

УДК 552.143, 552.51, 552.52, 551.31

DOI: 10.24930/1681-9004-2022-22-3-284-299

Литолого-генетические особенности старорусской, василеостровской и сиверской свит верхнего венда–нижнего кембрия Балтийско-Ладожской моноклизы

А. Б. Тарасенко¹, В. Н. Подковыров²

¹Санкт-Петербургский горный университет, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, д. 2, e-mail: Tarasenko_AB@pers.spmi.ru

²Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 2, e-mail: viktorpodk@gmail.com

Поступила в редакцию 20.01.2022 г., принята к печати 01.04.2022 г.

Объект исследования. Разрезы верхнего венда–нижнего кембрия, вскрытые в начале XXI в. скважинами Авлога-12R, Уткина Завод – 1 и Тайцы-2 глубиной 150–370 м, на севере и в центральной части Ленинградской области. **Методы.** Анализ структурно-текстурных особенностей пород контактов слоев, распределения в них аллотигенных (кварц, полевые шпаты) и аутигенных (пирит, сидерит, глауконит) минералов позволил дополнить характеристику выделенных ранее в этих скважинах старорусской, василеостровской и сиверской свит. Применение структурно-генетического метода дало возможность уточнить объемы и границы свит, доказать отсутствие в разрезе ломоносовской свиты, выделенной ранее в скв. Тайцы-2. **Результаты.** На основе реконструкции условий и обстановок осадконакопления, развития процессов седиментации во времени в разрезах установлены три трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев – циклотемы. Первая отвечает старорусской свите, вторая – василеостровской, а третья – сиверской. Показано, что в изученной части палеобассейна в конце венда–начале кембрия существовали обстановки открытого шельфа (область подвижного мелководья с подводными валами (зона Y), область относительного глубоководья с фоновой и штормовой седиментацией (зона X) и переходная между X и Y зона лоскутных песков с изменчивым гидродинамическим режимом. Максимумы трансгрессий, соответствующие развитию наиболее глубоководных обстановок, приходились на середину старорусского, василеостровского и сиверского времени, а максимумы регрессий, маркируемые отложениями мелководья, относятся к концу указанных временных интервалов. По изохронным уровням – максимумам трансгрессий и регрессий – выполнена корреляция разрезов скважин.

Ключевые слова: Балтийско-Ладожская моноклиза, верхний венд, нижний кембрий, старорусская, василеостровская и сиверская свиты, аллотигенные и аутигенные минералы, структурно-генетический анализ, типы слоев, циклотемы, изохронные уровни

Источник финансирования

Исследования проведены в соответствии с темой госзадания ИГГД РАН (FMUW-2021-0003)

Lithological-genetic features of Starorusskaya, Vasileostrovskaya and Siverskaya formations of the Upper Vendian–Lower Cambrian Baltic-Ladoga Monocline

Anna B. Tarasenko¹, Viktor N. Podkovyrov²

¹St. Petersburg Mining University, 2 21-st line Vasilievsky Island, 199106 St. Petersburg, Russia, e-mail: Tarasenko_AB@pers.spmi.ru

²Institute of Precambrian Geology and Gchronology of Russian Academy of Sciences, 2 emb. Makarova, 199034 St. Petersburg, Russia, e-mail: viktorpodk@gmail.com

Received 20.01.2022, accepted 01.04.2022

Research subject. Sections of the Upper Vendian–Lower Cambrian, opened at the beginning of the XXI century by wells Avloga-12R, Utkina Zavod – 1 and Thais-2 with a depth of 150–370 m, in the north and in the central part of the Leningrad region. **Methods.** The analysis of the structural and textural features of the rocks of the contact layers, the

Для цитирования: Тарасенко А.Б., Подковыров В.Н. (2022) Литолого-генетические особенности старорусской, василеостровской и сиверской свит верхнего венда–нижнего кембрия Балтийско-Ладожской моноклизы. *Литосфера*, 22(3), 284–299. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-3-284-299>

For citation: Tarasenko A.B., Podkovyrov V.N. (2022) Lithological-genetic features of Starorusskaya, Vasileostrovskaya and Siverskaya formations of the Upper Vendian–Lower Cambrian Baltic-Ladoga Monocline. *Lithosphere (Russia)*, 22(3), 284–299. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-3-284-299>

distribution of allotigenic (quartz, feldspar) and autigenic (pyrite, siderite, glauconite) minerals in them allowed us to supplement the characteristics of the Old Russian, Vasileostrovsky and Siverskaya formations previously isolated in these wells. The use of the structural-genetic method made it possible to clarify the volumes and boundaries of the formations, to prove the absence in the section of the Lomonosov formation, previously isolated in the well Thais-2. *Results.* Based on the reconstruction of sedimentation conditions and settings, the development of sedimentation processes over time, three transgressive-regressive sequences of layers – cyclothemes were established in sections. The first corresponds to the Old Russian, the second – Vasileostrovskaya, and the third – Siverskaya formation. It is shown that in the studied part of the paleobasin at the end of the Vendian–the beginning of the Cambrian, there were open shelf environments (an area of mobile shallow water with underwater shafts (zone Y), an area of relative deep water with background and storm sedimentation (zone X) and a transitional zone of patchwork sands between X and Y with a variable hydrodynamic regime. The maxima of transgressions corresponding to the development of the deepest water environments occurred in the middle of the Old Russian, Vasileostrovsky and Siversky time, and the maxima of regressions marked by shallow water deposits belong to the end of these time intervals. According to isochronous levels – maxima of transgressions and regressions, correlation of well sections was performed.

Keywords: *Baltic-Ladoga Monocline, Upper Vendian, Lower Cambrian, Starorusskaya Formation, Vasileostrovskaya Formation, Siverskaya Formation, lithological-genetic analysis, layer types, cyclotherm, cycle*

Funding information

The work was carried out within the framework of the state assignment IGGD RAS(FMUW-2021-0003)

ВВЕДЕНИЕ

Породы верхнего венда–нижнего кембрия на площади Балтийско-Ладужской моноклизы вскрыты десятками скважин, результаты обработки которых изложены в ряде публикаций (Вендская система..., 1985; Геологическая карта..., 1963, 1964, 1980, 1989; Геологические формации..., 1981; Геологическое строение..., 1985; Геология СССР, 1971; Древние платформы Евразии..., 1977; Соколов, 1997) и фондовых отчетов. В этих работах дана общая литологическая и биостратиграфическая характеристика разрезов, проведено расчленение их на свиты и горизонты, установлены особенности фациальных изменений отложений. Показано несогласное залегание верхнего венда на толщах рифея и породах кристаллического фундамента. На площади Балтийско-Ладужской моноклизы верхний отдел венда подразделяется на редкинский и котлинский горизонты, а в составе нижнего кембрия установлены лонтоваский и доминопольский горизонты (Вербицкий и др., 2012). Согласно региональной стратиграфической схеме (Постановления..., 2011; Решения..., 1965), редкинскому горизонту соответствует старорусская свита, котлинскому – василеостровская и воронковская (на востоке Ленинградской области выклинивается), лонтоваскому – ломоносовская и сиверская, доминопольскому – люкатиская и тискреская свиты (распространены на западе Ленинградской области).

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Объектами изучения являются разрезы верхнего венда–нижнего кембрия, вскрытые новыми

скважинами Авлога-12R, Уткина Заводь – 1 и Тайцы-2 на севере и в центральной части Ленинградской области (рис. 1). Скважины Уткина Заводь – 1 и Тайцы-2 пробурены Петербургской комплексной геологической экспедицией (ПКГЭ) на территории Предглинтовой низменности, а скв. Авлога-12R – на Карельском перешейке. Описания керна скважин и разбивка на свиты впервые были выполнены А.С. Яновским (ПКГЭ), эти материалы вошли в объяснительную записку к ГГК-1000/3 (лист О-35 – г. Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург) (Вербицкий и др., 2012). Породы описаны послойно без применения дополнительных лабораторных методов (минералого-петрографического анализа), характер границ свит и их положение в разрезе четко не обозначены.

До 2007 г. бурение скважин глубиной более 100 м на территории Санкт-Петербурга проводилось в небольших объемах (Норова, 2016). С началом масштабного высотного строительства потребовались детальные инженерно-геологические изыскания на отведенных под застройку площадках, включающие в себя изучение литологических, гидрогеологических и физико-механических свойств пород. К этому периоду относятся исследования коллектива инженерных геологов и гидрогеологов под руководством профессора Горного университета Р.Э. Дашко (Дашко, Жукова, 2011; Дашко и др., 2011а, б; Норова, 2016). В ходе инженерно-геологических изысканий была рассмотрена специфика структурно-тектонической обстановки и влияние гидродинамических и гидрохимических условий основных водоносных горизонтов на безопасность строительства и эксплуатации не только высотных сооружений, но и подземных тоннелей метрополи-

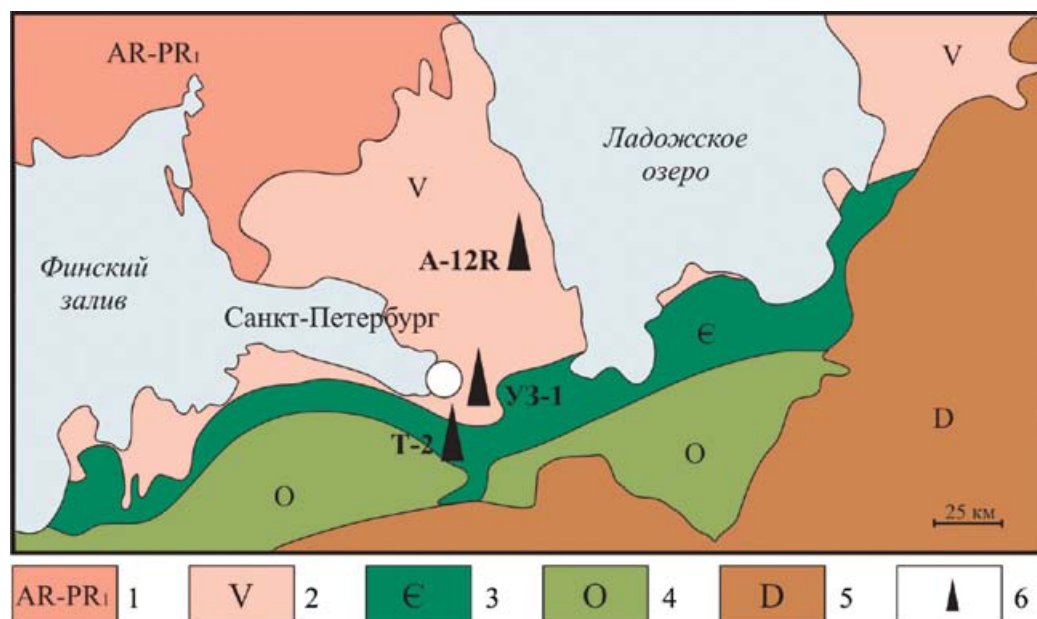


Рис. 1. Обзорная геологическая карта Ленинградской области.

1 – архей–ранний протерозой, 2 – венд, 3 – кембрий, 4 – ордовик, 5 – девон; 6 – скважины: A-12R – Авлога-12R, UZ-1 – Уткина Заводь – 1, T-2 – Тайцы-2.

Fig. 1. Overview geological map of the Leningrad region.

1 – Archaean–Early Proterozoic, 2 – Vendian, 3 – Cambrian, 4 – Ordovician, 5 – Devonian; 6 – bore holes: A-12R – Avloga-12R, UZ-1 – Utkina Zavod' – 1, T-2 – Taitsy-2.

тена, а также долговременных хранилищ для захоронения низкорадиоактивных отходов в глинистых породах венд-кембрийского комплекса (Дашко, Жукова, 2011; Дашко, Котюков, 2011; Дашко и др., 2011а, б; Дашко, Коробко, 2013; Норова, 2016).

Специальные биостратиграфические (Голубкова и др., 2021; Кушим и др., 2021), литолого-генетические (Норова, Шишлов, 2010) и литогеохимические исследования (Подковыров, Котова, 2020; Подковыров и др., 2017; Тарасенко и др., 2018) керн, к сожалению, выполнены не для всех скважин.

Цель настоящего исследования – выявление особенностей строения и седиментационной цикличности разрезов верхнего венда–нижнего кембрия, вскрытых новыми скважинами Авлога-12R, Уткина Заводь – 1 и Тайцы-2, определение объемов и границ образующих их естественных геологических тел для уточнения литологических характеристик, границ и обстановок формирования выделенных ранее свит.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В пределах Балтийско-Ладожской моноклизы вендские толщи выходят на поверхность на южной части Карельского перешейка, в акватории Финского залива и на его южном побережье, по бере-

гам рр. Черная, Коваши, Воронка. Кембрийские отложения распространены в предглинтовой полосе, севернее они выклиниваются. Южной границей выходов кембрия является Балтийско-Ладожский глинт, южнее которого они перекрываются более молодыми отложениями.

Большое значение для изучения венда и кембрия до сих пор имеют работы Ф.Б. Шмидта (1858–1887 гг.), Б.П. Асаткина (1936–1944 гг.) и М.Э. Янишевского (1924–1950 гг.). Комплексная характеристика региональных стратиграфических подразделений данного интервала выполнена во время геолого-съемочных работ Северо-Западным геологическим управлением (В.А. Селиванова, С.А. Петрова, А.И. Шмаенок, Т.Н. Соколова, А.С. Яновский, Э.Ю. Саммет, А.М. Оганесова, Ю.И. Гречко), результаты съемки обобщены и проанализированы в ряде монографий (Геологические формации..., 1981; Геологическое строение..., 1985; Геология СССР, 1971). Б.С. Соколовым, А.Н. Гейслером, А. Менсом и Э. Пиррусом выделены местные стратиграфические подразделения в разрезе верхнего венда–нижнего кембрия Балтийско-Ладожской моноклизы. Представления об их цикличности и обстановках формирования высказывались М.Э. Янишевским, Е.П. Брунсом, А.Н. Гейслером, В.А. Котлуковым, Н.С. Иголки-

ной, М.М. Толстихиной и др. Эти исследователи видели тесную связь между образованиями валдайской (венд) и балтийской (кембрий) серий, выделенных Б.С. Соколовым (1952).

Общеизвестно, что глинисто-песчаные отложения верхнего венда–нижнего кембрия накапливались в периферической (северо-западной) части морского мелководного палеобассейна (Бессонова и др., 1980, Геологические формации..., 1981; Древние платформы Евразии..., 1977). На рубеже докембрия–кембрия уровень моря был примерно на 100 м ниже современного (Vail et al., 1977). Геологические процессы, происходившие на северо-западе Русской плиты, отражают геодинамическую перестройку структурно-тектонического плана Восточно-Европейской платформы на рубеже позднего венда–раннего кембрия, связанную с байкальским орогенезом (Аксенов, 1985; Бессонова и др., 1980; Геологическая карта..., 1963; Хераскова и др., 2005, 2006, 2015; Якобсон, 2014; Ershova et al., 2019). В первой половине позднего венда преобладало погружение территории, сопровождавшееся морской трансгрессией. Во второй половине венда и в раннем кембрии общее воздымание площади привело к сокращению палеобассейна (Аксенов, 1985; Геологические формации..., 1981).

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Скважина Уткина Заводь – 1 находится на правом берегу р. Нева, на юго-восточной окраине г. Санкт-Петербург, имеет глубину 249 м. А.С. Яновский под четвертичными образованиями (0–42.5 м) выделил свиты в следующих интервалах, сверху вниз: ломоносовская – 42.5–45.4 м, василеостровская – 45.4–221.5 м, старорусская – 221.5–249 м. Скважина Тайцы-2 (глубина 368.8 м) пробурена в одноименном поселке Гатчинского района Ленинградской области. Согласно фондовым материалам ПКГЭ, под четвертичными образованиями (0–4.6 м) вскрыты ордовикские (4.6–32.0 м) и нерасчлененные кембро-ордовикские отложения (32–38 м), свиты нижнего кембрия: сиверская (38–159 м) и ломоносовская (159–170 м); свиты верхнего венда: василеостровская (170–334 м) и старорусская (334–361.8 м) и породы кристаллического фундамента (361.8–368.8 м). Скважина Авлога-12R, пробуренная на Карельском перешейке, глубиной 154.5 м, по данным ПКГЭ, вскрывает четвертичные отложения, василеостровскую и старорусскую свиты венда и породы рифея.

Первой задачей авторов было детальное макро-скопическое описание керна (около 800 пог. м) указанных скважин для уточнения расположения и характера контактов свит. Из литологически различных слоев были отобраны образцы на шлифы (50 шт.). Эта коллекция хранится в лаборатории ли-

тологии и биостратиграфии Института геологии и геохронологии докембрия РАН. Оптико-микроскопическое исследование шлифов, включавшее в себя изучение минерального состава зерен и цемента, структуры и текстуры пород, было выполнено на базе петрографической лаборатории Горного университета (оптический поляризационный микроскоп Leica DM750P).

Особенности строения разреза верхнего венда–нижнего кембрия (объемы и границы естественных геологических тел) были проанализированы с применением структурно-генетического (формационного) метода (Шишлов, 2010), который позволяет получить не только характеристику геологических тел, но и описать их латеральные изменения и пространственные взаимоотношения.

В рамках настоящей работы по комплексу литологических признаков (цвет, состав аллотигенных и аутигенных компонентов, структура, текстура) выполнена типизация слоев и реконструированы условия (динамика среды, глубина) и обстановки их накопления (палеоландшафты). В качестве основы для палеогидродинамических реконструкций использована модель терригенного осадконакопления в эпиконтинентальном палеобассейне (Irwin, 1965). Выделенные типы слоев были увязаны с энергетическими зонами профиля Ирвина. Согласно модели открытого шельфа, от берега в сторону моря выделяются следующие ландшафты: Y – подвижное мелководье с высокой гидродинамикой и X – относительное глубоководье с низкой активностью придонных вод, расположенное ниже базы нормальных волнений. В зоне Y преимущественно накапливаются псефито-псаммитовые отложения (пески, гравийно-галечные образования), а в зоне X – алевро-пелитовые осадки (силикатные илы). На границе между зонами находится область с изменчивым гидродинамическим режимом, в которой оседают частицы разной гидравлической крупности (лоскутные пески). В результате изучения вертикальных последовательностей слоев возникает возможность реконструкции эволюции процессов осадконакопления и колебаний уровня палеобассейна – устанавливается связь смены палеоландшафтов во времени с трансгрессиями и регрессиями.

Слоевые последовательности, сформировавшиеся в течение одного полного цикла осадконакопления в терминологии структурно-генетического анализа называются парагенерациями. Они представляют собой естественные трехмерные геологические тела. Синонимом этого термина является “геологическая чечевица” (Головкинский, 1868). Изучение парагенераций представляется возможным только по вертикальным сечениям в скважинах. Такие одномерные слоевые последовательности называются циклотемами (Шванов, 1992; Шишлов, 2010). Они были выделены в каждом рас-

1 – глина, аргиллит; 2 – алевролит, песчаник; 3 – сидерит; 4 – растительные пленки; 5 – ихнофоссилии; 6 – гравийные зерна кварца; 7 – интракласты; 8 – глауконит; 9 – конкреции; 10–13 – слоистость: 10 – градационная, 11 – горизонтальная, 12 – пологоволнистая, 13 – косая; 14 – линзовидно-полосчатое чередование слоев; 15, 16 – контакты между пачками: 15 – постепенный, 16 – резкий; 17–20 – окраска пород: 17 – белая, серая, 18 – голубовато-серая, 19 – зеленовато-серая, 20 – охристо-желтая.

Fig. 2. The comparison of the Upper Vendian–Lower Cambrian sections of the Leningrad region. Compiled by A.B. Tarasenko.

1 – clay, argillite; 2 – siltstone, sandstone; 3 – siderite; 4 – plant films; 5 – ichnofossils; 6 – quartz gravel grains; 7 – intraclasts; 8 – glauconite; 9 – pyrite concretions; 10–13 – beddings: 10 – gradation, 11 – horizontal, 12 – gently-waves, 13 – cross; 14 – lens-banding lamina alternates; 15, 16 – intra-pack contacts: 15 – gradual, 16 – sharp; 17–20 – rock painting: 17 – white, grey, 18 – blue-grey, 19 – greenish-grey, 20 – ochre-yellow.

смаатриваемом разрезе. По своему строению описанные циклотемы идентичны – это трехчленные зеркально-симметричные образования: нижняя и верхняя треть представлены чередованием песчаников, алевролитов и глин, а средняя – преимущественно глинами. Подобная структура циклотем характерна для обстановок открытого шельфа и подробно описана (Шишлов, 2010, 2013). Изменения в вертикальном строении слоевых последовательностей обусловлены трансгрессивно-регрессивными колебаниями уровня моря (Шишлов, 2010, 2013): нижняя треть соответствует нарастанию трансгрессии, в середине циклотемы фиксируется ее максимум, а вверху – регрессия. Анализ слоевой структуры циклотем – основа для построения кривых колебания уровня моря. По изохронным уровням максимумам трансгрессий и регрессий выполнена корреляция разрезов (рис. 2) и составлен сводный литолого-стратиграфический разрез (рис. 3).

В понимании авторов статьи, парагенерации верхнего венда–нижнего кембрия Балтийско-Ладужской моноклизы представляют собой латеральный ряд местных стратиграфических подразделений – свит (см. рис. 3). Авторы статьи полагают, что свита как “стратиграфическое подразделение, имеющее историко-геологическую природу, ... формируется в определенный этап геологического развития участка земной коры” (Стратиграфический кодекс..., 1992, с. 37), является частью парагенерации и ее вертикальное сечение тождественно понятию “циклотема”. Изученные скважины как частные вертикальные сечения не позволяют судить о трехмерном строении парагенераций и их латеральной изменчивости. Однако полученная достаточно подробная характеристика состава, строения и мощностей циклотем дает возможность с большой долей уверенности провести границы парагенераций в пределах изучаемой площади. И, следовательно, обоснованно, а не условно обозначить контакты между свитами и более дробными местными подразделениями – пачками.

Затруднения выделения свит в скважинах вызваны отсутствием четких геологических описаний характера контактов между ними, а в случае с

ломоносовской свитой – в ее расплывчатой характеристике в стратотипической местности. Такое положение дел приводит к вольной трактовке состава и объема местных стратонтов, их “угадыванию” в разрезах, а следовательно, порождает многочисленные авторские вариации расчленения и корреляции разрезов. Сложившаяся ситуация может быть разрешена путем изменения подхода к выделению свит.

Таким образом, принимая, что свита – это часть естественного геологического тела, имеющая реальные физические границы, при ее выделении целесообразно использовать методы формациологии – науки, занимающейся изучением геологических тел. Наиболее существенным результатом такого подхода является обоснованное, а не условное, проведение границ свит. Процедура типизации и обоснования стратиграфических границ рассмотрена в публикациях В.П. Матвеева (2009, 2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Структурно-генетические типы слоев

В разрезах верхнего венда–нижнего кембрия в скважинах Уткина Заводь – 1, Тайцы-2, Авлога-12R авторами выделено девять структурно-генетических типов слоев. В качестве критерия их типизации, согласно методике С.Б. Шишлова (2010), принята структура как признак, отражающий динамику среды осадконакопления. По преобладающей фракции слои объединены в пелитовую (А), алтернитовую (тонкое чередование пелитовых, алевроитовых и псаммитовых прослоев) (В) и псефито-псаммитовую (С) группы.

Группа пелитов (А)

В эту группу входят глины, накапливавшиеся в западинах на шельфе (зона Х на профиле Ирвина) в условиях спокойного гидродинамического режима.

ХА-1. Глины серые со светло-голубыми и бледно-желтыми прослоями (1–10 мм), горизонтально-, линзовидно-, волнисто-слоистые, реже массивные и скорлуповатые; слабослюдистые и алевроити-

Сиверская свита: а – голубовато-серая глина (тип А-3) с нитевидными пиритизированными водорослями (скв. Тайцы-2, глубина 131 м); б – кварц-гlauchонитовый песчаник из алтернитов (тип В-3) (шлиф Т-2/6, скв. Тайцы-2, глубина 37 м); *ломоносовская свита:* в, г – кварцевый песчаник (тип С-3) с глиняными интракластами (образец и шлиф Т-2/38, скв. Тайцы-2, глубина 173 м); *василеостровская свита:* д – голубовато-серая глина (тип А-2) с растительными пленками (скв. Тайцы-2, глубина 225 м); е – сидерит из алтернитов (типа В-2) (шлиф УЗ-17/1а, скв. Уткина Заводь – 1, глубина 99 м); ж, з – тонкое чередование глины, алевролита и сидерита (тип В-2) (шлиф УЗ-24/1, скв. Уткина Заводь – 1, глубина 103 м); и, к – кварцевый песчаник (тип С-2) (шлиф УЗ-15/1, скв. Уткина Заводь – 1, глубина 66 м); *старорусская свита:* л – кварцевый разнотонный песчаник (тип С-1) (шлиф А-9, скв. Авлога-12R, глубина 170 м); м – песчаник из алтернитов (тип В-1) (шлиф А-19, скв. Авлога-12R, глубина 198–200.3 м). Римскими цифрами обозначены трансгрессивно-регрессивные циклы. Условные обозначения 1–20 – см. рис. 2.

Fig. 3. Lithology-stratigraphical column of the Upper Vendian – Lower Cambrian Formations of the Leningrad region. Compiled by A.B. Tarasenko.

Siverskaya Formation: а – bluish-gray clay (type A-3) with filiform pyritized algae (Taitcy-2, depth 131 m); б – quartz-glaucanitic sandstone (type B-3) (sample T-2/6, Taitcy-2, depth 37 m); *Lomonosov Formation:* в, г – quartz sandstone (type C-3) with clay intraclasts (sample T-2/38, Taitcy-2, depth 173 m); *Vasileostrovskaya Formation:* д – bluish-gray clay (type A-2) with plant films (Taitcy-2, depth 225 m); е – siderite (type B-2) (sample UZ-17/1A, Utkina Zavod' – 1, depth 99 m); ж, з – thin alternation of clay, siltstone and siderite (type B-2) (sample UZ-24/1, Utkina Zavod' – 1, depth 103 m); и, к – quartz sandstone (type C-2) (sample UZ-15/1, Utkina Zavod' – 1, depth 66 m); *Staraya Russa Formation:* л – various-grained quartz sandstone (type C-1) (sample A-9, Avloga-12R, depth 170 m); м – sandstone (type B-1) (sample A-19, Avloga-12R, depth 198–200.3 m). Roman numbers shows transgressive-regressive cycles. 1–20 see the legend on the Fig. 2.

стые, с присыпками мусковита и хлорита, с включениями мелкогравийно-песчаного материала. На ровных отчетливых межслоевых поверхностях наблюдаются табачно-желтые и бурые пленки, образовавшиеся в результате гидратации пирита.

Глины типа ХА-1 вскрыты в скважинах Уткина Заводь – 1 (240–247, 218–232 м) и Авлога-12R (200.3–202.5, 192.3–198, 172–191 м) (см. рис. 2).

Серая окраска отложений и рассеянная пиритовая минерализация указывают на застойные условия в донных осадках. Образование пирита вызвано редокс-реакцией восстановления сульфатов в присутствии сульфатредуцирующих бактерий (Розанов, Дубинин, 2014). Тонкая горизонтальная слойчатость свидетельствует о спокойной прерывистой седиментации ниже базы нормальных волнений. Эпизодические изменения гидродинамического режима, а также вторичные преобразования (дегидратация, уплотнение) способствовали преобразованию текстуры глин и возникновению, например, скорлуповатой отдельности. Инъекции мелкогравийно-песчаного материала в низкодинамическую энергетическую зону с преимущественно пелитовым осадконакоплением, вероятнее всего, связаны со штормовым разносом зерен, в завершении которого из нефелоидного облака на дно оседали чешуйки слюды.

ХА-2. Глины голубовато-серые с горизонтальной и пологоволнистой слойчатостью, с органическими пленками на ровных межслойковых поверхностях (см. рис. 3д), с редкими тонкими (1–10 см) линзующимися прослоями светло-желтых микрокристаллических сидеритов, светло-серых алевролитов и тонкозернистых алевролитистых песчаников. В составе обломочных зерен алевролитов и песчаников преобладает кварц, присутствуют чешуйки мусковита, биотита, хлорита, серицита, единичные зерна полевых шпатов, циркона. Цемент каль-

цитовый пойкилитовый базального типа, сидеритовый микрокристаллический порового типа. Характерна тонкая рассеянная вкрапленность пирита. В сидеритовых прослоях присутствует примесь (5–15%) угловатых и полуокатанных алевро-псаммитовых зерен кварца и чешуек серицита.

Слои типа ХА-2 вскрыты в скважинах Тайцы-2 (311–324, 287–292, 282–287, 188–271, 174–184, 160–168 м), Уткина Заводь – 1 (119–158, 113–116, 108–110, 66–99, 60–66, 49–60, 42–49 м) и Авлога-12R (101–118 м) (см. рис. 2).

Осаждение пелитовых частиц ниже базы волнового воздействия изредка нарушалось поступлением алевропсаммитовых зерен и чешуек слоистых минералов с более мелководных участков шельфа. Присутствие пирита указывает на восстановительные условия в осадке, а сидерита – на возможное опреснение (Япаскурт, 2008). Хорошая сохранность органических пленок обусловлена спокойной гидродинамикой, недостатком кислорода в придонных водах и осадке, а также быстрой седиментацией (Розанов, Дубинин, 2014).

ХА-3. Глины голубовато-серые, зеленовато-серые с фиолетово-бурыми пятнами, однородные, пластичные, в различной степени слюдистые и алевролитистые, массивные, тонколистовато-, горизонтально- или пологоволнисто- слойчатые, с многочисленными ходами илоедов. На межслойковых поверхностях наблюдаются пиритизированные нити водорослей (см. рис. 3а, б), присутствует рассеянная вкрапленность и конкреции пирита, глобулы глауконита.

Глины типа ХА-3 наблюдаются в скв. Тайцы-2 на глубинах 115–122, 122–133, 108–110, 38–99 м (см. рис. 2).

Однородные глинистые отложения накапливались в гидродинамически спокойных условиях открытого шельфа. Широкое распространение

ихнофоссилий позволяет предполагать, что у дна присутствовал свободный кислород. Интенсивная бактериальная деятельность в захороненном осадке способствовала пиритизации макроскопических остатков организмов и следов их жизнедеятельности, а также образованию сульфидных конкреций (Рейнек, Сингх, 1981).

Группа алтернитов (В)

В группу алтернитов входят слои, образованные чередованием глин, алевролитов и песчаников, накапливавшихся в переходных обстановках литорали-сублиторали с изменчивой гидродинамической активностью придонных вод (проксимальная часть зоны Х и дистальная часть зоны У профиля Ирвина).

ХВ-1. Градационное тонкое (1–5 см) ритмичное чередование слоев светло-серых кварцевых грубозернистых песчаников, серых кварц-серицитовых алевролитов и зеленовато-серых глин. Встречаются редкие линзы разнозернистых плохо сортированных (мусорных) песчаников с обильными скоплениями кристаллов пирита. В составе обломочной части песчаников преобладает кварц, присутствуют немногочисленные зерна измененных полевых шпатов. Обломки псефито-псаммитовой (до мелкогравийной) размерности округлые окатанные и полуокатанные, алевроитовой – угловатые. Для прослоев грубозернистых песчаников характерен карбонатный и кремнистый пойкилитовый цемент базального типа, для разнозернистых – железисто-серицитовый микрокристаллический базально-порового типа.

Слои типа ХВ-1 обнаружены в скв. Авлога-12R в интервалах 202.5–206.5, 198–200.3, 191–192.3 м (см. рис. 2).

Породы данного структурно-генетического типа, вероятно, представляют собой дистальные темпеститы, образовавшиеся в результате осаждения штормовых полифракционных взвесей ниже базиса волнений, о чем свидетельствует ритмичная повторяемость литологических разностей с уменьшением гранулометрии зерен снизу вверх внутри слоев (Романовский, 1985).

ХВ-2. Линзовидное тонкое (0.1–1.0 см) ритмичное чередование голубовато-серых алевролитистых глин (2–5 мм), светло-серых кварцевых слюдистых алевролитов и песчаников (1–10 мм), а также серовато-желтых микрокристаллических сидеритов (до 1 мм) (см. рис. 3ж, з). Обломочные компоненты представлены угловатыми и полуокатанными алевропсаммитовыми зернами кварца; чешуйками серицита, хлорита, мусковита. В глинистых прослоях присутствуют тончайшие органические пленки буровато-коричневого цвета. Цемент в песчаниках и алевролитах микрокристаллический сидеритовый базального и порового типов. Текстура

пологоволнистая, намечаемая намывами серицита, мусковита, алевропелитового материала. На межслойковых поверхностях наблюдаются скопления и рассеянные вкрапленники кристаллов пирита.

Слои типа ХВ-2 присутствуют в скважинах Тайцы-2 (295–311, 184–188 м), Уткина Заводь – 1 (191–207, 178–191, 173–178, 166–173, 158–166, 116–119, 110–113, 103–108, 66–99 м), Авлога-12R (162–170, 158.5–162, 137–154, 118–137 м) (рис. 2).

Линзовидная текстура алтернитов указывает на чередование периодов активного течения с периодами относительного покоя (Рейнек, Сингх, 1981). Псаммитовые зерна переносились под действием донных течений и отлагались в форме ряби, при этом алевропелитовый материал оставался во взвешенном состоянии. В периоды относительного снижения гидродинамической активности придонных вод пластинки и чешуйки слюды и глинистых минералов осаждались в понижениях между рифелями ряби из облака донной мути. Такие условия с изменчивой, преимущественно низкой гидродинамикой характерны для удаленной зоны сублиторали (зона Х профиля Ирвина). Прослои сидеритов и рассеянная пиритовая минерализация указывают на восстановительный Eh в донных осадках.

УВ-3. Линзовидно-полосчатое (1–5 см) ритмичное чередование голубовато-серых кварц-глауконитовых песчаников, светло-серых кварцевых слюдистых алевролитов и зеленовато-серых глин (см. рис. 3 б). Обломочная часть представлена полуокатанными и полуугловатыми алевропсаммитовыми зернами кварца (преобладает), пластинками мусковита, биотита, чешуйками хлорита и серицита, единичными зернами полевых шпатов. Цемент мелко-среднекристаллический кварц-карбонатный порового типа и глауконитовый пленочного типа. Текстура в песчаниках косая разнонаправленная, мультислойная, в алевролитах – пологоволнистая. В основной массе и на межслойковых поверхностях наблюдаются рассеянные кристаллы пирита, зерна глауконита.

Алтерниты типа УВ-3 обнаружены в скв. Тайцы-2 (133–158, 110–115, 99–108, 35–38 м) (см. рис. 2).

Для формирования линзовидной слоистости подобных алтернитов требуются такие условия, когда периоды активности волн, отлагающих песок, сменяются периодами низкой турбулентности, во время которых происходит осаждение алевролита и ила (Рейнек, Сингх, 1981). Тонкий алевропелитовый, а также гидродинамически легкий материал (чешуйки слюды) накапливался в ложбинках песчаных валиков за счет осаждения частиц из суспензий, прошедших через гребень. Таким образом, главная среда развития алтернитов – зона лоскутных песков, расположенная в дистальной части мелководного шельфа (удаленная часть зоны У на профиле Ирвина).

Группа псефито-псаммитов (С)

К группе псефито-псаммитов относятся осадки, транспортировавшиеся в гидродинамически активных условиях литорали (зона У профиля Ирвина). В эту же группу входят штормовые отложения сублиторали (зона Х).

ХС-1. Песчаники серые кварцевые разнозернистые (от мелко-тонкозернистых алевроитистых до крупнозернистых) (см. рис. 3л). Преобладают зерна кварца полуугловатые и полуокатанные псаммитовой и угловатые алевроитовой размерности, встречаются хорошо окатанные обломки псефитовой размерности. Второстепенные породообразующие минералы представлены полевыми шпатами (щелочными и плагиоклазами), мусковитом, серицитом, биотитом. Алевроитовые остроугольные частицы заполняют пространство между псефитовыми и псаммитовыми зернами. Цемент порового и базального типа (пойкилитовый) имеет кремнистый и карбонатный состав, а контактового и пленочного типа – сидеритовый и хлоритовый. В основной массе породы рассеяны кристаллы пирита (до 10%). Текстура массивная или неотчетливая косослоистая, намечаемая намывами пластинок слюды и алевроитовых зерен кварца.

Песчаники типа ХС-1 установлены в скважинах Уткина Заводь – 1 (247–248, 236.5–240, 232–234, 207–218 м) и Авлога-12R (170–172 м) (см. рис. 2).

Вероятно, подобные “мусорные” песчаники являются полигенными образованиями и представляют собой отложения течений и штормов. Резкая нижняя граница слоев, слабая окатанность и плохая сортировка обломочных зерен отражают условия быстро эпизодически повышавшейся гидродинамической активности придонных вод. Области накопления песчаников ХС-1 могли быть приурочены к выпуклым участкам донного профиля в удаленной от берега низкоэнергетической зоне Х профиля Ирвина (Романовский, 1985; Мурдмаа, 1987; Irwin, 1965).

УС-2. Песчаники светло-серые кварцевые мелко-тонкозернистые в различной степени алевроитистые (см. рис. 3и, к). Обломочные компоненты представлены полуокатанными и полуугловатыми зернами кварца, чешуйками серицита, хлорита, мусковита, единичными зернами полевых шпатов. Цемент хлоритовый пленочный; кремнистый контактовый; сидеритовый и кальцитовый сгустковый. Присутствуют кристаллы доломита и пирита (1–5%). Текстура тонкослоистая, пологоволнисто-слоистая, намечаемая намывами кварц-серицитового алевроитового материала.

Слои типа УС-2 обнаружены в скв. Тайцы-2 (324–326, 295–311, 282–287, 184–188 м) и Авлога-12R (154–158.5 м) (см. рис. 2).

Песчаниками данного типа, вероятно, было сложено подножие подводного берегового скло-

на (Зенкович, 1962), о чем свидетельствует низкоэнергетическая текстура отложений, а также мелко-тонкозернистая структура. На пологом поперечном профиле склона в результате возвратно-поступательных движений придонных вод происходило колебание частиц донного грунта, причем с одинаковой скоростью и длительностью как в направлении берега, так и к центру бассейна. Влияние силы тяжести препятствовало движению псаммитовых зерен вверх по склону. В результате они оказывались на глубине, расположенной ниже интенсивного волнового воздействия.

УС-3. Песчаники светло-серые кварцевые мелкозернистые с зеленовато-серыми глиняными гальками (1–4 см), известковистые (см. рис. 3в, г). Преобладают окатанные и полуокатанные зерна кварца; присутствуют чешуйки мусковита, немногочисленные обломки полевых шпатов (микроклин, кислые плагиоклазы). Наблюдаются трещиноватые и регенерированные гипидиоморфные зерна кварца. Присутствуют единичные крупные (до 1 мм) глобулы глауконита. Цемент хлоритовый тонкочешуйчатый пленочного типа; карбонатный тонко-мелкокристаллический, пойкилитовый, базального типа. Текстура взмученная, волнистая, косая разнонаправленная.

Песчаники типа УС-3 присутствуют в скв. Тайцы-2 (173–174, 168–173, 158–161 м) (см. рис. 2).

Они вероятно, слагали подводный вдольбереговой вал, о чем свидетельствуют их мелкозернистая структура, хорошая сортировка обломочного материала и косая разнонаправленная текстура (Селли, 1989; Рединг, 1990). Вал как аккумулятивная форма донного рельефа служил гидродинамическим барьером для волн, которые откладывали на его поверхности порции терригенного материала.

Циклотемы и особенности их формирования

По вертикальным последовательностям слоев в каждом разрезе верхнего венда – нижнего кембрия выделены три циклотемы (см. рис. 2, 3). Полные циклотемы имеют трехчленное зеркально-симметричное строение: их нижние и верхние части сложены песчаниками (ХС-1, УС-2, УС-3) и алтернитами (ХВ-1, ХВ-2, УВ-3), а средние – глинами (ХА-1, ХА-2, ХА-3). Граница между циклотемами проводится посередине между симметрично построенными частями разреза. В верхней части подстилающей циклотемы наблюдается постепенный переход от алтернитов к песчаникам, а в перекрывающей, наоборот, – увеличивается доля алевропелитов. При этом границы между циклотемами могут быть выражены через зону постепенного перехода одних пород в другие (контакт первой и второй циклотем) или может наблюдаться размыв, вблизи которого присутствуют гальки подстилающих пород (граница второй и третьей циклотем).

Различия в вещественном составе циклотем являются на минералогическом уровне. В составе аллотигенных компонентов первой циклотемы (в слоях **ХС-1**, **ХВ-1**) преобладает кварц (50–70%), в подчиненном количестве содержится разложенный полевой шпат (до 25%), присутствуют слюды (биотит, мусковит и серицит), встречаются отдельные крупные гравийные зерна и гальки гранито-гнейсов. В песчаниках и алтернитах (**УС-2**, **ХВ-2**) второй циклотемы алевропсаммитовый материал представлен кварцем (60–80%), калиевыми полевыми шпатами, плагиоклазами, слюдами. Обломочные породы (**УС-3**, **УВ-3**) третьей циклотемы кварцевые (70–90%), с примесью полевых шпатов, слюды.

Аутигенные компоненты представлены преимущественно сидеритом, пиритом и глауконитом (глинистые минералы не рассматривались). Редкие тонкие прослои сидеритов присутствуют в глинах (**ХА-2**) (нижняя и средняя части второй циклотемы). Они состоят преимущественно из одноименного минерала – сидерита, имеющего микрокристаллическую, микрогранобластовую структуру (см. рис. 3е). Пирит в виде рассеянной вкрапленности и пленок на межслойковых поверхностях встречается в глинах и первой и второй циклотем (**ХА-1**, **ХА-2**). В глинах третьей циклотемы (**ХА-3**) широко развиты кристаллы и конкреции пирита, пиритизированные бактериально-водорослевые пленки и нитевидные водоросли (см. рис. 3а). Глобулы глауконита встречаются в глинах (**ХА-3**), образуют намывы в песчаниках и алевролитах (**УС-3**) третьей циклотемы (рис. 3б). Аутигенные компоненты в алтернитах и песчаниках первой циклотемы (типы слоев **ХВ-1**, **ХС-1**), представленные цементом порового и базального типов, имеют кремнистый и карбонатный состав, а пленочного и контактового типов – сидеритовый и хлоритовый. В алтернитах и песчаниках второй циклотемы (**ХВ-2**, **УС-2**) аутигенные минералы входят в состав различных типов цемента: хлорит – пленочного; кварц – контактового; сидерит, кальцит – сгусткового; в основной массе рассеяны кристаллы пирита. В песчаниках и алевролитах третьей циклотемы (типы слоев **УВ-3**, **УС-3**) цемент карбонатный (сидеритовый, анкеритовый, кальцитовый, доломитовый) тонко-мелкокристаллический, пойкилитовой структуры порового и базального типов, хлоритовый и глауконитовый пленочного типа.

Хорошо выраженная тенденция в изменении минерального состава песчаников и алтернитов четко коррелируется с этапностью осадконакопления. Заметное увеличение содержания кварца (повышение зрелости) вверх по разрезу, наряду с уменьшением содержания обломков пород и полевых шпатов, может указывать на перемыв более древних осадочных отложений, а возможно, и на усиление химического выветривания в области

суши, что согласуется с данными А.С. Ивлевой с коллегами (2018). Аутигенный минералы можно считать своего рода маркерами для циклотем: сидерит характерен для отложений второй циклотемы, глауконит встречается в породах третьей, а пирит является проходящим минералом, однако снизу вверх по разрезу меняется форма его выделения – от тонкодисперсной в породах первой циклотемы до небольших (первые сантиметры) конкреций в глинах третьей циклотемы.

Первая циклотема в скв. Авлога-12R вскрыта в интервале 166–212 м (залегает на породах рифея) и в скважине Уткина Заводь – 1 – 205–249 м (ложится на породы фундамента) (см. рис. 3). Ее нижняя часть (мощностью 21 и 15 м) состоит из повторяющихся слоев, представленных плохо сортированными песчаниками типа **ХС-1** (0.5–2.0 м) и алтернитами **ХВ-1** (около 2.0 м). Средняя часть (19 и 16 м) образована преимущественно глинами типа **ХА-1**, а верхняя (6 и 13 м) – глинами **ХА-1** с прослоями алтернитов **ХВ-1** и линзами песчаников **ХС-1**. Мощность циклотемы в указанных скважинах составляет 46 и 44 м.

На начальном и финальном этапах формирования циклотемы (начало трансгрессии и максимум регрессии) на донные осадки существенное влияние оказывали штормовые волны, способствовавшие образованию дистальных и проксимальных темпеститов (**ХВ-1**, **ХС-1**). На максимуме трансгрессии осадконакопление протекало в более спокойных гидродинамических условиях – ниже базы волнений. Благодаря медленному осаждению пелитовых частиц из взвеси накапливались силикатные илы (**ХА-1**). Восстановительные условия в донных осадках обеспечивали протекание процессов сульфатредукции с последующей кристаллизацией аутигенного пирита.

Вторая циклотема вскрыта в скважинах Тайцы-2 (173–325 м? (ниже керн утрачен), Уткина Заводь – 1 (42.5–205 м) и Авлога-12R (101 м? (выше керн отсутствует)–166 м) (см. рис. 3). Нижняя часть циклотемы (46–52 м) сложена песчаниками **УС-2** (мощностью около 1 м) и алтернитами **ХВ-2** (мощностью 1.0–2.0 м). Доля глинистых разностей увеличивается снизу вверх; исчезают песчаники, появляются тонкие (1–15 см) прослои сидеритов. Средняя часть циклотемы (40–52 м (в скв. Авлога-12R установлены только ее низы видимой мощностью 18 м)) сложена глинами типа **ХА-2**. В них содержатся прослои (1–10 см) микрокристаллических сидеритов, на межслойковых поверхностях присутствуют обильные органические пленки и пиритизированные нитевидные водоросли. В верхней части (47–74 м) преобладают глины голубовато-серые с пологоволнистой слойчатостью, присутствуют алтерниты типа **ХВ-2**, сложенные глинами с тонкими линзующимися прослоями светло-серых алевролитов и тонкозернистых алев-

ритистых песчаников. Общая мощность циклотемы составляет примерно 150–160 м.

На начальном этапе осадконакопление протекало у подножия берегового склона, где за счет сносимого с мелководья терригенного материала формировался подводный песчаный вал **УС-2**. Постепенное углубление бассейна способствовало смещению обстановок осадконакопления в проксимальную часть зоны **X** с изменчивым, преимущественно низким, гидродинамическим режимом. В результате воздействия придонных течений на нелитифицированные осадки происходила их дифференциация по крупности и плотности с формированием алтернитов **ХВ-2**. Алевропсаммитовые частицы образовывали небольшие валики, а глинистые частицы оседали из взвеси в ложбинках между ними. Постепенное углубление бассейна сопровождалось снижением гидродинамики и увеличением доли пелитового материала в осадках. На максимуме трансгрессии доминировало медленное прерывистое накопление силикатных илов **ХА-2** ниже базы нормальных волнений. Регрессия моря привела к усилению активности придонных вод и последующему накоплению алтернитов **ХВ-2**.

Третья циклотема вскрыта в скв. Тайцы-2 на глубине 173 м. Нижняя часть циклотемы сложена чередованием светло-серых кварцевых песчаников (**УС-3**) и голубовато-серых глин (**ХА-3**) с пленками органического вещества и кристаллами пирита. Выше (с отметки 133 м) отмечается постепенный переход к алтернитам типа **УВ-3**, представленных чередованием голубовато-серых кварц-глауконитовых песчаников, светло-серых кварцевых слюдистых алевролитов и зеленовато-серых глин со следами илоедов. В средней части циклотемы преобладают глины типа **ХА-3** – однородные, тонкодисперсные, горизонтально слоистые. Встречаются кристаллы и конкреции пирита, пиритизированные бактериально-водорослевые (?) пленки; широко распространены пиритизированные нитевидные водоросли и объемные слепки ихнофосилий (см. рис. 3а), в верхних 2 м появляются алтерниты типа **УВ-3**. Мощность циклотемы составляет 135 м.

В начале формирования циклотемы, на трансгрессивном этапе, в дистальной зоне открытого шельфа накапливались лоскутные пески **УВ-3**. На максимуме трансгрессии в гидродинамически спокойных условиях формировались однородные тонкодисперсные глинистые отложения **ХА-3**. Широкое распространение ихнофосилий позволяет предполагать, что у дна присутствовал свободный кислород. В захороненном осадке интенсивная бактериальная деятельность способствовала пиритизации макроскопических остатков организмов и следов их жизнедеятельности, а также образованию сульфидных конкреций (Рейнек, Сингх, 1981). Появление алевропсаммитовых прослоев

(типа **УВ-3**) в верхней части циклотемы свидетельствует о начале снижения уровня моря.

Три цикла глинисто-терригенной седиментации позднего венда–раннего кембрия, отвечающие времени формирования охарактеризованных циклотем, накладываются на трансгрессивную ветвь эвстатической кривой Вейла (Vail et al., 1977) и сопоставимы с валдайским (первая и вторая циклотемы) и балтийским (третья циклотема) мегациклами, выделенными К.Э. Якобсоном (2014). Коллебания уровня моря и, как следствие, эволюция обстановок осадконакопления обусловлены медленными эпейрогеническими движениями Восточно-Европейской платформы (Аксенов, 1985).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Принимаемое авторами статьи положение о том, что в платформенных областях понятие “свита” тождественно термину “парагенерация”, позволяет осуществить переход от циклотем к свитам. Охарактеризованные в разрезах верхнего венда–нижнего кембрия Балтийско-Ладожской моноклизы циклотемы являются вертикальными сечениями трехмерных геологических тел – парагенераций (свит). Первая циклотема соответствует старорусской свите (в скв. Авлога-12R в интервале 166–212 м, в скв. Уткина Заводь – 1 – 205–249 м), вторая – василеостровской (в скв. Тайцы-2 на глубине 173–325 м (ниже керн утрачен), в скв. Уткина Заводь – 1 – 42.5–205 м и в скв. Авлога-12R – 101 (выше керна нет)–166 м), третья – сиверской (в скв. Тайцы-2 на глубине 38–173 м). Части циклотем (нижняя, средняя и верхняя) могут быть приняты в качестве пачек. В разрезах они легко идентифицируются и коррелируются между собой (см. рис. 2). Выполненные описания свит, в сравнении с опубликованными (Вербицкий и др., 2012; Гаген-Торн, 2016; Геологические формации..., 1981; Геологическое строение..., 1985; Геология СССР..., 1971), содержат, помимо сведений о вещественном составе отложений, их структурах и текстурах, унифицированную информацию о вертикальном строении стратонов (наборах структурно-генетических типов слоев, их комбинациях (пачках)), а также характере их контактов и мощностях.

Старорусская свита (первая циклотема) имеет мощность 44–46 м, залегает с размывом на песчаниках рифея или на породах кристаллического фундамента. Снизу вверх она сложена плохо сортированными песчаниками и алтернитами, глинами, глинами с прослоями песчаников. Для отложений характерна рассеянная тонкая пиритовая минерализация.

Василеостровская свита (вторая циклотема) мощностью около 150–160 м с постепенным переходом перекрывает старорусскую свиту. В ее нижней части преобладают песчаники и алтерниты с

прослоями сидеритов. Средняя часть свиты сложена глинами с обильными органическими пленками и пиритизированными “нитеями”, с прослоями сидеритов. Для верхней части характерны алтерниты.

Сиверская свита (третья циклотема) мощностью 135 м залегает на породах василеостровской свиты с размывом. Снизу вверх она включает в себя песчаники с глиняными гальками и глауконитом; алтерниты; глины с конкрециями пирита, пиритизированными пленками и “нитеями”, с ходами илоедов; венчают разрез алтерниты.

Наличие ломоносовской свиты в скв. Тайцы-2 не подтверждено, хотя ранее и были сделаны попытки установить ее в интервале 131–173 м (Тарасенко и др., 2018). Ее выделению в этом разрезе противоречит само понятие свиты как основной таксономической единицы местных стратиграфических подразделений, представляющей собой совокупность отложений, отличающихся от ниже- и вышележащих составом, структурой и др. (Стратиграфический кодекс, 1992). Указанный интервал разреза, сложенный в скв. Тайцы-2 песчаниками, алевролитами и глинами (типы слоев **УС-3**, **УВ-3**, **ХА-3**), в представлении авторов, соответствует нижней части третьей циклотемы (сиверской свиты). Те же типы слоев присутствуют и в верхних двух третях этой циклотемы, только в ином соотношении (доминируют глины **ХА-3**).

ВЫВОДЫ

Использование структурно-генетического метода при изучении осадочных формаций позднего венда–раннего кембрия в разрезах новых скважин на территории Балтийско-Ладожской моноклизы позволило определить через циклотемы строение старорусской, василеостровской и сиверской свит, их взаимоотношения и границы, а также выполнить генетические реконструкции.

Палеоландшафты открытого шельфа, существовавшие на изучаемой площади на протяжении позднего венда – раннего кембрия, были представлены зоной подвижного мелководья с подводными валами (зона У), переходной между Х и У зоной лоскутных песков с изменчивым гидродинамическим режимом и областью относительного глубоководья с фоновой и штормовой седиментацией (зона Х).

Эволюция палеоландшафтов во времени обусловлена циклическими колебаниями уровня моря. Максимумы трансгрессий отвечают середине старорусского, василеостровского и сиверского времени (середина циклотем), а регрессий – концу старорусского, василеостровского и сиверского времени (верхи циклотем) (см. рис. 3).

Наибольший корреляционный потенциал имеют трансгрессивные максимумы второго и третьего циклов (идентифицируются по мощным пач-

кам глин в середине второй и третьей циклотемы) и начало трансгрессии третьего осадочного цикла (устанавливается по подошве базального слоя песчанников с галькой подстилающих отложений).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аксенов Е.М. (1985) Венд Восточно-Европейской платформы. *Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы* (Ред. Б.С. Соколов, М.А. Федонкин). М.: Наука. 3-34.
- Бессонова В.Я., Великанов В.А., Келлер Б.М., Кирсанов В.В. (1980) Палеогеография венда и кембрия западной части Восточно-Европейской платформы. Валдайская эпоха. *Палеогеография и литология венда и кембрия запада Восточно-Европейской платформы*. М.: Наука, 15-24.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 1. Палеонтология. (1985) (Ред. Б.С. Соколов, А.Б. Ивановский). М.: Наука. 222 с.
- Вербицкий В.Р., Вербицкий И.В., Васильева О.В., Саванин В.В. и др. (2012) Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 510 с.
- Гаген-Торн О.Я. (2016) О формировании верхневендских–среднекембрийских глинистых толщ предглинтовой области. *Георесурсы*, **18**(2), 120-126.
- Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. (1963) Серия Ильменская. Лист О-36-I. Объяснительная записка. В.А. Селиванова, И.С. Недригайлова (Ред. Т.Н. Алихова). М.: Гос. науч.-тех. издат. литературы по геологии и охране недр, 124 с.
- Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. (1964) Серия Ильменская. Лист О-35-VI. Объяснительная записка. В.А. Селиванова, И.С. Недригайлова (Ред. Т.Н. Алихова). М.: Недра. 96 с.
- Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. (1980) Серия Ильменская. Лист О-35-V. Объяснительная записка. Э.Ю. Саммет, А.И. Шмаенок (Ред. В.А. Котлуков). М.: Центральное специализированное производственное хозрасчетное предприятие объединения “Союзгеолфонд”, 107 с.
- Геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 1 000 000 (Новая серия). (1989) Лист О-(35), 36-Ленинград. Объяснительная записка. А.С. Яновский, Д.И. Гарбар, К.Э. Якобсон. (Отв. ред. А.С. Яновский). Л.: ВСЕГЕИ, 212 с.
- Геологические формации осадочного чехла Русской платформы. (1981) Н.С. Иголкина, В.П. Кириков, Г.Г. Кочин. Л.: Недра, 168 с.
- Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых Т. I. Русская платформа. (1985) (Ред. В.Д. Наливкин, К.Э. Якобсон). Л.: Недра, 12-20.
- Геология СССР. Т. I. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание (1971). Северо-Западное территориальное ГУ. М.: Недра, 504 с.
- Головкинский Н.А. (1868) О пермской формации в цен-

- тральной части Камско-Волжского бассейна. СПб., 192 с.
- Голубкова Е.Ю., Бобровский И.М., Кушим Е.А., Плоткина Ю.В. (2021) Ископаемые организмы редкинско-го горизонта верхнего венда северо-запада Русской плиты (Ленинградская область). *Палеонтол. журн.*, (5), 1-8.
- Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П.В., Шидловская А.В. (2011a) Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга. *Развитие городов и горнотехническое строительство*. Вып. 1. С. 1-47.
- Дашко Р.Э., Жукова А.М. (2011) Инженерно-геологические проблемы строительства высотных зданий в Санкт-Петербурге в условиях освоения подземного пространства. *Записки Горного института*, **189**, 19 с.
- Дашко Р.Э., Коробко А.А. (2013) Инженерно-геологическое обоснование безопасности строительства и эксплуатации сооружений различного назначения в пределах Предглинтовой низменности (Западная часть Ленинградской области). *Записки Горного института*, **206**, 22 с.
- Дашко Р.Э., Котюков П.В. (2011) Инженерно-геологическое обеспечение эксплуатационной надежности подземных транспортных сооружений в Санкт-Петербурге. *Записки Горного института*, **190**, 71 с.
- Дашко Р.Э., Шидловская А.В., Панкратова К.В., Жукова А.М. (2011a) Техногенная трансформация основных компонентов подземного пространства мегаполисов и ее учет в геомеханических расчетах (на примере Санкт-Петербурга). *Записки Горного института*, **190**, 65 с.
- Древние платформы Евразии. Докембрий континентов. (1977) Академия наук СССР. Сибирское отделение. Тр. Института геологии и геофизики. Вып. 378. (Отв. ред.: К.В. Боголепов, О.А. Вотах). Новосибирск: Наука, 312 с.
- Зенкович В.П. (1962) Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 710 с.
- Ивлева А.С., Подковыров В.Н., Ершова В.Б., Хубанов В.Б., Худолей А.К., Сычев С.Н., Вдовина Н.И., Маслов А.В. (2018) U–Pb LA-ICP-MS-возраст обломочных цирконов из отложений нижнего рифея и верхнего венда Лужско-Ладожской моноклинали. *Докл. АН*, **480**(4), 439-443.
- Кушим Е.А., Голубкова Е.Ю., Бобровский И.М. (2021) Модель вертикального распространения ископаемых организмов в верхневендских отложениях северо-запада Восточно-Европейской платформы. *Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения. Мат-лы VII Российской конференции по проблемам геологии и докембрия*. СПб.: Свое издательство, 100-102.
- Матвеев В.П. (2009) Методика построения ретроспективных геологических систем и значение структурно-тектонического фактора в палеогеографических реконструкциях. *Записки Горного института*, **183**, 24-31.
- Матвеев В.П. (2013) Экспликация понятия “граница” в стратиграфии. *Записки Горного института*, **200**, 347-355.
- Мурдмаа И.О. (1987) Фации океанов. М.: Наука, 304 с.
- Норова Л.П. (2016) Анализ результатов исследований образцов керна глубокой скважины на одной из площадок строительства Санкт-Петербурга (Ред. В.И. Осипов). М.: ИГЭ РАН. Т. 18, 81-86.
- Норова Л.П., Шишлов С.Б. (2010) Комплексная оценка глинистых пород венда при использовании их в качестве оснований сооружений. *Мат-лы Междунар. науч. конф. “Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии”*. М.: Изд-во МГУ, 42-43.
- Подковыров В.Н., Котова Л.Н. (2020) Литогеохимия и условия формирования отложений верхнего венда и нижнего кембрия северо-запада Балтийской моноклинали. *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*, **65**(3), 33-45. DOI: 10.21638/spbu07.2020.310
- Подковыров В.Н., Маслов А.В., Кузнецов А.Б., Ершова В.Б. (2017) Литостратиграфия и геохимия отложений верхнего венда-нижнего кембрия северо-востока Балтийской моноклинали. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **25**(1), 3-23.
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета России и его постоянных комиссий (2011). Вып. 40. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 40 с.
- Рединг Х.Г. (1990) Обстановки осадконакопления и фации. М.: Мир, 352 с.
- Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. (1981) Обстановки терригенного осадконакопления (с рассмотрением терригенных кластических осадков). М.: Недра, 439 с.
- Решения межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Русской платформы. (1965) Л.: Типография фабрики №9 ГУГК, 80 с.
- Розанов А.Г., Дубинин А.В. (2014) Геохимия серы в анаэробной зоне Черного моря. *Мировой океан. Т. II. Физика, химия и биология океана. Осадкообразование в океане и взаимодействие геосфер Земли*. (Ред. чл.-кор. РАН Л.И. Лобковский и акад. Р.И. Нигматулин). М.: Науч. мир, 189-205.
- Романовский С.И. (1985) Динамические режимы осадконакопления. Циклогенез. Л.: Недра, 263 с.
- Селли Р.Ч. (1989) Древние обстановки осадконакопления. М.: Недра. 294 с.
- Соколов Б.С. (1952) О возрасте древнейшего осадочного покрова Русской платформы. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (5), 21-31.
- Соколов Б.С. (1997) Очерки становления венда. М.: КМК Лтд., 156 с.
- Стратиграфический кодекс. (1992) Издание второе, доп. (Отв. ред. А.И. Жамойда). СПб.: Межвед. стратигр. ком. 120 с.
- Тарасенко А.Б., Голубкова Е.Ю., Бобровский И.М., Кушим Е.А. (2018) Обстановки осадконакопления и экологические группировки ископаемых организмов в поздневендское–раннекембрийское время (северо-запад Русской плиты). *Фундаментальная и прикладная палеонтология. Материалы LXIV сессии Палеонтологического общества при РАН*. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 118-120.
- Хераскова Т.Н., Андреева Н.К., Воронцов А.К., Каграманян Н.А. (2005) История развития и геодинамика осадочного бассейна Московской синеклизы в позднем венде. *Литосфера*, (1), 16-40.
- Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Сапожников Р.Б. (2015) Корреляция позднегокембрийских и палеозойских событий на Восточно-Европейской платформе и в смежных палеоокеанических областях. *Геотектоника*, (1), 31-59.

- Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Заможня Н.Г., Каплан С.А., Сулейманов А.К. (2006) Строеение и история развития западной части Восточно-Европейской платформы в рифее–палеозое по данным геотрансекта ЕВ-1 (Лодейное Поле – Воронеж). *Литосфера*, (2), 65-94.
- Шишлов С.Б. (2010) Структурно-генетический анализ осадочных формаций. СПб.: С.-Петербург. Горн. ин-т. 276 с.
- Шишлов С.Б. (2013) Климатические типы циклогенеза в эпиконтинентальных палеобассейнах. *Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Мат. VII Всероссийского литол. совещ. Т. III*. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 298-300.
- Якобсон К.Э. (2014) Проблемы венда Восточно-Европейской платформы *Регион. геология и металлогения*, **60**, 109-116.
- Япаскурт О.В. (2008) Литология. М.: Издат. центр “Академия”, 336 с.
- Ershova V.B., Ivleva A.S., Podkovyrov V.N., Khudolei A.K., Fedorov P.V., Stockli D., Anfandon O., Maslov A.V., Khubanov V. (2019) Detrital zircon record of the Mesoproterozoic to Lower Cambrian sequences of NW Russia: implications for the paleogeography of the Baltic interior. <https://doi.org/10.1080/11035897.2019.1625073>
- Irwin M.L. (1965) General theory of epeiric clear water sedimentation. *AAPG Bull.*, **49**, 445-459.
- Vail P.R., Mitchum R.M.Jr., Thompson S. (1977) Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part four: global cycles of relative changes of sea level. *Amer. Assoc. Petrol. Geologists Memoir*, 26. 83-98.
- Aksenov E.M. (1985) Vend of the Eastern European Platform. *The Vendian system. Historical-geological and paleontological justification. V. 2 Stratigraphy and geological processes* (Eds B.S. Sokolov, M.A. Fedonkin). Moscow, Nauka Publ., 3-34. (In Russ.)
- Ancient platforms of Eurasia. Precambrian continents. (1977) Siberian branch of AN SSSR. Proc. Institute of Geology and Geophysics. Is. 378 (Ch. eds K.V. Bogolepov, O.A. Votakh). Novosibirsk, Nauka Publ., 312 p. (In Russ.)
- Bessonova V.Ya., Velikanov V.A., Keller B.M., Kirsanov V.V. (1980) Paleogeography of the Vendian and Cambrian of the western part of the East European Platform. Valdai Epoch. *Paleogeography and Lithology of the Vendian and Cambrian of the West of the East European Platform*. Moscow, Nauka Publ., 15-24. (In Russ.)
- Dashko R.E., Alexandrova O.Yu., Kotyukov P.V., Shidlovskaya A.V. (2011b) Features of engineering-geological conditions of St. Petersburg. *Urban development and mining engineering*. V. 1., 1-47. (In Russ.)
- Dashko R.E., Korobko A.A. (2013) Engineering and geological justification of the safety of construction and operation of structures for various purposes within the Preglint lowland (Western part of the Leningrad region). *Zh. Mining Institute*, **206**, 22 p. (In Russ.)
- Dashko R.E., Kotyukov P.V. (2011) Engineering and geological maintenance of operational reliability of underground transport facilities in St. Petersburg. *Zh. Mining Institute*, **190**, 71 p. (In Russ.)
- Dashko R.E., Shidlovskaya A.V., Pankratova K.V., Zhukova A.M. (2011a) Technogenic transformation of the main components of the underground space of megacities and its accounting in geomechanical calculations (on the example of St. Petersburg). *Zh. Mining Institute*, **190**, 65 p. (In Russ.)
- Dashko R.E., Zhukova A.M. (2011) Engineering and geological problems of construction of high-rise buildings in St. Petersburg in the conditions of underground space development. *Zh. Mining Institute*, **189**, 19 p. (In Russ.)
- Decisions of the interdepartmental meeting on the development of unified stratigraphic schemes of the Upper Precambrian and Paleozoic of the Russian Platform (1965). L.: Press-House of factory No 9 GUGK, 80 p. (In Russ.)
- Ershova V.B., Ivleva A.S., Podkovyrov V.N., Khudolei A.K., Fedorov P.V., Stockli D., Anfandon O., Maslov A.V., Khubanov V. (2019) Detrital zircon record of the Mesoproterozoic to Lower Cambrian sequences of NW Russia: implications for the paleogeography of the Baltic interior. <https://doi.org/10.1080/11035897.2019.1625073>
- Gagen-Torn O.Ya. (2016) About formation of Upper Vendian-Middle Cambrian clay strata of the preglint region. *Georesursy*, **18**(2) 120-126. (In Russ.)
- Geological formations of the sedimentary cover of the Russian platform. (1981) N.S. Igolkina, V.P. Kirikov, G.G. Kochin. L.: Nedra Publ., 168 p. (In Russ.)
- Geological map of the USSR scale 1 : 1000 000 (new series). (1989) Map sheet O-(35),36-Leningrad. Explanatory note. (Ch. ed. A.S. Yanovskii). L.: VSEGEI Publ., 212 p. (In Russ.)
- Geological map of the USSR scale 1 : 200 000. (1963) Il'menskaya Series. Map sheet O-36-I. Explanatory note. V.A. Selivanova, I.S. Nedrigailova (Ed. T.N. Alikhova). Moscow, State Scientific and Technical Publishing House of Literature on Geology and Subsoil Protection, 124 p. (In Russ.)
- Geological map of the USSR scale 1 : 200 000. (1964) Il'menskaya Series. Map sheet O-35-VI. Explanatory note. V.A. Selivanova, I.S. Nedrigailova (Ed. T.N. Alikhova). Moscow, Nedra Publ., 96 p. (In Russ.)
- Geological map of the USSR scale 1 : 200 000. (1980) Il'menskaya Series. Map sheet O-35-V. Explanatory note. E.U. Sammet, A.I. Shmaenok (Ed. V.A. Kotlukov). Moscow, Soyuzgeolfond Publ., 107 p. (In Russ.)
- Geology of the USSR. (1971) V. I. Leningrad, Pskov and Novgorod regions. Geological description. NWTGU. Moscow: Nedra Publ., 504 p. (In Russ.)
- Golovinskiy N.A. (1868) About the Permian formation in the central part of the Kama-Volga basin. St.Petersburg, 192 p. (In Russ.)
- Golubkova E.Yu., Bobrovskii I.M., Kushim E.A., Plotkina Yu.V. (2021) Fossil organisms of the Redkin horizon of the Upper Vendian of the north-west of the Russian Plate (Leningrad region). *Paleontol. Zh.*, (5). 1-8. (In Russ.)
- Irwin M.L. (1965) General theory of epeiric clear water sedimentation. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **49**, 445-459.
- Ivleva A.S., Podkovyrov V.N., Ershova V.B., Khubanov V.B., Khudolei A.K., Sychev S.N., Vdovina N.I., Maslov A.V. (2018) U-Pb LA-ICP-MS-age of fragmented zircons from Lower Riphean And Upper Vendian deposits Luga-Ladoga monoklinal. *Dokl. AN*, **480**(4), 439-443. (In Russ.)
- Kheraskova T.N., Andreeva N.K., Vorontsov A.K., Ka-

- gramanyan N.A. (2005) History of development and geodynamics of the sedimentary basin of the Moscow syncline in the Late Vendian *Lithosphere (Russia)*, (1), 16-40. (In Russ.)
- Kheraskova T.N., Volozh Yu.A., Antipov M.P., Bykadorov V.A., Sapozhnikov R.B. (2015) Correlation of Late Precambrian and Paleozoic events on the East European platform and in adjacent Paleoeceanic areas. *Geotektonika*, (1), 31-59. (In Russ.)
- Kheraskova T.N., Volozh Yu.A., Zamozhnyaya N.G., Kaplan S.A., Suleymanov A.K. (2006) Structure and history of development of the western part of the East European platform in the Riphean-Paleozoic according to the geotranssect EB-1 (Lodeynoe Pole–Voronezh). *Lithosphere (Russia)*, (2), 65-94. (In Russ.)
- Kushim E.A., Golubkova E.Yu., Bobrovsky I.M. (2021) Model of vertical distribution of fossil organisms in the Upper Vendian sediments of the North-West of the East European platform. *Stratigraphy of the Upper Precambrian: problems and solutions: proceedings of the VII Russian Conference on Geology and Precambrian*. St.Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 100-102. (In Russ.)
- Matveev V.P. (2009) Methods of constructing retrospective geological systems and the significance of the structural-tectonic factor in paleogeographic reconstructions. *Zh. Mining Institute*, **183**, 24-31. (In Russ.)
- Matveev V.P. (2013) Explication of the concept of “border” in stratigraphy. *Zh. Mining Institute*, **200**, 347-355. (In Russ.)
- Murdaa I.O. (1987) Ocean facies. M.: Nauka Publ., 304 p.
- Norova L.P. (2016) Analysis of the results of studies of deep well core samples at one of the construction sites of St. Petersburg. (Ed. V.I. Osipov). Moscow, IGE RAS, V. 18. 81-86. (In Russ.)
- Norova L.P., Shishlov S.B. (2010) Complex assessment of clay rocks of Vendian when using them as foundations of structures. *Materials of the International Scientific Conference “Topical issues of engineering and ecological geology”*. Moscow, MSU Publ., 42-43. (In Russ.)
- Podkovyrov V.N., Kotova L.N. (2020) Lithogeochemistry and conditions of formation of deposits of the Upper Vendian and Lower Cambrian of the north-west Baltic monocline. *Bull. St.Petersburg State Univ. Earth sciences*, **65**(3), 33-45. (In Russ.) DOI: 10.21638/spbu07.2020.310
- Podkovyrov V.N., Maslov A.V., Kuznetsov A.B., Ershova V.B. (2017) Lithostratigraphy and geochemistry of Upper Vendian-Lower Cambrian deposits of the Northeastern Baltic monocline. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **25**(1), 3-23. (In Russ.)
- Reading H.G. (1990) Sedimentation and facies conditions Moscow, Mir Publ., 281-342 (In Russ.)
- Reineck G.-E., Singh I.B. (1981) Conditions of terrigenous sedimentation (with consideration of terrigenous clastic precipitation). Moscow, Nedra Publ., 439 p.
- Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee of Russia and its Standing Commissions (2011). Issue 40. St.Petersburg, VSEGEI Publishing House, 40 p. (In Russ.)
- Romanovskii S.I. (1985) Dynamic modes of sedimentation. Cyclogenesis. L., Nedra Publ., 263 p. (In Russ.)
- Rozanov A.G., Dubinin A.V. (2014) Geochemistry of sulfur in the anaerobic zone of the Black Sea. *World Ocean. V. II. Physics, chemistry and biology of the ocean. Sedimentation in the ocean and the interaction of the Earth's geospheres* (Ed. L.I. Lobkovsky, R.I. Nigmatulin). Moscow, Nauchnyi mir Publ., 189-205. (In Russ.)
- Selly R.C. (1989) Ancient sedimentation environments. Moscow, Nedra Publ., 294 p. (In Russ.)
- Shishlov S.B. (2010) Structural and genetic analysis of sedimentary formations. St.Petersburg, St. Petersburg Mining. In-t, 276 p. (In Russ.)
- Shishlov S.B. (2013) Climatic types of cyclogenese in epicontinental paleobasins. *Sediment basins, sediment and post-sediment processes in geologic history. Materials VII All-Russian Lithologic Conf.* V. III. Nivosibirsk, INGG SB RAS, 298-300.
- Sokolov B.S. (1952) About the age of the oldest sedimentary cover of the Russian platform. *Izv. Akad. Nauk. SSSR Ser. Geol.*, (5), 21-31. (In Russ.)
- Sokolov B.S. (1997) Essays on the formation of the vendian. Moscow, KMK Ltd. Publ., 156 p.
- Stratigraphic Code (Ed. A.I. Jamoida). (1992). Second edition, expanded. St.Petersburg, Interdepartmental stratigraphic committee. 120 p. (In Russ.)
- Tarasenko A.B., Golubkova E.Yu., Bobrovskii I.M., Kushim E.A. (2018) Sedimentation conditions and ecological groupings of fossil organisms in the Late Vendian–Early Cambrian time (North-West of the Russian Plate). *Fundamental and Applied Paleontology. Materials of the LXIV session of the Paleontological Society at the Russian Academy of Sciences*. St.Petersburg, Kartfabrika VSEGEI Publ., 118-120. (In Russ.)
- The geological structure of the USSR and the regularities of the placement of minerals. V. I. Russian platform. (1985) (Ed. V.D. Nalivkin, K.E. Yakobson). L.: Nedra Publ., 12-20. (In Russ.)
- The Vendian system. Historical-geological and paleontological substantiation. V. 1. Paleontology. (1985) Moscow, Nauka Publ., 222 p. (In Russ.)
- Vail P.R., Mitchum R.M.Jr., Thompson S. (1977) Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part four: global cycles of relative changes of sea level. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir*, 26. 83-98. (In Russ.)
- Verbitskii V.R., Verbitskii I.V., Vasil'eva O.V., Savanin V.V. et al. (2012) State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). Central European Series. Map Sheets O-35 – Pskov, O-36 – St.Petersburg. Explanatory note. St.Petersburg, Cartographic factory VSEGEI Publ., 510 p. (In Russ.)
- Yakobson K.E. (2014) Problems of the Vendian in the Eastern European Platform. *Regional geology and metallogeny*, **60**, 109-116. (In Russ.)
- Yapaskurt O.V. (2008) Lithology. Moscow, Publishing center “Academy” 336 p.
- Zenkovich V.P. (1962) Fundamentals of the doctrine of the development of seashores. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 710 p. (In Russ.)