторов в конкретном районе может быть различна. Основной сиквенс-стратиграфической единицей является сиквенс, под которым понимается относительно согласная последовательность генетически связанных слоев, ограниченная снизу и сверху несогласиями или коррелятивными им согласными поверхностями, образованная за один цикл колебаний относительного уровня моря. Образование сиквенсов, охватывающих весь бассейн седиментации или крупные его части, обычно связано с циклами второго (10-80 млн. лет) и третьего (1-5 млн. лет) порядка. Более мелкие циклы выделяются в качестве парасиквенсов - регрессивных последовательностей слоев (циклов обмеления), ограниченных поверхностями морского затопления (marine flooding surface). Сиквенсы состоят из трех главных частей - трактов седиментационных систем (системных трактов), которые представляют собой латеральные почти одновременные фациальные ряды, образовавшиеся в различных обстановках седиментации. Нижняя часть сиквенса представлена либо системным трактом низкого стояния уровня моря, либо его аналогом - окраиношельфовым трактом, средняя - трансгрессивным системным трактом, верхняя - системным трактом высокого стояния уровня моря. Поскольку системный тракт низкого стояния имеет ограниченное распространение по латерали и не выдержан по мощности, то в разрезе он часто отсутствует, особенно в пределах шельфа (Plint et al., 1986, 1987; Walker, 1990 и др.).

Глава 4. Строение и состав васюганской свиты в Надым-Пурском междуречье

4.1. Строение свиты

В пределах Верхнепурского подрайона васюганская свита, так же как и в более южных подрайонах, делится на две подсвиты. Нижняя подсвита преимущественно алеврито-глинистая, верхняя представлена чередованием алеврито-песчаных пластов горизонта Ю₁, разделенных алеврито-глинистыми пачками. В отличие от Обь-Тарского и Обь-Аганского подрайонов здесь полностью отсутствуют угли и регрессивная межугольная пачка в средней части верхневасюганской подсвиты.

Общая мощность свиты в пределах Верхнепурского подрайона в изученных скважинах меняется от 46 м (Мало-Хетгинская скв. № 154) до 139,5 м (Тюменская СГ-6).

В основании нижней подсвиты выделяется песчано-алевритовый пласт Ю₂⁰. Для него характерны морская фауна, пирит, глауконит, уровни, обогащенные сидеритовыми конкрециями и карбонатными оолитами. Из ихнофоссилий преобладают *Teichichnus* и *Skolithos*, реже встречаются *Chondrites*, *Ophiomorpha*. Пласт перекрывается достаточно однородной пачкой преимущественно массивных аргиллитов, лишенных следов инфавны, мощностью от первых метров до 22-23 м. Керном эта пачка охарактеризована лишь в отдельных скважинах, но достаточно хорошо прослеживается по данным ГИС. Вверх по разрезу в аргиллитах значительно увеличивается примесь алевритового материала, начинают преобладать деформативные биотурбационные текстуры, наряду с которыми встречаются *Chondrites*, реже - *Palaeophycus* и *Teichichnus*.

Мощность верхневасюганской подсвиты изменяется от 27 м (Сугмутская скв. № 423) до 71 м (Тюменская СГ-6). На территории Надым-Пурского междуречья в ее составе выделяется до трех песчано-алевритовых пластов, разделенных алеврито-глинистыми перемычками мощностью от первых метров до 18-20 м. Для них характерно постепенное увеличение зернистости вверх по разрезу и резкие верхние границы, что также подтверждается результатами промысловой геофизики. Подсвита содержит неравномерно распределенные ихнофоссилии *Teichichnus*, *Skolithos*, *Terebellina*, *Planolites*, *Chondrites*, а также отдельные прослои с деформативной биотурбацией. В целом роль следов жизнедеятельности ихнофагии *Cruziana*, доминирующих в нижней части подсвиты, вверх по разрезу постепенно снижается. Ихнофоссилии ихнофагии *Skolithos* напротив начинают преобладать.

Количество пластов в западном направлении закономерно уменьшается. В настоящее время существует несколько точек зрения на строение подсвиты. Е.А.Гайдебурова (1998), Г.Г.Шемин и др. (2000) считают, что наибольшее площадное распространение имеет пласт Ю₁³, а верхние пласты в предгеоргиевское и георгиевское время подверглись эрозии или выклинивались в западном направлении. По мнению ряда исследователей (Наумов и др., 1980; Мкртчян и др., 1990; Ковылин и др., 1998; Мельников и др., 2000), васюганская свита имеет микроклиноформенное строение. Автор придерживается мнения, согласно которому в северном и западном направлениях происходит последовательное выклинивание и литологическое замещение нижних пластов

(Нежданов и др., 1990; Чернавских, 1994; Никулин, 1996; Елисеев и др., 2002 и т.д.), поскольку оно наиболее полно отвечает сиквенс-стратиграфической модели развития осадочного бассейна, рассмотренной ниже.

4.2. Петрография пород

Петрографические исследования показали, что песчаные породы васюганской свиты преимущественно мелкозернистые, в разной степени алевритистые, алевритовые, вплоть до алевро-песчаников. В верхних песчаных пластах горизонта Ю₁ в них отмечена примесь среднепсаммитовой фракции (от единичных обломков до 35%). Состав обломочного материала в целом достаточно выдержанный, полимиктовый. Преобладают полевошпат-литокластито-кварцевые и литокластито-полевошпатово-кварцевые, реже встречаются полевошпат-кварцеволитокластитовые породы. Содержание кварца меняется от 31 до 56% (в среднем около 46%), полевых шпатов - от 13 до 40% (в среднем - 26%), обломков пород - от 10 до 45% (в среднем - 26%), слюды совместно с хлоритом - от единичных обломков до 9% (обычно от 1 до 3%). Строгой закономерности распространения отдельных компонентов в песчаниках в разрезе и по площади не выявлено. В целом отмечается некоторое уменьшение содержания обломков пород снизу вверх по разрезу и с востока на запад. В их составе почти повсеместно каркасные литокласты преобладают над пластичными. Среди первых доминируют обломки силицитов, в меньшей степени распространены обломки кварцитов и эффузивов, количество которых увеличивается в восточном направлении, а также обломки гранитоидов. Пластичные литокласты представлены обломками глинистых пород и различных сланцев. Цемент песчаников глинисто-карбонатный, карбонатно-глинистый, реже - карбонатный и глинистый. В его составе может присутствовать поровый коллоидальный сидерит (от первых процентов до 12-15%); часто встречаются поровый, участками базальный, мелкокристаллический, реже крупно-среднекристаллический пойкилитовый кальцит (0-60%, обычно от 5 до 25%); пленочный, реже порово-пленочный, тонкочешуйчатый хлорит-гидрослюдистый материал (как правило, в небольших количествах, редко до 10-12%). Несколько менее распространены поровый, обычно слабо раскристаллизованный каолинит (0-8%), количество которого увеличивается в восточном направлении; поровое, порово-пленочное органическое вещество (в основном от 0 до 2-3%). Также могут встречаться пирит (0-7%) и доломит (0-5%, реже до 38%).

Крупнозернистые алевролиты близки к песчаникам, иногда образуя переходные с ними типы. Отмечается неустойчивая тенденция некоторого увеличения в алевролитах содержания кварца и уменьшения количества обломков пород. Также в алевролитах отмечается повышенное количество углефицированного растительного детрита, слюды, более распространены акцессорные минералы. Цемент алевролитов глинисто-карбонатный, глинистый, карбонатно-глинистый, реже - карбонатный. В его составе чаще и в больших количествах по сравнению с песчаниками встречается хлорит-гидрослюдистый материал, обычными компонентами являются сидерит и пирит. Мелкозернистые алевролиты менее распространены, чем крупнозернистые и обычно относятся к глинистым разностям вплоть до образования переходных типов к аргиллитам. Обломочная составляющая в них представлена мелкими угловатыми обломками, погруженными в глинистое вещество. Состав цемента и соотношение обломочных компонентов близки таковым в крупнозернистых, но отличаются более высоким содержанием хлорит-гидрослюдистого материала и углефицированного растительного детрита.

Аргиллиты серые, темно-серые, до черных, участками в верхней части разреза - углистые, иногда с буроватым оттенком, массивные и с различными видами горизонтальной и пологоволнистой слоистости. Породы хорошо отмученные и с различным количеством алевритового материала (обычно 5-10%, реже до 35%). Часто отмечается небольшое количество тонкого углефицированного детрита, подчеркивающего слоистость, конкреции пирита. В отдельных образцах отмечены остатки морской фауны. По данным рентгеноструктурного анализа в составе глинистых минералов (фракция <0,002 мм) в аргиллитах установлено преобладание гидрослюды (обычно 60-70%), в меньшем количестве присутствуют хлорит (обычно 10-20%) и каолинит (10-15%, реже до 25%). Микроскопические исследования показали, что высокая углистость отдельных прослоев аргиллитов верхневасюганской подсвиты объясняется широким распространением в породах углистых частиц пелитовой размерности.

Глава 5. Сиквенс-стратиграфическая модель и литолого-фациальная характеристика васюганской свиты

5.1. Сиквенс-стратиграфическая модель

Строение васюганской свиты и ее литолого-фациальные особенности в Надым-Тазовском междуречье позволили выделить васюганский сиквенс второго порядка, образованный в течении полного цикла колебаний относительного уровня моря продолжительностью около 12 млн. лет. В его структуру входят два системных тракта: трансгрессивный системный тракт (TST - transgressive systems tract) и тракт высокого стояния (HST - highstand systems tract). Такой структурный элемент сиквенса, как тракт низкого стояния (LST - lowstand systems tract), выделен не был (рис. 1). Также не удалось разделить васюганский сиквенс на ряд

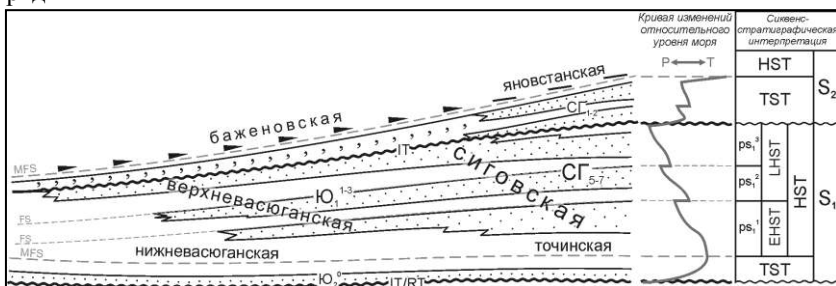


Рис. 1. Принципиальная схема строения верхней юры в Надым-Тазовском междуречье (по Нежданову и др., 1990) и ее сиквенс-стратиграфическая интерпретация. S₁ - васюганский сиквенс, S₂ - баженовско-неокомский сиквенс, TST - трансгрессивный системный тракт, HST - системный тракт высокого стояния, EHST и LHST - ранняя и поздняя части системного тракта высокого стояния, ps - парасиквенсы, MFS - поверхности максимального затопления, FS - поверхности резкого затопления, IT - начинающаяся трансгрессия (initial transgression), RT - возобновленная трансгрессия (resumed transgression).

сиквенсов более высокого порядка, как в Обь-Тарском и Обь-Аганском фациальных подрайонах, где Б.Н.Шурыгиным и др. (1999) в разрезе келловей-оксфордских отложений выделено до 4 сиквенсов третьего порядка.

Залегающий в основании васюганской свиты трансгрессивный тракт был впервые выделен Б.Н.Шурыгиным и др. (1999) на юго-востоке Западно-Сибирского бассейна. В Верхнепурском фациальном

подрайоне в трансгрессивный системный тракт васюганского сиквенса объединены пласт $Ю_2^0$ и нижняя часть перекрывающей его глинистой пачки, которые образовались в результате довольно быстрого подъема уровня моря (Ян, 2003). Нижней его границей является поверхность внутриформационного размыва, отделяющая тюменскую свиту от васюганской. Верхней границей трансгрессивного тракта является поверхность максимального затопления (MFS - maximum flooding surface), приуроченная к средней части конденсированной глинистой пачки, перекрывающей пласт $Ю_2^0$ и имеющей весьма широкое распространение. Мощность TST в изученных разрезах изменяется от 4 до 28 м. Трансгрессивная стадия развития бассейна в первой половине келловей сменилась агградационно-проградационной, во время которой формировался системный тракт высокого стояния. Этот системный тракт имеет мощность от 30 до 111 м и состоит из ранней и поздней частей. Ранний тракт высокого стояния (EHST - early HST) имеет проградационно-агградационное строение и состоит из одного парасиквенса (PS_1^1), к верхней части которого приурочен пласт $Ю_1^3$. Кровля PS_1^1 (и соответственно EHST) проведена по поверхности резкого затопления (flooding surface), обозначенную как FS_1^1 . Поздний тракт высокого стояния (LHST - later HST) носит проградационный характер и состоит из двух парасиквенсов (PS_1^2 и PS_1^3), разделенных поверхностью затопления FS_1^2 . К верхним частям этих парасиквенсов приурочены пласты $Ю_1^2$ и $Ю_1^1$. Выше HST васюганского сиквенса залегает базальный пласт $Ю_1^0$ (барабинская пачка) трансгрессивного тракта следующего георгиевско-неокомского сиквенса.

Для келловей-оксфордских отложений северных районов Западной Сибири сиквенс-стратиграфическая модель построена впервые и отдельные ее аспекты могут быть спорными. В частности, следует отметить существующие противоречия в оксфордской части предлагаемой модели и модели, построенной для более южных районов Западной Сибири (Шурыгин и др., 1999), обусловленные отсутствием в верхневасюганской подсвите Надым-Пурского междуречья углей и регрессивной межугольной пачки. Решение этого вопроса представляется весьма важным для понимания особенностей осадконакопления в келловей-оксфордском Западно-Сибирском бассейне.

5.2. Литолого-фациальная характеристика васюганского сиквенса

В ходе проведенных исследований было выделено 19 литотипов пород, объединенных в 6 литофаций (см. таблицу). Приведено их под-

Таблица

Литофации и литотипы васюганской свиты Надым-Газовского междуречья

Литотипы	Индекс	Литофации	Обстановки
Аргиллит, алевролит мелкообломочный с конкрециями	ПП-2	Фация глинистых осадков с растительными остатками (ПТ)	Обстановки лагун, периодически сообщавшихся с морем, или заливов, отгороженных от действия волн и течений открытого моря. Характерны отклонения солёности вод в сторону опреснения
Алевролит мелкообломочный, аргиллит с неотчетливой волнистой неправильной слоистостью	ПВ-1	Фация песчано-алевритовых осадков с многочисленными растительными остатками (ПВ)	Зона волновой ряби прибрежной полосы лагун и заливов, защищенных от прямого воздействия волн и течений открытого моря. Солёность вод близкая к нормально-морской с отклонениями в сторону опреснения
Переслаивание алевролитов, песчаник мелкообломочный с волнистой мелкой неправильной слоистостью	ПВ-2		
Песчаник мелко- или среднеобломочный с волнистой мелкой прерывистой слоистостью	ПВ-3		
Тонкое переслаивание алевролитов	МВ-1		
Переслаивание алевролитов	МВ-2		
Переслаивание алевролитов, нарушенное ходами и норками дольных животных, текстурами взмучивания и оползания	МВ-3	Фация чередования песчано-алевритовых осадков с различной слоистостью (МВ)	Прибрежная часть моря, условия волнения водной среды. Презфронтальная зона пляжа, при существенном влиянии штормовой деятельности - переходная зона.
Крупное переслаивание алевролитов	МВ-4		
Песчаник мелкообломочный, алевролит крупнообломочный с волнистой мульдобразной слоистостью	МВ-5		
Песчаник мелкообломочный с обломками раковин	МВ-6		
Песчаник мелкообломочный, реже среднеобломочный, или алевролит крупнообломочный однородный, не слоистый, без органических остатков	МП-1	Фация песчаных осадков массивных и с редкой прерывистой слоистостью (МП)	Прибрежная и мелководная часть моря, условия течений, появившихся на некотором удалении от берега
Алевролит мелкообломочный, однородный, с неясной горизонтальной слоистостью	МА-1	Фация алевритовых осадков с горизонтальной и пологоволнистой слоистостью (МА)	Переходные обстановки от типично морских к обстановкам зоны волнений прибрежной части. Дальняя часть переходной зоны - близкая часть внешней зоны
Алевролит мелкообломочный с редкими, тонкими прослоями крупнообломочного, местами пологоволнистослоистчатый	МА-2		
Алевролит крупнообломочный с тонкими поленичными прослоями мелкообломочного, горизонтальнослоистчатый	МА-3		
Алевролит мелкообломочный глинистый - аргиллит алевритовый, интенсивно биотурбированный	МА-4		
Аргиллит, алевролит мелкообломочный с морской фауной	МП-2	Фация глинистых осадков, массивных и с тонкой горизонтальной слоистостью (МП)	Обстановки относительно мелкого моря (в зоне шельфа), условия низкой гидродинамической активности среды. Внешняя зона
Аргиллит, реже алевролит мелкообломочный с конкрециями	МП-3		
Аргиллит без фауны и конкреций	МП-4		
Аргиллит углистый без видимых растительных остатков	МП-5		

робное описание, интерпретация обстановок их формирования (рис. 2.) и распределение по разрезам сиквенса. Нижняя часть трансгрессивного системного тракта характеризуется чередованием фаций, отвечающих переходным и прибрежно-морским обстановкам, которые выше по разрезу сменяются к относительно глубоководно-морскими отложениями. Системный тракт высокого стояния состоит из трех парасиквенсов, характеризующихся последовательной сменой вверх по разрезу мелко-водно-морских отложений прибрежно-морскими.

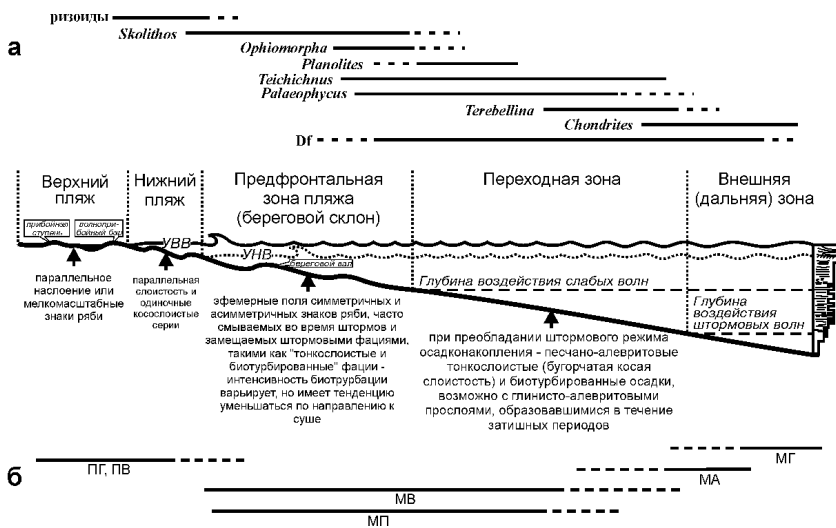


Рис. 2. Идеализированный профиль побережья [Emery, 1960; Рейнек, Сингх, 1981; Howard et al., 1972; Mooges, 1976; Обстановки..., 1990] и распределение по нему ихнофоссилий (а) и литофаций (б). УВВ - средний уровень высокой воды; УНВ - средний уровень низкой воды; Df - деформативная биотурбация; обозначение фаций см. таблицу.

В результате проведенного ихнофациального анализа в келловей-оксфордских отложениях Надым-Пурского междуречья удалось выделить восемь разновидностей ихнофоссилий, относящихся к двум ихнофациям: *Skolithos* и *Cruziana*. Кроме того, отмечены следы жизнедеятельности, диагностировать которые не удалось, а также деформативная биотурбация. Изменения состава ихнологического сообщества согласуется с внутренней структурой парасиквенсов. В их основании лежат аргиллиты, лишенные ихнофоссилий, связанные с поверхностями затопления. Выше, по мере поглубления состава пород, появляется де-

формативная биотурбация, наряду с которой сначала начинают проявляться *Chondrites*, а затем и другие ихнофоссилии ихнофагии *Cruziana*. Еще выше появляются отдельные следы ихнофагии *Skolithos*. В прикровельной части пачек преобладают ихнофоссилии *Skolithos* и/или залегают песчаники, лишенные следов жизнедеятельности.

Улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами (с пористостью 11-18% и проницаемостью $10-100 \times 10^{-3}$ мкм²) обладают в первую очередь породы литотипов МП-1, МВ-6 и МВ-5. В сравнении с другими литотипам они обладают наиболее грубозернистым составом и, как правило, характеризуются хорошей сортировкой обломочного материала. В пространственном отношении развитие зон улучшенных коллекторов следует связывать с верхней частью системного тракта высокого стояния. Менее перспективными являются верхняя часть раннего тракта высокого стояния и базальная часть трансгрессивного тракта.

5.3. Этапы формирования сиквенса и влияние на них различных факторов

В позднем бате к началу широкомасштабной трансгрессии на большей части рассматриваемой территории преобладали обстановки переходные от континентальных к морским, а в северной части - прибрежно-морские. В результате трансгрессии, проявившейся на большей части территории Западно-Сибирского бассейна и вызванной в первую очередь повышением эвстатического уровня, начал формироваться базальный пласт Ю₂⁰. Материалом для этих отложений послужила перерабатываемая наступавшим морем верхнетюменская подсвита, в меньшей степени проявлялся привнос материала с восточного обрамления. После смещения береговой линии далеко на юг относительный уровень моря стабилизировался, привнос обломочного материала прекратился, начала преобладать фоновая седиментация относительно глубоководных обстановок, наступили стагнационные бассейновые условия. Формировавшиеся в это время глинистые отложения, перекрывающие пласт Ю₂⁰, имеют очень выдержанный состав, обычно массивную, реже горизонтальнослойчатую текстуру, содержит часто обильный пирит, ихнофоссилии исключительно редки. MFS проводится в пределах этой пачки по максимальным значениям ПС и ГК и минимальным - КС и НГК. Эта поверхность отражает переломный момент в истории развития бассейна, после которого относительный уровень моря начинает постепенно падать.

Начиная с раннего келловея и до середины кимериджа развитие бассейна седиментации происходило на фоне медленного стабильного тектонического погружения (Беляев и др., 1999). Эвстатический уровень моря в это время медленно и неравномерно поднимался (Наq et al., 1988). Формирование агградационно-проградационных и проградационных последовательностей системного тракта высокого стояния происходило на фоне повышенного количества привносимого в бассейн осадочного материала во время замедления подъема эвстатического уровня или даже кратковременных его падений (рис. 3). Источником

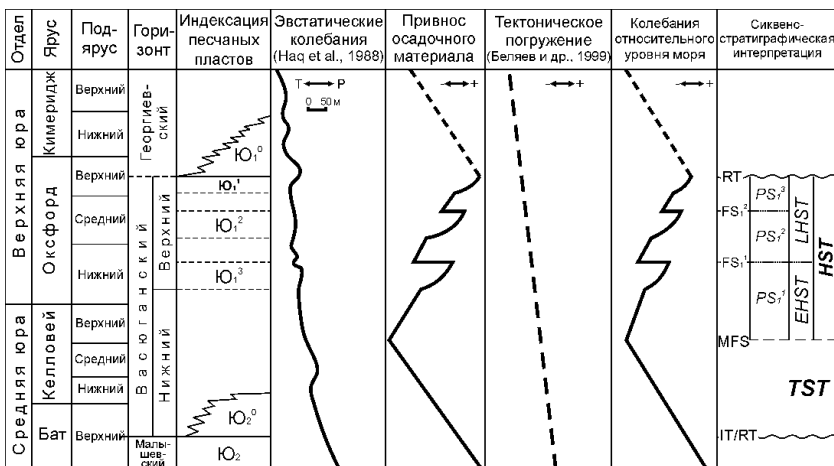


Рис. 3. Эвстатические колебания, привнос осадочного материала, тектоническое погружение бассейна и результирующие колебания относительного уровня моря. Индексация пластов по Б.Н.Шурыгину и др. (2000).

материала являлась Сибирская платформа, где в это время существовала суша с высоким расчлененным рельефом (Шемин и др., 2001). Начиная с середины нижнего келловея наблюдается три таких последовательности, выделенные в парасиквенсы. Продолжительность их формирования во времени сокращалась: наибольший стратиграфический объем занимает нижний парасиквенс (середина нижнего келловея - верхняя часть верхнего оксфорда), наименьший - верхний парасиквенс (верхняя часть среднего оксфорда - средняя часть верхнего оксфорда).

Заключение

На основе детального изучения состава и строения васюганской свиты установлен ее мелководно-морской и прибрежно-морской генезис. Ихнофациальный анализ, впервые проведенный для средневерхнеюрских отложений Западной Сибири, показал, что исследование следов жизнедеятельности и их сообществ весьма информативно для литолого-фациальных и палеогеографических реконструкций. Совместно с другими литолого-фациальными методами, ихнофациальный анализ позволил более комплексно подойти к типизации пород васюганской свиты и детализировать обстановки их формирования. Установлено, что состав ихнофаций закономерно изменяется в разрезе в соответствии с изменениями относительного уровня моря. Рассмотрение вертикальных литофациальных последовательностей дало возможность получить представления о колебаниях относительного уровня моря в келловей-оксфордском морском бассейне Надым-Пурского междуречья, которые легли в основу сиквенс-стратиграфической модели.

Привлечение сиквенс-стратиграфии для решения литологических задач позволило более полно осмыслить историю развития келловей-оксфордского бассейна в Надым-Пурском междуречье, уточнить существующие представления о строении и условиях формирования васюганской свиты и построить модель, в рамках которой установлены закономерности распространения разнофациальных образований по вертикали и латерали, что безусловно важно для прогнозирования зон улучшенных коллекторов.

При поиске ловушек неантиклинального типа будут эффективны более детальные модели, построенные для отдельных тектонических структур первого и второго порядков. Сиквенс-стратиграфические модели, построенные для отдельных месторождений, позволят уточнить их строение и выработать наиболее оптимальные схемы разработки.

Список основных публикаций по теме диссертации:

1. Ян П.А., Вакуленко Л.Г. Петрография пород келловей-оксфордских горизонтов коллекторов и флюидоупоров северной части Широного Приобья // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, Москва: ВНИИОЭНГ, 1998, №7. - с. 9-13.

2. **Ян П.А.** Литолого-фациальные особенности келловей-оксфордских отложений северной части Широного Приобья // Геология нефти и газа, 1998, №8. - с. 19-25.

3. Kartashov A.A. and **Yan P.A.** Petroleum geology of the Bathonian-Callovian reservoir of the northern part of Latitude Priob (West Siberia) // Abstracts 31th International Geological Congress, Brazil, 2000.

4. **Ян П.А.**, Вакуленко Л.Г., Микуленко И.К., Аксенова Т.П., Бурлева О.В., Злобина О.Н. Литология келловей-оксфордских отложений в различных фациальных зонах Западно-Сибирской плиты // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России, Том 1. Томск, 2000. – с. 201-202.

5. Вакуленко Л.Г., Злобина О.Н, **Ян П.А.**, Микуленко И.К., Шурьгин Б.Н. Базальный пласт келловейской трансгрессии в Западной Сибири - Тез. докл. мемориальной научной сессии «Проблемы стратиграфии и палеогеографии бореального мезозоя», посвященной 90-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Владимира Николаевича Сакса, Новосибирск, 2001. - с. 73-75.

6. Вакуленко Л.Г., **Ян П.А.**, Аксенова Т.П., Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г. Литология глубокозалегающих флюидоупоров и проницаемых комплексов юры Северного Приобья // Критерии оценки нефтегазоносности ниже промышленно освоенных глубин и определение приоритетных направлений геолого-разведочных работ: Сб. науч. докл., Кн. 2, Пермь: КамНИИКИГС, 2001. - с. 170-180.

7. Карташов А.А., **Ян П.А.** Бат-келловейский резервуар северной части Широного Приобья (Западная Сибирь) и перспективы его нефтегазоносности // Проблемы геологии континентов и океанов: Докл. рос. ученых участников 31-го МГК (школа-семинар на НИС «Академик Иоффе», июль - авг. 2000 г.) / Рос. акад. наук. Отд-ние геологии, геохимии, геофизики и горных наук (ОГГГН РАН). - Магадан: Кордис, 2001.с. 246-254

8. **Ян П.А.**, Вакуленко Л.Г., Бурлева О.В., Аксенова Т.П., Микуленко И.К. Литология келловей-оксфордских отложений в различных фациальных зонах Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2001, т. 42, № 11-12, с. 1897-1907.

9. Вакуленко Л.Г., **Ян П.А.** Юрские ихнофаии Западно-Сибирской плиты и их значение для реконструкции обстановок осадконакопления // Новости палеонтологии и стратиграфии, 2001, вып. 4, Приложение к журналу «Геология и геофизика», т. 42, с. 83-93.

10. **Ян П.А.** Строение и состав васюганской свиты в разрезе Тюменской сверхглубокой скважины (СГ-6) // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 2001, № 10, с. 89-95.

11. **Ян П.А.** Условия формирования и сиквенс-стратиграфическая модель васюганской свиты в Тюменской СГ-6 // Материалы научно-практической конференции «Формационный анализ в геологических исследованиях», посвященной 80-летию И.А.Вылцана - Томск, 2002. - с. 109-111.

12. А.Л.Бейзель, В.П.Данилова, А.Г.Замирайлова, Ю.Н.Занин, В.И.Ильина, Н.К.Лебедева, Л.К.Левчук, М.А.Левчук, С.В.Меледина, Б.Л.Никитенко, А.Н.Фомин, Б.Н.Шурыгин, **П.А.Ян** Опорный разрез верхней юры и келловая севера Западной Сибири // Геология и геофизика, 2002, т. 43, № 9, с. 805-819.

13. Vakulenko L. G., Burleva O. V., **Yuan P.A.** Lithological Criteria of the Petroleum Potential of Horizon J₁ as a Main Exploration Target in the Jurassic Deposits of the West Siberian Province // Abstracts International Symposium on Chinese Petroleum Exploration in 21st Century, China, 2002, p. 711.

14. Вакуленко Л.Г., **Ян П.А.**, Бурлева О.В. Литологические критерии нефтегазоносности горизонта Ю₁ - главного объекта поиска и разведки в юрских отложениях Западно-Сибирской провинции // Тез. XVI Губкинских чтений «Развитие нефтегазовой геологии – основа укрепления минерально-сырьевой базы» - Москва, 2002. - с. 19.

15. **Ян П.А.**, Вакуленко Л.Г., Бурлева О.В. Смена состава ихнофоссилий в келловей-оксфордских отложениях Западно-Сибирского бассейна, как отражение цикличности седиментогенеза // Материалы Третьего Всероссийского литологического совещания «Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия» - Москва, 2003. - с. 311-314.

16. **Ян П.А.** Ихнофашии в разрезе васюганского сиквенса (по материалам Тюменской СГ-6) // Литосфера, 2003, № 1, с. 54-63.

В печати:

17. **Ян П.А.** Временная седиментационная и сиквенс-стратиграфическая модели васюганской свиты верхнепурского фациального подрайона (по материалам Тюменской СГ-6) // Геология и геофизика, 2003, № 8.

Технический редактор О.М. Варакина
Подписано к печати 14.05.2003 г.
Формат 60×84/16. Бумага офсет № 1. Гарнитура Таймс.
Офсетная печать.
Печ. л. 1,2. Тираж 100. Зак. №198
Издательство СО РАН, 630090, Новосибирск, Морской пр., 2
Филиал «Гео». 630090, Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3.