



УДК: 552.5:551.72(571.5)

## ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА ВЕНДА АНГАРО-ЛЕНСКОЙ СТУПЕНИ

Е. М. Хабаров, И. В. Вараксина, М. М. Пушкарева, С. А. Кугаколов, С. В. Родякин, П. С. Черныш

Проведено детальное седиментологическое изучение отложений парфеновского горизонта центральной части Ангаро-Ленской ступени. Выделены обстановки седиментации от аллювиальных равнин до среднеглубокого шельфа. Построены детальные палеогеографические схемы. Показано, что проградация песчаного материала происходила как с западного направления (преимущественно), так и с восточного. Выяснено, что фильтрационно-емкостные свойства контролировались не только гранулометрией и обстановками седиментации, но и в значительной степени первичным вещественным составом и постседиментационными процессами.

**Ключевые слова:** венд, Ангаро-Ленская ступень, парфеновский горизонт.

## DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS AND RESERVOIR PROPERTIES OF THE VENDIAN PARFYONOVO PRODUCING HORIZON AT THE ANGARA-LENA STEP

E. M. Khabarov, I. V. Varaksina, M. M. Pushkareva, S. A. Kugakolov, S. V. Rodyakin, P. S. Tchernysh

The paper provides the detailed sedimentological study of the Parfyonovo horizon sediments in the central part of the Angara-Lena Step. The depositional environments vary from alluvial plains to a medium-deep shelf. The detailed paleogeographic schemes have been developed, showing that progradation of sandy material occurred predominantly in western as well as in eastern directions. It is determined that the reservoir properties were controlled not only by granulometric characteristics and sedimentary environments, but also to a large extent by the primary material composition and postsedimentary processes.

**Keywords:** Vendian, the Angara-Lena Step, Parfyonovo horizon.

В разрезе осадочного чехла Ангаро-Ленской ступени выделены три нефтегазоносных комплекса (НГК): вендский терригенный, вендско-нижнекембрийский карбонатный и нижнекембрийский галогенно-карбонатный. В их изучение существенный вклад внес академик А. Э. Конторович [1, 2, 5]. Парфеновский продуктивный горизонт, который занимает самую верхнюю часть разреза терригенного венда (рис. 1, 2), представляет особый интерес, поскольку с ним связаны промышленные притоки газа на Ковыктинском, Ангаро-Ленском, Атовском, Братском, Чиканском и Хандинском месторождениях. Реконструкция обстановок седиментации базировалась на анализе типов отложений со своими специфическими вещественно-структурно-морфологическими характеристиками, определяющими параметры и механизм седиментации, и их разноранговых последовательностей. Детальное седиментологическое изучение кернa сопровождалось анализом данных ГИС, в первую очередь кривых ГК. В работе приведены новые данные о его составе, строении и обстановках формирования.

### Результаты и обсуждение

Парфеновский горизонт мощностью около 60 м сложен в основном песчаниками с прослоями гравелитов, алевролитов и аргиллитов. На западе

породы в целом более крупнозернистые. В юго-восточном направлении наблюдается общее уменьшение размерности зерен, которая далее на восток [5], в разрезах Ковыктинского месторождения, вновь возрастает. По литологическим данным и результатам ГИС в большинстве разрезов горизонт имеет двучленное строение.

Для нижней части характерно разнопорядковое переслаивание в разной степени алевритистых аргиллитов, алевролитов, а также более редких алевропесчаников и песчаников, роль которых возрастает вверх по разрезу. Аргиллиты субгоризонтально- и волнисто-слоистые, часто находящиеся в микропереслаивании с алевролитами. Алевролиты глинистые и песчанистые, также субгоризонтально- и волнисто-слоистые, по составу слюдисто-полевошпат-литито-кварцевые. Песчаники в основном мелкозернистые, полевошпат-литито-кварцевые, редко слюдисто-полевошпат-литито-кварцевые, с пленочно-поровым хлорит-гидросланцеватым, иногда с примесью гидроокислов железа, цементом, а также неравномерно развитым доломитовым пойкилитовым цементом. Породы часто формируют градиционные слои (от 4 до 8 см) с переходом от мелко-среднезернистых песчаников к алевропесчаникам, алевролитам и аргиллитам. Некоторые из этих слоев представляют собой штормовые темпеститы. Участками фиксируется флазерная слоистость за счет тонких темно-серых микрослоек аргилли-

ИНГГ СО РАН (Новосибирск)

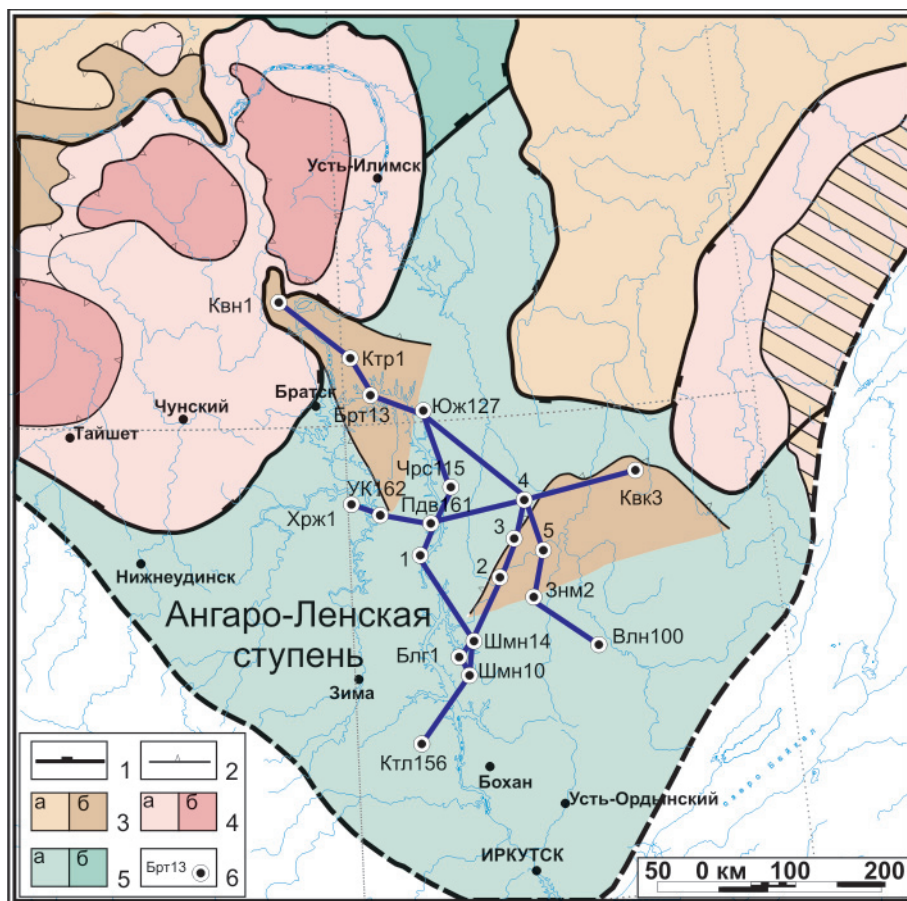


Рис. 1. Обзорная карта района исследований (по [4])

Контуры структур: 1 – надпорядковых (а), 2 – 1 порядка (б); пликвативные структуры: 3 – положительные, 4 – отрицательные, 5 – промежуточные; 6 – скважины

тов. Отмечались троговая и мелкая планарная кося слоистость и знаки ряби волнения.

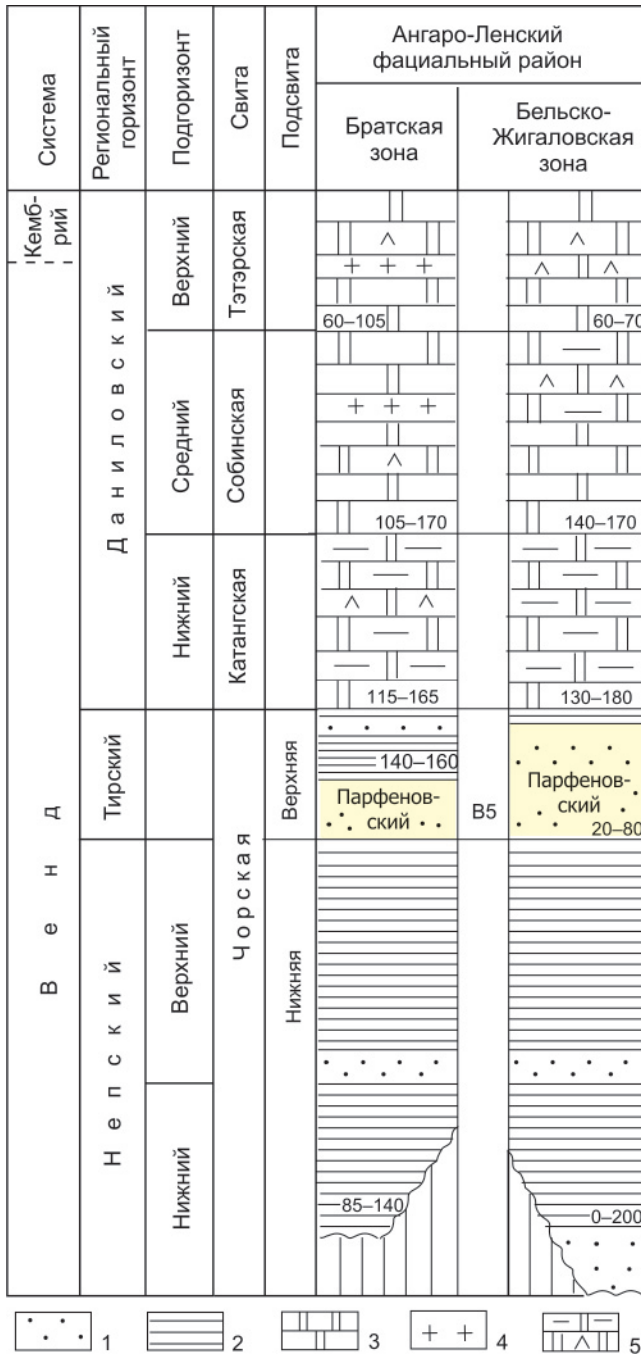
Верхняя часть горизонта на западе сложена главным образом песчаниками разномелкозернистыми, прослоями гравелитистыми, плохо и средне сортированными. В восточных разрезах преобладают средне-мелкозернистые песчаные фракции. Отмечаются прослои алевроаргиллитов. В большинстве скважин доминируют песчаники полевошпат-литито-кварцевые, количество кварца в них колеблется от 40 до 80 %, а соотношения обломков полевых шпатов и литокластов сильно варьируют (5–10 и 10–40 % соответственно). На северо-востоке развиты в основном кварцевые песчаники, содержание полевых шпатов и литокластов в которых не более 5 %. Для всех песчаников характерны различные по составу цементы: порово-пленочный хлорит-гидрослюдистый, кварцевый регенерационный и пойкилитовый доломитовый. В отложениях преобладает пологая кося слоистость, реже встречается субгоризонтальная.

Для парфеновского горизонта типичны разнонаправленные последовательности метрового масштаба, отражающие разнообразие континентальных и морских обстановок седиментации отложений, которые довольно резко сменяются по латерали и в разрезе. Хорошо выделяются аллювиальные циклы с крупной наклонной слоистостью мигрирующих песчаных русловых дюн и последовательности отложений, сформировавшиеся в распределительных руслах плоских дельт

при активном влиянии приливо-отливных течений, последовательности, отражающие выдвигание баров, и другие их типы.

Накопление вендских отложений происходило в юго-восточной части Сибирского кратона, по периферии которого формировались складчатые сооружения, поставившие разнородный осадочный материал в бассейн седиментации. Темп погружения основания бассейна в периферийных зонах был выше, чем в центральных. Однако погружение полностью компенсировалось накоплением континентальных аллювиальных отложений. В целом по направлению к центральной части бассейна от периферийных зон предвендская поверхность занимала все более высокое гипсометрическое положение (в настоящее время картина обратная). Такая ситуация предполагает постепенное расширение бассейна и разный возраст базального горизонта (вернее, нескольких разновозрастных базальных горизонтов), перекрывшего довендское основание. Эта общая картина, возможно, осложнялась локальными морфологически выраженными поднятиями.

Основные источники осадочного материала находились на западе, северо-западе, юго-западе и юго-востоке. Определенную роль в поставке материала играли и локальные внутрибассейновые поднятия. В целом в бассейн поступал очень разнородный материал, поскольку размыву подвергались как осадочные, вулканогенно-осадочные и интрузивные рифейские комплексы, так



**Рис. 2.** Стратиграфическая схема вендских отложений Ангаро-Ленского фациального района (по [7] с изменениями). Желтым выделен парфеновский продуктивный горизонт (В5)

1 – песчаники, 2 – аргиллиты, 3 – доломиты, 4 – каменная соль, 5 – прослои глинистых и сульфатных пород

и архей-нижнепротерозойские существенно метаморфизованные образования интракратонного и окраинно-кратонного генезиса. Эта разнородность осадочного материала хорошо фиксируется по геохимическим параметрам.

В более удаленной от складчатых сооружений части бассейна отмечается сложное латеральное и временное сочетание обстановок седиментации: удаленных от морского бассейна аллювиальных равнин с преобладанием русловых или пойменных отложений, прибрежных песчаных и илистых

равнин с явным влиянием приливно-отливных течений, иногда, по-видимому, нечетко морфологически выраженных дельт с верхними частями дельтовых равнин и нижними частями дельтовых равнин, подверженных приливно-отливным процессам, баров фронта дельты, прибрежных баровых систем, реже обстановок среднемелкого и (крайне редко) среднеглубокого шельфа.

Остановимся более подробно на обстановках седиментации отложений парфеновского горизонта, распределение которых показано на серии профилей (рис. 3–6). В развитии бассейна в парфеновское время устанавливаются четыре этапа: раннепарфеновский 1, раннепарфеновский 2, позднепарфеновский 1 и позднепарфеновский 2.

В предпарфеновское время в центральной части Ангаро-Ленской ступени преобладали обстановки среднего шельфа с илистой седиментацией. Мелководные морские и континентальные обстановки фиксируются по периферии кратона, а местами русловые обстановки преобладали и в более удаленных от источника сноса зонах. В это время хорошо проявилась система русел с переносом материала с северо-запада (Седановские, Кутурминские, Братские скважины).

В раннепарфеновское время (рис. 7, 8) проградация прибрежных баровых и прибрежных аллювиальных систем резко ускорилась, причем она фиксируется как с запада-северо-запада, так и с востока. В центральной части Ангаро-Ленской ступени в направлении с запада на восток наблюдается смена отложений приливно-отливной равнины с многочисленными мелкими (редко относительно крупными) приливно-отливными каналами отложениями мелководного шельфа (залива) с доминированием глинистой седиментации. Далее отмечается постепенное выдвигание баровых систем, которые выше по разрезу сменяются приливно-отливными илистыми равнинами (или мелководным заливом) и русловыми обстановками с влиянием приливно-отливных течений. Юго-восточнее в это время седиментация происходила, по-видимому, в пределах мелководного (частично изолированного?) шельфа с преимущественно глинистой седиментацией с периодическими вбросами алевропесчаного материала во время штормов. Лишь несколько позднее выдвинулся бар, переработанный приливно-отливными руслами. Восточнее на территории Ковыктинского месторождения отложения накапливались, по данным [3], в речных и дельтовых условиях, которые периодически сменялись прибрежными и приливно-отливными обстановками.

Верхняя часть парфеновского горизонта (рис. 9, 10) отражает кульминацию проградации аллювиальных и аллювиально-дельтовых (дельты морфологически слабо выражены) комплексов в центральную часть бассейна. На левобережье р. Ангара (скв. 1) реконструируется прибрежная



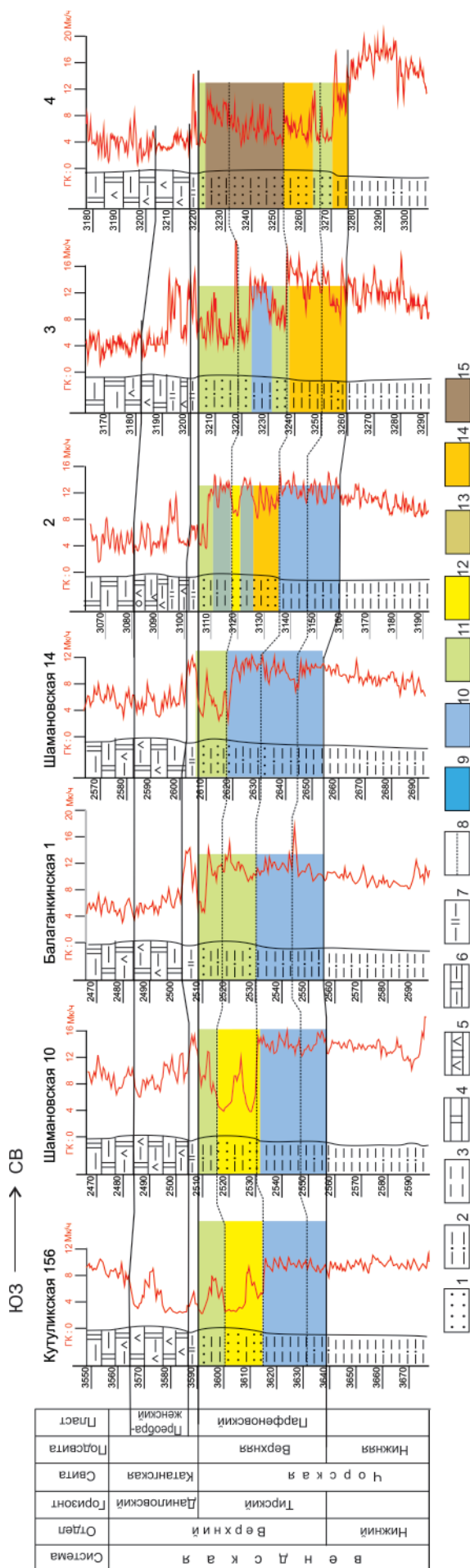


Рис. 3. Обстановки седиментации по профилю ЮЗ-СВ

1 – песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты; 4 – доломиты; 5 – доломиты глинистые; 6 – доломиты ангидритистые; 7 – глинисто-доломитовые породы; 8 – границы этапов седиментации; 9 – средний шельф; 10 – мелкий – глубокий шельф; 11 – прибрежная равнина с преобладанием русловых отложений при активном влиянии приливо-отливных течений (приливо-отливная равнина); аллювиальная равнина с преобладанием: 12 – русловых отложений; 13 – пойменных отложений; 14 – переработанные приливо-отливными протоками, 15 – приустьевые

аллювиальная равнина с преобладанием русловых комплексов. Аллювиальные циклы 1–3 м. В верхней части разреза отмечается влияние приливо-отливных течений на седиментацию в руслах. Восточнее осадконакопление происходило, вероятно, в русловых обстановках с влиянием приливо-отливных течений, или формировались системы бар – русло, поскольку в некоторых разрезах на этом уровне отмечаются отложения устьевых баров, переработанных приливо-отливными протоками, а также аллювиальные русловые образования, подверженные влиянию приливо-отливных течений. Стоит отметить, что юго-восточнее в это время осадки формировали баровые системы, переработанные приливо-отливными протоками глубиной до 1,8 м. Реже реконструируются дельтовые русла с влиянием приливо-отливных течений. Периодически происходило отмирание питающих каналов и преимущественно глинистые осадки накапливались в мелководных заливах и/или на приливо-отливных равнинах с мелкими приливо-отливными промоинами.

В позднепарфеновское время хорошо выражена аллювиальная система (Усть-Кадинская скв. 162, Добчурская скв. 159), которая поставляла осадочный материал с запада в центральную часть бассейна, где происходило его перераспределение при активном влиянии бассейновых процессов. Сохранила свою активность Седановско-Братская аллювиальная система, однако в ней наряду с крупными руслами были широко развиты пойменные обстановки или территории с многочисленными мелкими руслами.

В самом конце парфеновского времени наблюдается существенное снижение активности источников сноса и уменьшения объема материала, поступавшего в бассейн. Это событие привело к восстановлению морского и прибрежно-морского режима в его пределах и более существенной переработке кластического материала (существенно кварцевые песчаники), а также способствовало началу карбонатной и глинисто-карбонатной седиментации в мелководных заливах с бескислородными условиями, а затем – в пределах приливо-отливных и надприливных равнин.

Таким образом, накопление парфеновского горизонта происходило в разнообразных обстановках от среднеглубокого шельфа с преимущественно глинистой седиментацией до аллювиальных равнин. В раннепарфеновское время наблюдаются латеральные переходы от преимущественно песчаных отложений аллювиальных комплексов на Братском и Ковыктинском высту-

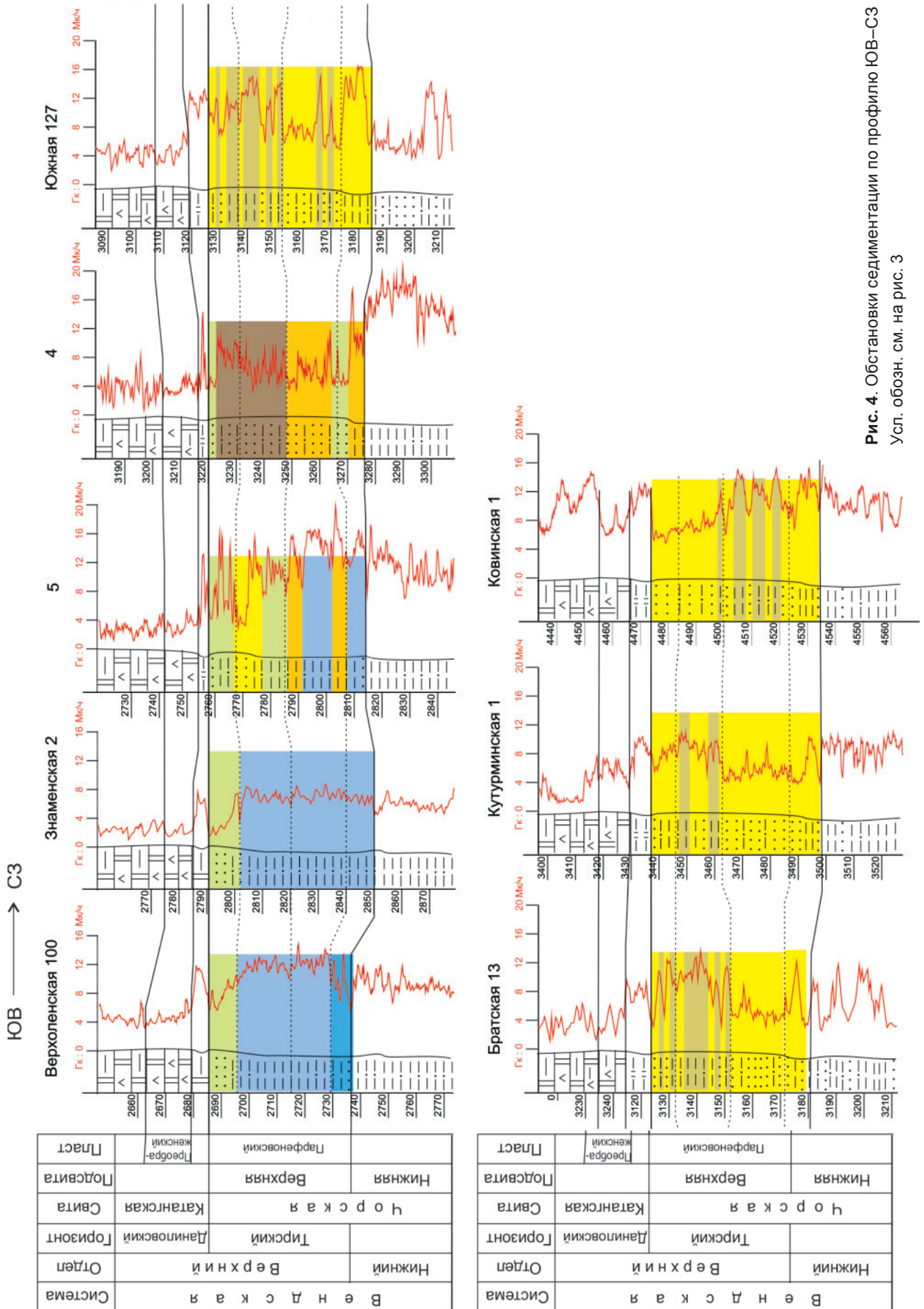


Рис. 4. Обстановки седиментации по профилю ЮВ–СЗ  
Усл. обозн. см. на рис. 3

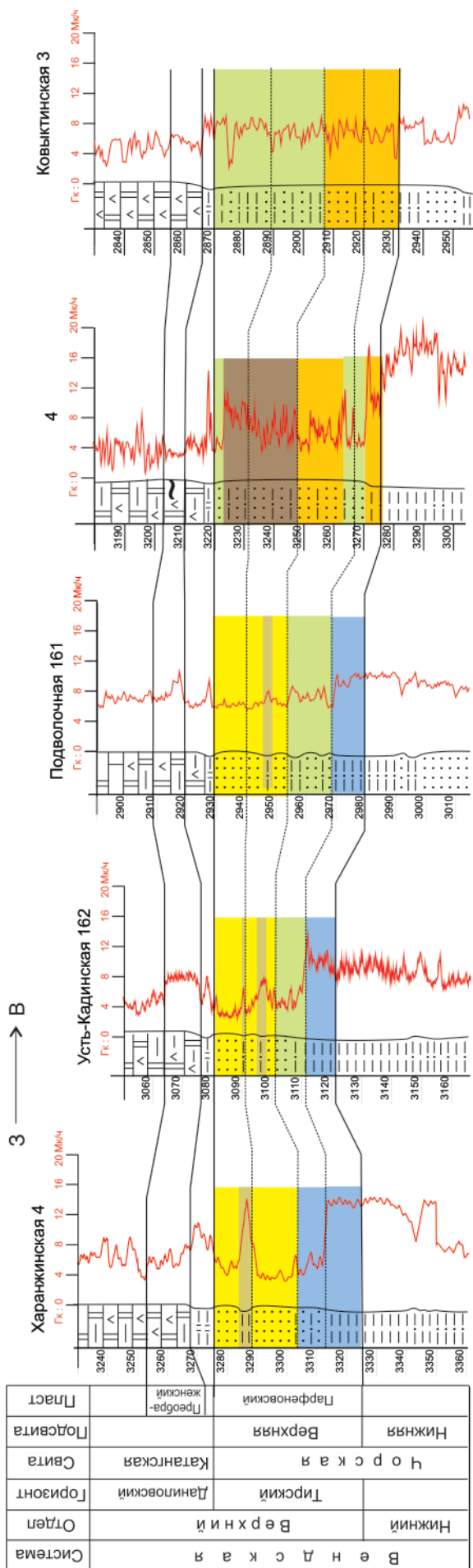


Рис. 5. Обстановки седиментации по профилю Ю-С  
Усл. обозн. см. на рис. 3

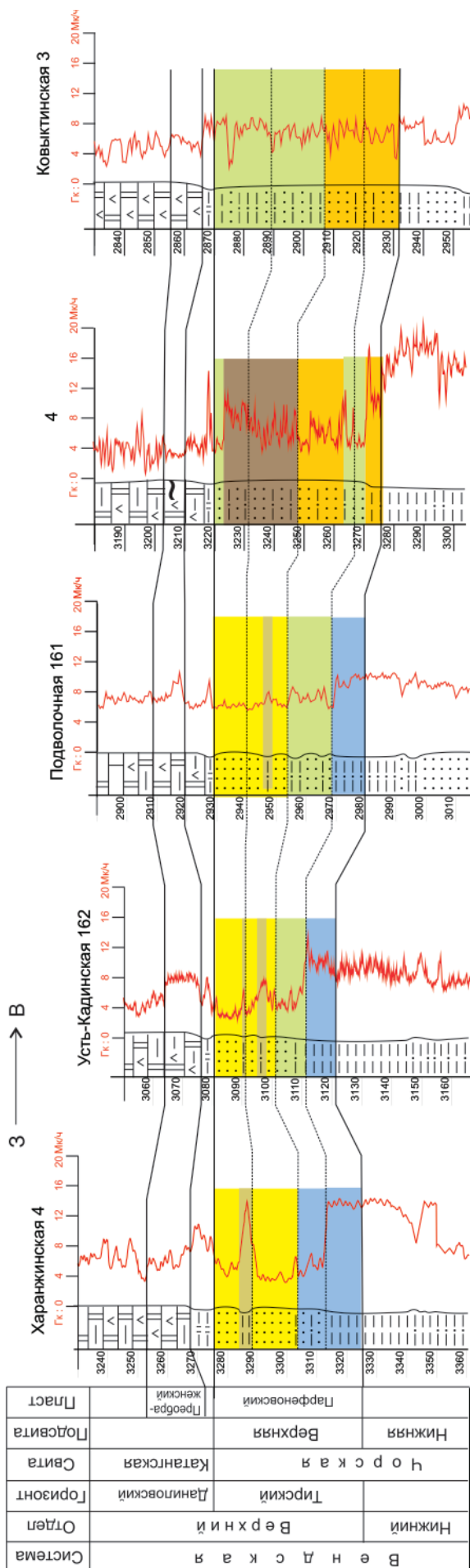
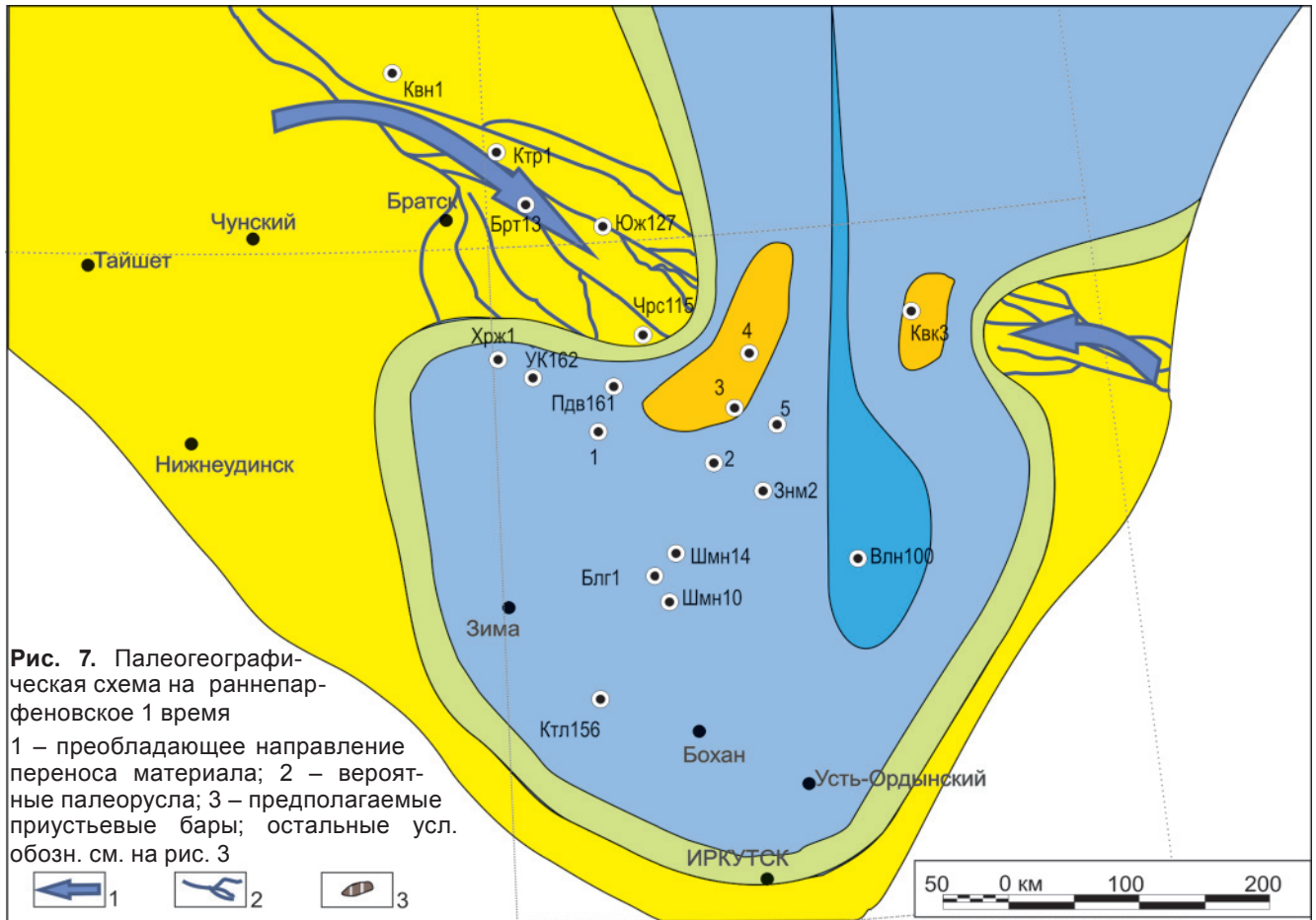


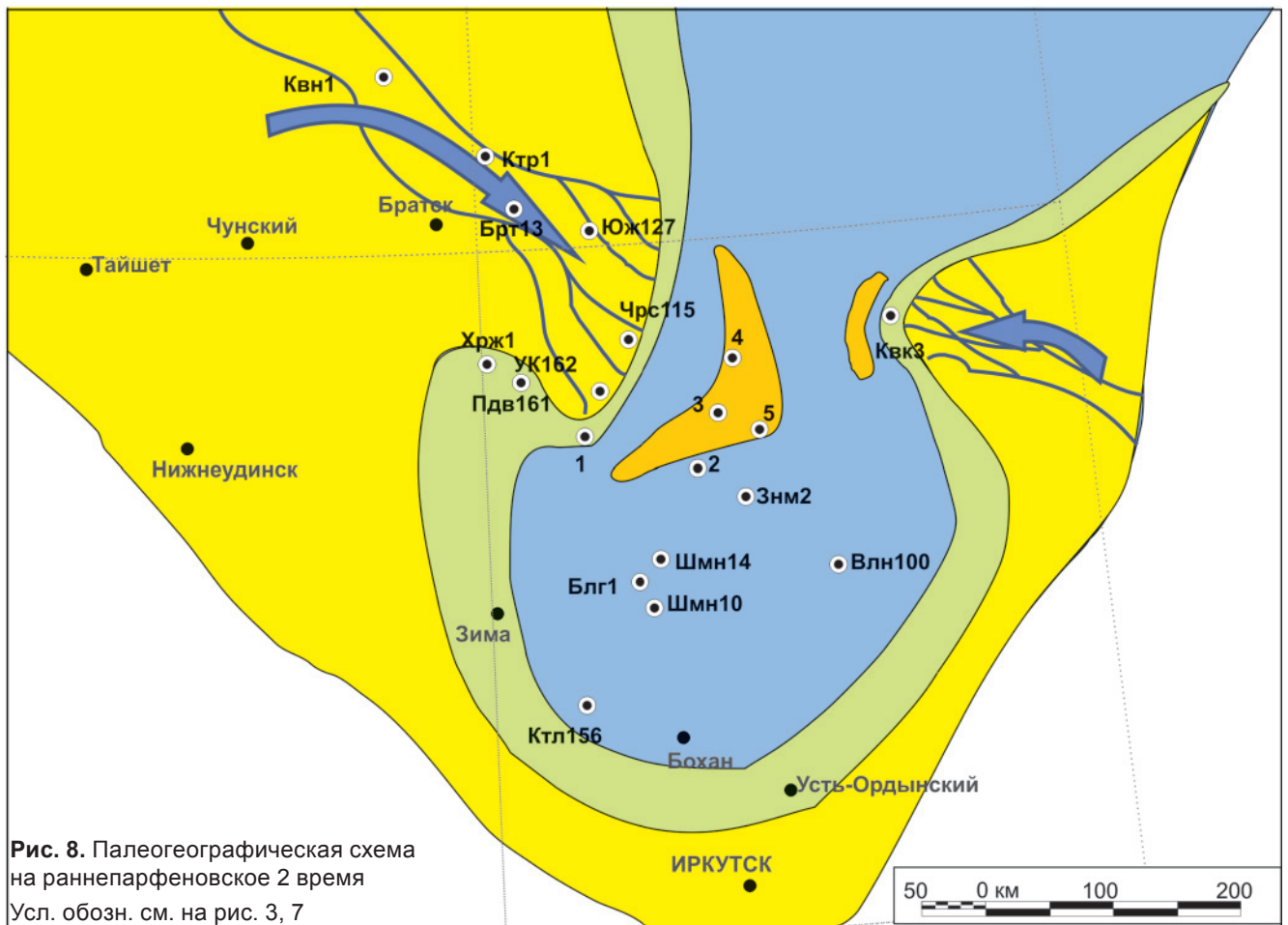
Рис. 6. Обстановки седиментации по профилю 3-B  
Усл. обозн. см. на рис. 3





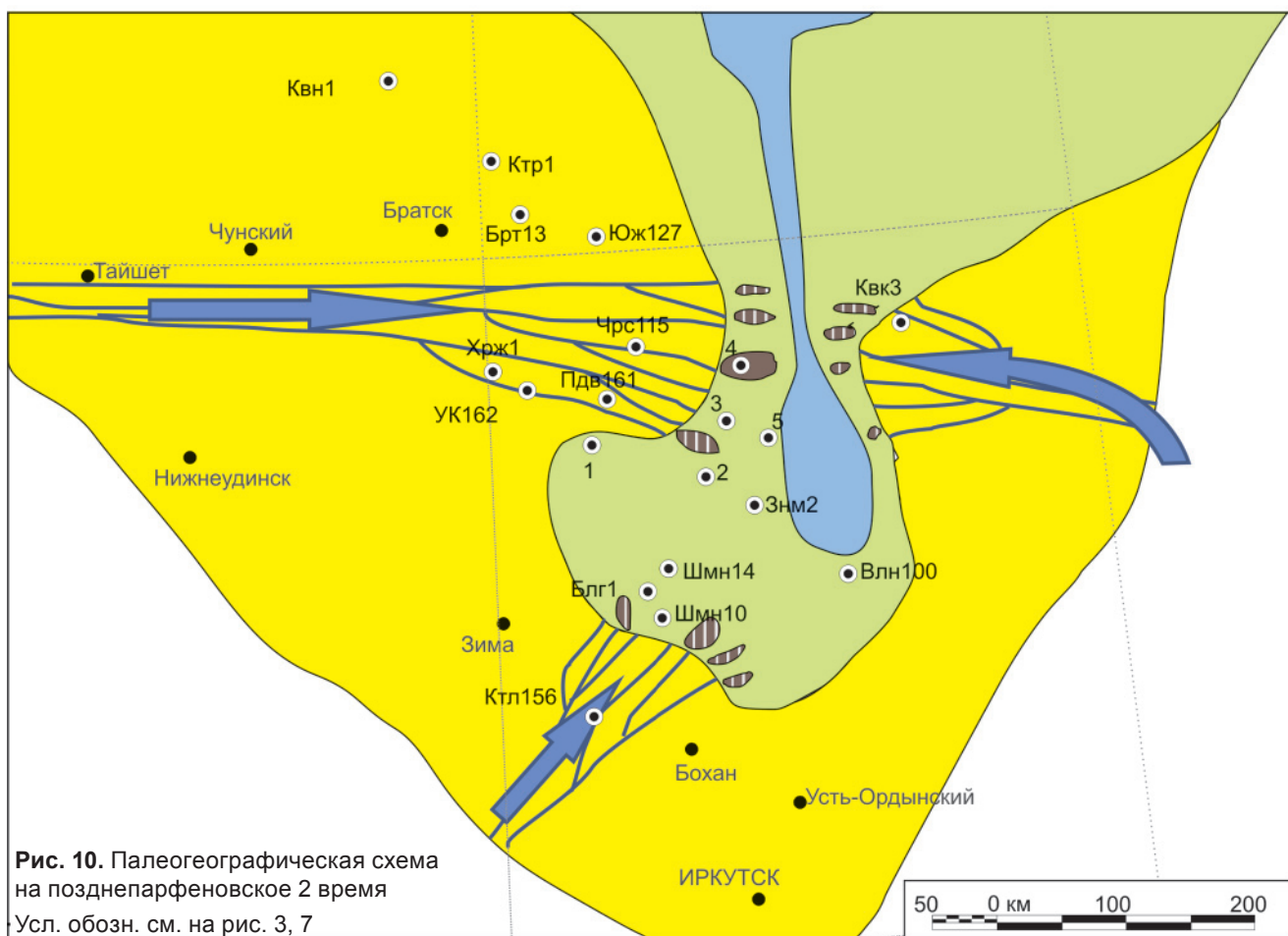
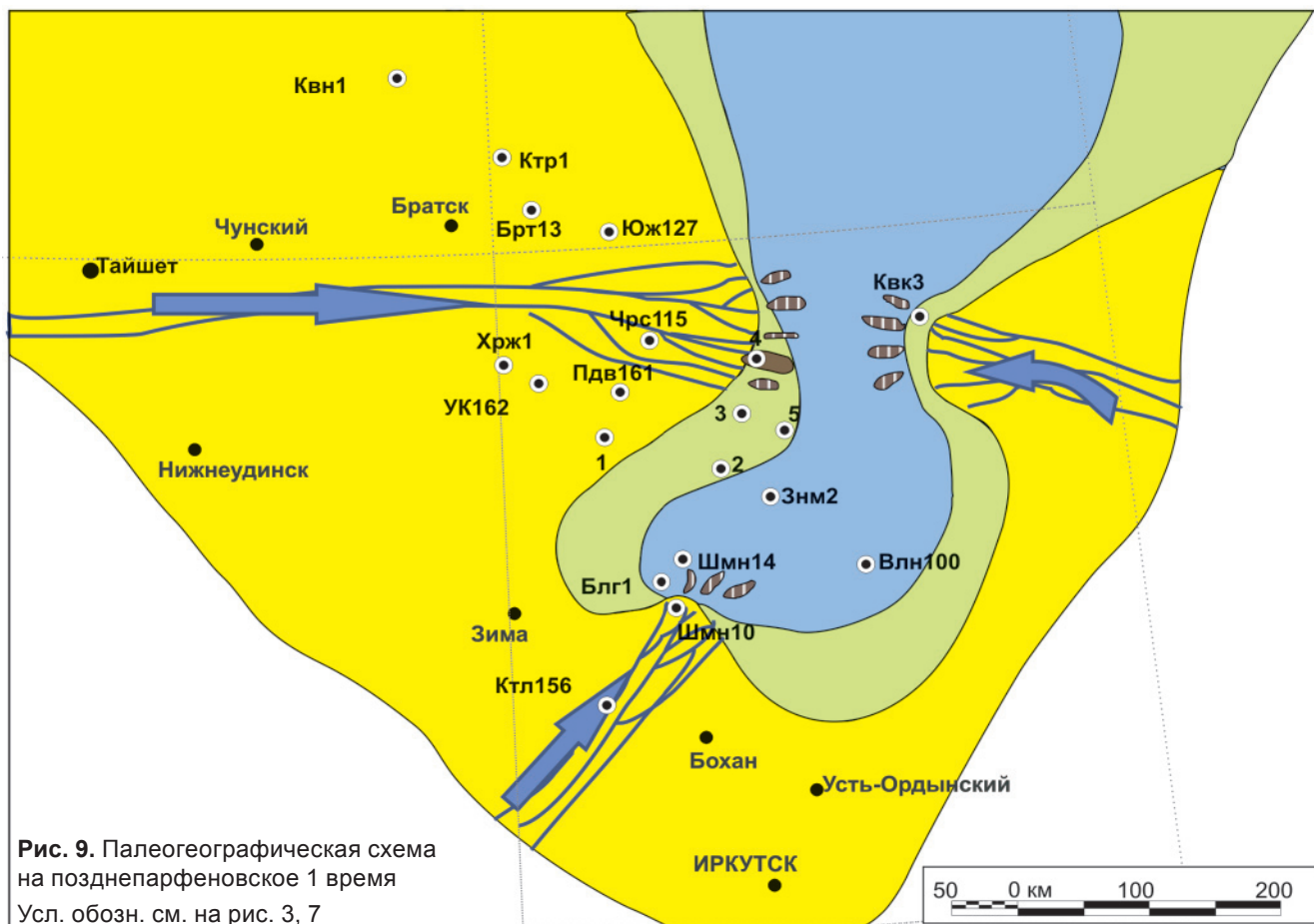
**Рис. 7.** Палеогеографическая схема на раннепарфеновское 1 время

1 – преобладающее направление переноса материала; 2 – вероятные палеоруслу; 3 – предполагаемые приустьевые бары; остальные усл. обозн. см. на рис. 3

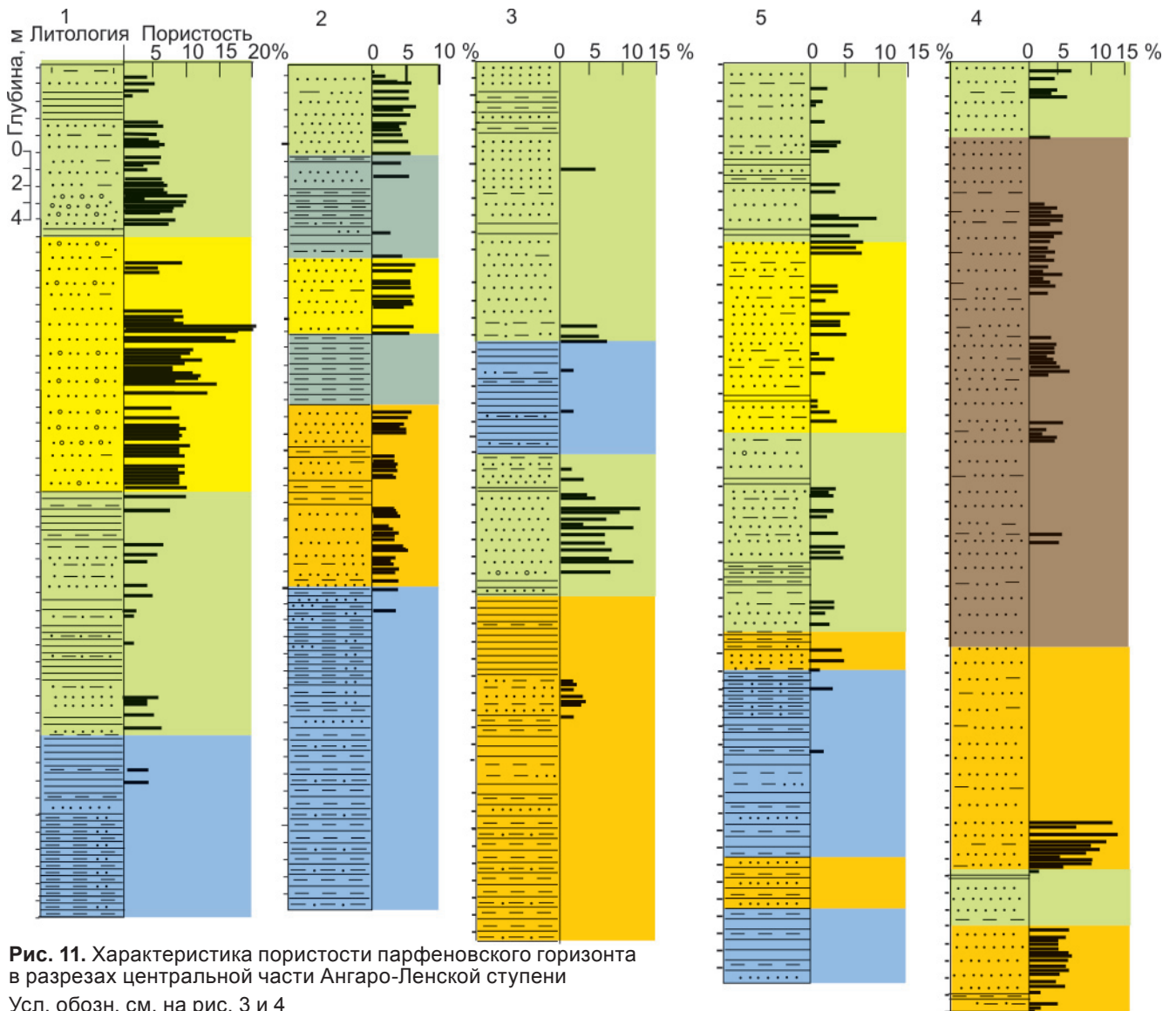


**Рис. 8.** Палеогеографическая схема на раннепарфеновское 2 время

Усл. обозн. см. на рис. 3, 7







**Рис. 11.** Характеристика пористости парфеновского горизонта в разрезах центральной части Ангаро-Ленской ступени  
Усл. обозн. см. на рис. 3 и 4

пах к морским алеврито-глинистым образованиям прибрежной мелководно-морской зоны центральной части Ангаро-Ленской ступени. Позднее фиксируется общая проградация аллювиальных систем в центральную часть бассейна. Затем интенсивность привноса материала снизилась и силикокластическая седиментация постепенно сменилась глинисто-карбонатно-эвапоритовой.

На основе имеющихся данных был проведен анализ вариаций значений пористости в разрезах парфеновского горизонта (рис. 11). Интервалы, где пористость пород свыше 15 %, отмечаются только на западе территории и приурочены к наиболее крупнозернистым полевошпат-литито-кварцевым русловым песчаникам с обильным хлорит-гидрослюдистым цементом. Интервалы, в которых пористость пород 10–15 %, встречаются в русловых отложениях восточных и западных разрезов, где связаны со средне-крупнозернистыми полевошпат-литито-кварцевыми песчаниками, отличающимися от аналогичных высокопористых пород меньшим количеством лититовых обломков и цемента. Наиболее широко распространены пес-

чаники с пористостью 5–10 %, также отложенные преимущественно в русловых обстановках. Породы, как правило, плохо сортированные. Интервалы с пористостью пород менее 5 % приурочены к глинисто-песчаным отложениям приливно-отливных равнин и баров, переработанных приливно-отливными течениями. В целом наблюдается снижение пористости пород с запада на юго-восток.

Сходные тенденции отмечаются и при распределении проницаемости в разрезах. Если суммировать результаты связей между петрографическими типами пород и их пористостью и проницаемостью, то выясняется следующее. Пористость и проницаемость пород контролировались не только размером и степенью сортировки песчаников, но и их составом. Так, наибольшие значения пористости и проницаемости в основном имеют не очень хорошо сортированные породы с относительно высоким содержанием лититовой компоненты. Пористость существенно кварцевых, относительно хорошо сортированных пород обычно более низкая. Эти породы характеризуются достаточно плотной упаковкой зерен и развитием регенерационного



кварцевого цемента, который почти полностью уничтожил седиментационные поры. Значительное снижение пористости и проницаемости наблюдается и в песчаниках с повышенным содержанием доломитового пойкилитового цемента.

## Выводы

На основании проведенных седиментологических и петрофизических исследований отложенный парфеновского горизонта центральной части Ангаро-Ленской ступени установлено, что они формировались в разнообразных континентальных и морских обстановках – от аллювиальных равнин до среднеглубокого шельфа. Построенные детальные палеогеографические схемы и профили свидетельствуют, что проградация песчаного материала происходила преимущественно с западного, а также с восточного направлений. Выяснено, что фильтрационно-емкостные свойства контролировались не только гранулометрией пород и обстановками седиментации, но и в значительной степени первичным вещественным составом и постседиментационными процессами. Наиболее высокими значениями пористости и проницаемости отличаются русловые песчаники с высоким содержанием лититовой компоненты и хлоритовым цементом. Морские баровые песчаники с потенциально высокой седиментационной пористостью в связи с массовым развитием кварцевого регенерационного и карбонатного пойкилитового цементов имеют низкие фильтрационно-емкостные характеристики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Конторович, А. Э.** Нефтегазоносные провинции и области Сибирской платформы

[Текст] / А. Э. Конторович, Н. В. Мельников, В. С. Старосельцев // Геология и нефтегазоносность Сибирской платформы. – Новосибирск, 1975. – С. 4–21.

2. **Конторович, А. Э.** Главные зоны нефтенакопления в Лено-Тунгусской провинции [Текст] / А. Э. Конторович, В. С. Сурков, А. А. Трофимук // Развитие учения академика И. М. Губкина в нефтяной геологии России. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 22–42.

3. **Литология** и условия формирования парфеновского горизонта Ковыктинского газоносного месторождения [Текст] / Л. С. Чернова, А. М. Фомин, М. М. Потлова [и др.] // Методика разведки и условия формирования нефтегазоносных отложений Сибирской платформы. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1991. – С. 49–55.

4. **Мельников, Н. В.** Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы [Текст] / Н. В. Мельников. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – 146 с.

5. **Нефтегазоносные** бассейны и регионы Сибири (Иркутский бассейн) [Текст] / Под ред. А. Э. Конторовича. – Новосибирск, 1995. – 59 с.

6. **Перспективы** нефтегазоносности венд-кембрийских отложений южной части Сибирской платформы [Текст] / Б. Л. Рыбьяков, Г. Ф. Степаненко, В. А. Топешко, Л. С. Чернова // Методика разведки и условия формирования нефтегазоносных отложений Сибирской платформы. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1991. – С. 3–10.

7. **Стратиграфия** нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления [Текст] / Под ред. Н. В. Мельникова. – Новосибирск, 2005. – 428 с.

© Е. М. Хабаров, И. В. Варакина, М. М. Пушкарева, С. А. Кугаколов, С. В. Родякин, П. С. Черныш, 2014