

УДК 551

ФАЦИАЛЬНО-ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПОСТГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕНДА ЮГО-ВОСТОКА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

© 2020 г. Е. С. Изъюрова^а, *, О. В. Постникова^а,
А. В. Постников^а, О. А. Зуева^а

^аРоссийский государственный университет нефти и газа (НИУ)
им. И.М. Губкина, Ленинский проспект, 65, Москва, 119991 Россия

*e-mail: ekonovalceva@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.12.2019 г.

После доработки 12.02.2020 г.

Принята к публикации 26.02.2020 г.

В основу работы положен обширный фактический материал, включающий коллекцию керн и данные ГИС по 84 скважинам глубокого бурения на юго-востоке Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа). Проведены литологические исследования базальных отложений венда, сформировавшихся в постгляциальную эпоху. Эти отложения характеризуются значительной вертикальной литологической неоднородностью и включают прослойки высокорadioактивных грубозернистых монацитсодержащих пород, что определило необходимость контроля глинистости и потребовало объединения выделенных литологических типов в парагенетические ассоциации пород, которые слагают относительно мощные интервалы разреза и могут быть распознаны с помощью геофизических методов исследования скважин. По результатам циклостратиграфического анализа выделены 3 ранга седиментационных циклитов двучленного строения, а также базальная ациклическая пачка пудинговых конгломератов. Популяция детритовых цирконов из пудинговых конгломератов (66 зерен) содержит наиболее молодые зерна с возрастом 600–900 млн лет, из которых минимальный возраст цирконов составляет 631 ± 14 млн лет. Результаты изучения поверхности зерен кварца и минерального состава тяжелой фракции из пород основания осадочного чехла и пород фундамента, с учетом присутствия диамиктитов и толщ пудинговых конгломератов в базальных отложениях венда, позволили предположить, что их формирование совпало с позднеледниковым и постледниковым этапами гляциопериода Гаскье (584–582 млн лет). Структурно-текстурные особенности пород постледниковой эпохи определялись гидродинамическими параметрами флювиогляциальных потоков, особенностями постледникового рельефа, а также расстоянием до источников сноса и минеральным составом размывавшихся пород. Формирование циклически построенных отложений непской и тирской свит венда происходило в период изменения климатических условий от гляциальных к аридным, на фоне смены континентальных обстановок на прибрежно-морские.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Непско-Ботуобинская антеклиза, венд, возраст обломочных цирконов, постгляциальные отложения, фациально-палеогеографические обстановки.

DOI: 10.31857/S0024497X20050055

Изучение отложений венда юга Сибирской платформы имеет длительную историю, насчитывающую несколько десятилетий, однако и в настоящее время исследование этих отложений не теряют своей актуальности, в частности, в связи с тем, что в них сосредоточены значительные запасы углеводородов (УВ). В них выделяется целая серия продуктивных горизонтов: безымянный, талахский, ярактинский, верхнечонский, хамакинский, улаханский, верхнетирский, парфеновский, ботуобинский и верхнетирский [Непско-Ботуобинская ..., 1986; Шемина, 2007;

Рыжов и др., 2011; Лебедев и др., 2014]. Стратиграфическая идентификация продуктивных горизонтов является одной из главных проблем нефтегазопромысловых работ в пределах юга Сибирской платформы и, в частности, Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА). Эти терригенные продуктивные горизонты входят в состав непской, тирской, талахской, курсовской, паршинской и бюкской свит, которые в свою очередь отнесены к венду Общей стратиграфической шкалы [Решения ..., 1989; Стратиграфический ..., 2019; Стратиграфия ..., 2005; Рыжов и др., 2017]. В соот-

ветствии с международной хроностратиграфической шкалой 2019 года изучаемые отложения относятся к эдиакарской системе неопротерозойской эратемы [International ..., 2019]. В этой же шкале отложениям эдиакария предшествуют отложения криогения, которые сформировались в период глобальных оледенений неопротерозойской эры [Чумаков, 2008]. В связи с тем, что в терригенных породах основания осадочного чехла НБА были выявлены признаки гляциальных и флювиогляциальных отложений, отнесение их исключительно к эдиакарию является проблематичным. Это обусловило необходимость уточнения времени формирования этих отложений по данным U–Pb датирования содержащихся в них цирконов.

Терригенные отложения венда в пределах НБА неоднородны по мощности и стратиграфическому объему. В связи со сложностью выделения в них изохронных литологических реперов, корреляция отдельных толщ и горизонтов осуществляется в основном по данным геофизических исследований скважин (ГИС). Интерпретация данных ГИС, в свою очередь, является довольно проблематичной в связи с литологической неоднородностью терригенных отложений венда и присутствием в них прослоев с высоким содержанием радиоактивных минералов. Эти особенности в значительной мере обусловлены широким разнообразием континентальных обстановок, существовавших в течение венда на исследуемой территории. Несомненно, значительную роль в их формировании сыграли глобальные оледенения, которые чередовались с относительно теплыми климатическими периодами [Чумаков и др., 2011]. Реконструкция обстановок седиментации, существовавших на рубеже двух резко различных климатических эпох, и выяснение литологических характеристик вендских терригенных отложений, формировавшихся на последниковом рельефе, является актуальной задачей.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положен собранный и проанализированный в период с 2008 по 2018 гг. обширный фактический материал, включающий коллекцию керн и данных ГИС по 84 скважинам глубокого бурения на Аянском, Ярактинском, Непском, Кийском, Дулисьминском, Верхнечонском, Джункунском, Могдинском, Чаяндинском, Среднеботуобинском месторождениях нефти и газа. Детальные литолого-геофизические исследования керн проведены в стратиграфическом интервале от кровли коры выветривания фундамента до подошвы даниловской и успунской свит (преображенская пачка, репер М2). Петрографическое изучение пород проводилось в прокра-

шенных шлифах на оптическом микроскопе (Axio Imager A2m Carl Zeiss), а также в аншлифах и сколах пород на растровом электронном микроскопе (РЭМ) (JEOL JSM-6610LV, снабженном приставкой для микрорентгеноспектрального анализа OXFORD INSTRUMENTS IE350-IW500-NKL. Минеральный состав отложений был изучен методами рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре RIGAKU SmartLab. При наблюдениях в РЭМ проводилось детальное исследование поверхности зерен кварца (экзоскопия) и изучение характерных микротекстур. Был отобран керновый материал (7 образцов) из базальных отложений непской свиты (верхнечонский горизонт) и проведено его экстрагирование в аппарате Сокслета химически чистым хлороформом в течение 48 ч. Впоследствии образцы подверглись вакуумной морозной сушке в аппарате W113-DC800 – Yamato Scientific в течение 12 ч. Разрушение образцов проводилось вручную с помощью резиновых пестов в специальных ступках с последующей промывкой обломочного материала в растворе SnCl (5%), затем в кипящей HCl и, наконец, в дистиллированной воде. Для исследований были отобраны зерна (38 штук) размерностью более 1 мм, которые были прикреплены к препаратодержателю электропроводящим углеродным скотчем. Для снятия заряда, образующегося при взаимодействии электронного пучка с поверхностью образца, зерна напылялись (с помощью JEOL JFC-1600) тонким проводящим платиновым покрытием, толщина напыления составила 20 нм. Съемка образцов проводилась в режиме вторичной электронной эмиссии, при котором четко видны топографические контрасты на поверхности зерен и достигается максимальное их разрешение.

В ходе исследований было выполнено U–Pb датирование детритовых цирконов, которые были выделены из двух проб (по 2 кг), отобранных из основания непской свиты на Верхнечонском и Ярактинском месторождениях [Постникова и др., 2019]. Тяжелые фракции из этих проб были выделены в ИГГД РАН по стандартной методике [Костицын, Аносова, 2013], с использованием концентрационного стола, магнитной сепарации и тяжелых жидкостей. Измерения абсолютного возраста проводились методом LA-ICP-MS в Лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ГЕОХИ РАН.

В результате детальных исследований в вендских терригенных отложениях были выделены основные литотипы и изучены закономерности их распределения по разрезу, затем выделенные литотипы были объединены в парагенетические ассоциации (ПА), что помогло провести интерпретацию данных ГИС, выполнить циклостратиграфический анализ и провести типизацию разрезов по литолого-геофизическим характери-

кам. Выделение седиментационных циклитов в терригенных отложениях методами ГИС базируется, как правило, на выделении и прослеживании прослоев глинистых пород, характеризующихся повышенной радиоактивностью, которая и фиксируется данными гамма-каротажа [Кародин и др., 1990]. Присутствие в изученных нами разрезах аномально радиоактивных монацитсодержащих грубозернистых пород привело к необходимости построения синтетической кривой глинистости отложений (Кгл), которая позволила отличить в разрезах интервалы с повышенным содержанием алевритовых и глинистых фракций от прослоев гравийно-песчаных пород с высоким содержанием монацита [Городнов и др., 2017]. Именно этот методический прием позволил выделить и проследить в разрезах и на исследуемой площади седиментационные циклиты разного ранга. Реконструкции разломно-блоковой структуры, детальное петрографическое изучение пород коры выветривания и фундамента, анализ минерального состава тяжелой фракции базальных отложений венда и пород фундамента, вскрытых на хорошо разбуренном участке юго-востока НБА, позволили выполнить моделирование рельефа бассейна седиментации. Палеогеографические реконструкции основывались на особенностях строения разрезов в разных частях осадочного бассейна, изменениях мощностей и результатах литолого-фациального анализа. Применение комплекса литологических и геолого-геофизических исследований, а также системный анализ их результатов [Дмитриевский, 1982] позволили выполнить фациально-палеогеографические реконструкции для территории юго-востока НБА в вендское время.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОСТГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕНДА

Литологическая характеристика пород

Объектом исследования являлись терригенные отложения венда, широко развитые в пределах НБА (Сибирская платформа) и, в частности, в ее юго-восточной части (рис. 1).

Для терригенных отложений венда характерна разнообразная окраска: в разрезе чередуются бурые, зеленовато-серые и серые терригенные породы, представленные конгломератами, мелкообломочными песчаными гравелитами, песчаниками и алевролитами разной зернистости, песчано-глинистыми брекчиями и аргиллитами с примесью алевритового и песчаного материала [Коновальцева, 2010]. Для песчаников и гравелитов характерны косая, полого-наклонная и параллельная градационная слоистость, а также

текстуры оползания. В алевро-аргиллитах наблюдалась горизонтальная (в т.ч. тонкая ламинационная) и полого-волнистая слоистость, текстуры промоин и вертикального взмучивания, а также следы роющих организмов. По составу обломочные породы полимиктовые. Обломочная часть в них сложена кварцем, полевыми шпатами, обломками кислых магматических и кремнистых пород, присутствуют акцессорные минералы (монацит, циркон, рутил, турмалин, сфен, лейкоксен и др.). Цементирующая масса полиминеральная и представлена глинистыми минералами, доломитом, ангидритом и галитом [Жуковская, 2011]. В породах выявлен широкий спектр вторичных изменений: регенерация зерен кварца и калиевых полевых шпатов, интенсивное аутигенное минералообразование (карбонатизация, окремнение, сульфатизация, засоление, появление новообразованных графита, ломонтита, родохрита, барита и др.), а также выщелачивание цементирующего вещества и обломочных зерен [Золоева и др., 2019; Постникова и др., 2011; Постников и др., 2019].

Толща вендских терригенных отложений характеризуется отчетливо выраженной вертикальной литологической неоднородностью (рис. 2а). Минимальная толщина отдельных прослоев составляет несколько сантиметров, что существенно ниже разрешающей способности методов ГИС и затрудняет литологическую интерпретацию геофизических данных. В связи с этим выделенные типы пород были объединены в парагенетические породные ассоциации (ПА), слагающие относительно мощные (толщиной не менее 40 см) интервалы разреза, обнаружение которых возможно при существующей разрешающей способности методов ГИС. Элементарной породной ассоциацией авторы статьи считали геологическое тело, которое образовано парагенезом пород и имеет геологические границы, при переходе через которые изменяются параметры закона распределения стационарной случайной функции, описывающей чередование пород в разрезе и отражающей процесс образования данной ПА [Геологический ..., 1978]. В разрезах скважин, охарактеризованных керном, встречены следующие ПА (см. рис. 2б): алевро-глинистая (АГ), песчано-алевро-глинистая (ПАГ), гравийно-песчано-глинистая (ППГ), песчано-алевритовая (ПА), песчаная (П), гравийно-песчаная (ГП), гравийная (Г). Отдельно прослеживаются базальные конгломераты (К), которые слагают пачку пород (0.5–10 м), начинающую разрез осадочного чехла. Базальные конгломераты представлены крупными (более 1 см) обломками магматических и метаморфических пород, и включают прослои песчаных гравелитов. ПА различаются по целому комплексу литологических характеристик (табл. 1), таких как: относительное содержание различных типов по-

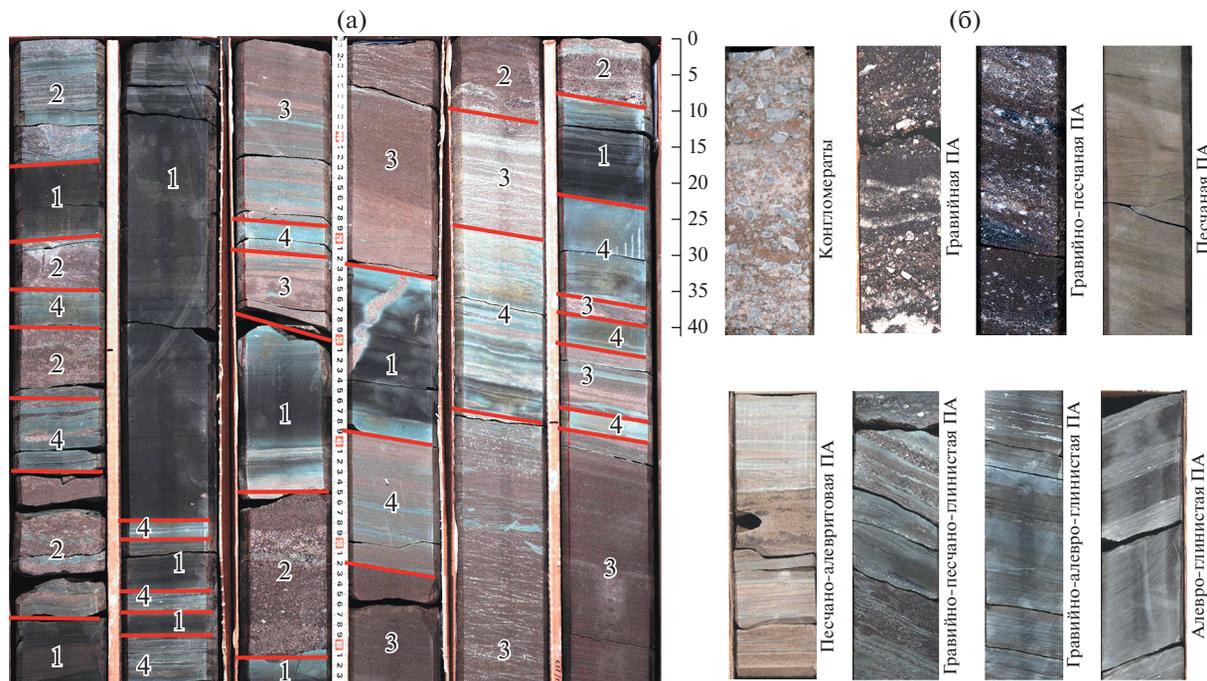


Рис. 2. Литологическая неоднородность разреза терригенных отложений венда юго-востока НБА, выраженная частым чередованием слоев различных типов пород с резкими контактами (а): 1 – аргиллиты, 2 – песчаники разномзернистые гравелитистые, с глинистыми прослойками, 3 – песчаники разномзернистые, с глинистыми прослойками, 4 – алевролиты глинистые, с тонкими песчаными прослойками. Объединение литологических типов в парагенетические ассоциации (б), слагающие интервалы разреза мощностью не менее 40 см (в пределах разрешающей способности методов ГИС).

род в ПА, минеральный состав, степень отсортированности и окатанности обломков, текстурные особенности. Эти характеристики ПА определяют степень их неоднородности, петрофизические и геофизические параметры.

Результаты U–Pb датирования детритовых цирконов из базальных отложений венда НБА

Изотопный возраст нижней границы венда за два минувших десятилетия оценивали в 650 ± 20 или $600 + 10$ млн лет на основании K–Ar и Rb–Sr датировок осадочных и единичных магматогенных геохронометров и/или на основании отдаленных корреляций лапландских тиллитов [Состояние ..., 2008; Соколов, 2011; Хоментовский, 2008]. Данный рубеж в большинстве публикаций и в ОСШ докембрия России сопоставляется с предварангерским, хотя строгих доказательств этому нет. В последние годы появились работы, посвященные датированию цирконов из вендских отложений юго-востока Сибирской платформы. Возраст толщ ледникового происхождения, изученных в Присянье и Патомском нагорье определяется в широком интервале 640–580 млн лет (глобальные гляциопериоды Гаскье либо Марино) [Чумаков, 2013]. Максимальный возраст ледниковых образований (диамиктиты и

перекрывающие их кэп-карбонаты), локально встречающихся во внутренних районах Сибирской платформы, по обломочным цирконам ограничен около 700 млн лет. По результатам U–Pb датирования цирконов (60 зерен) из диамиктитов ханнинской толщи Средне-Мархинской и Шейинской скважин, расположенных вблизи западного борта Вилуйской синеклизы, было выявлено, что их возраст составляет 740–690 млн лет, что ограничивает время образования вмещающих ледниковых отложений поздним неопротерозом [Кочнев и др., 2015].

Для определения возрастных границ формирования базальных отложений осадочного чехла юго-восточных районов НБА (Верхнечонское и Ярактинское месторождения), выполнено определение абсолютного возраста детритовых цирконов методом их U–Pb датирования (рис. 3). Из отложений основания непской свиты на Верхнечонском месторождении из 87 измеренных зерен 66 оказались с конкордантными значениями. Преобладающая группа цирконов (58 зерен) соответствует возрасту 1.8–2.1 млрд лет ($d = <5\%$). Наиболее древнее зерно имеет возраст 2722 ± 38 млн лет. В интервал 600–900 млн лет попадают 4 зерна. Минимальный возраст цирконов составляет 631 ± 14 млн лет. На Ярактинском месторождении исследовано 78 зерен, из которых 66

Таблица 1. Характеристика парагенетических ассоциаций вендских терригенных отложений НБА

Литологическая характеристика	Парагенетические ассоциации (ПА)							
	конгло- мератовая	гравийная	песчаная	гравийно- песчаная	гравийно- песчано- глинистая	песчано- алевро- глинистая	песчано- алевроитовая	алевро- глинистая
<i>Содержание различных типов пород в составе ПА (%)</i>								
Конгломераты	100							
Гравелиты		100			5–10			
Песчаники			100		10–20	25–40	55–57	0–3
Алевролиты						35–45	45–40	10–17
Артилиты					85–70	40–25	0–3	90–75
<i>Типичный минеральный состав обломков (%)</i>								
Кварц	70–75	70–75	50–80	55–60	50–80	60–80	75–80	75–85
ПШ	10–15	10–15	5–20	15–20	5–20	5–10	5–10	1–5
Монацит	1	1–5	1	1–10	1–10	1–10	1	
Циркон	1	1	1	1–10	1–10	1–10	1	
<i>Степень отсортированности обломков</i>								
Хорошая			✓				✓	✓
Средняя	✓		✓		✓	✓	✓	✓
Плохая		✓		✓				
<i>Степень окатанности обломков</i>								
Хорошая			✓				✓	✓
Средняя		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Плохая	✓							
<i>Основные типы слоистости</i>								
<i>Неслоистые (массивные)</i>	✓						✓	✓
<i>Неслоистые (намечается)</i>		✓					✓	✓
<i>Яснослоистые:</i>			✓					
Среднеслоистые (0,5–1,5 м)				✓				✓
Мелкослоистые (дм)					✓	✓		✓
Тонкослоистые (см)								✓
<i>Характер чередования слоев пород различного типа и соотношение мощностей</i>								
Равномернослоистый (1 : 1–1 : 2)						✓		✓
Неравномернослоистый (1 : 2–1 : 5)				✓	✓	✓		
<i>Характер границ слоев пород различного типа</i>								
Постепенные переходы в подошве и кровле слоев			✓				✓	✓
Следы размыва в подошве и постепенный переход в кровле слоев		✓		✓				
Следы размыва в подошве и в кровле слоев	✓				✓			
С четкими ограничениями в подошве и в кровле слоев, но без следов размыва					✓	✓		✓

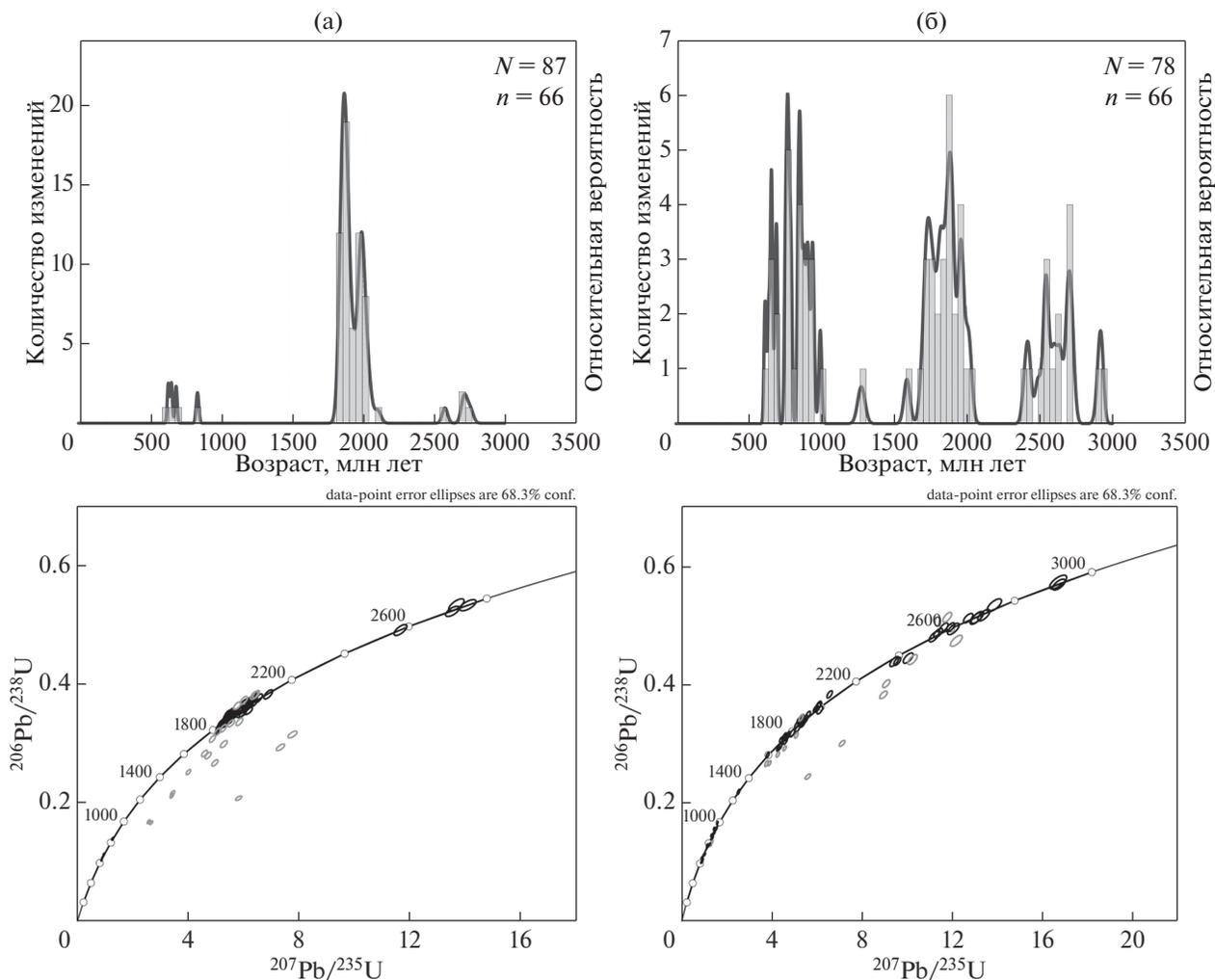


Рис. 3. Гистограммы U–Pb (<1 млрд лет) и Pb–Pb (>1 млрд лет) с кривыми относительной вероятности возрастов для детритовых цирконов, а также (внизу) диаграммы с конкордией для изотопных данных по цирконам из базальных отложений непской свиты Верхнечонского (а) и Ярактинского месторождений (б). Черные эллипсы – конкордантные значения $d < 5\%$, серые – дискордантные значения $d > 5\%$. N – общее число замеров, n – количество конкордантных замеров.

оказались с конкордантными значениями, при этом преобладают цирконы возрастной группы 2.4–2.9 млрд лет. Для одного из зерен получено значение возраста 2923 ± 34 млн лет. В возрастной интервал 1.7–2.0 млрд лет попадают 26 зерен цирконов. Наиболее молодая группа цирконов (22 зерна) соответствует 0.6–1 млрд лет. В этом возрастном диапазоне получено единичное определение возраста 613 ± 15 млн лет.

Наиболее молодое определение возраста детритовых цирконов из базальных отложений непской свиты составляет 631 ± 14 млн лет на Верхнечонском месторождении и 613 ± 15 млн лет на Ярактинском, что позволяет сделать вывод о возрасте вмещающих пород как не древнее, чем 617 и 598 млн лет соответственно. С учетом выявленного абсолютного возраста детритовых цирконов из

базальных вендских отложений Ярактинской и Верхнечонской площадей, можно предположить, что их формирование совпало с позднеледниковым и постледниковым гляциопериодом Гаскье (584–582 млн лет) [Чумаков, 2015].

Строение разреза терригенных отложений венда

Изученные отложения образуют иерархически соподчиненную седиментационную систему, состоящую из циклитов различного ранга, которые отличаются мощностью, выдержанностью в разрезе и характером строения [Гаршин, 2013]. Иерархия и тип цикличности определяют масштаб и направленность изменений условий осадконакопления. На контактах отдельных циклитов разного ранга часто отмечаются резкие границы и локальные размывы. В отложениях выде-

ляются двучленные циклиты трансгрессивной и регрессивной направленности (про- и рециклиты). Наиболее стратиграфически полные разрезы наблюдаются на восточном склоне НБА. В основании таких разрезов выделен высокорadioактивный базальный слой, спорадически встречающийся в пределах изучаемого региона. Породы в нем представлены пудинговыми конгломератами с плохо отсортированным и плохо окатанным грубым обломочным материалом. На базальных конгломератах, часто с резким контактом, залегает толща циклически построенных отложений венда.

В результате сопоставления литологических характеристик вендских отложений с данными ГИС, было выделено три ранга седиментационных циклитов двучленного строения. В качестве наиболее крупного подразделения (первый ранг) выделен трансгрессивный циклит, охватывающий интервал разреза от базальных грубозернистых отложений до подошвы регионально выдержанного карбонатного пласта преображенского горизонта (репер М2).

Циклиты второго ранга, входящие в состав циклита первого ранга, также имеют трансгрессивный характер и отражают закономерности строения непской и тирской свит. Внутри циклитов второго ранга выделяются 4 двучленных седиментационных циклита более низкого третьего ранга (рис. 4), которые имеют преимущественно трансгрессивное строение и прослеживаются по комплексу литолого-геофизических характеристик в пределах всей изученной территории.

Отложения нижних частей первого и второго циклитов третьего ранга представлены частым переслаиванием конгломератовых, гравийно-песчаных и алевро-глинистых ПА. Границы слоев четкие, часто со следами размывов. В нижних частях этих циклитов преобладают косослоистые, массивные и полого-волнистослоистые текстуры. В верхних частях циклитов третьего ранга преобладает алевроитово-глинистая ПА с ритмичными тонко-параллельнослоистыми и полого-волнистослоистыми текстурами, а также текстурами взмучивания и оползания слоев. В отдельных прослоях отмечаются проблематичные следы роющих организмов.

Строение вышележащих циклитов третьего ранга несколько иное. Нижняя часть в них становится относительно более мелкозернистой и однородной, с преобладанием неясно-волнистослоистых, косо-волнистослоистых, градиационных, линзовидно-слоистых, массивных и тонкогоризонтально-слоистых текстур. Встречаются песчаники с брекчиевидными текстурами, образованными за счет многочисленных включений крупных (5–15 см) вытянутых неокатанных обломков глинистых пород. В верхних частях этих

циклитов появляются седиментационные прослой и линзы сульфатно-карбонатных пород.

Присутствие разноранговых седиментационных циклитов в разрезе, приводящее к вертикальной литологической неоднородности отложений, было обусловлено частыми изменениями условий осадконакопления.

Типизация и корреляция разрезов

Для палеогеографических реконструкций территории непского и тирского бассейнов осадконакопления использовались седиментационные единицы, соответствующие циклитам третьего ранга. Мощности циклитов изменяются в пределах изученной территории крайне неравномерно. Наиболее резкие колебания мощностей характерны для нижних частей циклитов, представленных гравийно-песчаными и песчаными ПА. Отложения нижних двух циклитов повсеместно прослеживаются вдоль восточного склона НБА. Наиболее существенное увеличение мощностей этих циклитов наблюдается в зонах грабенных, осложняющих восточный склон НБА. Верхние два циклита заметно более выдержанные на исследованной площади. В целом вендские терригенные отложения резко выклиниваются по направлению к вершине Непского свода [Мельников, 1982] (рис. 5а).

По результатам седиментологических исследований и циклостратиграфического анализа, на исследуемой территории выявлено 7 типов строения разреза отложений венда, различающихся по стратиграфическому объему, общей мощности и литологической характеристике пород (см. рис. 5б). Наиболее полные разрезы по мощности и стратиграфическому объему развиты на востоке и юго-востоке территории. В разрезах представлены циклиты первого ранга трансгрессивной направленности. На юге исследуемой территории также развиты значительные по мощности разрезы, которые образованы трансгрессивными и регрессивными последовательностями циклитов низких рангов. Результаты циклостратиграфического анализа, а также литолого-геофизические данные положены в основу палеогеографических реконструкций для венда юго-восточного склона НБА.

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСТГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕНДА

В многочисленных работах разных лет, посвященных вендским отложениям НБА, генезис этих отложений рассматривался как аллювиальный, аллювиально-дельтовый и прибрежно-морской [Данилкин, 1980; Жарков, 1986; Железнова и др., 1986; Зверев и др., 2012; Колотовкина, 2018; Постникова, Тихомирова, 2008; Постникова

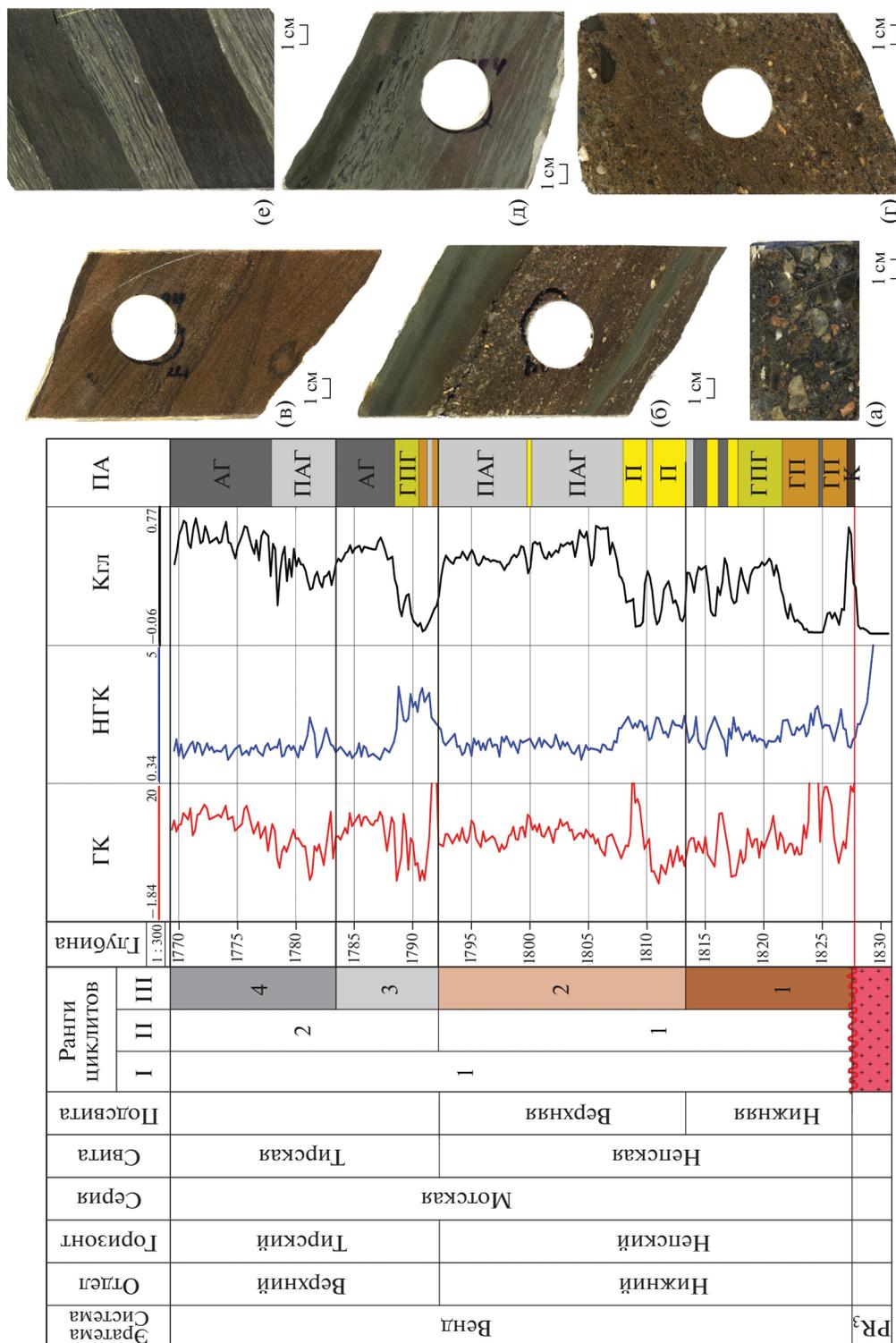


Рис. 4. Литологические и геофизические характеристики вендских терригенных отложений, слагающих разноранговые седиментационные циклиты на юго-востоке НБА. Аббревиатуры: ГК – гамма-каротаж, НГК – нейтронный гамма-каротаж, Кгл – синтетическая кривая глинистости, ПА – парагенетические ассоциации. Фотографии образцов различных породных ПА: а – пудинговых конгломератов (К); б – гравийно-песчано-глинистых пород (ГПП) с неясной, полого-волнистой и горизонтальной слоистостью; в – песчаных пород (П) с текстурами косой и косо-волнистой слоистости; г – гравийно-песчаных пород (ГП) с неясной косо-слоистой текстурой; д – песчано-алевритово-глинистых пород (ПАГ) с полого-волнистой слоистостью, интракласовой текстурой, с текстурами промоин, оползания и взмучивания; е – алевритово-глинистая (АГ) с тонкослоистой полого-волнистой текстурой.

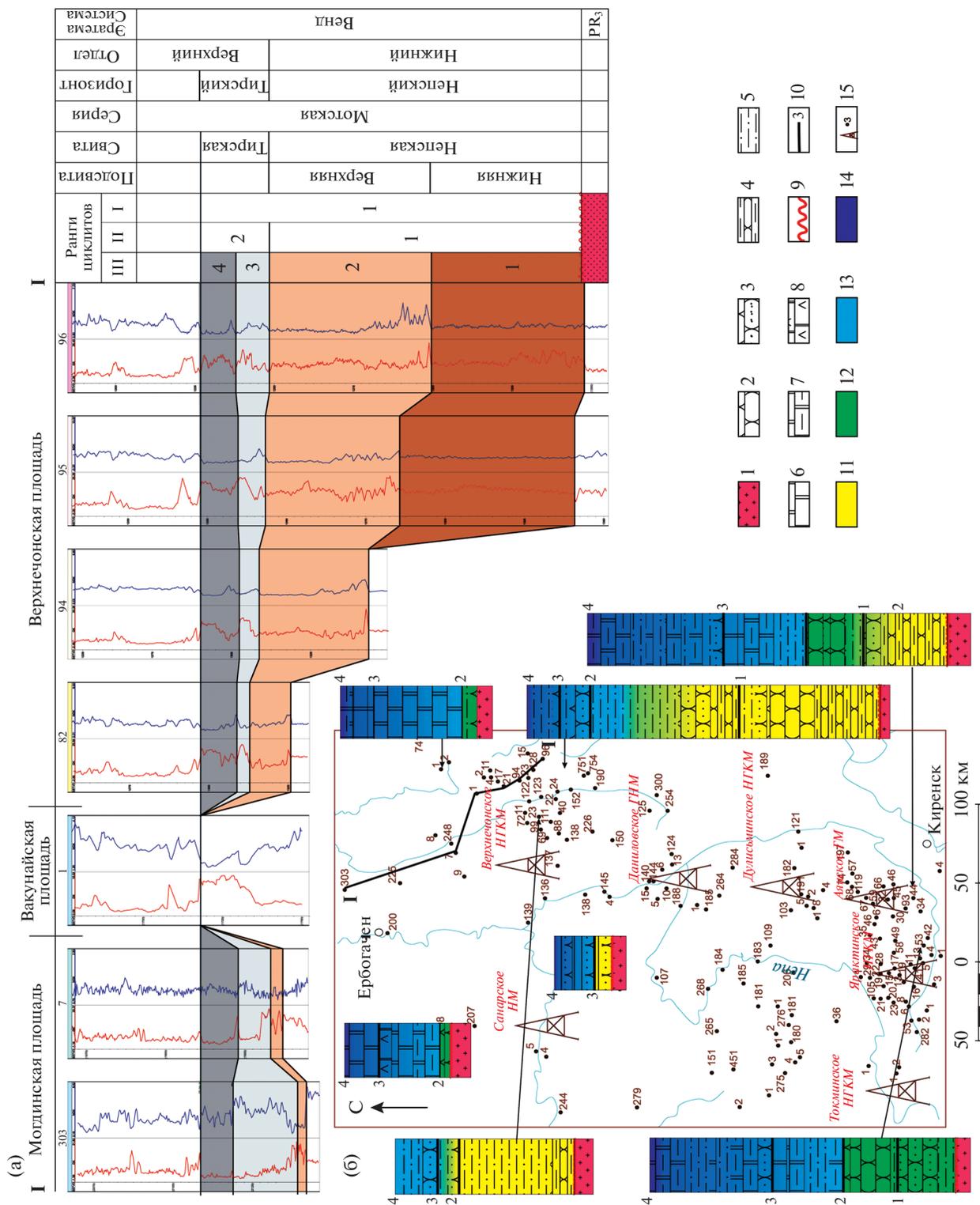


Рис. 5. Корреляция вендских отложений на профиле по линии I—I (а) и схема расположения основных типов разреза вендских отложений (б) на юго-востоке НФА.

1 – породы кристаллического фундамента; 2–5 – породы различных парагенетических ассоциаций (ПА): 2 – песчаной, 3 – песчано-алевро-глинистой, 4 – гравийно-песчано-глинистой, 5 – алевро-глинистой; 6 – доломиты; 7 – доломиты глинистые; 8 – доломиты сульфатизированные; 9 – эродированная поверхность пород фундамента; 10 – границы циклитов III ранга; 11–14 – преобладающий генетический тип отложений: 11 – континентальные (временных потоков, русел рек), 12 – морские сублиторальные (дистальных частей конусов выноса, дельтовой равнины), 13 – морские крайнего мелководья, 14 – мелководного шельфа; 15 – месторождения и скважины.

и др., 2008, 2010; Сирьк, Марков, 1990]. В последние годы появился значительный объем литологических данных, который потребовал переосмысления условий образования этих отложений с позиций современных палеоклиматических [Кочнев и др., 2018, 2019; Постникова и др., 2012; Hoffman et al., 1998] реконструкций гляциопериодов докембрийской истории развития Земли [Чумаков, 2001, 2010, 2011; Федонкин, 2000].

Для выявления литологических признаков ледниковых отложений проведен анализ текстурных особенностей вендских терригенных пород, и выполнена экзоскопия зерен кварца из базальной толщи основания непской свиты. Выявленные текстуры и морфологические особенности зерен кварца сопоставлены с аналогичными характеристиками ледниковых отложений олигоцен-залива Прюдз (Антарктида) [Strand et al., 2003; Mazumder et al., 2017]. В центральных районах Верхнечонской площади в основании вендского разреза выявлены пудинговые конгломераты (рис. 6а) мощностью до 2 м, а также гравийные и гравийно-песчаные ПА, слагающие пласты мощностью до 5 м, с косослоистыми и неясно-косослоистыми текстурами (см. рис. 6б). Помимо текстурных характеристик выявлены явные черты сходства морфологии зерен кварца из современных ледниковых отложений (включая флювиогляциальные) и базальной толщи венда. Общими для них являются: угловые кромки зерен, раковистые изломы, прямые и дугообразные ступеньки, высокий рельеф и конхоидальные переломы (см. рис. 6в–к) [Юдович, Кетрис, 2008]. Выявленные сходные черты современных ледниковых отложений Антарктиды и базальных отложений венда позволяют сделать вывод об их идентичной природе.

На одном из хорошо разбуренных участков юго-восточного склона НБА (Верхнечонское месторождение) проведен детальный петрографический анализ пород фундамента и выполнены реконструкции разломно-блоковой структуры (рис. 7а). Было выяснено, что распределение мощностей базальных ледниковых отложений венда (см. рис. 7б) в значительной мере контролируется рельефом фундамента, обусловленным разломно-блоковой структурой. По результатам петрографических исследований сопоставлена частота встречаемости тяжелых фракций (в частности монацита) в отложениях базальной толщи непской свиты и в породах фундамента, материнских для этой толщи. Анализ распределения монацита в породах фундамента и в базальных отложениях венда, а также сравнение величин радиоактивности пород в пределах исследованной площади, указывают на смещение максимумов естественной радиоактивности по отношению к породам фундамента, содержащим монацит (см. рис. 7в). Это явление, возможно, обусловлено эк-

зарационной деятельностью ледника, в результате которой происходило переотложение обломочного материала, мобилизованного из пород фундамента.

На основании выявленных признаков ледникового генезиса базальных отложений венда, с определенной долей условности, можно предположить, что в пределах Верхнечонской площади сводовой части НБА сохранились фрагменты моренных, флювиогляциальных и локальных форм постледникового рельефа (см. рис. 7г). Основная часть моренных отложений, по-видимому, была уничтожена в результате размыва, следы которого наблюдаются в кровле базального пласта практически во всех скважинах, охарактеризованных ядерным материалом.

Явные признаки ледниковых отложений, возможно, более ранних эпох были выявлены в пределах талахского горизонта и подстилающих его отложений на Чаяндинской площади. Несколькими скважинами в южной части месторождения вскрыта пачка красноцветных диамиктитов (рис. 8а) мощностью до 19 м. В неслоистом матриксе диамиктитов хаотично распределены обломки (до 12–15 см) гранитоидов, кварца и глинистых пород разной степени окатанности. Эти отложения перекрываются пудинговыми конгломератами (см. рис. 8б), литологические характеристики которых очень схожи с пудинговыми конгломератами Верхнечонской площади. Стоит также отметить, что в пределах Чаяндинского месторождения размеры обломков в конгломератах могут достигать 10–12 см, а в пределах Верхнечонского – 5–6 см. О контрастности постледникового рельефа свидетельствует значительная мощность (до 5–10 м) чаяндинских конгломератов.

Основными факторами, определявшими структурно-текстурные особенности пород позднеледниковой эпохи, являлись гидродинамические характеристики флювиогляциальных потоков, особенности позднеледникового рельефа, а также удаленность и минералогические характеристики источников сноса. При постепенном опускании территории происходило заполнение отрицательных форм рельефа, что приводило к последовательному расширению площади осадконакопления. Наиболее мощные осадки формировались в зонах грабенов, осложняющих восточный склон НБА. Контрастность рельефа обусловила высокую гидродинамическую активность потоков и, как следствие, достаточно грубообломочный состав осадков, что выразилось в формировании гравийной и песчаной ПА. Отдельные прослои алевритово-глинистых ПА формировались в условиях относительно более низкой гидродинамической активности, которая была обусловлена сезонностью климата и наличием относительно пологих отрицательных элементов рельефа. Лате-

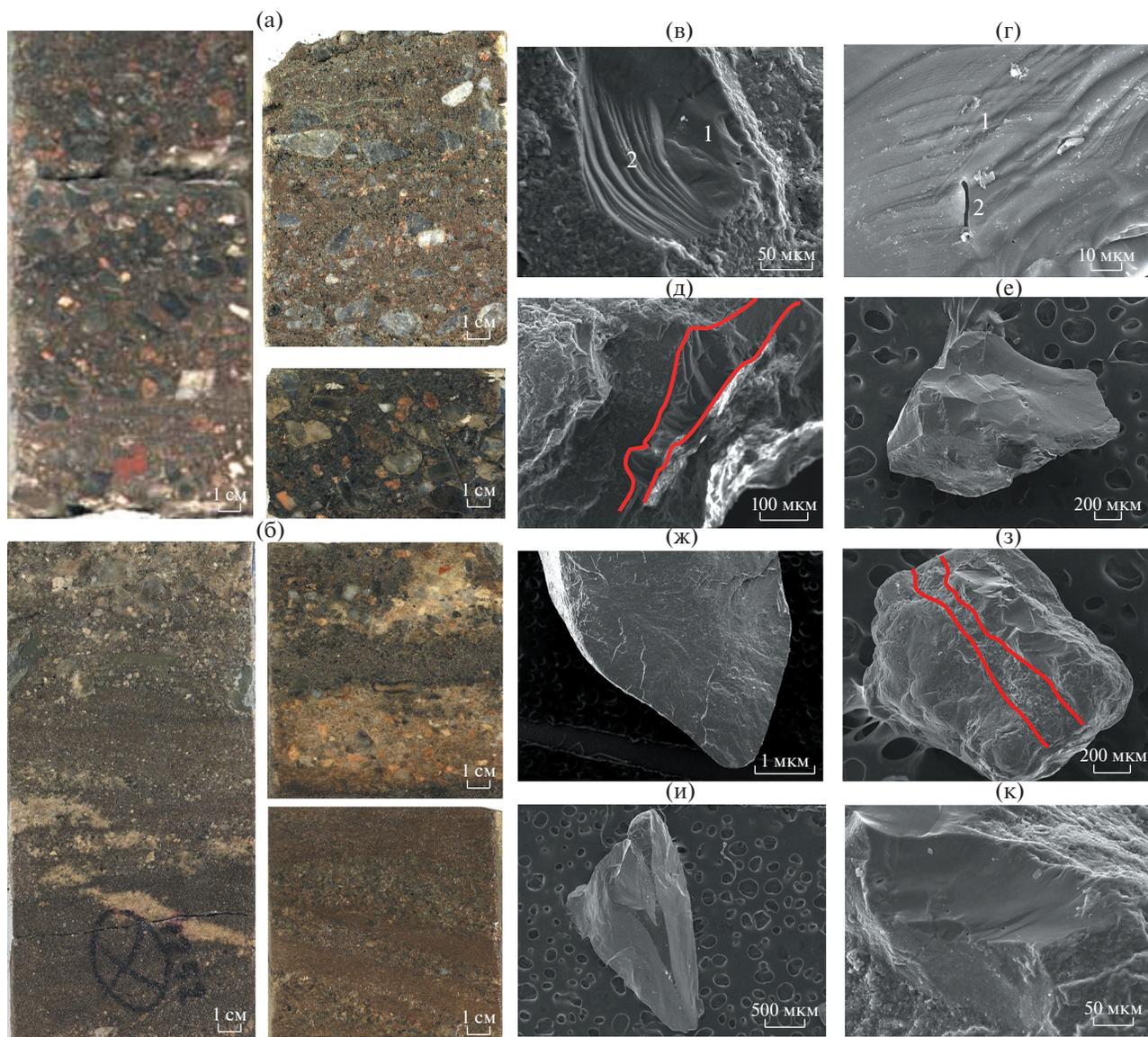


Рис. 6. Фотографии образцов базальных пудинговых конгломератов (а), гравийных и гравийно-песчаных пород неясно-косослоистых до отчетливо косослоистых (б) непесчаной свиты, а также микротекстуры на поверхности зерен кварца из этих пород (фото выполнены на РЭМ в режиме вторичной электронной эмиссии); в – раковистые изломы (1) и дугообразные ступени (2); г – линейные изломы, соединяющиеся под углом (1) и деформированные газовой-жидкостные включения (2); д – борозда с раковистыми изломами вдоль зерна; е – угловые кромки, пластичный излом с прямыми ступенями и краевыми истираниями; ж – угловые кромки у зерна с деформированными сколами; з – высокий рельеф и борозда вдоль зерна; и – остроугольные угловые кромки зерна; к – краевые истирания и конхоидальные переломы.

ральная изменчивость условий осадконакопления в течение времени формирования одного и того же седиментационного циклита ярко отражена в изменении по площади набора ПА, слагающих этот циклит, при сохранении проградационного характера его строения.

В пределах хорошо разбуренной территории юго-востока НБА (Верхнеконская площадь) для постгляциальных отложений нижней части первого седиментационного циклита третьего ранга, построены схемы распределения содержания гра-

вийной (рис. 9а), песчаной (см. рис. 9б) и алевритово-глинистой ПА (см. рис. 9в). Зона распространения грубообломочной гравийной ПА ориентирована с северо-востока на юго-запад, и обрамляет область отсутствия отложений. Литологические особенности гравийной ПА и закономерности распределения мощностей позволили отнести эти отложения к делювиально-пролювиальному комплексу (см. рис. 9г). Зона с высоким содержанием преимущественно песчаных ПА протягивается в субмеридиональном направле-

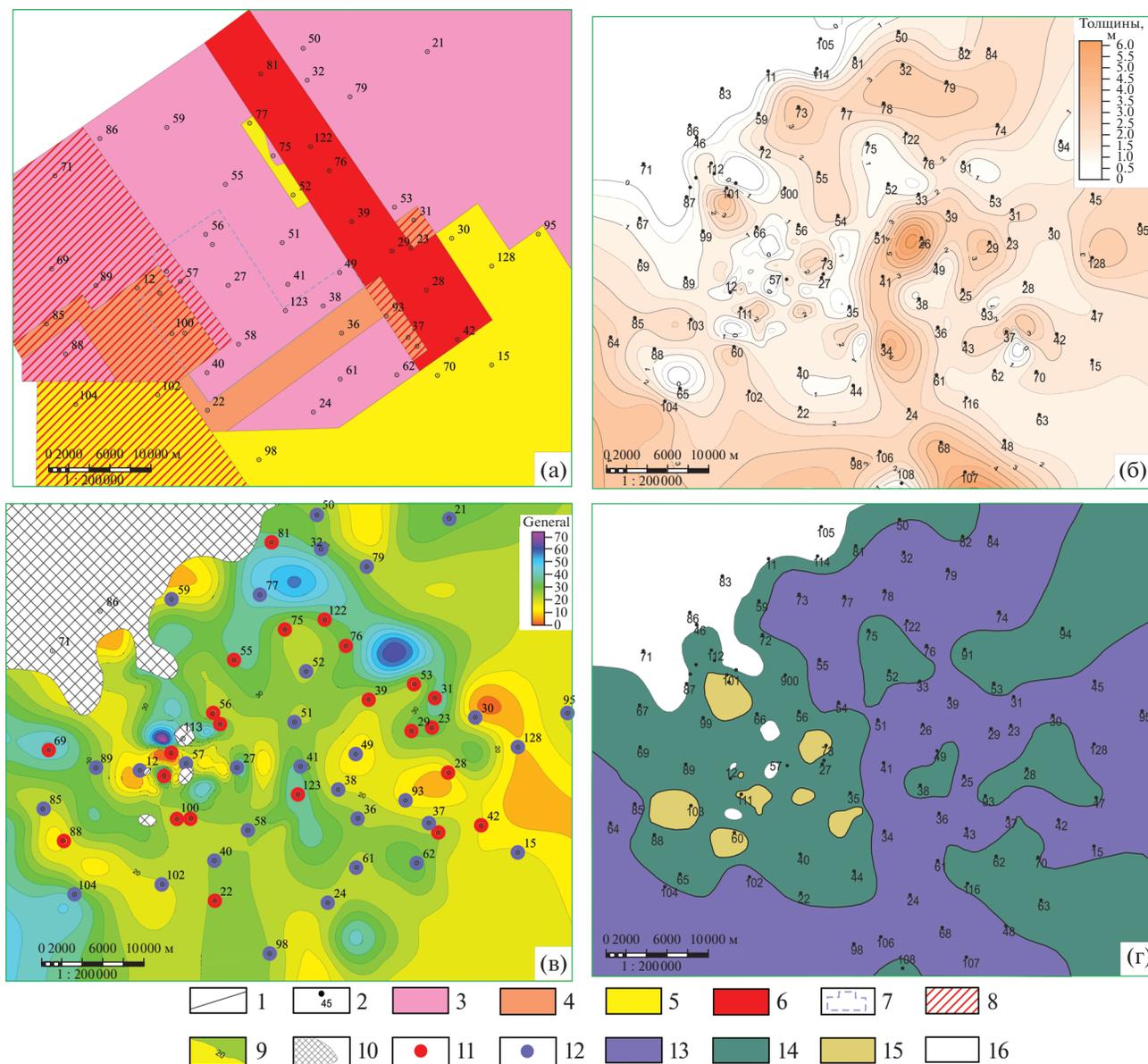


Рис. 7. Схемы юго-восточного склона НБА (Верхнечонская площадь): а – блоковое строение фундамента, б – распределение мощностей базальных отложений непсковской свиты, в – сопоставление величин естественной радиоактивности базальных отложений непсковской свиты с присутствием монацита в подстилающих породах фундамента, г – схема распределения литофаций для базальных отложений непсковской свиты.

1 – изолинии; 2 – скважины; 3–6 – структурно-вещественные комплексы: 3 – мигматитов амфиболитовых гнейсов, амфиболитов и плагио-микроклиновых гранитов, 4 – мигматитов глиноземистых кристаллосланцев, гнейсов и плагио-микроклиновых гранитов, 5 – слюдяных и амфиболовых сланцев, 6 – микроклиновых и микропертитовых гранитов; 7 – зона развития реликтовых образований гранулитовой фации; 8 – зона развития жильных фаз микроклиновых и микропертитовых гранитов; 9 – изолинии величин естественной радиоактивности в базальных отложениях непсковской свиты; 10 – зона отсутствия базальных отложений непсковской свиты; 11 – скважины, вскрывшие породы фундамента с монацитом; 12 – скважины, в которых породы фундамента не содержат монацит; 13 – литофация конечной морены; 14 – литофация донной морены; 15 – локальные формы последникового рельефа (озы, камы, друмлины); 16 – зоны отсутствия отложений.

нии. По-видимому, это направление соответствует распространению аллювиальных фаций речного потока, огибавшего пролювиально-лимническую равнину, отложения которой представлены преимущественно алевритово-глинистыми ПА.

Методика литолого-фациальных и палеогеографических реконструкций с использованием закономерностей распределения ПА в объеме седиментационных циклитов была использована и для региональных построений. Во время накоп-



Рис. 8. Пудинговые конгломераты (а) талахского горизонта и диамиктиты (б) подстилающих отложений венда. Фотографии керна.

ления отложений непской части разреза, источник сноса обломочного материала с тающим ледником фиксируется в центральной части НБА, откуда в юго-восточном направлении происходила активная разгрузка терригенного материала, о чем свидетельствует увеличение мощностей в этом направлении (до 123 м). Незначительные мощности (в среднем около 5 м) фиксируются на севере региона (рис. 10а). Центральная часть региона представляла собой источник сноса, сложенный преимущественно гранитоидами, перекрытыми ледником, из-под которого вытекали флювиогляциальные потоки, несущие обломочный материал. Источник сноса обрамляла зона делювиально-пролювиальных фаций, которая расширялась в западном и северо-восточном направлениях. Обломочный материал, переноси-

мый потоками, формировал зоны развития перигляциального аллювия, которые чередовались с лимногляциальными областями с низкой или застойной гидродинамикой. Множество потоков с ледниковым питанием, соединяясь в единые каналы, формировали конуса выноса (гиперпикнальные потоки), которые распространялись в зону крайнего мелководья. На юге территории приливно-отливные и аллювиально-дельтовые отложения постепенно переходили в мелководно-морские [Коновальцева, 2011; Мельников, Килина, 1981]. В тирское время вендская трансгрессия продолжала усиливаться. Акватория морского бассейна расширялась, и область источника сноса резко сокращалась по площади (см. рис. 10б). Значительная экзарационная деятельность ледника привела к образованию берега шхерного ти-

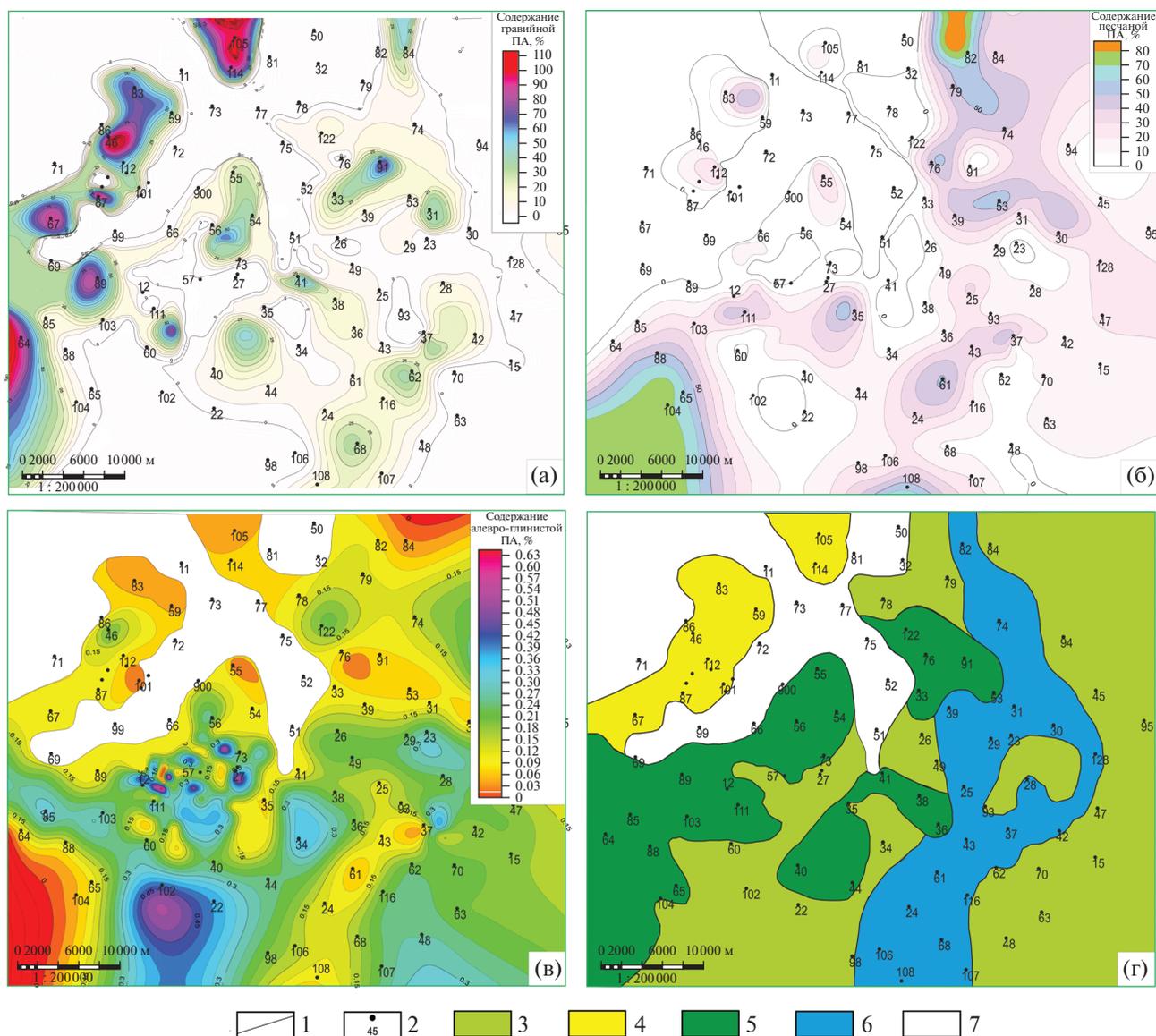


Рис. 9. Схемы распространения породных парагенетических ассоциаций (ПА) и распределения фациальных зон накопления отложений нижней части первого седиментационного цикла третьего ранга на юго-восточном склоне НБА (Верхнечонская площадь): а – распределение гравийной ПА (доля в %), б – распределение песчаной ПА (доля в %), в – распределение алевро-глинистой ПА (доля в %), г – схема распределения литофаций перигляциальных обстановок. 1 – изолинии; 2 – скважины; 3–6 – литофации: 3 – лимнические, 4 – делювиальные, 5 – пролювиальные, 6 – аллювиальные; 7 – зона отсутствия отложений.

па и возникновению локальных источников сноса. Во время формирования отложений тирской свиты произошло значительное преобразование ландшафта исследуемой территории. Делювиально-пролювиальная равнина, развитая вокруг сократившейся области источника сноса, расширилась в южном направлении сводовой части НБА. Распространение аллювиальных фаций и фаций конусов выноса имеет унаследованный характер. Так же, как и в непское время, потоки были ориентированы в южном и восточном направлениях.

На севере исследуемой территории НБА сформировалась зона морского бассейна с карбонатной и сульфатно-карбонатной седиментацией, что, по-видимому, было обусловлено незначительным привнесом терригенного материала в эту часть шельфа. Возможно, это было связано с тем, что потоки, несущие обломочный материал с вершины Непского палеосвода, были ориентированы на юг и юго-восток. На северном пологом склоне Непского палеосвода в условиях аридизации климата сформировался карбонатный бассейн.

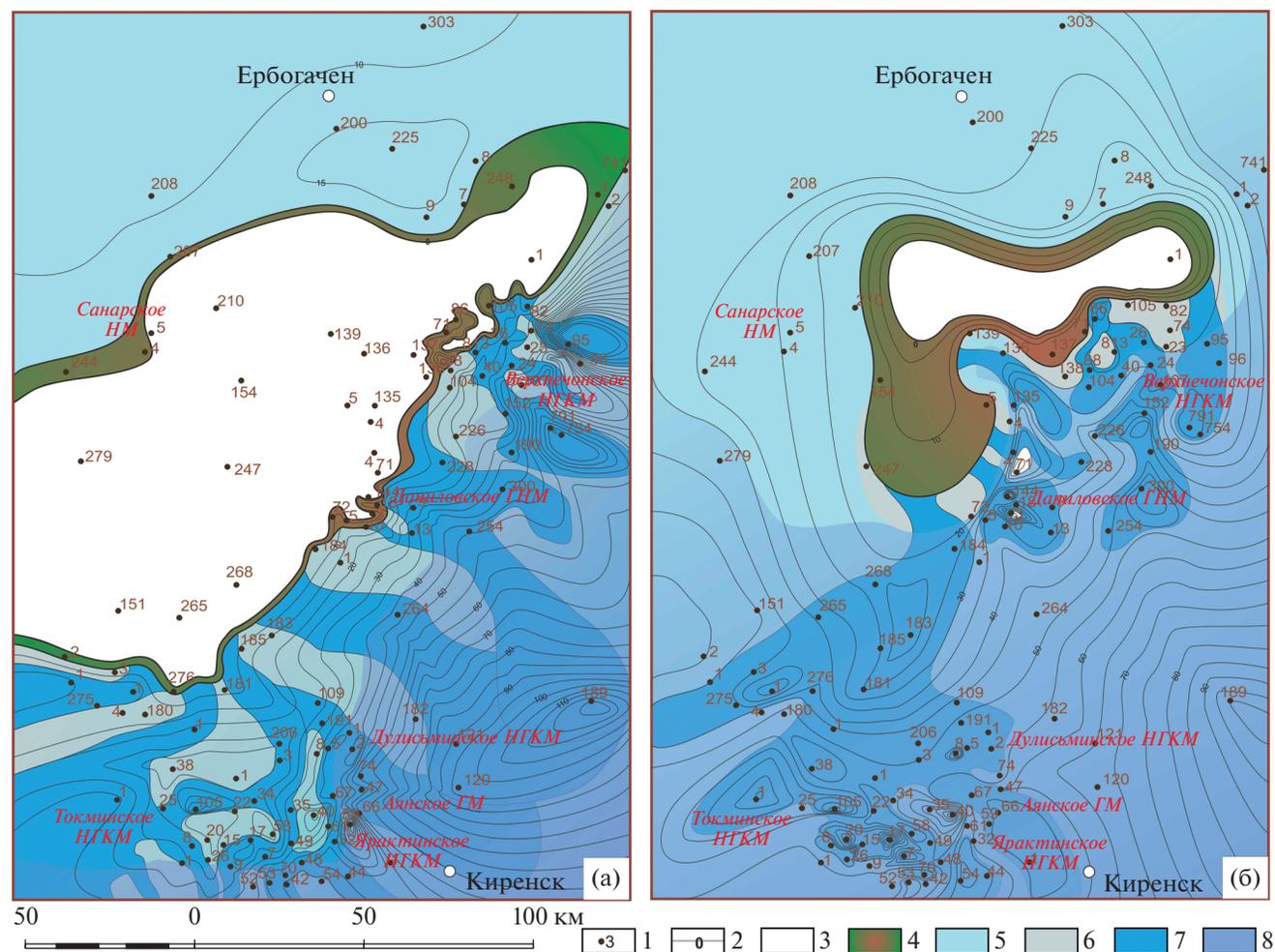


Рис. 10. Палеогеография юго-востока НБА в конце непского (а) и тирского (б) времени.

1 – скважины; 2 – изопахиты; 3 – зона отсутствия отложений; 4 – зона распространения делювиально-пролювиальных литофаций; 5 – зона распространения литофаций крайнего мелководья; 6 – лимническая зона с низкой или застойной гидродинамикой среды осадконакопления; 7 – зона распространения потоковых фаций (аллювия и конусов выноса); 8 – морская сублиторальная зона и область мелководного шельфа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постгляциальные отложения венда юго-востока НБА представлены гравийно-песчано-глинистой толщей, которая характеризуется вертикальной литологической неоднородностью и присутствием прослоев радиоактивных грубозернистых монацитсодержащих пород. Изученные отложения образуют иерархически соподчиненную седиментационную систему, состоящую из циклитов различного ранга, которые различаются по мощности, выдержанности в разрезе и характеру строения. По результатам циклостратиграфического анализа выделены 3 ранга седиментационных циклитов двучленного строения, а также базальная ациклическая пачка пудинговых конгломератов. В связи с присутствием в изученных разрезах anomalно радиоактивных грубозернистых монацитсодержащих пород, цикло-

стратиграфический анализ разрезов по данным ГИС необходимо проводить с помощью построения синтетической кривой глинистости, что позволяет отличить интервалы с повышенным содержанием алевро-глинистых фракций от прослоев гравийно-песчаных пород с высоким содержанием монацита. В связи с высокой литологической неоднородностью терригенных постгляциальных отложений венда юго-востока НБА, литологическая интерпретация данных ГИС должна быть основана на выделении ПА, слагающих интервалы разреза мощностью не менее 40 см, что соответствует разрешающей способности методов ГИС.

По данным U–Pb датирования детритовых цирконов, наиболее молодое определение возраста составляет 631 ± 14 млн лет на Верхнечонском месторождении и 613 ± 15 млн лет на Ярактинском, что позволяет сделать вывод о возрасте

вмещающих отложений как не древнее, чем 617 и 598 млн лет соответственно. Результаты экзоскопии зерен кварца и изучения тяжелой фракции пород основания осадочного чехла и фундамента, а также присутствие диамиктитов и толщ пудинговых когломератов в базальных отложениях венда, позволили предположить, что их формирование происходило в позднеледниковый и постледниковый этапы гляциопериода Гаскье (584–582 млн лет). Ранее во внутренних районах Сибирской платформы были выявлены еще более древние ледниковые отложения гляциопериода Марино. Таким образом, можно считать доказанным присутствием двух докембрийских гляциогоризонтов в Центральной Сибири.

Основными факторами, определявшими структурно-текстурные особенности пород позднеледниковой эпохи, являлись гидродинамические характеристики флювиогляциальных потоков, особенности постледникового рельефа, а также удаленность и минералогические характеристики источников сноса. Таким образом, формирование циклически построенных отложений непской и тирской свит венда происходило в период резких изменений климатических условий от гляциальных к аридным, на фоне смены континентальных обстановок прибрежно-морскими. Латеральное распределение фациальных зон контролировалось палеогеоморфологическими, палеогеографическими и палеоклиматическими факторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гаршин И.К.* О галактических циклах в истории Земли // Эволюция. М.: ИИЕТ РАН, 2013. № 1(15). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ihst.ru/journals/evolution/nomera/number15.pdf>
- Геологический словарь: в двух томах / Под ред. К.Н. Паффенгольц, Л.И. Боровиков, А.И. Жамойда и др. М.: Недра, 1978. Т. I. 486 с.
- Городнов А.В., Постникова О.В., Изъюрова Е.С. и др.* Разномасштабные литолого-геофизические исследования нижневендских терригенных отложений Непско-Ботуобинской антеклизы // НТВ “Каротажник”. 2017. № 278. С. 92–101.
- Данилкин С.М.* О баровом типе Марковской и Ярактинской зон нефтегазонакопления // Геология нефти и газа. 1980. № 6. С. 14–20.
- Дмитриевский А.Н.* Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 230 с.
- Жарков М.А.* Условия накопления песчаных отложений непской свиты в зависимости от строения фундамента // Геология коллекторов нефти и газа венда–нижнего палеозоя Сибирской платформы. Л.: ВНИГРИ, 1986. С. 38–43.
- Железнова А.П., Кулькова А.А., Царев А.В.* Условия седиментации песчаных тел и характер развития пород-коллекторов на примере Ярактинско-Аянской и Дулисьминско-Аянской зон Непско-Ботуобинской антеклизы // Нефтегазоносность юга Сибирской платформы / Под ред. П.М. Хренова и др. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1986. С. 48–56.
- Жуковская Е.А.* Опыт изучения засоления терригенных коллекторов Восточной Сибири // Современные вызовы при разработке и обустройстве месторождений нефти и газа Сибири // Тезисы докладов научно-практической конференции, Томск, 18–19 апреля 2011 г. (ОАО “Томский научно-исслед. и проектный институт нефти и газа” (ТомскНИПИнефть). Томск: СТТ, 2011. С. 124–125.
- Зверев К.В., Лебедев М.В., Хохлов Г.А.* Принципиальная фациально-стратиграфическая модель терригенных отложений венда Верхнечонского месторождения (Сибирская платформа) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2012. № 9. С. 31–42.
- Золова Г.М., Постникова О.В., Изъюрова Е.С. и др.* Прогноз зон засоления нижневендских терригенных пород-коллекторов Непско-Ботуобинской антеклизы // Геофизика. 2019. № 2. С. 8–15.
- Карогодин Ю.Н., Изарова Л.П., Ардашев Л.А. и др.* Литмическое строение венд-кембрийских продуктивных отложений Верхнечонского месторождения // Тр. Института геологии и геофизики СО АН СССР. 1990. № 743. С. 201–211.
- Колотовкина М.Ю.* Фациальное районирование продуктивных отложений венда Ярактинского нефтегазоконденсатного месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 3. С. 14–25.
- Коновальцева Е.С.* Литологические особенности и условия осадконакопления базальных отложений венда склонов Непско-Ботуобинской и Байкитской антеклиз // Концептуальные проблемы литологических исследований в России // Концептуальные проблемы литологических исследований в России // Материалы 6-го Всероссийского литологического совещания (Казань, 26–30 сентября 2011 г.). Казань: Казанский университет, 2011. Т. I. С. 388–391.
- Коновальцева Е.С.* Особенности строения разреза ярактинского горизонта в связи с развитием катагенетических преобразований пород // Электронный сборник тезисов Пятой Сибирской конференции молодых ученых по наукам о Земле. Новосибирск. 2010. [Электронный ресурс] – <http://sibconf.igm.nsc.ru>. Access: 21.02.2019.
- Костицын Ю.А., Аносова М.О.* U–Pb возраст экзотических пород кальдеры Уксичан в Среднем хребте Камчатки – применение лазерной абляции к датированию молодых цирконов // Геохимия. 2013. Т. 51. № 2. С. 171–179.
- Кочнев Б.Б., Покровский Б.Г., Кузнецов А.Б. и др.* C- и SR-изотопная хемостратиграфия карбонатных отложений венда – нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 6. С. 731–755.
- Кочнев Б.Б., Марусин В.В., Семенова Д.В.* Неопротерозойские тиллиты и “тиллиты” на юге Сибирской платформы: генезис, распространение и возраст // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту) //

- Материалы научного совещания. Вып. 17. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2019. С. 131–133.
- Кочнев Б.Б., Покровский Б.Г., Прошенкин А.И.* Верхнепротерозойский гляциокомплекс центральных областей Сибирской платформы // ДАН. 2015. Т. 464. № 4. С. 448–451.
- Лебедев М.В., Моисеев С.А., Топешко В.А. и др.* Стратиграфическая схема терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 5–6. С. 874–890.
- Мельников Н.В.* Корреляция подсолевых нефтегазоносных отложений юга Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1982. № 3. С. 29–41.
- Мельников Н.В., Килина Л.И.* Литология и условия формирования вендских и кембрийских отложений в южной половине Ленно-Тунгусской нефтегазоносной провинции // Литология и геохимия нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. М.: Наука, 1981. С. 51–56.
- Непско-Ботуобинская антеклиза — новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. Новосибирск: Наука, 1986. 245 с.
- Постников А.В., Постникова О.В., Изъюрова Е.С. и др.* Эволюция процессов минералообразования в терригенных породах раннего венда Непско-Ботуобинской антеклизы // Литология и полез. ископаемые. 2019. № 1. С. 31–43.
- Постникова О.В., Постников А.В., Антипова О.А. и др.* Обоснование абсолютного возраста нефтегазоносных терригенных отложений юга Сибирской платформы по данным U—Pb датирования детритовых цирконов // Новые идеи в геологии нефти и газа 2019: сборник научных трудов (по материалам Международной научно-практической конференции) / Отв. ред. А.В. Ступакова. М.: Издательство “Перо”, 2019. С. 403–406.
- Постникова О.В., Постников А.В., Коновальцева Е.С. и др.* Вторичные процессы в породах-коллекторах ярактинского горизонта юго-восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы // Литология и полез. ископаемые. 2011. № 5. С. 447–456.
- Постникова О.В., Постников А.В., Коновальцева Е.С. и др.* К вопросу о ледниковом генезисе базальных пластов венда Сибирской платформы // Ленинградская школа литологии // Материалы Всероссийского литологического совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Л.Б. Рухина / Под ред. Т.А. Ситникова и др. СПб.: СПбГУ, 2012. Т. II. С. 175–177.
- Постникова О.В., Соловьева Л.В., Фомичева Л.Н. и др.* Природные резервуары рифей-венд-кембрийского осадочного бассейна юга Сибирской платформы. Особенности строения и закономерности размещения // Геология нефти и газа. 2010. № 6. С. 52–62.
- Постникова О.В., Тихомирова Г.И.* Условия формирования ярактинского природного резервуара юго-восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы // Газовая промышленность. 2008. № 3(615). С. 50–53.
- Постникова О.В., Фомичева Л.Н., Соловьева Л.В.* Палеогеографические и палеогеодинамические условия формирования рифей-вендского осадочного бассейна юга Сибирской платформы в связи с его нефтегазоносностью // Геология нефти и газа. 2008. № 1. С. 8–15.
- Решения 4-го межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы / Ред. Н.В. Мельников, В.В. Хоментовский, Л.Н. Репина и др. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. 64 с.
- Рыжов А.Е., Крикунов А.И., Рыжова Л.А. и др.* Уточнение геологической модели Чайядинского нефтегазоконденсатного месторождения // Научно-технический сборник “Вести газовой науки”. 2011. № 1(6). С. 132–145.
- Рыжов А.Е., Крикунов А.И., Филиппова Л.А. и др.* Уточнение местоположения ряда стратиграфических границ на Чайядинском, Среднеботуобинском и Тас-Юряхском нефтегазоконденсатных месторождениях // Научно-технический сборник “Вести газовой науки”. 2017. № 2(30). С. 162–174.
- Сирьк С.И., Марков С.Г.* Условия образования рифейско-вендских нефтегазоносных отложений юга Сибирской платформы // Верхнедокембрийские отложения Сибирской платформы и их нефтегазоносность / Отв. ред. И.Е. Постникова. М.: ИГиРГИ, 1990. С. 117–128.
- Соколов Б.С.* Хроностратиграфическое пространство литосферы и венд как геоисторическое подразделение неопротерозоя // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 10. С. 1334–1348.
- Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. Вып. 38. 129 с.
- Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Под ред. Н.В. Мельникова. Новосибирск: Академ. изд-во “Гео”, 2005, 428 с.
- Стратиграфический кодекс России / Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.
- Федонкин М.А.* Холодная заря животной жизни // Природа. 2000. № 9. С. 3–11.
- Хоментовский В.В.* Юдомий Сибири, венд и эдиакарская система Международной стратиграфической шкалы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16. № 6. С. 3–21.
- Чумаков Н.М.* Проблема тотальных оледенений Земли в позднем докембрии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16. № 2. С. 3–15.
- Чумаков Н.М.* Африканская ледникова эра позднего протерозоя // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011. Т. 19. № 1. С. 3–23.
- Чумаков Н.М.* Докембрийские оледенения и сопутствующие им биосферные события // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2010. Т. 18. № 5. С. 3–15.
- Чумаков Н.М.* Обоснование опорного разреза венда Средней Сибири — пример усвоения региональных стратиграфических схем неопротерозоя и их привязки к национальной и международной стратиграфическим шкалам // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и проблемы обустройства / Отв. ред. М.А. Федонкин. М.: Геологический институт РАН, 2013. С. 73–75.

Чумаков Н.М. Оледенения Земли: История, стратиграфическое значение и роль в биосфере / Отв. ред. М.А. Семихатов. М.: ГЕОС, 2015. 160 с.

Чумаков Н.М. Периодичность главных ледниковых событий и их корреляция с эндогенной активностью Земли // ДАН. 2001. Т. 378. № 5. С. 656–659.

Чумаков Н.М., Линнеманн У., Хофманн М. и др. Неопротерозойские ледниковые покровы Сибирской платформы: U-Pb-LA-ICP-MS датировка обломочных цирконов большеплатомской свиты и геотектонического положения источников сноса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011. Т. 19. № 6. С. 679–686.

Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботубинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 467 с.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 564 с.

International Chronostratigraphic Chart. 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale> Access: 21.02.2019

Hoffman P.F., Kaufman A.J., Halverson G.P. et al. A Neoproterozoic snowball Earth // Science. 1998. V. 281. P. 1342–1346.

Mazumder A., Govil P., Kar R. et al. Paleoenvironments of a proglacial lake in Schirmacher Oasis, East Antarctica: Insights from quartz grain microtextures // Polish Polar Research. 2017. V. 38(1). P. 1–19.

Strand K., Passchier S., Nasi J. Implications of quartz grain microtextures for onset Eocene/Oligocene glaciation in Prydz Bay, ODP Site 1166, Antarctica // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2003. V. 196(1–2). P. 101–111.

Facies and Paleogeographic Reconstructions of Postglacial Vendian Deposits of the South-East Nepa-Botuoba Anteclise

E. S. Izyurova^{1, *}, O. V. Postnikova¹, A. V. Postnikov¹, O. A. Zueva¹

¹National University of Oil and Gas “Gubkin University”, Leninsky prospekt, 65, Moscow, 119991 Russia

*e-mail: ekonovaleva@yandex.ru

The work is based on extensive factual material, including a core collection and GIS data of 84 deep drilling wells in the South-East of the Nepa-Botuoba anteclise (Siberian platform). Lithological studies of basal Vendian deposits formed in the postglacial epoch have been carried out. These deposits are characterized by significant vertical lithological heterogeneity and include layers of highly radioactive coarse-grained monazite-containing rocks. This determined the need to control the clay content and required the association of selected lithological types in paragenetic associations of rocks that compose relatively powerful intervals of the section and can be recognized using geophysical methods of well research. 3 ranks of sedimentary cycloclites of a binomial structure, as well as a basal acyclic pack of pudding conglomerates were identified according to the results of cyclostratigraphic analysis. The population of detritus zircons from pudding conglomerates (66 grains) contains the youngest grains with an age of 600–900 million years. The minimum age of zircons is 631 ± 14 million years. The results of studying the surface of quartz grains and the mineral composition of the heavy fraction from the base rocks of the sedimentary cover and foundation rocks, taking into account the presence of diamictites and pudding conglomerates in the basal deposits of the Vendian, suggested that their formation coincided with the late glacial and postglacial stages of the Gaskier glacioperiod (584–582 million years). Structural and textural features of postglacial rocks were determined by hydrodynamic parameters of fluvial flows, features of postglacial relief, as well as the distance to the sources of demolition and the mineral composition of eroded rocks. The formation of cyclically constructed deposits of the Vendian Nepa and Tira formations occurred during a period of climate change from glacial to arid, against the background of the change of continental conditions to coastal-marine ones.

Keywords: Siberian platform, Nepa-Botuoba anteclise, Vend, age of clastic zircons, postglacial deposits, facies and paleogeographic settings.