

УДК 550.93.552

## СЕДИМЕНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: ВЫДАЮЩИЙСЯ ВКЛАД ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА КЛАСТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В ОБРАЗОВАНИЕ ОСАДОЧНЫХ СИСТЕМ

© 2018 г. Ю. К. Советов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики, СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Коптюга, 3,  
e-mail: SovetovYK@ipgg.sbras.ru,

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1

Поступила в редакцию 30.01.2017 г.; принята к печати 20.08.2017 г.

Исследование сфокусировано на седиментологии и стратиграфии огромного вендинского (эдиакаранского) осадочного бассейна на юго-западе Сибирского кратона для освещения происхождения его главных и детальных подразделений. Осадки коррелируются вдоль края кратона и в его внутреннюю область с использованием стратиграфических секвенций, включающих гляциальные и постгляциальные отложения. Особенное значение для корреляции имеют кластические комплексы венда чапской, тасеевской, оселковой и байкальской серий, сложенные аллювиальными отложениями. Детально проанализированы строение аллювиальной айсинской свиты оселковой серии венда Приаянья и ее корреляция с верхними подразделениями чапской, тасеевской и байкальской серий юго-западной периферии Сибирской платформы и подразделениями чехла внутренних ее районов. Детальное описание айсинской свиты сделано на базе единой классификации лиофаций и алгоритмов их последовательностей. Выделены два подкомплекса венда (эдиакарана) – нижний континентально-морской и верхний континентальный. Континентально-морской подкомплекс в краевых погруженных зонах Сибирской платформы формировался преимущественно на шельфе окраинных морей, а также на постгляциальных зандрах прибрежной аллювиальной равнины под влиянием внутрикратоновых источников кластического материала. Континентальный подкомплекс, которому принадлежат речные отложения айсинской свиты, образован крупными красноцветными и пестроцветными толщами аллювия в передовых прогибах и формировался центростремительными речными системами, направленными от внешних источников материала на север и северо-восток в эпиконтинентальное море центральных районов Сибирской платформы. На начальной и поздней стадиях активизации поздневендского орогенеза возникали большие глубокие песчаные реки с внутрирусловыми барами, тогда как постоянные сетчатые и сплетенные песчано-иловые реки возникали на пассивной стадии орогенеза. Наибольшая проградация аллювиальных отложений на Сибирскую платформу маркируется нижними пачками русловых отложений айсинской свиты, а также немчанской, мошаковской, хужирской и качергатской свит, а на плите – боханской песчаниковой пачкой чорской свиты.

**Ключевые слова:** Сибирская платформа, венд, эдиакаран, неопротерозой, литостратиграфия, лиофации, аллювиальные отложения, передовые прогибы, орогенез

## SEDIMENTOLOGY AND STRATIGRAPHIC CORRELATION OF VENDIAN DEPOSITS IN THE SOUTHWESTERN SIBERIAN CRATON: MAJOR CONTRIBUTION OF AN EXOCRATONIC CLASTIC SOURCE TO SEDIMENTARY SYSTEMS

Julius K. Sovetov

A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of RAS, 3 Akademika Koptyuga av., Novosibirsk, 630090, Russia; Novosibirsk National Research State University, 1 Pirogova st., Novosibirsk, 630090, Russia;  
e-mail: SovetovYK@ipgg.sbras.ru

Received 30.01.2017; accepted 20.08.2017

The study focuses on the sedimentation and stratigraphy of a large Vendian (Ediacaran) sedimentary basin in the southwestern Siberian craton, with implications for the origin of its units and subunits. Sediments are been correlated along the craton edge and inward into the craton interior using stratigraphic sequences, including glacial and post-glacial deposits. Clastic complexes in the Vendian: upper Chapa, Taseeva, Oselok, and Baikal Groups composed of fluvial deposits are of special importance for correlations. The structure of the continental Aysa Fm. of the Oselok Group in the Sayany area has been

**Для цитирования:** Советов Ю.К. (2018) Седиментология и стратиграфическая корреляция вендинских отложений на юго-западе Сибирской платформы: выдающийся вклад внешнего источника кластического материала в образование осадочных систем. *Литосфера*, 18(1), 20–45. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-1-020-045

**For citation:** Sovetov J.K. (2018) Sedimentology and stratigraphic correlation of Vendian deposits in the southwestern Siberian Craton: Major contribution of an exocratonic clastic source to sedimentary systems. *Litosfera*, 18(1), 20–45. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-1-020-045

characterized in detail, based on universal classification of lithofacies and their sequences, and correlated with sediments in the craton interior. There are two Ediacaran subunits: a *continental-marine* complex below and a *continental* complex above. The *continental-marine* subunit in the subsided craton margins was deposited mainly upon postglacial plains (sandurs) and marginal sea shelves, with contributions from intracratonic clastic sources. The deposits of the continental subunit belong to centripetal fluvial systems directed from distant craton-margin mountain upland toward the epicontinental sea in the central Siberian craton. The *continental* subunit is composed of large sections of red and variegated fluvial deposits from a foreland basin which was accumulated mainly in foredeeps in the over-compensation setting and partly reached the slopes of forebulges. Big deep sand rivers with large channel bars were formed at early and late during orogenic activity, while perennial anastomosing and braided mud-sand rivers with levees originate during passive stages of orogeny. The largest progradation of fluvial systems onto the Siberian craton is marked by channel deposits of the lower members from the Nemchanka, Moshakovka, Aysa, Khuzhir and Kachergat Fms., as well as by the Bokhan sandstone member of the Chora Fm.

**Keywords:** Siberian craton, Vendian, Ediacaran, Neoproterozoic, lithostratigraphy, lithofacies, fluvial deposits, peripheral foreland sedimentary basin, foredeeps and forebulges

#### Acknowledgments

The author is grateful for teachers and students of the Novosibirsk State University V.V. Blagovidov, A.E. Kulikova, M.N. Medvedev, engineer IGM SB RAS L.A. Chigvintseva, leading engineer of INGG SB RAS L.V. Solovetskaya and untimely departed E.P. Butakov for assistance in field research of Vendian deposits and Biota in Prisayan'ya. I also thank Professor S. Jensen of the University of Extremadura (Spain) for a consultation on the definition of ichnofossils and Novosibirsk National Research University for funding participation in reports on 32nd (2004), 33th (2008), 34th (2012) and 35th (2016) IGC.

*The works was performed with financial support RFBR, projects 04-05-65299, 08-05-00959.*

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование нацелено на выяснение седиментационной структуры и стратиграфии крупного осадочного комплекса венда на юго-западе Сибирской платформы, происхождения его подразделений и палеогеодинамический анализ бассейна седиментации (рис. 1). Центральное место для этой цели занимает оселковая серия Присаянского прогиба. Проблема корреляции вендинских отложений типовая: литофациальная изменчивость однотипных генетических систем и взаимозамещение континентальных и морских комплексов. Обоснование корреляции отложений опирается на устанавливаемую или прогнозируемую генетическую связь осадочных систем. Практический выход исследования – создаваемая генетическая литостратиграфия вендинского комплекса имеет прогностическое значение для происхождения залежей углеводородов во внутренних районах Сибирской платформы. Стратиграфическая корреляция опирается на строение осадочных толщ, что предполагает применение детальной седиментографии на основе выделения и классификации седиментационных единиц (литофаций) и картирования обнажений. На протяжении всей истории исследования красноцветных терригенных осадочных серий на юго-западной окраине Сибирской платформы развивалось представление о позднедокембрийском (байкальском) орогенезе [Предтеченский, 1960; Семихатов, 1962; Григорьев, 1963; Анатольева, 1968; Хоментовский и др., 1972; Советов, 1977; Sovetov, 2002]. Петрология песчаников позднедокембрийских осадочных серий от северной части Енисейского кряжа до южного Прибайкалья предоставила первые данные для нескольких радикальных выводов о стра-

тиграфии и происхождении отложений [Советов, 1977]. Было установлено, что верхняя кластическая часть чапской (немчанской), тасеевской, оселковой, мотской и байкальской серий включает три горизонта, которые могут использоваться для корреляции. Результатом корреляции стало заключение о стратиграфическом соответствии большей верхней части указанных подразделений юдомскому комплексу (венду) [Советов, 1977]. Был сделан главный палеотектонический вывод, следовавший из петрографической корреляции: в периферийной юго-западной части Сибирской платформы в юдомское время (венд) образовались передовые прогибы (foredeeps), которые по генезису и осадочному выполнению резко отличаются от прогибов “миогеосинклинальной” стадии погружения, соответствующей накоплению подстилающих позднерифейских отложений чингасанской, вороговской, осянской и карагасской серий. После седиментологического изучения отложений тасеевской серии Енисейского кряжа и оселковой серии Присаянья стал возможным синтез этой части в единый комплекс, который был классифицирован как “периферийный форландовый осадочный бассейн” [Sovetov, 2002; Советов, Благовидов, 2004]. Более сложная история вендинского осадконакопления на Сибирской платформе была установлена после детального седиментологического анализа марнинской и удинской свит оселковой серии Присаянья и открытия в ее основании ледниковых и взаимосвязанных гляцио-флювиальных и гляцио-озерных отложений [Sovetov, 2002, 2011a; Советов, Комлев, 2005]. Стало ясно, что в венде произошла последовательная смена двух типов осадочных бассейнов. Особенности седиментации в этих бассейнах были использованы для обоснования стратиграфической

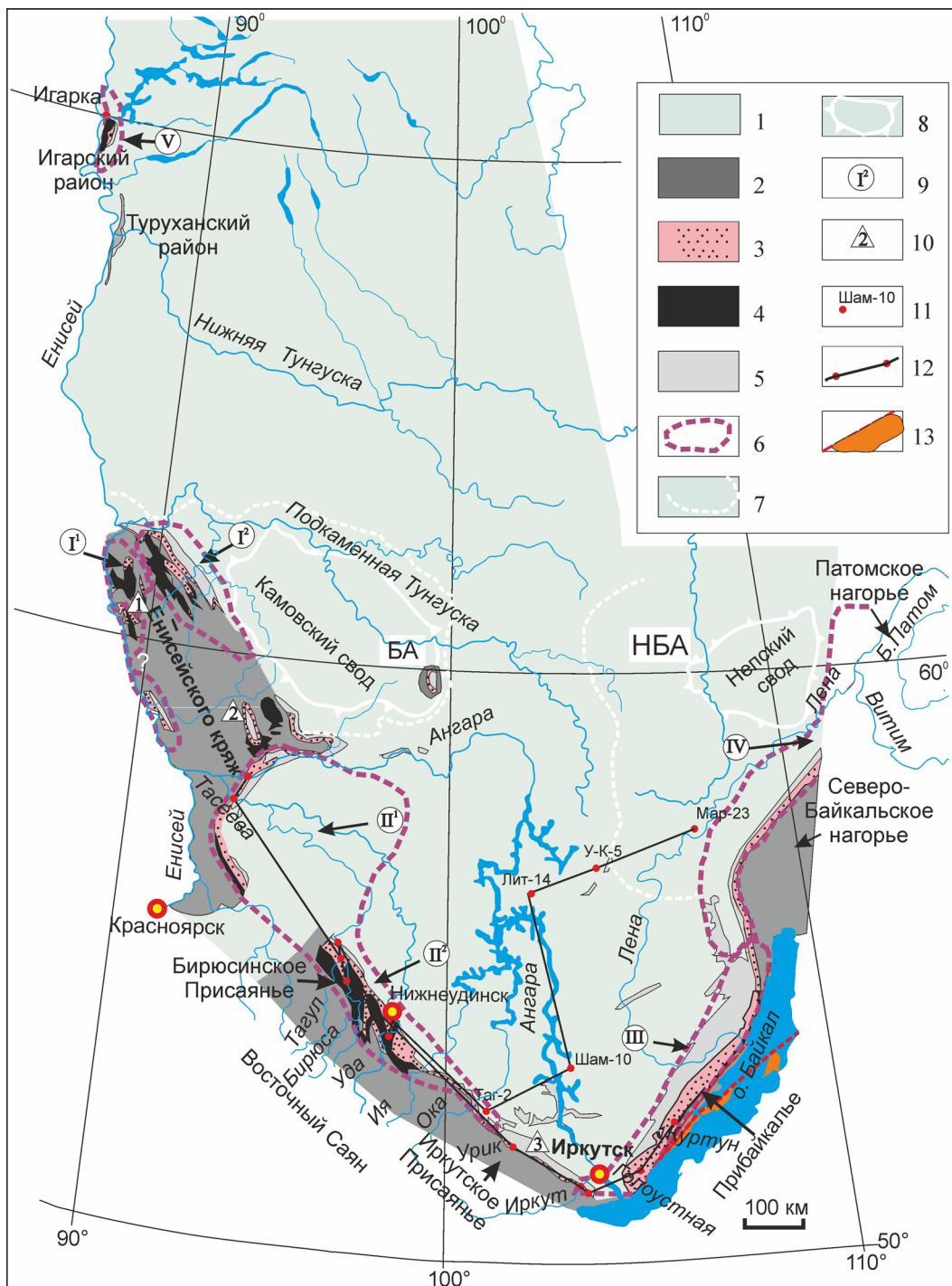


Рис. 1. Схематичная геологическая карта юго-запада и запада Сибирской платформы с неопротерозойскими тектоническими элементами.

1 – послекембрийский палеозойско-мезозойский чехол; 2 – отложения ранне-среднекембрийского эвапоритового осадочного бассейна; 3 – отложения вендского осадочного бассейна; 4 – отложения позднерифейских (позднеопротерозойских, криогенских) рифогенных осадочных бассейнов; 5 – архейские и палеопротерозойские комплексы фундамента, рифейские (докриогенные) осадочные и вулканогенно-осадочные бассейны складчатого основания платформы; 6 – контуры вендских передовых прогибов; 7 – контуры вендских внутренних поднятий (антеклиз); 8 – контуры наиболее приподнятых частей палеоподнятий (сводов); 9 – номенклатура вендских передовых прогибов [Советов, 1977] (цифры в кружках): Северо-Енисейские прогибы: I<sup>1</sup> – Западный, I<sup>2</sup> – Восточный; Енисейско-Присаянские: II<sup>1</sup> – Южно-Енисейский, II<sup>2</sup> – Присаянский; III – Прибайкальский; IV – Предпатомский; V – Игарский; 10 – палеоподнятия, разделяющие прогибы (цифры в треугольниках): 1 – Исааковское, 2 – Удоронгское, 3 – Китайское (Иркутское); 11 – разрезы в скважинах: Шамановская-10, Литвинцевская-14, Усть-Кутская-5, Марковская-23; 12 – направление корреляционных профилей через вендский осадочный бассейн; 13 – ранепалеозойская Ольхонская зона сдвига.

**Fig. 1.** Schematic geological map of the south-west and west of the Siberian Platform with Neoproterozoic tectonic elements.

1 – after Cambrian Paleozoic-Mesozoic cover; 2–4 – Vendian-Cambrian deposits: 2 – Early-Middle Cambrian evaporite basin, 3 – Vendian sedimentary basin, 4 – Late Riphean (Late Neoproterozoic, (Cryogenian)) riftogenic basins; 5 – Archaean and Paleoproterozoic rocks of basement and Riphean (PreCryogenian) sedimentary and volcano-sedimentary basins in the basement complexes; 6 – Vendian foredeeps outlines; 7 – Vendian bulges (anteclises) outlines; 8 – contours of anteclises arches; 9 – Vendian foredeeps nomenclature [Sovetov, 1977] (numbers in circles): North-Yenisey foredeeps: I<sup>1</sup> – Western, I<sup>2</sup> – Eastern; Yenisey-NearSayán: II<sup>1</sup> – South-Yenisey, II<sup>2</sup> – NearSayán; III – NearBaykal; IV – NearPatom; V – Igarka; 10 – paleorises divided foredeeps each other (numbers in triangles): 1 – Isakovka, 2 – Udononga, 3 – Kitoy (Irkut); 11 – boreholes: Shaman-10, Litvintsevo-14, Ust'-Kut-5, Markovo-23; 12 – direction of the correlation lines across Vendian sedimentary basin; 13 – Early Paleozoic Ol'chon wrench zone.

корреляционной схемы, которая рассматривается в статье. Основная серия Бирюсинского Присаянья изучена наиболее детально и выступает связующим звеном для двух профилей корреляции: вдоль юго-западной окраины седиментационного бассейна и от его периферии к центру.

## ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фактическим материалом для статьи были авторские описания и полевые классификации вендинских отложений в обнаженных разрезах стратиграфических серий венда на Енисейском кряже, в Бирюсинском и Иркутском Присаянья, юго-западном Прибайкалье. Петрология отложений в статье специально не рассматривается, но состав кластики учитывался для корреляции пачек и свит.

Методы седиментологии были базой литостратиграфии и палеогеографического анализа. Они включают: 1) лиофациальный анализ и классификации лиофаций; 2) синтез группировок лиофаций (архитектурных элементов) с применением фотопанорам субвертикальных стенок обнажений (“вертикальное картирование”); 3) классификации и анализ следов палеотечений (по подошвенным знакам, форсетам косых серий и отпечаткам струй течений); 4) анализ эвстатического колебания уровня моря по маркирующим осадочным системам; 5) анализ поверхности ледниковой экзарации в бассейне седиментации; 6) анализ маркирующих палеонтологических остатков (слепков мягко-тканых животных и трейс-фоссила), маркирующих границу венда и кембрия (эдиакарана и кембрия); 7) анализ петрологии кластических отложений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Литостратиграфия айсинской свиты

Основная серия при геологическом картировании Бирюсинского Присаянья подразделена на три свиты: марнинскую, удинскую и айсинскую [Советов, Комлев, 2005 и ссылки в этой работе]. Ранее детальная литостратиграфия поздневендинских отложений (мошаковской свиты, s.s.) на юго-востоке Енисейского кряжа была разработана на основе се-

диментологических данных и анализа цикличности осадконакопления [Светов, Благовидов, 2004]. Мошаковская свита (всего 980 слоевых единиц) была подразделена на две самостоятельные свиты – гребенскую и веселовскую, каждая из которых состоит из четырех пачек аллювиальных отложений с прямой гранулометрической градацией отложений.

Принципиальная литостратиграфическая структура, сходная со структурой мошаковской свиты (s.l.), была выявлена в Бирюсинском Присаянье при седиментологическом анализе айсинской свиты.

Стратиграфический объем айсинской свиты, зафиксированной при государственной съемке по яркому макроскопическому признаку – пестроцветной окраске – автором увеличен присоединением к ней снизу зеленовато-серых кластических отложений, относимых на картах к верхней части удинской свиты. Проблема стратиграфического скольжения границы зелено-серых и пестроцветных терригенных отложений одинакового петрографического состава в верхней части основной серии была разобрана С.С. Брагиным [1985], который для подразделения, объединяющего айсинскую и верхнюю часть удинской свиты, предлагал новое название – икейская свита.

Автор полностью разделяет это принципиальное заключение, которое высказывалось и раньше, но считает целесообразным сохранить за этим “синтетическим” подразделением название *айсинская свита*. Айсинская свита в увеличенном объеме объединяет все поздневендинские отложения аллювиального происхождения и одинакового петрографического состава в единый *континентальный* подкомплекс, не разделенный внутри себя какими-либо принципиальными границами. Подстилающие отложения удинской и марнинской свит и их стратиграфических аналогов объединены в *континентально-морской* подкомплекс. Нижняя граница айсинской свиты по кровле пещеринской пачки известняков удинской свиты рассматривается как принципиальный корреляционный репер эпохи высокого стояния уровня моря [Sovetov, 2011b]. Граница между айсинской и вышележащей усть-тагульской свитами резкая: на красных флювиальных алевролитах и мелкозернистых песчаниках айсинской свиты с эрозионным контактом залегает пачка валунных конгло-



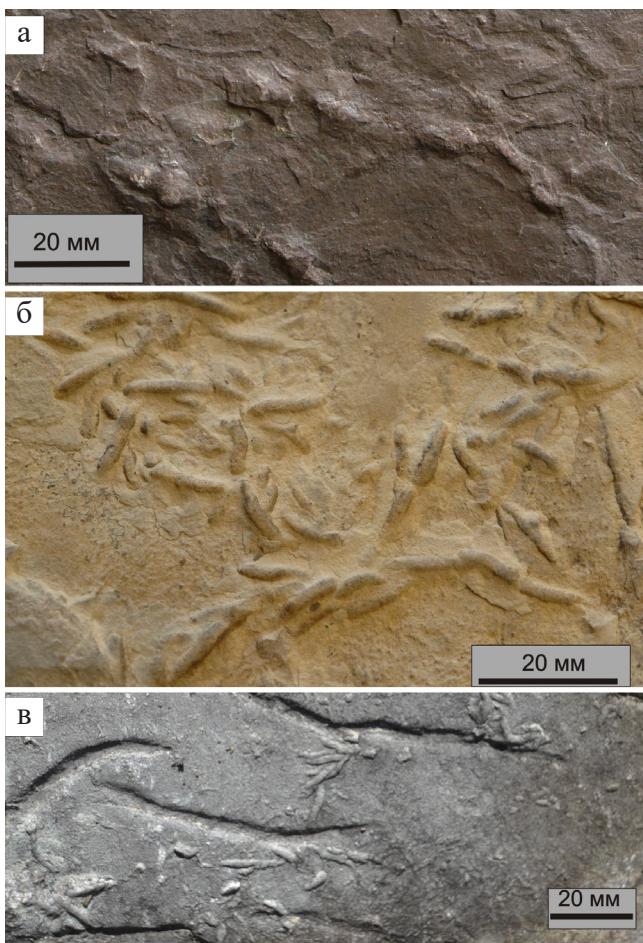
**Рис. 2.** Стратиграфический контакт валунных конгломератов усть-тагульской свиты с алевролитами и песчаниками катальчиковской пачки айсинской свиты на правом берегу р. Тагул в 1 км выше слияния рек Тагул и Бирюса.

**Fig. 2.** Stratigraphic contact of Ust-Tagul Formation boulder conglomerate and siltstone-sandstone of the Aysa Fm. (Katal'chikov Mamber), on the right bank of Tagul River about 1 km up-stream from Tagul and Biryusa rivers junction.

мератов усть-тагульской свиты (рис. 2). Конгломераты и связанные с ними аркозовые песчаники усть-тагульской свиты были прослежены от Енисейского кряжа до Иркутского Присаянья [Семихатов, 1962; Хоментовский, 1985] и объединяются в хорошо выдержаный “енисейско-присаянский” горизонт [Советов, 1977]. Верхняя часть этого горизонта характеризуется сменой аллювиальных отложений – прибрежно-морскими и появлением уникальных ихнотипов, представленных в том числе видом-индексом *Treptichnus pedum* [Sovetov et al., 2007]. Следы этой уникальной биоты были обнаружены автором в основании островной свиты в Енисейском кряже, на границе двух подсвит усть-тагульской свиты в Бирюсинском Присаянье, в верхней части шаманской свиты в Иркутском Присаянье (рис. 3). Эта биота имеет статус корреляционного репера между эдиакараном (эдиакарием) и кембрием (фортунским ярусом нижнего кембрия Международной стратиграфической шкалы (МСШ)) [Gradshtain et al., 2004] или границы между котлинским и ровенским (немакит-далдынским) горизонтами позднего венда Общей стратиграфической шкалы России (ОСШ)) [Соколов, 1997, 2013].

Литостратиграфия айсинской свиты была разработана на разрезах по рекам Тагул, Бирюса и Уда (рис. 4). Айсинская свита (1160–1300 м) подразде-

лена на шесть пачек, получивших собственное наименование по местоположению литостратотипического разреза (снизу вверх) [52]: 1) кагатская пачка (р. Уда, урочище Муксут) 110–120 м; 2) муксутская пачка (р. Уда, урочища Муксут и Плиты, р. Бирюса, пос. Кедровый, р. Тагул, урочище Плотбище, выше пос. Георгиевка) 130–150 м; 3) луговская пачка (р. Бирюса, правый борт, от р. Луговая до о. Серебров) 350–370 м; 4) серебровская пачка (р. Бирюса, правый борт, от о. Серебров до о. Красный) 240–260 м; 5) тымбырская пачка (р. Бирюса, правый борт, против о. Красный, и в левом борту р. Тымбыр) 180–200 м; 6) катальчиковская пачка (р. Тагул, правый борт, против о. Катальчиков) 150–200 м. Объединенные муксутская и луговская пачки образуют крупный цикл (секвенцию), в котором роль базального элемента играют массивные пласти русловых отложений муксутской пачки. Подразделение этой секвенции на две пачки сделано для акцентирования внимания на особенные маркирующие свойства муксутской пачки – русловые отложения *большой* глубокой реки, контролирующие корреляцию венда Енисейского кряжа, Бирюсинского и Иркутского Присаянья, Прибайкалья и внутренних районов Иркутского амфитеатра. Песчаниковые пласти составляют в муксутской пачке около 50% объема, что резко выделяет ее в сравнении с другими пачками.



**Рис. 3.** Ихнофоссилии, маркирующие границу эдиакарана и кембрия в Международной стратиграфической шкале [Gradshtain, 2004] и границу котлинского и ровенского (немакит-далдынского) горизонтов венда в Общей стратиграфической шкале России [Соколов, 2013].

а – цепочка следов *Treptichnus pedum* на поверхности приливных алевролитов верхняя часть шаманской свиты, левый борт р. Иркут, Шаманский утес (№ 10521-1); б – обильные следы *Treptichnus pedum* на поверхности глинистого доломита, в 4–7 м от основания подсвиты, правый берег р. Бирюса напротив пос. Соляная (№ 15039-9-6); в – обильные следы *Treptichnus pedum* на поверхности микритовых слабо глинистых доломитов, в нижней пачке островной свиты, около 10 м от основания свиты, правый берег р. Ангара, в 12 км выше пос. Мотыгино (№ 18029-3). Все образцы хранятся в ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск.

**Fig. 3.** Ichnofossils in the boundary between Ediacaran and Cambrian after ISS [Gradshtain, 2004] or in the boundary between Kotlin and Roven (Nemakit-Daldyn) horizons after CSS of the Russia [Sokolov, 2013].

а – *Treptichnus pedum* in a line on the tidal siltstone in the upper Shaman Fm., left riverside of the Irkut river, Shaman Cliff (no. 10521-1); б – plentiful *Treptichnus pedum* on the clayey dolomite bed surface, in the Ust-Tagul Fm., 4–7 m upper Upper subformation base, right riverside of the Biryusa River opposite Solyanaya village (no. 15039-9-6); в – plentiful *Treptichnus pedum* on weakly clayey micrite dolomite bed surface, in the lower part of the Ostrovnyaya Fm. (10 m from its base), right riverside of the Angara River, 12 km up-stream from Motyгино village (no. 18029-3). All specimens kept in IPGG SO RAN, Novosibirsk city.

Луговская пачка на 60–90% состоит из чередующихся тонкообломочных отложений (тонкозернистые песчаники, алевролиты, алевролито-аргиллиты мадстоуны), включает до 2–14% песчаников мелко-среднезернистых сортированных пластовых и 3–37% песчаников мелкозернистых несортированных, алевритистых пластовых. Пластовые песчаники имеют резкие нижнюю и верхнюю границы и образуют интервалы, в которых доля тонкообломочных компонентов наименьшая. Серебровская пачка состоит из преобладающих тонкообломочных отложений (54–69%) и подчиненных пластовых сортированных средне-мелкозернистых песчаников (9–37%), пластовых мелкозернистых несортированных песчаников (7–19%) (рис. 5). Пластовые сортированные песчаники выполняют русла рек и характеризуются пологой косой слоистостью дюн. На интервалах “сгущения” в разрезе пластовых песчаников (47–50%) содержание тонкообломочных отложений минимальное. Тымбырская пачка состоит из тонкообломочных отложений (72–86%), пластовых средне-мелкозернистых сортированных песчаников (3–21%), пластовых мелкозернистых несортированных песчаников (4–15%).

Границы в основании муксутской и каталычковской пачек имеют региональную протяжен-

ность и могут уверенно коррелироваться с границами в основании гребенской ( $gr_1$ ) и веселовской ( $vs_1$ ) свит на юго-востоке Енисейского кряжа [Советов, Благовидов, 2004; Sovetov et al. 2007]. Основания серебровской и тымбырской пачек могут, наиболее вероятно, сопоставляться с резкими литологическими реперами ( $gr_2$ ) и ( $gr_4$ ) гребенской свиты [Советов, Благовидов, 2004].

### Литофациальный анализ айсинской свиты

Краткое содержательное определение цели фациального анализа приведено в работе [Walker, 1992, р. 7–8]. Литофации (фации) используются как инструмент для описания осадочных толщ, средство для построения моделей осадочных систем и для их корреляции. Литофации – это единицы разреза, сходные в каждой группе по ряду параметров и зависимые от физических и биохимических условий седиментации. Для описания аллювиальных осадочных систем всех типов и любого возраста были предложены “стандартная” и частные классификации фаций [Советов, 1986; Miall, 1996; Советов, Благовидов, 2004]. Построение фациальной модели определяется генетической интерпретацией литофаций с опорой на результаты полевых наблю-

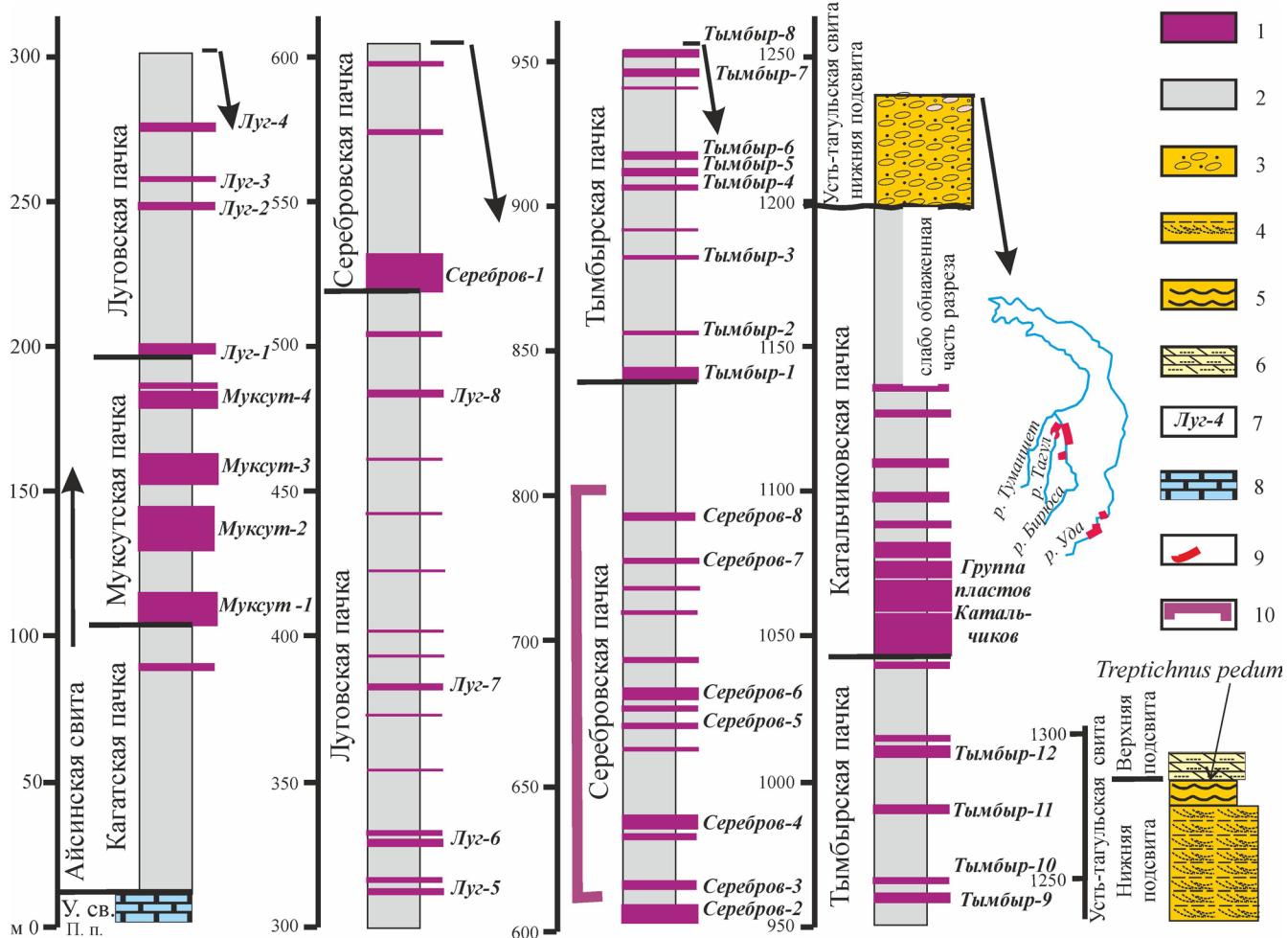


Рис. 4. Стратиграфия айсинской свиты в разрезах рек Бирюса и Тагул в районе их слияния (Бирюсинское Присаянье).

1 – песчаник массивный наклоннослоистый и косослоистый (острова и отмели в руслах); 2 – тонкослоистые мелкотонзернистые песчаники, алевролиты и аргиллиты (прирусовые валы и пойма); 3 – валунный конгломерат нижней части русла, галечно-песчаная река сплетенного типа; 4 – песчаник массивный крупно-среднезернистый косослоистый (внутрирусловые бары); 5 – песчаник и алевролит средне-тонкослоистый, косоволнисто-слоистый и косослоистый (верхняя часть внутрирусловых баров и мелкие русла дельты); 6 – песчанисто-алевритовый пластово-строматолитовый доломит с ихнофосилиями *Treptichnus pedum* (прибрежная часть морского бассейна); 7 – обозначение наиболее крупных русел; 8 – известняк микрофиллитовый и строматолитовый, маркирующий границу Удинской и Айсинской свит; 9 – положение разрезов Айсинской свиты; 10 – интервал разреза, показанный на фотографии, рис. 6.

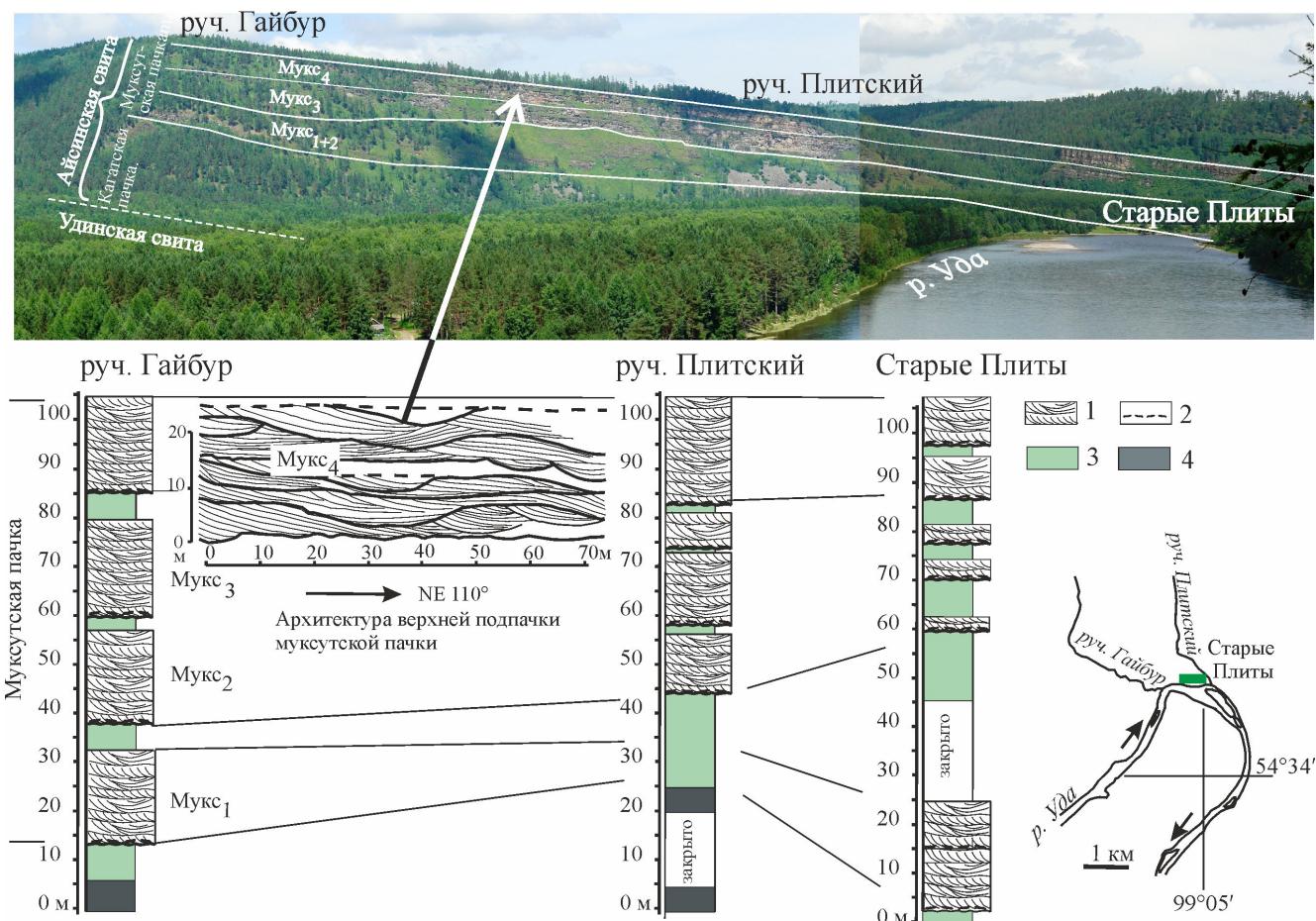
Fig. 4. Stratigraphy of the Aisa Fm., in the sections along the Biryusa and Tagul rivers in the district its junction (Biryusa NearSayan region).

1 – massive sandstone gentle cross-bedded and trough cross-bedded (islets and shoals in the channels); 2 – thinbedded finegrained sandstone, siltstone and mudstone (levees and floodplane); 3 – boulder conglomerate in the lower unit of the channel in the braided pebbly-sandy river; 4 – massive coarse-middlegrained cross-bedded sandstone (intrachannel bars); 5 – middle-thinbedded sandstone and siltstone cross-bedded and cross-laminated (upper part of intrachannel bars and small deltaic channels); 6 – platy-layered sandy-silty stromatolite dolomite with ichnofossils *Treptichnus pedum* (coastal zone of the sea); 7 – designation of more sizeable channels; 8 – microphytolite and stromatolite limestone marking Uda Fm. and Aysa Fm. boundary; 9 – Aysa Fm. sections location, 10 – section interval shown in the photo, Fig. 6.

дений, ассоциативность, сравнение с другими стратиграфическими единицами сходного происхождения осадков и обстановок их седиментации. В рамках современных седиментологических и стратиграфических концепций осадочная система определяется как “трехмерный ансамбль литофаций, ге-

нетически связанный действующими или выводимыми процессами и обстановками” [Posamentier et al., 1988].

Набор из 21 литофаций речных отложений был выделен раньше в разрезах алешинской и мошаковской свит Тасеевской серии Енисейского края



**Рис. 5.** Стратиграфическая последовательность отложений в муксутской пачке айсинской свиты в левом борту р. Уда, урочище Старые Плиты. Аллювиальная система песчаной большой глубокой реки.

1 – песчаник крупно-среднезернистый внутрирусловых баров, 2 – интракласти песчаника и алевролита, 3 – тонко-косослойчатый песчаник и алевролит кревасс супензионных потоков на прирусловом вале, 4 – тонко-параллельно-слойчатый песчаник и алевролит с ламинитовой текстурой на пойме.

**Fig. 5.** Stratigraphy of the Muksut Mb of Aysa Fm at the left riverside Uda, Starye Plity locality. Big deep river sandy fluvial system.

1 – coarse-middle-grained sandstone of intra-channel bars, 2 – sandstone and siltstone intraclasts, 3 – fine-cross-bedding sandstone and siltstone of crevasses and suspension currents at the levees, 4 – fine-parallel-bedded sandstone and siltstone with laminate structure at the floodplain.

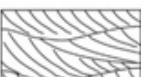
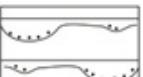
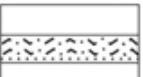
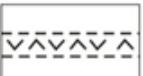
жа [Советов, Благовидов, 2004]. Литофации не отличаются от литофаций аллювиальных отложений различных классификационных схем [Nadon, 1994; Miall, 1996, 2014; Makaske, 2001].

В айсинской свите Присаянья выделены 14 литофаций (табл. 1), и они весьма близки литофациям мошаковской свиты (s.s.). В представляемой работе классификация литофаций генерализована для главной цели – приемлемого, по времени наблюдений, наиболее точного описания осадочной толщи (см. табл. 1). Литофации, обозначенные прописными буквами алфавита с добавлением аббревиатуры текстур, были инструментом поэлементного описания (седиментографии) айсинской свиты Присаянского прогиба.

Блоки осадочного разреза, названные архитектурными элементами [Allen, 1983; Miall, 1996], определяют тип и класс осадочных, в том числе речных, систем [Советов, 1986]. Выделение архитектурных элементов опирается не только на парагенезис литофаций, но и на морфоструктуру тел (например, каналов, баров и дюн), на трехмерный пространственный анализ и картирование обнажений.

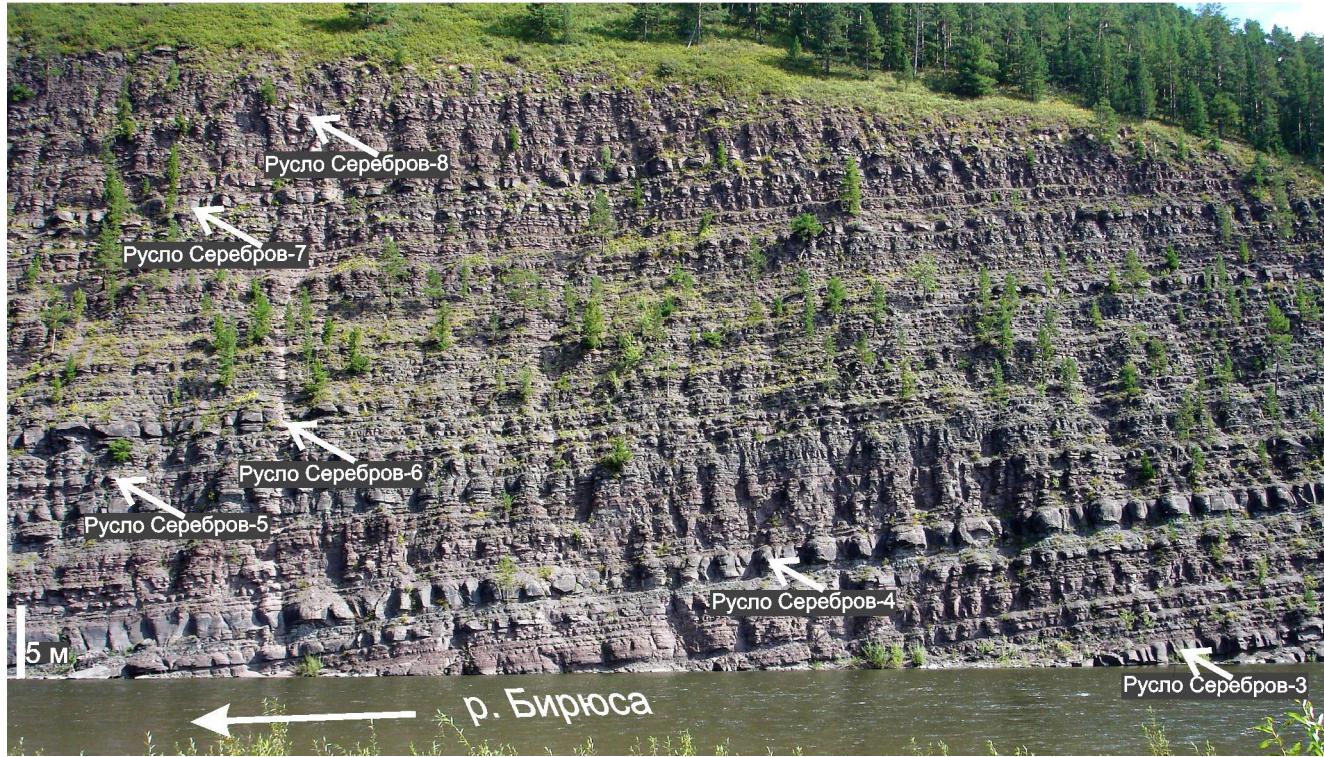
Наблюдения и детальная седиментография айсинской свиты показали, что она сложена только речными отложениями, которые можно объединить в осадочные системы двух типов: 1) глубокой песчаной реки с внутрирусловыми или чередующимися барами и крупными прирусловыми валами (см. рис. 5); 2) мелкой и умеренно глубокой сет-

**Таблица 1.** Классификация лиофаций айсинской свиты**Table 1.** Classification of lithofacies Aisinskaya Formation

№ пп	Аббревиатура	Текстура	Литологическая характеристика
1	ПЭ		Песчаник разнозернистый с нижней эрозионной границей, с интракластами алевролитов и тонкозернистых песчаников; реактивация течений в основании каналов-руслов, либо лопастей баров внутри каналов, нижний режим течения
2	Пнс		Песчаник средне-мелкозернистый с крупной пологонаклонной слоистостью; внутрирусловые передовые склоны баров (форсетовые макроформы), нижний режим течения
3	Пкс		Песчаник средне-мелкозернистый с крупной и средней косой слоистостью; внутрирусловые дюны, слагающие бары, нижний режим течения
4	Пксв		Песчаник средне-мелкозернистый с косоволнистой слоистостью; верхняя часть или подножье внутрирусловых баров, нижний режим течения
5	Пвс		Песчаник средне-мелкозернистый с деформированной косой и волновой слоистостью; стоячие волны (сейши) при конвергенции потоков, нижний режим течения
6	Пл		Песчаник разнозернистый с нижней эрозионной поверхностью; линзы среди тонкообломочных отложений прирусловых валов, заплеск при реактивации потока, нижний режим течения
7	Падс		Песчаник мелкозернистый с линзовидной пологой косой слоистостью антидюн с направлением обратным перемещению баров; среди тонкообломочных отложений прирусловых валов, верхний режим течения
8	Пмг		Песчаник средне-мелкозернистый массивный неслоистый с прямой гранулометрической градацией материала; русла прорыва (кревассы) на прирусловом валу, верхний режим течения
9	Пксвг		Песчаник мелкозернистый с косо-волнистой слоистостью и прямой градацией материала; конусы выноса русел прорыва (сплеи кревасс) на прирусловых валах и пойме, нижний режим течения
10	ПАла		Песчаник мелко-тонкозернистый и алевролит с ламинитовой текстурой; прирусловые валы, верхний режим течения
11	Алс		Алевролит тонко-параллельнослоистый; прирусловые валы и пойма, верхний режим течения
12	Аксв		Алевролит косо-волнистослоистый; прирусловые валы и пойма, нижний режим течения
13	Ам		Алевролит массивный неслойчатый; осаждение суспензии во временных водоемах на пойме
14	ААп		Алевролит и аргиллит тонко-параллельнослоистый; временные водоемы на пойме; осаждение глинистой фракции суспензии

чатой (анаэтомозирующей) песчано-иловой реки с поймой (рис. 6). Установлены следующие признаки речных отложений в айсинской свите: 1) каналы-руслы, с "однонаправленным" перемещением фор-

сетовых макроформ, песчаных дюн, ряби (табл. 1, рис. 7, фото 1); 2) подошвенные знаки течения в основании каналов, интракластовые брекчии, конгломераты и гравелиты (рис. 7, фото 2 и 4); 3) при-

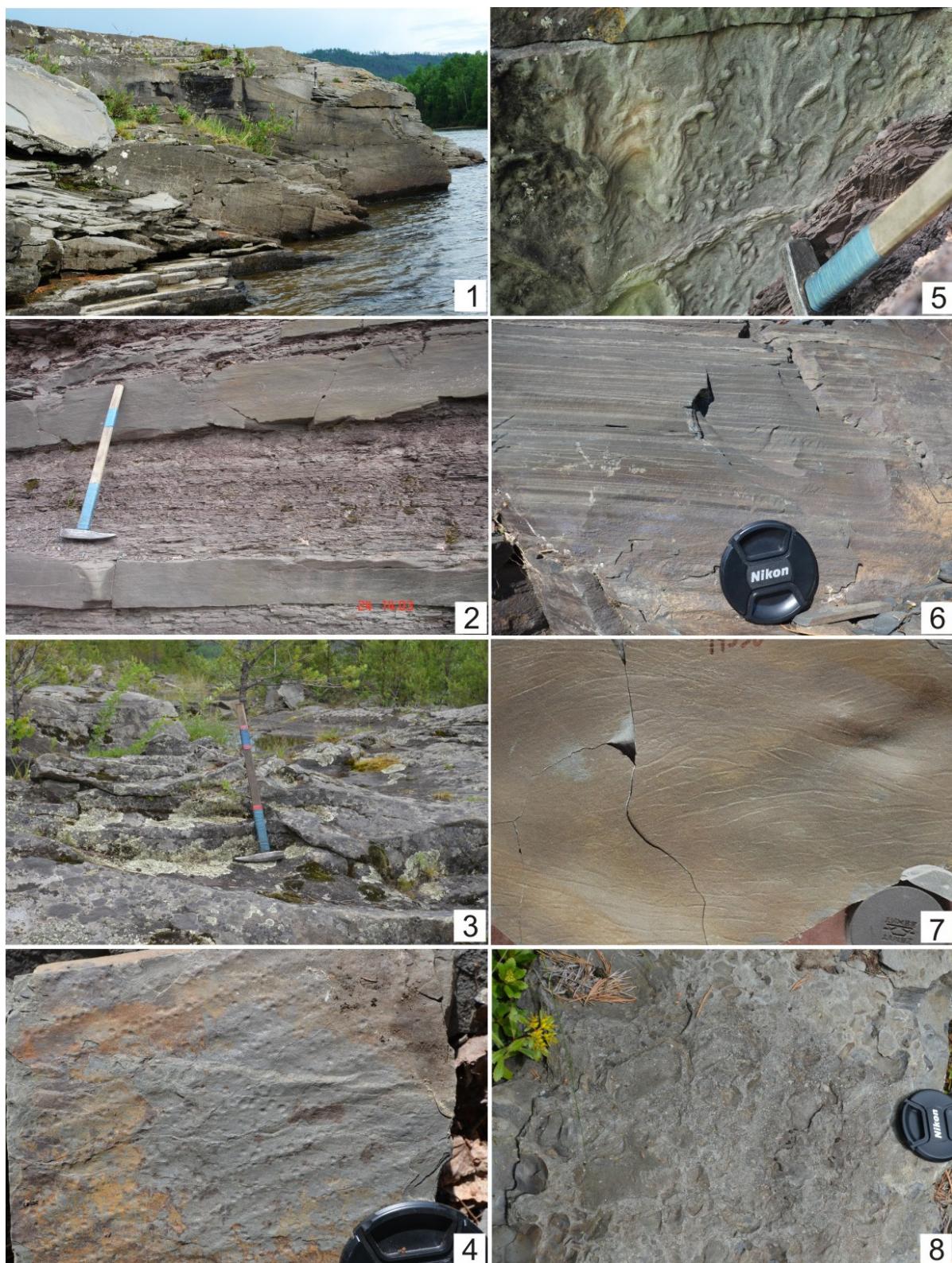


**Рис. 6.** Фотопанорама речных отложений серебровской пачки айсинской свиты (правый борт р. Бирюса, 1 км ниже о. Серебров). Строение (архитектура) речных отложений айсинской свиты, серебровская пачка. Массивные пласты русловых песчаников чередуются с пакетами мелкослоистых отложений прирусовых валов и поймы. Названиями обозначены крупные русла.

**Fig. 6.** Alluvial deposits photo-panorama of the Serebrov member (right riverside of the Biryusa River, 1 km downstream from Serebrov islet). Architecture of alluvial deposits in the Aysin Fm., Serebrov Mb. Channel massive beds of sandstone alternating the cosets of levee and floodplain deposits. The names on the photo indicate the more great channels.

русловые валы с песчано-алевролитовыми отложениями низкоскоростных потоков (см. рис. 7, фото 5) и высокоскоростных потоков наводнений (см. рис. 7, фото 6); 4) характерные слепки стоячих волн (сейш) на стрелке течений из двух проток реки (см. рис. 7, фото 3); 5) русла прорыва (кревассы) прирусовых валов и их конусы выноса (рис. 7, фото 7); 6) песчаноалевролитовые отложения слабых течений на пойме с многочисленными следами капель дождя (см. рис. 7, фото 8); 7) отложения застойных эфемерных водоемов на пойме, возникавших во время сильных паводков; 8) “однонаправленное” перемещение кластического материала от внешних поднятий на Сибирский кратон; 9) однотипный состав обломочного материала, соответствующий провинции “рециклированных орогенов”, т. е. разрушению и переотложению метаморфизованного материала зрелой пассивной континентальной окраины; 10) отсутствие в айсинской свите седиментологических признаков зон морского пляжа и шельфа. Речные отложения большой глубокой песчаной реки с чередующимися и внутрирусловыми песчаными барами акреции вниз по течению

(DA – down-stream accretion [Miall, 1996]) формировались в трех обстановках: каналах, прирусовых валах и на пойме. Каналы-руслы (мощность от 7–20 м до 40–50 м) состоят из четырех лиофаций  $\Pi_b$ ,  $\Pi_{hc}$ ,  $\Pi_{kc}$  и  $\Pi_{kc}$ . Лиофация  $\Pi_b$  – базальная и реактивации течения – находится в основании каналов и содержит многочисленные интракласти алевролитов и песчаников разной зернистости, а также иногда фрагменты крупнозернистых гравийных песчаников разрушенных базальных слоев каналов. Сходная лиофация реактивации течения находится также на разных уровнях внутрирусловых баров и сложена песчаником крупно-среднезернистым с интракластами алевролитов и алевритистых песчаников. Появлению базальной лиофации предшествовал интенсивный размыв внутриканаловых дюн и форсетовых макроформ, образование глубоких промоин от метров до десятков метров. Сходная лиофация внутри русел связана с выравниванием рельефа русловых отмелей и островов (баров) во время наводнений. Лиофация  $\Pi_{hc}$  – песчаников средне- и мелкозернистых с крупной наклонной слоистостью песчаных баров (островов) – соответ-



**Рис. 7.** Типы речных отложений в айсинской свите.

1 – массивные наклонно-слоистые (крупно-косослоистые) песчаники внутрирусловых и чередующихся баров – лопасти форсетовых макроформ (муксутская пачка, р. Уда, урочище Старые Плиты, молоток для масштаба); 2 – руслаца прорыва среди тонкослоистых отложений поймы (серебровская пачка, р. Бирюса, 1 км ниже о. Серебров); 3 – текстура стоячих волн (сейшей) на стрелке двух проток глубокой реки (муксутская пачка, р. Уда, урочище Старые Плиты); 4 – мелкая рябь течения с отпечатками капель дождя на прирусловом вале (муксутская пачка, р. Бирюса, урочище Кедровый); 5 – слеп-

ки водоворотных ямок и промоин (flute casts) на нижней поверхности русловых отложений, направление течения сверху вниз (серебровская пачка р. Бирюса, 1 км ниже о. Серебров); 6 – параллельная ламинитовая текстура в песчаниках и алевролитах с редкими антидюнами на прирусовом вале (муксутская пачка, р. Бирюса, урочище Кедровый); 7 – изящные знаки слабых струй течений на пойме (*Arumberia*) (муксутская пачка, р. Тагул, 3 км выше пос. Георгиевка); 8 – интракласты тонкосернистого песчаника и алевролита на границе реактивации течения (муксутская пачка, р. Уда, Старые Плиты).

**Fig. 7.** Alluvial deposits in the Aysa Fm.

1 – massive gentle bedded (great cross-bedding) sandstone of the intrachannel and alternating bars – foreset macroforms bar lobes (Muksut Mb., Uda River, Starye Plity location, hammer for scale); 2 – small channels (crevasse) between fine layered floodplane deposits (Serebrov Mb., Biryusa River, 1 km downstream Serebrov islet); 3 – seiches structure at the junction of two canal in the deep river (Muksut Mb., Uda River, Starye Plity location); 4 – current small ripples with rain drops at the levee (Muksut Mb., Biryusa River, Kedrovyy locality); 5 – flute casts on the channel bed sole, current direction from up to down (Serebrov Mb., Biryusa River, 1 km downstream from Serebrov islet); 6 – parallel-laminated structure in the sandstone and siltstone with antidunes at the levees (Muksut Mb., Biryusa River, Kedrovyy locality); 7 – delicate marks of weak currents at the floodplane (*Arumberia*), (Muksut Mb., Tagul River, 3 km upstream from Georgievka village); 8 – finegrained sandstone and siltstone intraclasts – traces of current reactivation (Muksut Mb., Uda River, Starye Plity locality).

ствует архитектурному элементу FM (форсетовым макроформам) [Miall, 1996]. Она заполняла русла миграцией вниз по течению, а также при латеральном наращивании баров (см. рис. 7, фото 1; рис. 5). Внутрирусловые бары имеют отчетливую выпуклую вверх форму, хорошо видимую в обнажениях и на фотопанорамах. Литофация  $\Pi_{\text{kc}}$  песчаников косослойчатых от мелко- до среднезернистых слагает лингоидные внутрирусловые дюны – ядра форсетовых макроформ – и сменяет  $\Pi_{\text{nc}}$  вверх по разрезу каналов либо слагает отдельные руслеца. Статистика измерений толщины литофаций каналов большой глубокой реки в муксутской пачке показала, что литофация  $\Pi_{\text{nc}}$  меняется по мощности от 100 до 400 см, а ассоциации макроформ (баров) достигают мощности 20–40 м. Литофация  $\Pi_{\text{kbc}}$  косоволнисто-слойчатых мелкозернистых песчаников завершает выполнение русел, но встречается также у подножья дюн и баров. Литофация  $\Pi_{\text{vc}}$  песчаников с деформированной текстурой “сейшей” (см. рис. 7, фото 3) встречена только в большой глубокой реке, к которой отнесены отложения муксутской и катальчиковской пачек.

Ассоциация прирусовых валов, замещающих русла глубокой реки латерально, включает отложения боковых частей потоков и русел прорыва прирусовых валов. К первой группе относятся три литофации:  $\Pi_{\text{ll}}$ ,  $\Pi_{\text{ad}}$ ,  $\Pi_{\text{Aa}}$ ,  $\Pi_{\text{kvg}}$ . Литофация  $\Pi_{\text{ll}}$  песчаников неслойчатых линзовидных крупнозернистых, залегающих с размывом в виде прерывистых тел на других отложениях прирусового вала, – следы крупных наводнений и “заплеска” песка на прирусовой вал. Литофации  $\Pi_{\text{ad}}$  и  $\Pi_{\text{Aa}}$  параллельно-слоистые песчаноалевролитовые пакеты с текстурой антидюн высокоскоростных и  $\Pi_{\text{kvg}}$  – низкоскоростных течений на прирусовых валах (см. рис. 7, фото 6). Вторая группа включает литофации:  $\Pi_{\text{mg}}$  массивных песчаников с градационным уменьшением зернистости вверх по пласту и  $\Pi_{\text{kcr}}$  – мелкокосослойчатых песчаников с градацией в этом же направлении, объединяет отложения русел прорыва (кревасс) и конусов выноса на пойму (см. рис. 7, фото 2). Эти литофации “руслец” образуют структуру коротких циклов эпизодических сильных наводнений. Ассоциация поймы реки включает наиболее тонкообломочные отложения: литофации  $\text{A}_{\text{m}}$ ,  $\text{A}_{\text{nc}}$ ,  $\text{A}_{\text{kbc}}$  и  $\text{AA}_{\text{p}}$ , представленные соответственно массивными, параллельно- и косоволнисто-слойчатыми, тонкослойными алевролитами и аргиллитами и тонкослойчатыми аргиллитами (см. рис. 7, фото 4 и 7). Текстуры литофации  $\text{A}_{\text{nc}}$  варьируют от очень тонких косослойчатых – миграции очень мелкой рапи – до параллельно-слойчатых. Литофация  $\text{AA}_{\text{p}}$  черных, часто неслойчатых аргиллитов (мадстоунов) выполняет эфемерные водоемы на пойме, образовавшиеся во время крупных наводнений. Такие наводнения определяются по циклическому строению пластов – от литофации суспензионного потока  $\Pi_{\text{mg}}$  и  $\text{A}_{\text{m}}$  до стоячего водоема с  $\text{AA}_{\text{p}}$ .

Типичный вид обнажения серебровской пачки демонстрирует чередование лентообразных тел русел и пакетов чередования руслец прорыва (кревасс) и тонкообломочных отложений поймы (см. рис. 5). Выделяются группы литофаций: 1) каналов-руслел относительно мелких постоянных рек; 2) руслец-кревасс на прирусовых валах и пойме; 3) “заплеска” литофаций каналов на прирусовой вал в эпизоды высокой воды; 4) суспензионных потоков наводнений на прирусовых валах; 5) донных течений разной интенсивности на прирусовых валах и пойме; 6) временных водоемов-озер на пойме после наводнений. Русла более мелкой постоянной реки сложены литофациями  $\Pi_{\text{nc}}$  и  $\Pi_{\text{kc}}$ , представляющими срезы лингодных выпуклых вверх дюн. Относительно более крупные каналы в основании серебровской и тымбырской пачек включают обе литофации, представленные среднезернистым, до крупнозернистым, песчаником, и имеют многоэтажное строение, как в муксутской пачке, более мелкие каналы заполнены только косослоистым песчаником. Прекрасно выражены нижние эрозионные границы каналов со знаками течения (см. рис. 7, фото 5) и постепенный переход вверх и вбок к отложениям прирусового вала (см. рис. 7, фото 2, 4 и 7)

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРЕЛЯЦИИ ОСАДОЧНЫХ СИСТЕМ

### Корреляция вендских отложений вдоль юго-западной краевой части Сибирской платформы

Для создания модели осадочного бассейна важнейшее значение имеет литостратиграфический каркас, т.е. последовательность и латеральные связи осадочных систем. Для позднедокембрийских осадочных комплексов физическая внутрибассейновая корреляция играет первостепенную роль. Литостратиграфическая корреляция неопротерозойских осадочных серий на юго-западе Сибирской платформы – от Енисейского кряжа к Бирюсинскому и Иркутскому Присаянью и Прибайкалью, проводившаяся разными исследователями во второй половине XX в., характеризуется сходной методологией [Советов, 1977; Хоментовский, 1985; Шенфиль, 1991]. Корреляция опиралась на крупные литологические комплексы, этапность осадконакопления и неизбежно была зависимой от истолкования происхождения отложений и геологической истории отдельных районов. Звенья цепи поздне-неопротерозойских прогибов вдоль юго-западной окраины Сибирской платформы разделены конседиментационными поднятиями, где происходили главные изменения комплексов литофаций и мощности отложений.

Стратиграфическое положение позднедокембрийского осадочного комплекса, представленного отложениями чапской, тасеевской, оселковой, олхинской, мотской, байкальской сериями и локализованного в краевых (передовых) прогибах юго-запада Сибирской платформы, вызывает острую дискуссию [Хоментовский и др., 1972; Советов, Комлев, 2005; Sovetov et al., 2007]. Наиболее широко распространенная, ранняя, точка зрения о хроностратиграфическом положении оселковой серии и ее аналогов в составе позднего рифея появилась после проведения региональных стратиграфических исследований [Хоментовский, 1985; Шенфиль, 1991]. Эта точка зрения казалась логически безупречной, так как региональный перекрывающий конгломерат-песчаниковый комплекс усть-тагульской свиты и ее аналогов по историко-геологическим построениям относился к нижнему подразделению юдомского комплекса (раннему венду) [Хоментовский и др., 1972; Хоментовский, 1985; Шенфиль, 1991]. Соответственно, граница между рифеем и венном (юдомским комплексом) в чехле Сибирской платформы по корреляции проводилась между тонкообломочными отложениями олхинской (тыретской) свиты и песчаными отложениями мотской (хужирской) свиты [Хоментовский и др., 1972; Шенфиль, 1991]. Первые сомнения в достоверности стратиграфической классификации появились после петрографического из-

учения песчаников кластических отложений позднедокембрийских серий в открытых разрезах и керне скважин опорного и нефтеискового бурения [Советов, 1977].

Ключевое значение для региональной и глобальной корреляции имеют, биостратиграфические [Семихатов и др., 2013], климатостратиграфические и хемостратиграфические данные. Обнаружение в подошве оселковой серии Присаянья ледниковых отложений, их отождествление с оледенением позднекриогенской эпохи Мари-но по МСШ, а также независимые палеонтологические данные и датирование детритовых цирконов стали внешним основанием для идентификации венда и его корреляции на юго-западе Сибирской платформы [Советов, Комлев, 2005; Чумаков и др., 2011, 2013; Советов, Казак, 2013]. Эти данные были использованы для создания региональной схемы корреляции поздненеопротерозойских отложений юго-западной и южной периферии Сибирской платформы [Sovetov et al., 2007; Sovetov, 2011a, 2011b]. Усовершенствованная схема такой корреляции в продольном сечении осадочно-го бассейна показана на рис. 8.

Региональное корреляционное значение имеют тиллиты, диамикиты и гляциогенные брекчи, которые образовались на поверхности ледниковой экзарации и занимают базальное положение в марнинской свите оселковой серии. Эти грубообломочные несортированные отложения найдены в бассейнах рек Уда, Бирюса и Тагул. С тиллитами марнинской свиты Присаянья стратиграфически сопоставлены генетически близкие отложения: гляциофлювиальные конгломераты, брекчи и микститы, а также ледниковая штриховка ложа в основании подъемской свиты чапской серии севера Енисейского кряжа, в основании алешинской свиты тасеевской серии (юг Енисейского кряжа) [Советов, 2015], в основании ванаварской свиты непской серии (Байкитское поднятие) [Мельников, 2009], микститы и брекчи в основании олхинской свиты (Иркутское Присаянье) [Мордвин, 1972], бугульдейская пачка диамикитов в основании голоустенской свиты байкальской серии Прибайкалья [Мац, Егорова, 1957; Божко, 1976; Коробейников, Семейкина, 1978; Советов, Комлев, 2005], конгломераты, “пуддинговые” микститы, а также аркозовые брекчи в основании непской свиты (внутренние районы Сибирской платформы) [Sovetov et al., 2007] и наблюдения автора на юго-восточном склоне Непско-Ботубинской антиклизы (скв. Чаянданская № 321-11, скв. Верхне-Вилючанская № 626 – неопубликованные наблюдения автора). Некоторые пачки несортированных отложений и брекчи в основании венда считались остатками коры выветривания [Мордвин, 1972; Коробейников, Семейкина, 1978; Шемин, 2007], но убедительных данных такого их происхождения нет, а залегание

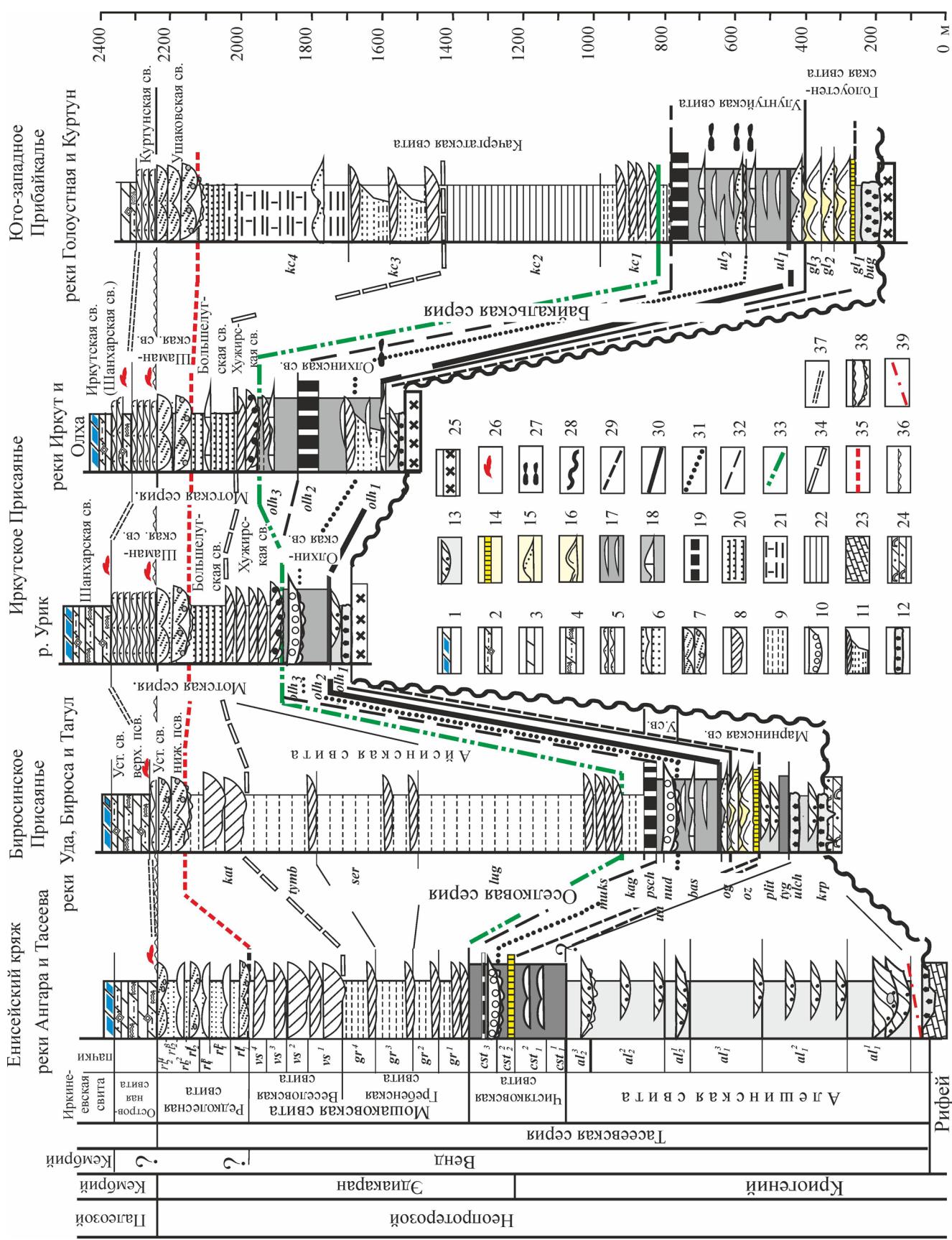
на глубоко эродированной неровной поверхности фундамента с характерными глубокими эрозионными впадинами, неотсортированными обломками подстилающих пород и стратиграфическое перекрытие трансгрессивными отложениями убеждают в родственности этих диамиктов гляциальной бугульдейской пачке в основании голоустенской свиты байкальской серии [Советов, Комлев, 2005; Sovetov, 2011a]. Стратиграфически выше тиллитов прослежено несколько границ, связанных с масштабными падениями уровня моря и эрозией субстрата. Важнейшее значение для корреляции имеют эрозионная граница между огнитской и озеркинской пачками марнинской свиты Присаянья [Советов, Комлев, 2005; Sovetov, 2011a], сопоставляемая с ней эрозионная граница между улунтуйской и голоустенской свитами Прибайкалья [Маслов, 1983; Sovetov, 2011a], граница нижней и средней подсвит (пачек) чистяковской свиты, нижней и верхней подсвит подъемской свиты [Советов, Благовидов, 2004]. Не менее важное корреляционное значение имеют седиментологический маркер масштабного падения уровня моря, врезание аллювиальных долин и проградация речных отложений на границе удинской и марнинской свит Присаянья [Советов, Комлев, 2005; Sovetov, 2011a, 2011b]. Эта граница также резко разделяет верхнюю и среднюю подсвиты (пачки) чистяковской свиты [Советов, Благовидов, 2004], среднюю и верхнюю подсвиты улунтуйской свиты [Мац, Егорова, 1957]. Меньшее значение для корреляции имеют маркеры высокого стояния уровня моря, представленные биомикритовыми или фитолитовыми известняками и доломитами. Важнейшее корреляционное значение глобального масштаба имеют позднедокембрийские (раннеэдиакаранские) постгляциальные покровные доломиты (кэп-доломиты), характеризующиеся специфическими признаками: ламинитовой текстурой слабых течений и микробиолитовых матов, микротовой структурой, первичной битуминозностью, включениями марказита, деформациями, связанными предположительно с истечением газогидратов в эпоху дегляциации. Подошва кэп-доломитов считается архистратиграфической границей и разделяет в Международной стратиграфической шкале эдиакаран (эдиакарий) и криогенний [Gradstein et al., 2004, Knoll, 2006]. Покровные доломиты прекрасно обнажены в Присаянье и Прибайкалье и представлены нижней частью озеркинской пачки марнинской свиты и нижнеголоустенской подсвитой соответственно [Sovetov, 2011a, 2011b]. Покровные доломиты накапливались в локальных узких полупресноводных морях-озерах, появившихся после глобального таяния ледников и выполняют эрозионные впадины ледникового рельефа, поэтому в каждой местности они локализованы в изолированных линзах. Покровные доломиты осаждались во внутренних континентальных бассей-

нах и имеют сложные фациальные взаимоотношения с карбонатными и терригенными отложениями шельфов открытого моря. В частности, доломиты озеркинской пачки в бассейне р. Уда замещаются на юго-запад в сторону открытого моря смешанным терригенно-карбонатным комплексом с архитектурой биогермных бугров (онкоидов) морских дюн и песчаных волн [Sovetov, 2011b]. Линзы фитолитовых известняков и доломитов стратиграфически значительно выше постгляциальных покровных доломитов приурочены к верхней части марнинской и удинской свит [Советов, Комлев, 2005] и маркируют также уровни высокого стояния уровня моря в подъемской, чистяковской, олхинской и улунтуйской свитах.

В целом детальное подразделение нижней части оселковой серии и структура сиквенций применены как доказательная основа для корреляции с нижними частями чапской, тасеевской и байкальской серий [Sovetov et al., 2007]. Эти серии относятся к венду по климатостратиграфическим, хемостратиграфическим (по изотопам углерода и стронция) и биостратиграфическим данным (отпечатки и слепки Metazoa) [Советов, Комлев, 2005; Советов, 2007; Sovetov, 2011b; Покровский и др., 2012]. Вывод был подтвержден постмаринонскими (постварангскими, постлапландскими) значениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в карбонатных породах пещеринской пачки удинской свиты, исследованных А.Дж. Каuffmanом с соавторами (Мэрилендский университет США, устное сообщение), и в улунтуйской свите байкальской серии [Kuznetsov et al., 2013].

Начало поздневендского континентального осадконакопления связано с литологической границей между известняковыми отложениями удинской свиты, венчающими одноименный цикл (сиквенцию) и его аналоги, и песчаноалевролитовыми отложениями аллювиальной и прибрежно-морской равнин. Эта граница, обусловленная сменой типа осадочного бассейна, в палеогеографическом и палеотектоническом отношении – одна из наиболее кардинальных в вендинской истории Сибирской платформы [Хоментовский и др., 1972; Хоментовский, 1985; Sovetov, 2002, 2011b; Sovetov et al., 2007] и, вероятно, соответствует рубежу редкинского и котлинского горизонтов венда Восточно-Европейской платформы [Гражданкин, 2006; Соколов, 1997, 2013].

Главную роль в идентификации отложений, которые автор считает синорогенной поздневендской молассой, сыграли седиментологические и петрологические данные. Результаты седиментологической работы формулируются в следующих пунктах: 1) кластический материал моласс по составу соответствует провинции “рециклированных орогенов” [Советов, Казак, 2013] по классификациям [Dickinson, Suczek, 1979]; 2) область сноса находилась к юго-западу от Сибирского кратона; 3) реч-



**Рис. 8.** Детальная корреляция вендинских отложений вдоль юго-западной окраины Сибирской платформы.

Образования осадочного бассейна позднего венда–раннего кембра Сибирского кратона (с внешним источником кластического материала); отложения внутриконтинентального морского бассейна: 1 – доломиты массивные и доломитовые брекчии, 2 – доломиты глинисто-алевритовые, алевролиты и песчаники ламинитовые с глиптоморфозами по галиту (надприливная зона), 3 – доломиты мелководные (подприливные лагуны), 4 – доломиты пластово-строматолитовые (внутриприливная зона), 5 – песчаники и алевролиты с текстурой волновой рапи и дон подприливной зоны. Отложения краевой части бассейна: 6 – песчаники параллельно-слоистые с биогубрацииами и текстурой дюн, 7 – песчаники гравийные и галечные, конгломераты с троговой косой слоистостью русел глубоких и относительно мелких рек, 8 – песчаники с косой слоистостью с крупной наклонной и косой слоистостью руслей глубоких и ледниковых валов и поймы. Образования континентально-морского подкомплекса, 10–11 – отложения внутриконтинентальных радиальных рек и их дельт (с внутренним источником обломочного материала): 10 – песчаники, алевролиты и аргиллиты с дельтовой последовательностью наслоения. Отложения ледниковой эпохи (с внутренним источником обломочного материала): 12 – тилялиты и ледниковые брекции, 13 – песчаники несортированные, алевролиты, аргиллиты и доломиты строматолитовые с глицио-флювиальными и гляцио-озерными). Отложения постледниковые шельфовые: 14 – доломиты покровные ламинитовые и волннисто-слоистые (мелкие озера–моря), 15 – песчанисты доломиты с крупной волновой слоистостью прибрежных баров, 16 – песчаники (ортокварциты) косослоистые прибрежные баров и дюн, 17 – алевролиты и аргиллиты с пакетами песчаников приливных и штормовых течений, 18 – известняки лицензий (карбонатные темпеститы) высокого уровня моря. Отложения эпиконтинентального моря, синхронные с континентальным подкомплексом: 20 – песчаники кварцевые прибрежные и штормовых выносов, 21 – песчано-илловые и аргиллиты ламинитовые дистальных частей штормовых течений. Довендинские образования основания осадочного бассейна: 23 – глинистые известняки и сланцы киргитской серии позднего рифа (криотенция), 24 – строматолитовые песчанистые доломиты тагульской и алевритовые кварциты ислитской свиты карагасской серии позднего рифа (криотенция). 25 – метаморфические имагматические породы палеопротерозоя фундамента Сибирской платформы. Стратиграфическое положение: 26 – ихнофоссилий *Treptichnus pedum*, 27 – фосфатных пород и фосфоритов. Основные маркирующие граници: 28 – самое низкое стояние уровня моря и, одновременная эрозионная поверхность, сформированная внутриконтинентальным ледником эпохи Марино, 29 – региональная постглациальная трансгрессия, 30 – эрозионная граница падения уровня моря и последующей трансгрессии в конце раннего венда, 31 – начало проградации аллювиальных систем в окраинных морях, предположительно, после опеделения Гаскье, 32 – наибольее высокое стояние уровня моря в конце раннего венда, 33 – начало образования эзакратонных континентальных провинций континентального подкомплекса и периферийского форландинского погружения кратона, 36 – смена континентальных условий осадконакопления прибрежно-морскими, 37 – начало образования эвапоритового бассейна позднего венда–раннего кембра, 38 – тектонические нарушения между вендинским чехлом и фундаментом.

**Fig. 8.** Detailed correlation of the Vendian deposits across south-western margin of the Siberian Platform.

Vendian-Cambrian sedimentary sag basin in the Siberian Craton (external source of clastics); intracontinental sea basin deposits: 1 – dolomite and dolomite breccia, 2 – laminated clayey-silty dolomite, siltstone and sandstone with NaCl pseudomorphs (subtidal zone), 3 – dolomite fine-bedded (subtidal lagoon), 4 – dolomite platystromatolic (intertidal zone), 5 – sandstone and siltstone with wavy ripples (subtidal zone). Deposits of marginal zone: 6 – parallel-bedded with dunes structure and bioturbation, 7 – conglomerate, trough cross-bedded sandstone with pebbles and gravels. Vendian foreland basin, continental subcomplex (internal sources of clastics): 8 – channel sandstone coarse-grained through cross-bedded of big deep river and more shallow rivers, 9 – sandstone, siltstone and mudstone of crevasses at levee and floodplane. Deposits of continental-marine subcomplex (internal sources of clastics): 10 – conglomerate, gravelstone, and gravelly sandstone cross-bedded of rivers channels, 11 – sandstone, siltstone and mudstone with deltaic sequences. Glacial deposits: 12 – tillite and glacial breccia, 13 – gravelly unsorted sandstone, siltstone and stromatolite dolomite with sandy-gravel debris (glaciofluvial and glaciolacustrine). Postfacial deposits: 14 – cap dolomite laminated and wavy-bedded (shallow lake-sea), 15 – sandy dolomite with large wavy bedding (coastal bars), 16 – sandstone-or-thoquartzite cross-bedded (coastal bars and dunes), 17 – sandstone and siltstone (black shale) of tidal and storm currents tempestite cosets, 18 – lentil micropolytite and stromatolite limestone of shoals, 19 – biohermal stromatolite and grained limestone of massifs (carbonate tempestites) at the time of sea high rise. Deposits of epicontinental sea synchro-nous the continental subcomplex with: 20 – coastal and storm current quartzose sandstone, 21 – sandstone-mudstone and sandy-limy tempestites, 22 – laminated intercalation siltstone and argillite, distal tempestites. Pre-Vendian rocks: 23 – clayey limestone and shale of Late Riphean Kurgitey Fm., 24 – sandy stromatolite dolomite of the Tagul Fm., and arkose siltstone of the Ipsiit Fm. (Late Riphean (Cryogenian) Karagasy Gr.), 25 – magmatic and metamorphic rocks of Paleoproterozoic basement. Stratigraphic position: 26 – ichnofossils *Treptichnus pedum*, 27 – phosphatic rocks and phosphorites. Main marking boundaries: 28 – lowest sea level and erosional surface in result of intracontinental glacier in the Marino epoch (Early Vendian), 29 – postglacial regional transgression, 30 – erosional surface of low stand sea and following sea transgression, 31 – beginning of alluvial system progradation from craton to marginal seas (possibly after Gaskier glaciation), 32 – highest sea level in the Early Vendian end, 33 – onset of exacratonic continental provinces influence, peripheral foreland basin and continental subcomplex forming, 34 – orogenesis reactivation and following sea transgression, 35 – change peripheral foreland basin by sag basin, 36 – change continental depositional system by coastal depositional system, 37 – onset of Late Vendian-Early Cambrian evaporite basin. 38 – fault between base-ment and cover of the Siberian Platform.

ные потоки имели центростремительное направление и перенос терригенного материала происходил от внешних горных сооружений на кратон; 4) перенос и отложение кластического материала осуществлялись постоянными реками и плащеобразными потоками наводнений; 5) приемным бассейном кластического материала было мелкое море во внутренних районах кратона [Sovetov, 2002]. Особенные корреляционные качества имеют мощные песчаниковые пачки и границы аллювиальных циклов в основании гребенской и айсинской свит и резонансные отложения во внутрикратонном бассейне седиментации, отражающие региональные проградации аллювия. Нижняя пачка песчаников в айсинской свите ранее была выделена как пачка X [Брагин, 1985], а в общей последовательности подразделений марнинской и удинской свит получила название муксутская пачка [Советов, Комлев, 2005]. Муксутская пачка айсинской свиты Присаянья (мощность 120–300 м) имеет определяющие свойства для корреляции поздневендских синорогенных отложений как в передовых прогибах, так и на разделяющих поднятиях и на плите Сибирской платформы.

Верхние части стратиграфических подразделений, принадлежащих континентальному подкомплексу, перекрываются регионально выдержаными конгломерат-песчаниковыми толщами, слагающими “енисейско-присаянский” горизонт с видом-индексом *Treptichnus pedum* в его кровле [Советов, 1977; Sovetov et al., 2007]. С большой вероятностью континентальный подкомплекс принадлежат позднему эдиакарану (средней части венда). В российской стратиграфической шкале (ОСШ) верхняя граница подкомплекса, вероятно, разделяет котлинский и ровенский ( $\approx$  немакит-далдынский) горизонты позднего венда [Соколов, 1997, 2013].

### **Корреляция венденских отложений от юго-западных периферийных районов во внутреннюю закрытую область Сибирской платформы**

Резкое изменение мощности и литологии неопротерозойских отложений происходит в направлении от периферийных прогибов к внутрикратонным Байкитскому и Непско-Ботуобинскому поднятиям (рис. 9). Эти изменения породили разные варианты корреляции отложений в радиальном направлении и, в конечном счете, к созданию региональных стратиграфических схем и номинации надрегиональных стратонов – венда (юдомия) и верхнего рифея (“байкалия”) [Хоментовский и др., 1972; Шенфиль, 1991]. Петрографический метод корреляции создал основу для заключения об одновозрастности “верхнего байкалия”, который был символом позднейшей эпохи рифея в краевых депрессиях, и юдомского комплекса во внутренних районах Сибирской платформы [Советов, 1977].

Седиментологическое исследование сложных осадочных комплексов раннего венда показало ряд региональных тенденций [Sovetov et al., 2007]: 1) толщи континентально-морского подкомплекса (подъемская, чистяковская, марнинская, удинская, голоустенская и улунтуяя свиты) накапливались в краевых эпиконтинентальных морях и прилегающей со стороны кратона аллювиальной равнине; 2) карбонатные отложения этого подкомплекса выклиниваются во внутренней области Сибирской платформы и замещаются тонкообломочными терригенными отложениями; 3) перенос кластического материала был радиальным и осуществлялся реками и эфемерными потоками со стороны внутренних поднятий к окраинным морям; 4) мощность отложений увеличивается к окраинным морям. До седиментологических работ к такому же выводу пришли другие исследователи с помощью точной корреляции по каротажу и по ассоциациям микрофоссилий [Тыщенко, 1986].

Корреляция разрезов тасеевской серии Енисейского кряжа и отложений во внутренних районах Сибирской платформы рассматривалась как комплексная проблема корреляции отложений в передовых прогибах и на конседиментационных внутренних поднятиях [Советов, Благовидов, 2004]. Сокращение мощности осадочных толщ от Енисейского кряжа (Южно-Енисейского прогиба) к Байкитскому поднятию и плите Сибирской платформы связано с выклиниванием и фациальным замещением отложений. При корреляции учитывались следующие реперные границы, связывающие разрезы в двух зонах бассейна: 1) резкое несогласие в подошве тасеевской серии и ванаварской свиты; 2) резкая трансгрессия в подошве чистяковской свиты и верхневанаварской подсвиты; 3) резкая проградация аллювиальных систем в основании мощаковской (гребенской) свиты и перерыв в подошве оскобинской свиты; 4) проградация аллювиальной системы с чередующимися барами в подошве веселовской свиты и, вероятный отклик в шельфовом бассейне – появление пачки песчаников в средней части оскобинской свиты; 5) резкое изменение источников материала в подошве редколесной свиты и появление парфеновской пачки (s.s.) полевошпат-кварцевых песчаников; 6) резкая трансгрессия моря в основание островной и катангской свит.

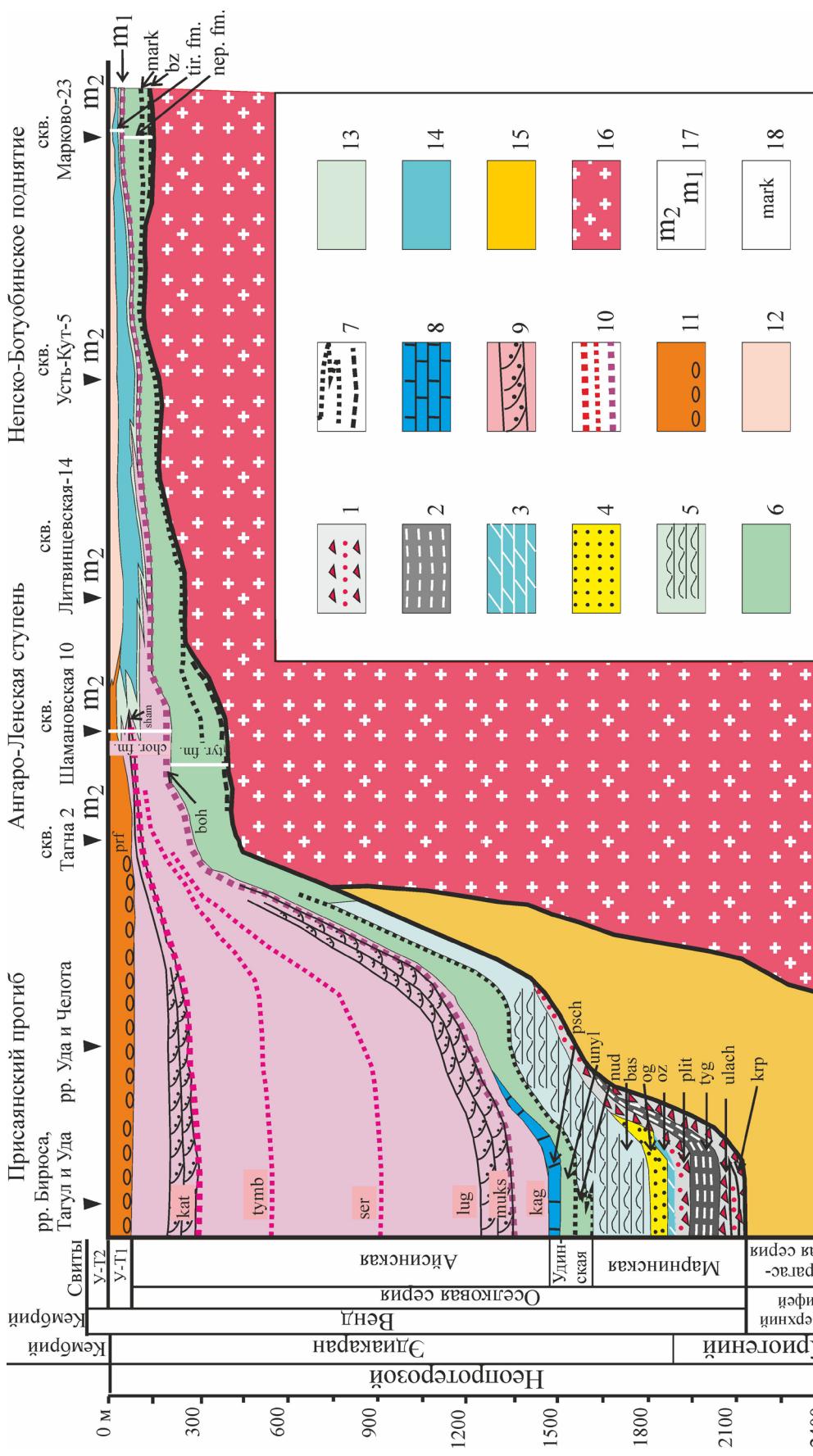
Первая из названных границ образована ледниковой эрозией кратона и проградацией грубокластических постледниковых континентальных отложений из внутренних районов Сибирского кратона во внутреннюю его зону [Sovetov, 2011a]. Русловые отложения сплетенных гравийных рек в алешинской свите структурно и генетически очень сходны с типом постледниковых отложений современной р. Скотт, классифицированных А. Майеллом [Miall, 1996], и функционально им идентичны [Советов, 2015]. С этой границей в передовых проги-

бах ассоциируют пачки тиллитов и гляциофлювиальных отложений основания чапской, тасеевской, оселковой и байкальской серий [Советов, Комлев, 2005; Sovetov, 2011a; Советов, 2015]. Вторая граница отражает раннюю постглациальную трансгрессию из окраинных морей на кратон и маркирует образование на кратоне аргиллитовых битуминозных толщ в непской свите. Третья граница соответствует наиболее сильной и далекой по обилию кластического материала проградации на кратон аллювиальных комплексов из внешней обширной внезапно появившейся области сноса. Эта граница обозначает переломный рубеж в развитии вендинских осадочных бассейнов, с ней ассоциируются в Присаянье и Енисейском кряже комплексы крупных речных долин в нижней части немчанской, мошаковской, айсинской свит и их коррелятивов в основании чорской свиты (боханская пачка), а также перерыв в основании оскобинской свиты [Мельников, 2009]. Четвертая граница связана с импульсом поднятия (обновления) внешней области сноса и второй сильной проградацией аллювиальных комплексов на кратон. Пятая граница связана с изменением тектонического режима и плана погружения Сибирского кратона и образованием на периферии аллювиальных конусов выноса, а во внутренних районах шлейфа кварцевых и полевошпат-кварцевых песчаников парfenовской пачки (s.s.) [Sovetov et al., 2007]. С четвертой и пятой границами ассоциируют, соответственно, начало образования большелугской и шаманской свит Иркутского Присаянья [Советов, 1977] и их стратиграфических аналогов: катальчиковской пачки айсинской свиты и нижней подсвиты усть-тагульской свиты в Бирюсинском Присаянье, веселовской и редколесной свит на юго-востоке и юге Енисейского кряжа, средненемчанской подсвиты и нижней подсвиты угловской свиты на северо-востоке Енисейского кряжа, кварцевых и полевошпат-кварцевых песчаники парfenовской пачки в самой верхней части чорской свиты и их аналогов в верхней части тирской свиты на Ангаро-Ленской ступени (Иркутский амфитеатр). Корреляция указанных границ и пачек приводит к заключению о стратиграфическом соответствии в направлении от прогиба к плите: алешинской и чистяковской свит тасеевской серии – ванаварской свите; мошаковской (в объеме гребенской и веселовской свит) и редколесной свит – оскобинской свите; островной свите и ее аналогов в Присаянье – катангской, собинской и тэтэрской свитам на плите [Советов, Благовидов, 2004]. Корреляция, достаточно простая в пределах отдельных палеотектонических структур, становится многовариантной в зонах перехода от внешних прогибов к внутренним поднятиям. При выборе предпочтительного варианта корреляции решающее значение имели следующие факты: 1) вендинские отложения представлены генетически различ-

ными осадочными системами; 2) осадочные системы сменяют друг друга в разрезах чапской, тасеевской, оселковой и байкальской серий однотипно, т.е. занимают в этих стратонах определенное стратиграфическое положение; 3) фациальные изменения и замещение континентальных систем морскими происходит закономерно: для раннего венда – от центральных районов кратона к его краевым частям, для позднего венда – от периферийной зоны к центру кратона.

Осадочные системы континентально-морского подкомплекса на Иркутском поднятии представлены отложениями олхинской серии, сопоставляемой с улунтуйской и качергатской свитами байкальской серии Прибайкалья [Бабкова, 1951; Исакова, 1963; Сулимов, 1964; Конева, 1985; Шенфиль, 1991; Sovetov et al., 2007]. Вышележащая мотская серия, подразделенная на хужирскую, большелугскую и шаманскую (нуртейскую) свиты [Советов, 1977], представляет кластический комплекс чередующихся континентальных и морских систем. Хужирская свита была детально изучена как пролювиально-аллювиальная система в связи с поисками россыпей золота [Мордвин, 1972; Слащева, Винниченко, 1972] и рассматривалась автором в керне скважин разведочного бурения. Большелугская свита, больше известная как пачка маркирующих “кварцито-видных песчаников”, представлена хорошо сортированными кварцевыми песчаниками с небольшой пачкой доломитов мелководно-морского генезиса [Советов, 1977], что обосновывает ее одновозрастность с космической свитой в скв. Ангарская 1 [Конева, 1985; Шенфиль, 1991]. Было проведено специальное седиментологическое изучение шаманской (нуртейской) свиты и ее аналогов – усть-тагульской и ушаковской свит в связи с проблемой поздневендского-раннекембрийского рифтинга и формирования солеродного бассейна Сибирской платформы [Sovetov et al., 2007]. **Отложения шаманской свиты** (Шаманский Утес, р. Иркут) подразделяются на речные отложения в нижней части свиты и морского прибрежья в верхней ее части. Подразделение внешне однородной красноцветной толщи на две разные по генезису части отражает региональное изменение палеогеографии и имеет ключевое значение для корреляции границы между ушаковской и куртунской свитами в Прибайкалье с границей между нижней и верхней подсвитами усть-тагульской свиты в Присаянья [Sovetov et al., 2007].

Сопоставление хужирской и космической свит с чорской свитой Ангаро-Ленской ступени или парfenовской свитой (s.l.) в интерпретации [Советов, 1977], по-видимому, сближало взгляды большинства исследователей на корреляцию поздневендских отложений Иркутского поднятия и плиты Сибирской платформы [Хоментовский и др., 1972; Шенфиль, 1991; Мельников, 2009]. Такая корреляция выводила подошву хужирской свиты (ранее –



**Рис. 9.** Корреляция осадочных систем Венского бассейна от Присаянского прогиба до Непско-Богуобинской антеклизы. Стратиграфическая позиция геофизических рефлеров  $M_1$  и  $M_2$  и продуктивных пачек песчанников заимствованы из схемы корреляции Л.Ф. Тышленко [1986].

1 – динамики, брекчи и песчаники гляциального происхождения; 2 – черные сланцы с лентообразными прослоями доломитов и известняков постглациальных бассейнов; 3 – доломиты покровного типа постглациальные; 4 – кварциты прибрежных морских баров; 5 – песчаники и алевролиты штормового генезиса; 6 – алевролиты и артиллиты дельт внутриконтинентальных рек; 7 – песчаники прибрежных баров, замещающие русловые отложения постглациальных радиальных рек; 8 – песчаники русловых линий отложений радиальных рек; 9 – известняки микрогофитогенные и строматонитовые банок и биогермов высокого стояния моря; 10 – профили речных долин, маркерные киркующие рифгиты в подножии венда и кембрия, по МСГ [Соколов, 1997, 2013; Gradstein et al., 2004]; 13 – территиренно-карбонатные стратиграфические аналоги отложений раннекембрийских аллювиальных конусов выноса; 14 – терригенно-сульфатно-доломит-магнезитовые отложения эпиконтинентального озера (верхнерифейские, криогенные) терригенные и карбонатные отложения карагасской серии; 16 – комплекс пород фундамента Сибирской платформы; 17 – региональные маркерные отложения геофизического картажа т. – маркантного опресненного моря – стратиграфические аналоги отложений аллювиальной равнины; 18 – комплекс пород фундамента Сибирской платформы; 19 – региональные маркерные отложения геофизического картажа т. – маркантного опресненного моря – стратиграфические аналоги отложений аллювиальной равнины; 20 – песчаники и алевролиты постглациальных бассейнов.

кирующий геофизический репер и сопоставляемая граница континентального подкомплекса венда,  $m_2$  – маркирующий геофизический репер, соответствующий трангрессии моря (поверхности затопления) регионального масштаба в верхней части венда в ОСШ, по Б.С. Соколову [1997, 2013] или на границе венда и кембра по МСШ [Gradstein et al., 2004]. 18 – аббревиатуры стратиграфических подразделений: У- $T_1$  – усть-тагульская свита, нижняя подсвита; пачки в айсинской свите: кат – катальчиковская, тумб – тымбырская, сер – серебровская, lug – луговская, muk – мускунская, kag – кагатская; пачки в марнинской свите: psch – пещеринская, unyl – унылская, nud – нижнеудинская, bas – базаринская, oz – озеркинская, og – огнитская, plit – липитинская, tyg – тулунская, krp – карачатуйская, свита ВО ВНУТРЕННИХ РАЙОНОВ СИБИРСКОЙ ШАГФОРМЫ: chor – чорская свита по [Арутюнов и др., 1982], парфеновская свита по [Советов, 1977], тир – тыретская свита по [Советов, 1977], олхинская свита по [Мордвин, 1972] или тыптинская свита по [Мельников, 2001.3], tir – тирская свита, пер – испанская пачка: prf – парфеновская, boch – боханская, мар – марковская, bz – безымянная пачка по [Тыщенко, 1986], chon – чонская пачка по [Мельников, 2009], sham – шаманская пачка, по [Мельников, 2009].

**Fig. 9.** Depositional systems correlation in the Vendian sedimentary basin from Near Sayan region to Nepa-Botuoba antecline. Stratigraphic position of geophysics horizons  $m_1$  and  $m_2$  and oil and gas-bearing strata are shown as in the correlation scheme of the L.F. Tyschenko [1986].

1 – diamicrite, breccia and unsorted sandstone of glacial genesis, 2 – black shale with ribbon-like beds of dolomite and limestone in the postglacial basin, 3 – cap dolomite, 4 – coastal bar quartzite, 5 – sandstone and siltstone of storm currents, 6 – deltaic siltstone and argillite of postglacial intracontinental rivers, 7 – coastal bar sandstone changing the postglacial radial river channels sandstone, 8 – sandstone of radial river channels, 9 – microphytolite and stromatolite biohermal limestone at the high sea level, 10 – stratigraphic marks of river valley progradation, 11 – correlation of alluvial channels, 12 – fluvial gravelstone and conglomerate marking a lifting at the Late Vendian on the CS of the Russia (or at the Early Cambrian on the ISS [Sokolov, 1997, 2013; Gradstein et al., 2004]), 13 – terrigenous-carbonate stratigraphic analogues of the early Cambrian alluvial fans deposits, 14 – terrigenous-sulphate-dolomite-magnesite deposits in the brackish sea as stratigraphic analogues of the alluvial plane deposits, 15 – Pre-Vendian (Late Riphean, Cryogenian) terrigenous and carbonate deposits of the Karagasy Gr., 16 – basement rocks of the Siberian Platform, 17 – regional well logging marks: ml – welllogging mark of lower boundary of the Vendian continental subcomplex,  $m_2$  – well logging mark of regional transgression (flooding surface) in the upper Vendian after the B.S. Sokolov [1997, 2013] in CSS or in the Vendian-Cambrian boundary after [Gradstein et al., 2004]; 18 – stratigraphic units abbreviation: У- $T_1$  lower Ust'-Tagul Fm.; Aysa Fm. members: kat – Katal'chikov Mb., tymb – Tymbry Mb., ser – Serebrov Mb., lug – Lugovoy Mb., muk – Muzsut Mb., kag – Kagat Mb.; Marinya Fm. members: psch – Peschernaya Mb., unyl – Unyl Mb., nud – Nizhneudinsk Mb., bas – Bol'shaya Aysa Mb., oz – Ozerki Mb., tyg – Tyngel Mb., ulach – Ulyacha Mb., krp – Karapchatuy Mb.; stratigraphic formations in the inner districts of the Siberian Platform: chor – Chora Fm. after [Арутюнов et al., 1982], Parphenovo Fm. after [Советов, Комлев, 2005], Olcha Fm., after [Советов, 2002] or Typtia Fm. [Мордвин, 1972], tir – Tira Fm., nep – Nepa Fm.; stratigraphic members: prf – Parfenovo Mb., boch – Bochan Mb., mar – Markovo Mb., bz – Bezymannaya Mb. on [Tyschenko, 1986], chon – Chona Mb. on [Мельников, 2009], sham – Shaman Mb., [Мельников, 2009].

нижнемотской подсвиты) на подошву боханского продуктивного пласта и пачки, а космическую свиту на тирскую и оскобинскую свиты. Независимая корреляция границ секвенций и осадочных систем континентально-морского подкомплекса венда в Присаянском и Прибайкальском прогибах подтвердила их полное сходство и одинаковое стратиграфическое положение [Sovetov et al., 2007].

Из согласованной корреляции следует главный вывод: стратиграфический уровень чорской свиты находится заведомо выше континентально-морского подкомплекса, представленного отложениями нижней и средней подсвит олхинской свиты и коррелируемых с ними морских отложений удинской и марнинской свит Присаянья, чистяковской и подъемской свит Енисейского кряжа, голоустенской и улунтуйской свит байкальской серии Прибайкалья. Все “подчорские” алевролито-аргиллитовые отложения, с редкими пластами песчаников, нижней части вендинского чехла юга Сибирской платформы (тыретская, тулунская, олхинская свиты), идентифицированные и прослеженные до Непско-Ботуобинского поднятия [Тыщенко, 1986], стратиграфически соответствуют до-поздневендинским отложениям передовых прогибов. Следовательно, в краевых (передовых) прогибах мощные терригенные отложения, от подошвы поздневендинского континентального подкомплекса до первой региональной (катангской) трансгрессии моря вверху, одновозрастны комплексу отложений чорской свиты небольшой мощности. Корреляционный уровень катангской трансгрессии соответствует смене речных отложений прибрежноморскими отложениями куртунской свиты Прибайкалья, верхней части шаманской и усть-тагульской свит Присаянья, средней части угловской свиты Енисейского кряжа [Sovetov et al., 2007].

Ранее, двумя независимыми методами: петрографическим [Советов, 1977] и геофизическим [Тыщенко, 1986], было доказано, что пачка песчаников под названием “парфеновская” имеет разное стратиграфическое положение в стратотипе (среднее течение р. Ангара) и на Непско-Ботуобинской антеклизе. До введения в стратиграфическую практику названия “чорская свита” со стратотипом в скв. Чорская 115 и Шамановская 10 [Арутюнов и др., 1982], все отложений между геофизическими реперами  $m_1$  и  $m_2$  объединялись автором, чтобы сгладить номенклатурные разнотечения, в парфеновскую свиту (s.l.) с двумя петрографическими пачками – боханской внизу и парфеновской (s.s.) вверху [Советов, 1977]. Эта часть разреза называлась также нижней подсвитой мотской свиты с пластами песчаников  $\Pi_3$  внизу и  $\Pi_1$  вверху разреза [Тыщенко, 1986].

Фациальная изменчивость чорской свиты подводит к нескольким заключениям: 1) от Ангаро-Ленской ступени к Непско-Ботуобинскому поднятию средняя ее часть замещается глинисто-

доломит-ангидритовыми отложениями, что было установлено по каротажу и керну [Тышченко, 1986] и подтверждено корреляцией петрографических горизонтов [Советов, 1977]; 2) осадочная толща от каротажного репера  $m_1$  до фундамента стратиграфически соответствует непской свите, т.е. “марковский” и “безымянный” маркирующие пласты песчаников непской свиты находятся стратиграфически ниже “боханского” пачки; 3) от Ангаро-Ленской ступени к Прибайкальскому и Присаянскому прогибам нижняя и средняя части чорской свиты (боханская пачка) увеличивается по мощности за счет появления дополнительных пластов песчаников [Арутюнов и др., 1982; Мельников, 2009]; 4) чорская свита замещается тирской свитой и ее стратиграфическим аналогом – оскобинской свитой, залегающими на Непско-Ботубинском и Байкитском поднятиях и их склонах [Тышченко, 1986]. Неизбежным следствием такой стратиграфической модели автор считает заключение о глубоком погружении аналогов чорской свиты в прогибах и корреляцию ее с нижними маркирующими пачками песчаников поздневендского континентального подкомплекса (см. рис. 9). Обоснование замещения мощных осадочных серий в прогибах маломощным чехлом на передовых поднятиях приведено в [Светов, Благовидов, 2004] и подтверждено также для районов, сопредельных с Енисейским кряжем и Патомским нагорьем [Мельников, 2009]. Стратиграфическим аналогом боханской пачки чорской свиты в Присаянье автор считает муксутскую пачку айсинской свиты, которая по внезапной сильной проградации аллювия на платформу представляет собой проксимальную часть песчаного клина уникального для корреляции. В Прибайкалье ей соответствует нижняя пачка песчаников качергатской свиты (черемшанская пачка по стратотипу в уроцище Черемшанка) в бассейне рек Голоустная и Куртун. Последняя была прослежена над улунтуйскими известняками в ряде скважин по профилям от Прибайкальского прогиба на Иркутское поднятие и Ангаро-Ленскую ступень. В схеме корреляции В.Ю. Шенфеля [1991] была придумана иная геологическая модель погружения краевой части Сибирской платформы [Sovetov et al., 2007]: полная инверсия Байкальского, как считалось, позднерифейского прогиба, перед накоплением ушаковской свиты, глубокий размыв качергатской свиты и ее аналогов в прогибе и на кратоне, а затем новое интенсивное погружение. По этому варианту корреляции к “терригенному” венду относился только самый верхний терригенный грубозернистый осадочный комплекс – ушаковская свита, отделенная конгломератами от подстилающих отложений. По аргументам, приведенным выше, венду на юго-западе Сибирской платформы имеет значительно больший литостратиграфический объем и объединяет отложения крупных осадочных серий в пол-

ном объеме – чапской, тасеевской, оселковой, байкальской. Ранее автором приведена аргументация происхождения конгломератов и перекрывающего эвалпоритового осадочного бассейна в результате поздневендского-раннекембрийского рифтинга [Sovetov et al., 2007]. Поэтому, если относить к венду только усть-тагульскую свиту, ее аналог на севере Енисейского кряжа – угловскую свиту [Советов, 1977] и ушаковскую свиту Прибайкалья, значит сузить систему до объема немакит-далдынского горизонта, который начинается с основания иркутской и островной свит [Хоментовский и др., 1972, с. 281; Советов, 2015], т.е. с верхней подсвиты усть-тагульской свиты.

В самое последнее время были обнаружены остатки мягкотелых многоклеточных животных, имеющие диагностическое значение для венда (эдиакарана), в частности рангеоморфные фоссилии в стратиграфическом аналоге айсинской свиты – качергатской свите байкальской серии [Советов, Соловецкая, 2014]. Другие слепки и отпечатки мягкотелых многоклеточных животных в маринской свите демонстрировались автором в докладах на международных конференциях в Москве и Новосибирске [Советов, Комлев, 2005; Советов, 2007], на 33-м, 34-м и 35-м МГК в Осло, Брисбене и Кейптауне. [Sovetov, 2011b]. Новые биостратиграфические, изотопно-geoхимические и геологические данные, полученные в последнее десятилетие в Байкало-Патомском регионе, также подтверждают вендинский возраст оселковой серии и коррелируемых стратиграфических подразделений на юго-западе Сибирской платформы. Проба цирконов из основания жуинской серии в Приленской зоне дала три кластера значений возраста, один из которых имеет среднюю величину  $646.9 \pm 3.4$  млн лет, что стало основанием для отнесения к венду дальневендайгинской серии патомского комплекса [Чумаков и др., 2011, 2013]. Вместе с хемостратиграфическими данными [Покровский и др., 2006], это значение возраста детритовых цирконов допускает интерпретацию возраста стратиграфического аналога жуинской серии – континентального подкомплекса – как поздневендского. Другие данные и детальный анализ микрофоссилий, приведенные в работе [Чумаков и др., 2013], подтверждают ранневендский возраст нижележащей дальневендайгинской серии и соответственно коррелируемых с нею байкальской и оселковой серий, что было предсказано в работе [Советов, Комлев, 2005].

Континентально-морской подкомплекс подразделяется на две секвенции – маринскую и удинскую, каждая из которых начинается с глубокого падения уровня моря и заканчивается высоким уровнем его стояния. Маринская секвенция включает базальный горизонт ледниковых, гляциофлювиальных и гляциоозерных отложений, принадлежащих двум стадиям оледенения Марино, и больше-

айсинскую трансгрессию моря [Sovetov, 2011a, б]. Удинская секвенция прямых признаков оледенения в основании не несет, но предшествующее оледенение, возможно эпохи Гаскье, предполагается по нижней глубокой эрозионной границе и тенденции поворота изотопной кривой  $\delta\text{C}^{13}$  на этой границе в область отрицательных значений [Sovetov, 2011a]. Удинская секвенция заканчивается трансгрессией моря и высоким уровнем его стояния (унылская, пещерниковская пачки марнинской свиты и самая верхняя пачка известняков верхнеулунтуйской подсвиты). В позднем венде на Сибирской платформе произошло радикальное изменение палеогеографии и появился периферический форлантовый бассейн, который связан с аккрецией к юго-западной границе платформы огромного палеоконтинента. Вероятно, это же геодинамическое событие отразилось на Восточно-Европейской платформе формированием редкинского, беломорского и полузакрытого котлинского бассейнов, которые несут признаки форлантового бассейна [Гражданкин, 2003]. Новый этап в истории двух платформ начинается с падения уровня моря и последующей глобальной “кембрийской” трансгрессии и появлением уникальной биоты в начале ровенского (немакит-далдынского) века. Этот рубеж принимается как граница между эдиакараном и кембriем [Gradstein et al., 2004] либо рассматривается как поздневендская предкембрийская экспансия представителей мелкораковинной фауны, трубковидов и мягкотелых животных, оставивших только характерные следы [Соколов, 2013].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ седиментационной структуры осадочных толщ стал ключевым моментом интерпретации стратиграфии и корреляции стратонов венда на юго-западе Сибирской платформы.

2. Впервые приведена детальная литофациальная классификация речных отложений айсинской свиты оселковой серии венда Присаянья и на этой основе сделан вывод об огромном влиянии на строение поздневендского осадочного бассейна речной системы гигантской реки (*big river*). Эти данные стали основой корреляции отложений венда в юго-западной периферической зоне Сибирской платформы, которые сгруппированы в два региональных подкомплекса: *нижний континентально-морской* и *верхний континентальный*.

3. Каждый из двух подкомплексов образован уникальным латеральным рядом осадочных систем и отличается от другого по расположению области сноса, направлениям переноса кластического материала, градиенту мощности, темпу погружения бассейна и палеогеографической зональности. Подкомплексы образуют два латеральных ряда осадочных систем: нижний – от преобладания мелководно-

морских систем на периферии к континентальным во внутренней области Сибирской платформы, верхний – от доминирования аллювиальных систем на периферии к исключительно мелководно-морским системам во внутренней области.

4. *Континентально-морской* подкомплекс представлен во внутренних районах Сибирской платформы терригенной непской свитой, которая на юго-запад замещается нижними стратиграфическими подразделениями байкальской серии (голоустенская и улунтуйская свиты), олхинской серии, оселковой серии (марнинская и удинская свиты) и тасеевской серии (алешинская и чистяковская свиты). *Континентальный* подкомплекс накопился в передовых (краевых) прогибах и замещается во внутренних районах Сибирской платформы (Байкитская антеклиза, Непско-Ботуобинская антеклиза) мелководно-морскими терригенно-карбонатными и карбонатными отложениями (с ангидритом, доломитом и магнезитом) тирской и оскобинской свит.

Автор выражает благодарность преподавателям и студентам Новосибирского государственного университета В.В. Благовидову, А.Е. Куликовой, М.Н. Медведеву, инженеру ИГМ СО РАН Л.А. Чигвинцевой, ведущему инженеру ИНГГ СО РАН Л.В. Соловецкой и безвременно ушедшему Е.П. Бутакову за содействие в полевых исследованиях вендинских отложений и биоты Присаянья. Приношу также благодарность профессору С. Иенсену из Университета Экстремадура (Испания) за консультацию по определению ихнофоссилий.

*Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ, проекты 04-05-65299, 08-05-00959, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет финансировал участие с докладами на 32-м (2004), 33-м (2008), 34-м (2012) и 35-м (2016) МГК.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анатольева А.И. (1968) Древняя красноцветная терригенно-гематитовая формация на юго-западе Сибирской платформы. *Бюлл. МОИП. Отд. геол.*, (5), 79-92.  
Арутюнов С.Л., Городничев В.И., Дробот Д.И., Воробьев В.Н., Журавлев А.Г., Шенфиль В.Ю., Диценко А.Н., Пятилетов В.Г. (1982) К стратиграфии позднего докембрая Ангаро-Ленской нефтегазоносной области. *Геология и геофизика*, (3), 41-43.  
Бабкова М.С. (1951) Новая свита в разрезе древних толщ Присаянья. *Тр. Иркутского госуниверситета. Сер. геол.*, 5(2), 100-103.  
Божко Н.А. (1976) О присутствии тиллоидов в разрезе докембрая центральной части Западного Прибайкалья. *Вестник МГУ. Сер. геол.*, (4), 106-108. 4.  
Брагин С.С. (1985) Оселковая серия позднего докембрая Присаянья (расчленение и корреляция). *Стратиграфия*

- фия позднего докембра и раннего палеозоя Сибири. Венд и рифей.* (Отв. ред. В.В. Хоментовский.) Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 44-57.
- Гражданкин Д.В. (2003) Строение и условия осадконакопления вендинского комплекса в Юго-Восточном Беломорье. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, 11(4), 3-23.
- Григорьев В.Н. (1963) Кембрийские молассовые формации западной окраины Сибирской платформы и ее обрамления. *Вулканогенно-осадочные и терригенные формации.* (Отв. ред И.В. Хворова) М.: Изд-во АН СССР, 374-386.
- Исакова В.С. (1963) Новые данные по геологии юго-западного Прибайкалья. *Докл. АН СССР*, 151(1), 161-164.
- Конева Л.П. (1985) Строение мотской серии юга Ангаро-Ленской ступени. *Региональная стратиграфия нефтеносных провинций Сибири.* Новосибирск: СНИИГГиМС, 28-33.
- Коробейников Н.К., Семейкина Л.К. (1978) Характер взаимоотношения байкальской серии среднего протерозоя в северо-западном Прибайкалье. *Новое в стратиграфии и палеонтологии позднего докембра восточных и северных районов Сибири.* (Отв. ред. В.В. Хоментовский) Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 134-146.
- Маслов В.К. (1983) О перерывах в осадконакоплении и корреляции разрезов среднего-верхнего рифея в Западном Прибайкалье. *Геология и геофизика*, (7), 79-105.
- Мац В.Д., Егорова О.П. (1957) Стратиграфия байкальского комплекса и некоторые данные по его фосфоритоносности. *Материалы по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири.* (Отв. ред. М.М. Одинцов) Вып. 1 (22), 47-58.
- Мельников Н.В. (2009) Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. Новосибирск: СО РАН, 148 с.
- Мордвин А.П. (1972) Хужирское рудопроявление золотоносных конгломератов. *Геология и золотоносность конгломератов рифея и венда южного обрамления Иркутского амфитеатра.* (Отв. ред. Г.Х. Файнштейн) Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 154-189.
- Покровский О.Г., Мележик В.А., Буякайте М.И. (2006) Изотопный состав С, O, Sr и S в позднедокембрейских отложениях Патомского комплекса, Центральная Сибирь. Сообщение 1. Результаты, изотопная стратиграфия и проблемы датирования. *Литология и полез. ископаемые*, (5), 505-530.
- Покровский О.Г., Буякайте М.И., Кокин О.В. (2012) Геохимия изотопов C, O, Sr и хемостратиграфия неопротерозойских отложений севера Енисейского кряжа. *Литология и полез. ископаемые*, (2), 197-220.
- Предтеченский А.А. (1960) Древнее поднятие южной Сибири (К вопросу о “Древнем темени Азии”). *Тр. СНИИГГиМС.* Вып. 13, 65-78.
- Семихатов М.А. (1962) Рифей и нижний кембрий Енисейского кряжа. (Отв. ред. В.В. Хоментовский) М.: Изд-во АН СССР, 241 с.
- Семихатов М.А., Сергеев В.Н., Воробьёва Н.Г. (2013) Современное состояние общей стратиграфической шкалы протерозоя и перспективы ее детализации. Тр. Всерос. конф. “Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства” (Отв. ред. М.А.Федонкин) М.: ГИН РАН, 41-48.
- Слащева Л.И., Виниченко М.Н. (1972) Золотоносность конгломератов венда Юго-Восточного Присаянья. *Геология и золотоносность конгломератов рифея и венда южного обрамления Иркутского амфитеатра.* (Отв. ред. Г.Х. Файнштейн) Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 115-154.
- Советов Ю.К. (1977) Верхнедокембрейские песчаники юго-запада Сибирской платформы. (Отв. ред. Ю.П. Казанский) Новосибирск: Наука СО, 294 с.
- Советов Ю.К. (1986) Парагенетические ассоциации континентальных отложений в позднедокембрейской эпиконтинентальной молассе: Малый Карагату, Казахстан. *Проблемы формационного анализа.* (Отв. ред. М.А.Жарков), Тр. ИГиГ СО АН СССР, (628), Новосибирск: Наука СО, 104-126.
- Советов Ю.К. (2007) Новое местонахождение бесскелетных Metazoa вендо-эдиакарского типа на юго-западе Сибирской платформы: оселковая серия, Бирюсинское Присаянье. *The Rise and Fall of the Vendian (Ediacaran) Biota. Origin of the Modern Biosphere. Transaction of the International Conference of the IGSP 493.* (ed. M.A. Fedonkin) Moscow: GEOS. 33-37.
- Советов Ю.К. (2015) Тиллиты вблизи основания тасеевской серии венда стратотипического разреза (Сибирская платформа). *Геология и геофизика*, 56(11), 1934-1944.
- Советов Ю.К., Благовидов В.В. (2004). Реконструкция бассейна осадконакопления (на примере вендинского передового прогиба – “форландового бассейна” юго-запада Сибирской платформы). *Осадочные бассейны: методы изучения, строение и эволюция.* (Ред.: Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож). М.: Научный мир, 159-212.
- Советов Ю.К., Казак А.К. (2013) Орогенез и аллювиальное осадконакопление на юго-западе Сибирской платформы в позднем венде (тип дренажной сети, источники материала, темп погружения). *Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории.* Мат-лы VII Всерос. литол. совещ. Т. III. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 129-132.
- Советов Ю.К., Комлев Д.А. (2005) Тиллиты в основании оселковой серии Присаянья и положение нижней границы венда на юго-западе Сибирской платформы. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, (1), 3-34.
- Советов Ю.К., Соловецкая Л.В. (2014) Первая находка рангеморфных организмов в качергатской свите Прибайкалья и стратиграфическое положение эдиакарской пачки стратотипа эдиакарана на Сибирской платформе. *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту).* (Отв. ред. Е.В.Скляров) Материалы научного совещания по Программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН. Вып. 12. Т. 2. Иркутск: ИЗК СО РАН. 279-280.
- Соколов Б.С. (1997) Очерки становления венда. М.: КМК Scientific Press Ltd., 153 с.
- Соколов Б.С. (2013) Вендская система в общей стратиграфической шкале России (приложение к сборнику статей конференции). *Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства.* (Отв. ред. М.А. Федонкин) М.: ГИН РАН. С. 3-48.
- Сулимов И.Н. (1964) О позднем докембре Олхинского

- Присаянья. *Геология и геофизика*, (8), 130-133.
- Тышченко Л.Ф. (1986). Корреляция и номенклатура продуктивных горизонтов подсолевого терригенно-го комплекса юга Сибирской платформы. *Геология нефти и газа*, (5), 11-15.
- Хоментовский В.В. (1985) Венд Сибирской платформы. *Вендинская система. 2. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Стратиграфия и геологические процессы*. (Отв. ред. Б.С. Соколов, М.А. Федонкин) М.: Наука, 83-161.
- Хоментовский В.В., Шенфиль В.Ю., Якшин М.С., Бутаков Е.П. (1972) Опорные разрезы отложений верхнего докембрия и нижнего кембрия Сибирской платформы. М.: Наука. 356.
- Чумаков Н.М., Капитонов И.Н., Семихатов М.А., Леонов М.В., Рудько С.В. (2011) Возраст верхней части патомского комплекса Средней Сибири: изотопные датировки обломочных цирконов никольской и жербинской свит. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, **18**(2), 115-119.
- Чумаков Н.М., Семихатов М.А., Сергеев В.Н. (2013) Опорный разрез вендинских отложений юга Средней Сибири. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, **21**(4), 26-51.
- Шемин Г.Г. (2007) Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботубинская, Байкитская антиклизы и Катангская седловина). Новосибирск: Изд-во СО РАН. 467 с.
- Шенфиль В.Ю. (1991) Поздний докембрый Сибирской платформы. Новосибирск: Наука СО, 184 с.
- Sea-level changes: an intergrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ.*, **42**, 109-124.
- Sovetov J.K. (2002) Vendian foreland basin of the Siberian cratonic margin: Paleopangean accretionary phases. *Russian Journal of Earth Sciences*, **4**(5), 363-387.
- Sovetov J.K. (2011) Late Neoproterozoic (Vendian) glaciogenic deposits in the Marnya formation, Oserek Group, in the foothills of the East Sayan Range, southwestern Siberian Craton *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. IGCP 512*. (Eds: E. Arnaud, G.P. Halverson, G. Shields-Shou). Geological Society, London, Mem. 36, Ch. 28, 317-329.
- Sovetov, J.K. (2011) Guidebook on the post-conference field trip to the East Sayan Foothills. International Conference *Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geo-dynamics and petroleum potential*. Novosibirsk, IPGG SB RAS, 229 p.
- Sovetov J.K., Kulikova A.E., Medvedev M.N. (2007) Sedimentary basins in the southwestern Siberian Craton: Late Neoproterozoic-Early Cambrian rifting and collisional events. *The evolution of the Rheic Ocean: From Avalonian-Cadomian active margin to Alleghenian-Variscan collision*. (Eds U. Linnemann, R.D. Nance, P. Kraft, G. Zulauf) *Geol. Soc. of America Spec. Publ.*, Paper 423, 549-578.
- Walker R.G. (1992) Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. *Facies models. Response to sea level change* (Eds R.G. Walker, N.P. James) Geol. Assoc. of Canada. Love Printing Service Ltd. Stittsville, Ontario, 1-14.

## REFERENCES

- Allen J.R.L. (1983) Studies in fluvial sedimentation: bars, bar complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders. *Sed. Geol.*, **33**, 237-293.
- Dickinson W.R., Suczek C.A. (1979) Plate tectonic and sandstone compositions. *AAPG Bull.*, **63**(12), 2164-2182.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., Bleeker W., Lourens L.J. (2004) A new Geological Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene. *Episodes*, **27**(2), 83-100.
- Knoll A. H., Walter M. R., Narbonne G. M., Christie-Blick N. (2006) The Ediacaran Period: A new addition to the geologic time scale. *Lethaia*, **39**, 13-30.
- Kuznetsov A.B., Ovchinnikova G.V., Gorokhov I.M., Letnikova E.F., Kaurova O.K., Konstantinova G.V. (2013) Age constraints on the Neoproterozoic Baikal Group from combined Sr isotopes and Pb-Pb dating of carbonates from the Baikal type section Soutwestern Siberia. *J. Asian Earth Sciences*, **62**, 51-66.
- Makaske B. (2001) Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. *Earth-Science Reviews*, **53**, 149-196.
- Miall A.D. (1996) Geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Berlin Heidelberg, Springer Verlag, 582 p.
- Miall A.D. (2014) Fluvial depositional Systems. Springer International Publishing Switzerland, 316 p.
- Nadon G. (1994) The genesis and recognition of anastomosed fluvial deposits: data from the St. Mary River Formation, southwestern Alberta. *J. Sed. Res.* **B64**, 451-463.
- Posamentier H.W., Jersey, M.T., Vail P.R. (1988). Eustatic controls on clastic deposition I – conceptual framework.
- Allen J.R.L. (1983) Studies in fluvial sedimentation: bars, bar complexes and sandstone sheets (low-sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders. *Sed. Geol.* **33**, 237-293.
- Anatol'eva A.I. (1968) Old red-colour terrigene-gematite formation at the south-west Siberian Platform. *Bjull. MOIP, otd. geol.*, (5), 79-92. (In Russian)
- Arutyunov S.L., Gorodnichev V.I., Drobot D.I., Vorob'ev V.N., Zhuravlev A.G., Shenfil' V.Ju., Didenko A.N., Pyatiletov V.G. (1982) [For Late Precambrian stratigraphy at the Angara-Lena oilbearing district] *Geol. Geofiz.*, (3), 41-45. (In Russian)
- Babkova M.S. (1951) New formation inside the old deposits section at the Foot Hills of the East Sajan Range. *Trudy Irkutsk Stat Univ.*, Ser. Geol., T. 5, Vyp. 2, 100-103. (In Russian)
- Bozhko N.A. (1976) About tilloids presence in the Precambrian section at the central part of the Western Near Baikal territory. *Vest. Mosk. Univ.*, Ser. 4: Geol., (4), 106-108. (In Russian)
- Bragin S.S. (1985) Late Precambrian Oserek Group at the Foot Hills of the East Sajan Range (partition and correlation) (Ed. V.V. Khomentovskiy) *Stratigraphija pozdne-go dokembrija i rannego paleozoja Sibiri. Vend i rifej*. [Stratigraphy of Late Precambrian and Earlier Paleozoic Siberia. Vendian and Riphean]. Novosibirsk, IGI SO AN SSSR, 44-57. (In Russian)
- Chumakov N.M., Kapitonov I.N., Semikhhatov M.A. Age of the Upper part of the Patom Complex at the Middle Siberia: dating of detrital zircons from Nikol'skaya and

- Zherba formations. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **18**(2), 115-119. (In Russian)
- Chumakov N.M., Semikhatov M.A., Sergeev V.N. (2013) Base section of the Vendian deposits at the south Middle Siberia. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **21**(4), 26-51. (In Russian)
- Dickinson W.R., Suczek C.A. (1979) Plate tectonic and sandstone compositions. *AAPG Bull.*, **63**(12), 2164-2182.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., Bleeker W., Lourens L.J. (2004). A new Geological Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene. *Episodes*, **27**(2), 83-100.
- Grazhdankin D.V. (2003) Structure and depositional environments of the Vendian Complex at the southeastern coast of the White Sea. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **11**(4), 3-23. (In Russian)
- Grigor'ev V.N. (1963) Cambrian molasse formations at the western margin of the Siberian Platform and its framing. (Ed. I.V. Khvorova) *Vulkanogenno-osadochnye i terri-gennoe formatsii*. [Volcanic-sedimentary and terrigenous formations]. Moscow, AN SSSR, 374-386. (In Russian)
- Isakova V.S. (1963) New data on geology of southwestern Near Baikal territory. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **151**(1), 161-164. (In Russian)
- Khomentovsky V.V. (1985). Vendian at the Siberian Platform. *Vendskaja Sistema. 2. Istoriko-geologicheskoe i paleontologicheskoe obosnovanie. Stratigrafija i geologicheskie protsessy*. [The Vendian System. 2. Historical-geological and paleontological grounding. Stratigraphy and geological processes]. (Editor's note: B.S. Sokolov, M.A. Fedonkin) Moscow, Nauka Publ., 83-161. (In Russian)
- Khomentovsky V.V., Shenfil' V.Yu., Jakshin M.S., Butakov E.P. (1972) *Opornye razrezy otlozhennii pozdne-go dokembrija i nizhnego kembrija Sibirskoy platformy* [Base sections of Upper Precambrian and Lower Cambrian deposits the Siberian Platform]. (Editor's note: ). Moscow: Nauka Publ.. 356 p. (In Russian)
- Knoll A.H., Walter M.R., Narbonne G.M., Christie-Blick N. (2006) The Ediacaran Period: A new addition to the geologic time scale. *Lethaia*, **39**, 13-30.
- Koneva L.P. (1985) Structure of the Moty series at the South Angara-Lena Step. *Regional'naja stratigrafija nefenosnykh provintsiy Sibiri* [Region stratigraphy of oilbearing areas Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 28-33. (In Russian)
- Korobeinikov N.K., Semeikina L.K. (1978) The interrelation character of the Middle Proterozoic Baikal Series at the northwestern Near Baikal territory. (Ed. V.V. Khomentovskiy). *Novoe v stratigrafii i paleontologii pozdne-go dokembrija vostochnykh i severnykh rayonov Sibiri* [News in the stratigraphy and paleontology of Late Precambrian eastern and northern areas of Siberian] Novosibirsk, IGIG SO AN SSSR, 134-146. (In Russian)
- Kuznetsov A.B., Ovchinnikova G.V., Gorokhov I.M., Letnikova E.F., Kaurova O.K., Konstantinova G.V. (2013) Age constraints on the Neoproterozoic Baikal Group from combined Sr isotopes and Pb-Pb dating of carbonates from the Baikal type section Soutwestern Siberia. *J. Asian Earth Sciences*, **62**, 51-66.
- Makaske B. (2001) Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. *Earth-Science Reviews*, **53**, 149-196.
- Maslov V.K. (1983) About disconformities and correlation of the Middle-Upper Riphean sections at the Western Near Baikal territory. *Geol. Geofiz.*, (7), 79-105. (In Russian)
- Mats V.D., Egorova O.P. (1957) Stratigraphy of the Baikal Complex and some data of its phosphorite bearing. *Materialy po geologii i poleznyim iskopayemym Vostochnoy Sibiri* [Materials on geology and mineral resources of Eastern Siberia]. (Ed. M.M. Odintsov). Vyp. 1 (22), 47-58. (In Russian)
- Melnikov N.V. (2009) *Vend-kembriyskiy solenosnyy basseyn Sibirskoy platformy* [Vend-Cambrian saltbearing Basin at the Siberian Platform]. NovosibirskSO RAN.148 p. (In Russian)
- Miall A.D. (1996) Geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Berlin; Heidelberg, Springer Verlag., 582 p.
- Miall A.D. (2014) Fluvial depositional Systems. Springer International Publishing Switzerland, 316 p.
- Mordvin A.P. (1972) Khuzhir display of goldbearing conglomerate. *Geologija i zolotonosnost' konglomeratov rifeja i venga juzhnogo obramlenija Irkutskogo amfiteatra* [Geology and gold content of conglomerates of the Riphean and Vendian of the southern frame of the Irkutsk Amphitheater]. (Ed. G.Kh. Feinstein) Irkutsk, Vostochno-Sibirskoe knizhnoe izdatel'stvo, 154-189. (In Russian)
- Nadon G. (1994) The genesis and recognition of anastomosed fluvial deposits: data from the St. Mary River Formation, southwestern Alberta. *J. Sed. Res.*, **B64**, 451-463.
- Pokrovskiy O.G., Buyakaite M.I., Kokin O.V. (2012) Isotope geochemistry C, O, Sr and S and chemostratigraphy of the Neoproterozoic deposits at the north Yenisei Ridge. *Litol. Polezn. Iskop.*, (2), 197-220. (In Russian)
- Pokrovskiy O.G., Melezhik V.A., Buyakaite M.I. (2006) Isotopes C, O, Sr and S in the Late Precambrian deposits in the Patom Complex, Central Siberia. Announce 1, Results, Isotopes stratigraphy and dating problem. *Litol. Polezn. Iskop.*, (5), 505-530. (In Russian)
- Posamentier H.W., Jersey M.T., Vail P.R. (1988) Eustatic controls on clastic deposition I – conceptual framework. *Sea-level changes: an intergrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, **42**, 109-124.
- Predtechenskiy A.A. (1960) Old Uplift at the south Siberia. (To question about the “Aisa old top of the head”)] *Trudy SNIIGGiMS*, Vyp. 13, Novosibirsk, SNIIGGiMS, 65-78. (In Russian)
- Semikhatov M.A. (1962) *Pifey i kembriy Eniseyskogo krjazha* [Riphean and Cambrian at the Yenisey Ridge]. (Ed. V.V. Khomentovskiy). Moscow, AN SSSR, 241 p. (In Russian)
- Semikhatov M.A., Sergeev V.N., Vorob'eva N.G. (2013) Present-day state of the Proterozoic general stratigraphic scale and perspectives its itemization. *Trudy Vserossijskoi konferentsii “Obshchaya stratigraficheskaja shkala Rossii: sostojanie i perspektivy obystroystva”* (Otv. red. M.A. Fedonkin) [Tr. All-Russian Conf. “Common stratigraphic scale of Russia: Condition and perspectives of the arrangement” (Ed. M.A. Fedonkin)] Moscow, GIN RAS, 41-48. (In Russian)
- Shemin G.G. (2007) *Geologija i perspektivy nefenosnosti venga i nizhnego kembriya tsentral'nykh raionov Sibirskoi platformy (Nepsko-Botuobinskaya, Baykitskaya anteklizi i Katangskaya stupen')* [Geology and perspectives of oil-gas bearing capacity of the Vendian and Lower Cambrian in central districts of the Siberian Platform (Nepa-Botuoba, Baikit antecleses and Katanga saddle-

- back)]. Novosibirsk, SO RAN, 467 p. (In Russian)
- Shenfil' V.Ju., (1991) *Pozdnii dokembrii Sibirskoi platformy* [Late Precambrian in the Siberian Platform]. Novosibirsk: Nauka SO AN SSSR, 184 p. (In Russian)
- Slashcheva L.I., Vinichenko M.N. (1972) Vendian goldbearing conglomerates at the southeastern Foot Hills of the East Sayan Range. *Geologija i zolotonosnost' konglomeratov rifeya i venga juzhnogo obramlenija Irkutskogo amfiteatra* [Geology and gold content of conglomerates of the Riphean and Vendian of the southern frame of the Irkutsk Amphitheater]. (Ed. G.Kh. Feinstein) Irkutsk, Vostochno-Sibirskoe knizhnoe izdatel'stvo, 115-154. (In Russian)
- Sokolov B.S. (2013) Vendian System in the General Stratigraphic Scale in the Russia (application to conference articles book. (Editor's note M.A. Fedonkin). *Obshchaya stratigraficheskaja shkala Rossii: sostojanie i perspektivy obystroystva Vserossiyskaya konferentsiya* [The general stratigraphic scale of Russia: the state and prospects of the arrangement, All-Russian Conference]. Moscow, GIN RAN, 3-48. (In Russian)
- Sokolov B.S. *Ocherki stanovlenija venga* [Essays of the Advent of the Vendian System]. Moscow, KMK Scientific Press Ltd, 153 p.
- Sovetov J.K. (1986) Paragenetic continental deposits associations in the Late Precambrian epicontinental molasse: Malyyi Karatau, Kazakhstan. *Problemy formatzionnogo analiza* [Problems of formation analysis]. (Ed. M.A. Zharakov). Trudy IGIG SO AN SSSR, Vyp. 628. Novosibirsk, Nauka SO AN SSSR, 104-126. (In Russian)
- Sovetov J.K., Kazak A.K. (2013) Orogeny and Late Vendian alluvial sedimentation at the south-west Siberian Platform: drainage system, materials sources and subsidence rate. *Osadochnye basseyny, sedimentatsionnye i postsedimentatsionnye protsessy v geologicheskoy istorii* [Sedimentary basins sediment and post-sediment processes in geological history]. T. III. (Eds L.G. Vakulenko P.A. Yan). Novosibirsk, INGG SO RAN, 129-132. (In Russian)
- Sovetov J.K. (2011) Late Neoproterozoic (Vendian) glaciogenic deposits in the Marnya formation, Oselok Group, in the foothills of the East Sayan Range, southwestern Siberian Craton. (Eds E. Arnaud, G.P. Halverson, G. Shields-Shou). *The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. IGCP 512*. Geological Society, London, Memoirs 36, Chapter 28, 317-329.
- Sovetov J.K. (1977) *Verkhnedokembriyskie peschaniki jugo-zapada Sibirskoy platformy* [Upper Precambrian sandstones at the south-west Siberian Platform]. (Ed. Yu.P. Kazanskiy). Novosibirsk, Nauka SO AN SSSR, 294 p. (In Russian)
- Sovetov J.K. (2002) Vendian foreland basin of the Siberian cratonic margin: Paleopangean accretionary phases. *Russian J. Earth Sciences*. 4(5). 363-387.
- Sovetov J.K. (2007). New location of soft-body Vendian-Ediacaran Metazoan at the south-west Siberian Plat-
- form: Oselok Group, Biryusa Foot Hills of the East Sayan Range. *The Rise and Fall of the Vendian (Ediacaran) Biota. Origin of the Modern Biosphere*. (Ed. M.A. Fedonkin) Transaction of the International Conference of the IGSP 493. Moscow, GEOS Publ. 33-37. (In Russian)
- Sovetov J.K. (2015) Tillites at the base of the Vendian Taseeva Group stratotype (Siberian craton)]. *Geol. Geofiz.*, 56(11), 1934-1944. (In Russian)
- Sovetov J.K., Blagovidov V.V. (2004) Sedimentary basin reconstruction (by the example of Vendian foredeep – “foreland basin” at the south-west Siberian Platform). *Osadochnye basseyny: metody izuchenija, stroenie i evoljutsija* [Sedimentary basins: methods of study, construction and evolution] (Eds Yu.G. Leonov, Yu.A. Volozh) Moscow, Nauchnyi mir Publ., 159-212. (In Russian)
- Sovetov J.K., Komlev D.A. (2005) Tillites in the base of Oselok Group at the Foot Hills of East Sayan Range and Vendian lower boundary at the south-west Siberian Platform. *Stratigr. Geol. Korrel.*, (1). 3-34. (In Russian)
- Sovetov J.K., Solovetskaya L.V. (2014) The first finding of the Rangeomorphic organisms in the Kachergat Formation at the Near Baikal Territory and stratigraphic position of the Ediacaran Member in the Siberian Platform. *Geodinamicheskaja evoljutsija litosfery Tsentral'no-Asiatskogo podvzhnogo pojasa (ot okeana k kontinentu)*. Materialy nauchnogo Soveshchaniya po Programme fundamental'nykh issledovanij ONZ RAN [Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from the ocean to the continent)]. (Editor's note: E.V. Sklyarov). Materials of a scientific meeting on the Program of Fundamental Research of ONZ RAN. Issue. 12, V. 2. Irkutsk, IZK SO RAN, 279-280. (In Russian)
- Sovetov J.K. (2011) Guidebook on the post-conference field trip to the East Sayan Foothills. August 2-14, 2011. *International Conference “Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential”*. Novosibirsk, IPGG SB RAS, 229 p.
- Sovetov J.K., Kulikova A.E., Medvedev M.N. (2007) Sedimentary basins in the southwestern Siberian Craton: Late Neoproterozoic-Early Cambrian rifting and collisional events. (Eds U. Linnemann, R.D. Nance, P. Kraft, G. Zulauf) The evolution of the Rheic Ocean: From Avalonian-Cadomian active margin to Alleghenian-Variscan collision. *Geol. Soc. Amer. Spec. Publ.*, 423. 549-578.
- Sulimov I.N. (1964) On the Late Precambrian at the Olkha Foot Hills of the East Sayan Range. *Geol. Geofiz.*, (8), 130-133. (In Russian)
- Tyshchenko L.F. (1986) Correlation and nomenclature of producing horizons in the terrigenous complex under saline deposits at the south Siberian Platform. *Geologiya nefti i gaza*, (5), 11-15. (In Russian)
- Walker R.G. (1992) Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. *Facies models. Response to sea level change*. (Eds R.G. Walker, N.P. James) *Geol. Assoc. of Canada*. Love Printing Service Ltd. Stittsville, Ontario, 1-14.