

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОСЛЕЛЕДНИКОВЫХ ВОДОЕМАХ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

© Д. В. РЯБЧУК,*¹ А. Г. ГРИГОРЬЕВ,*² Т. В. САПЕЛКО,**³ В. А. ЖАМОЙДА,*⁴
А. Т. КОТИЛАЙНЕН,**⁵ А. Ю. СЕРГЕЕВ,*⁶ Л. М. БУДАНОВ*

* Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского,
Санкт-Петербург

** Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург

*** Геологическая служба Финляндии

E-mail: ¹ Daria_Ryabchuk@mail.ru

² andrey_grigoryev@vsegei.ru

³ tsapelko@mail.ru

⁴ Vladimir_Zhamoida@vsegei.ru

⁵ aarno.kotilainen@gtk.fi

⁶ leon_likes@mail.ru

Представлены результаты седиментологических исследований колонок верхненеоплейстоценовых—голоценовых отложений западной части российской зоны Финского залива. По данным геофизического профилирования установлены мощности и характер взаимоотношения литолого-стратиграфических подразделений. Детальные послойные гранулометрический и геохимический анализы позволили получить новые данные об условиях седиментации, придонной гидродинамике и палеосолёности в послеледниковых водоемах, существовавших в пределах восточной части Финского залива. Условия седиментации в пресноводном Балтийском ледниковом озере на заключительной стадии его существования характеризовались стабильностью с накоплением однородных глинистых отложений. Стадия Иольдиевого моря в пределах изучаемой площади не сопровождалась возрастанием солёности вод. В раннеголоценовом Анциловом озере при накоплении относительно чистых глинистых отложений установлена существенная изменчивость распределения гранулометрических параметров по разрезу. В кровле отложений Анцилового озера выявлены специфический горизонт «голубых глин» и песчаный прослой, фиксирующий размыв в период предлиториновой регрессии. На рубеже Анцилового озера и Литоринового моря наблюдается наиболее существенная перестройка процессов седиментации, что проявилось в резком изменении гранулометрического состава, вплоть до появления алевритов, и скачкообразном увеличении расчетной палеосолёности. В разрезе отложений Литоринового моря выявлены максимумы палеосолёности, вероятно, связанные с трансгрессивными циклами развития Балтики. Расчетная палеосолёность в атлантическое время существенно превышала современную и достигала 8—10 ‰. По данным палинологических исследований проведена оценка времени формирования ледниково-озерных, озерных и морских осадков.

Ключевые слова: седиментация, восточная часть Финского залива, верхний неоплейстоцен—голоцен, донные отложения, палеосолёность, палинология.

Введение. Основной массив имеющихся в настоящее время данных о геологическом строении восточной части Финского залива, распределении и мощности четвертичных отложений, общих закономерностях палеогеографического развития региона в поздне-послеледниковье, гранулометрическом, минеральном и химическом составе отложений получен ВСЕГЕИ в 1980—2000 гг. в рамках геологической съемки шельфа (ГСШ-200) [2, 10]. В то же время детальные седиментологические и палеоэкологические исследования не входили в задачи геологической съемки. Следует отметить существенный недостаток результатов датирования отложений дна акватории. Несмотря на значительное количество палинологических исследований восточной части Финского залива, четко выраженные палиноспектры, подтвержденные данными других методов, для рассматриваемой площади до сих пор отсутствуют.

К настоящему времени сформировалась общепринятая концепция развития палеоводоемов котловины Балтийского моря в поздне-последниково́е. Приледниковые озера, по современным представлениям, существовали в пределах всей Балтийской котловины в период с 16 до 11.7 тыс. кал. л. н. Основной особенностью палеогеографического развития Балтийского региона в голоцене было обусловленное комплексом климатических и тектонических факторов чередование регрессивных и трансгрессивных фаз, среди которых выделяют Иольдиевое море, существовавшее после резкого спуска вод Балтийского ледникового озера в океан (11.7—10.7 тыс. кал. л. н.), пресноводное Анциловое озеро (10.7—9.8 тыс. кал. л. н.), переходную регрессивную фазу, в ряде публикаций выделяемую в качестве моря Мастогло́йа (9.8—8.5 тыс. кал. л. н.) и Литориновое море, образовавшееся около 8.5 тыс. кал. л. н. в результате окончательного соединения Балтийской котловины с Северным морем и Атлантическим океаном [12]. Бассейновые фации отложений, соответствующие различным стадиям развития Балтийских палеоводоемов, обладают характерным литологическим составом и достаточно уверенно выделяются в геологическом разрезе Финского залива [18].

Развитие современных методов полевых и камеральных исследований открыло новые перспективы перед морской геологией. Лабораторные исследования, осуществляемые для колонок донных отложений с минимальным шагом опробования (до 1 см), и применение высокоточных методов измерений (геохимических, изотопных, минералогических, гранулометрических, микропалеонтологических и др.) позволяют получить данные об изменениях палеосреды седиментации, трансгрессивно-регрессивных циклах последниковых бассейнов, затоках океанических вод, эволюции биотических компонентов донных ландшафтов и т. д. Предлагаемая статья представляет собой шаг в этом направлении.

Полевые исследования. Задачей полевых исследований был отбор колонок, позволяющих получить материал для изучения условий седиментации в последниковых водоемах восточной части Финского залива от Балтийского ледникового озера до Литоринового моря и современности. Для получения колонок, отвечающих заданным параметрам, выбраны локальные седиментационные бассейны, характеризующиеся небольшими скоростями седиментации. Расположение станций пробоотбора определялось путем анализа полевых материалов геологической съемки шельфа.

Колонка донных отложений 09-VI-3 отобрана в 2009 г. в Выборгском заливе с борта НИС «Ладога» (координаты станции 60°17.506' с. ш., 28°03.405' в. д., глубина моря 40 м) с применением прямоточной гравитационной грунтовой трубки длиной 3 м с пластиковыми вкладышами. Колонка 16-Г-30 отобрана в 2016 г. в рейсе НИС «Соболец» в краевой части седиментационного бассейна к востоку от о-ва Гогланд (координаты станции 60°06.958' с. ш., 27°24.115' в. д., глубина моря 65 м) с помощью прямоточной гравитационной грунтовой трубки длиной 2 м с пластиковыми вкладышами (рис. 1). Для уточнения характера разреза применено непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) с использованием приборно-аппаратурного комплекса GEONT—HRP (производства ООО «Спектр-Геофизика», Россия) с электродинамическим излучателем «бумер» с рабочими частотами 0.2—5 кГц.

Методика лабораторных исследований. Литологическое описание разреза, панорамная фотосъемка колонок и отбор образцов для аналитических

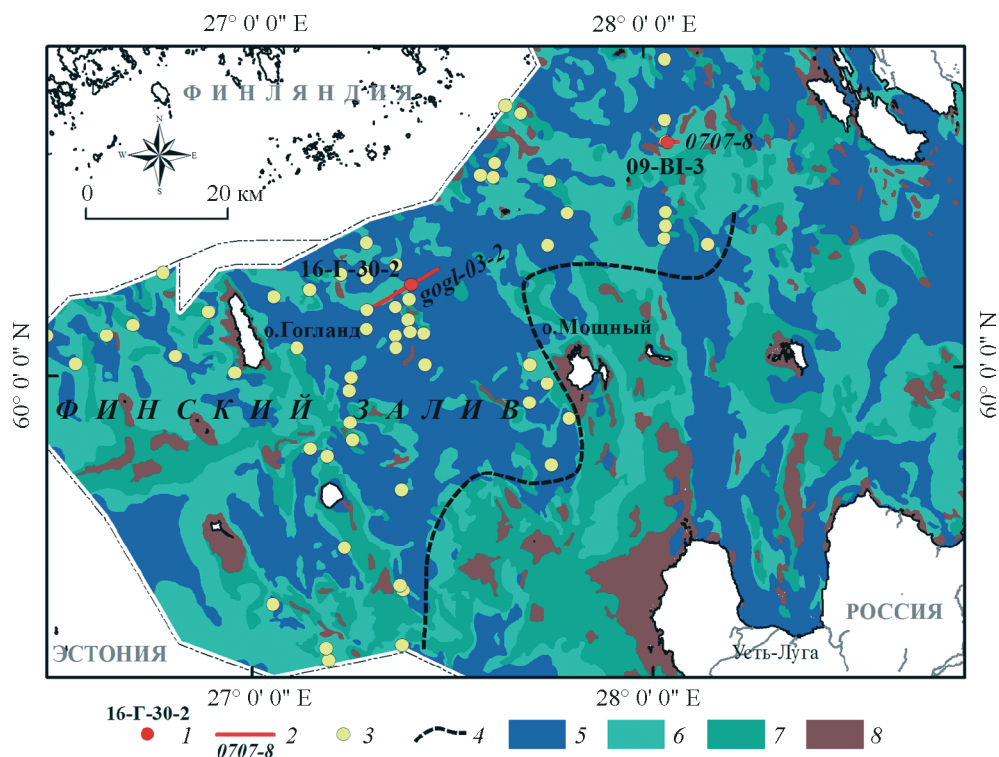


Рис. 1. Карта фактического материала.

1 — станции прободобора; 2 — профили непрерывного сейсмоакустического профилирования; 3 — станции, где прободобором вскрыт горизонт «голубых глин»; 4 — восточная граница распространения «голубых глин». Донные отложения голоцена; 5 — морские литориновые; донные отложения неоплейстоцена: 6 — Балтийского ледникового озера, 7 — ленточные глины, 8 — ледниковые.

исследований проведены в стационарной лаборатории при извлечении кернов из труб-вкладышей.

Для колонки 09-ВІ-3 гранулометрический анализ произведен для 10 образцов, отобранных из характерных литологических комплексов. Колонка 16-Г-30 опробована с шагом 1 см. Гранулометрический анализ выполнен в лаборатории ВСЕГЕИ с использованием лазерного анализатора частиц «Микросайзер 201А» (производства «ВА Инстал») методом лазерной дифракции в диапазоне 2—300 мкм. Пробоподготовка заключается в применении ультразвукового диспергирования с предварительной дезагрегацией суспензии в растворе дистиллированной воды с добавлением пирофосфата натрия.

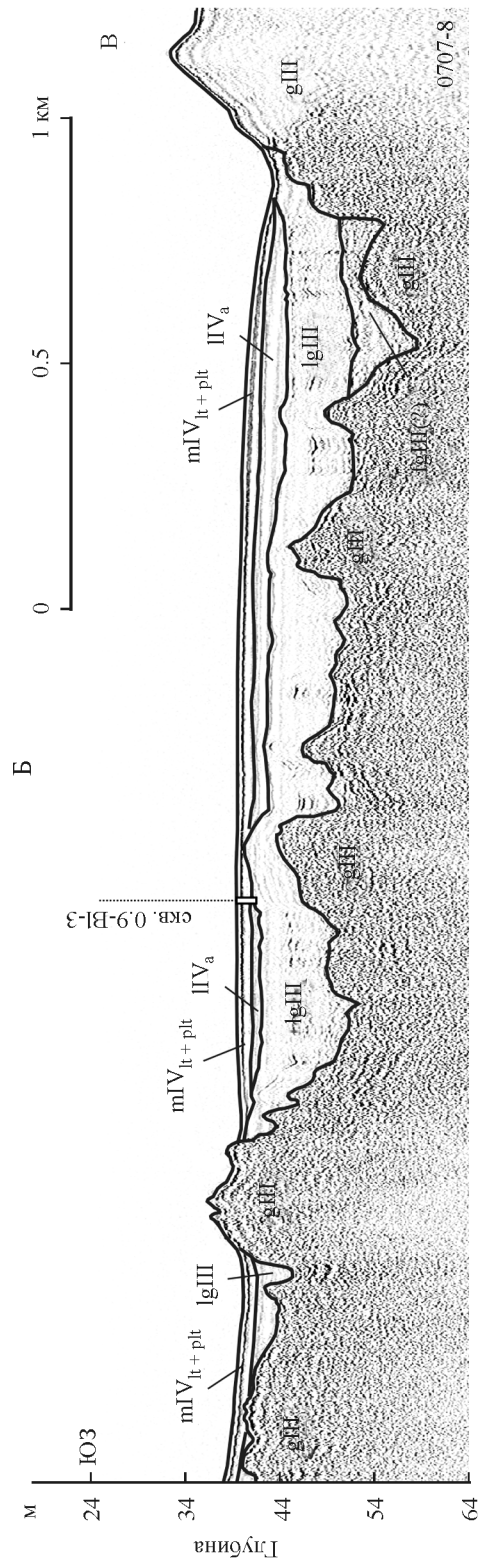
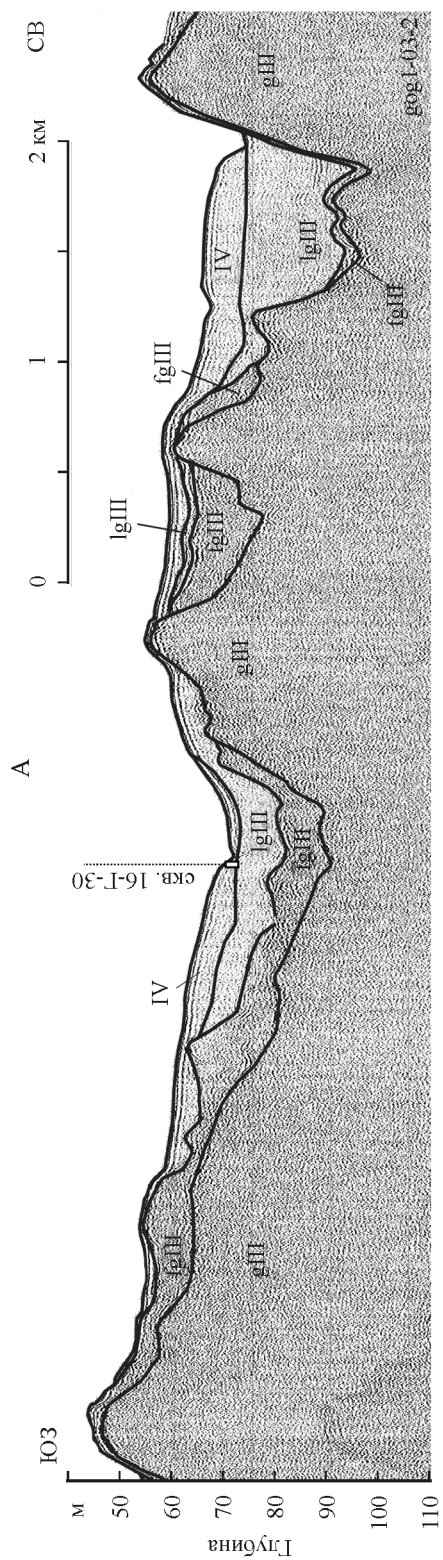
Пробы на геохимические исследования (определение содержания Вг для дальнейших расчетов палеосолености) отбирались по разрезу с шагом 3 см. В колонке 09-ВІ-3 отобрано 48 образцов, в колонке 16-Г-30 — 54 образца. Пробы высушивались до воздушно-сухого состояния при 20 °С и истирались. Анализ проводился на рентгеновском сканирующем кристалл-дифракционном спектрометре СРЕКТРОСКАН-МАКС-Г. Методика расчета палеосолености приведена в работе [3].

Для колонки 09-ВІ-3 выполнены палинологические исследования 35 образцов, отобранных с интервалом 2—5 см. Проведена техническая обработка

всех отобранных образцов по стандартной методике [4] с применением тяжелой жидкости ($\text{CdI}_2 + \text{KI}$). Проценты для каждого из таксонов подсчитывались от общей суммы пылицы и спор. Помимо пылицы и спор учитывались различные непыльцевые палиноморфы, которые в последнее время широко используются при спорово-пыльцевом анализе [9].

Результаты геофизического профилирования. В основании сейсмоакустического разреза на профиле НСП (gogl-03-2) (рис. 2, А), проходящем через станцию 16-Г-30, установлен сейсмоакустический комплекс (СК), характеризующийся интенсивной акустической границей кровли и хаотичностью отражающего сигнала внутри комплекса с отсутствием признаков слоистости. Данный СК интерпретируется как моренные отложения. Особенностью его строения на профиле gogl-03-2 является расчлененный рельеф кровли. Перепад относительных высот достигает 40 м на расстоянии 2 км. На профиле выделяется серия асимметричных гряд. Причем, как видно на рис. 2, А, гряды характеризуются более крутыми южными склонами и более пологими северными. Склоны гряд перекрыты преимущественно отложениями двух вышележащих СК — fgIII (флювиогляциальными) и lgIII (ледниково-озерными), а вершины гряд, как правило, выходят на поверхность морского дна. Сейсмоакустический комплекс fgIII так же, как и отложения морены, характеризуется хаотичностью отражающего сигнала и отсутствием проявленных горизонтальных границ и может быть интерпретирован как флювиогляциальные песчаные (песчано-гравийные) образования. Мощность отложений комплекса fgIII изменчива по разрезу и достигает 10 м. В основном флювиогляциальные отложения фиксируются на более пологих склонах асимметричных моренных гряд и отсутствуют на их более крутых склонах; в отдельных случаях заполняют понижения рельефа между грядами. Ледниковые гряды и сопутствующие им флювиогляциальные отложения могут быть интерпретированы как комплекс конечно-моренных образований, которые пространственно могут быть сопоставлены с положением ледника соответствующей стадии Паливере [8]. СК lgIII, представленный нерасчлененной толщей ледниково-озерных отложений мощностью от 1 до 20 м, развит локально, нивелируя ледниковый рельеф. В точке прободоотбора 16-Г-30 мощность этого комплекса составляет 6 м. Верхний сейсмоакустический комплекс IV, сформированный голоценовыми отложениями, также развит локально в понижениях неоплейстоценового рельефа. Мощность его изменчива и редко достигает 5—6 м. В точке прободоотбора 16-Г-30 наблюдается сокращенный разрез комплекса IV.

В основании второго сейсмоакустического профиля (0707-8), проходящего через станцию 09-ВІ-3Т, устойчиво прослеживается кровля СК, соответствующего толще ледниковых отложений (gIII), местами выходящих на поверхность морского дна (рис. 2, Б). Локально в западинах ледникового рельефа наблюдается надморенная толща, мощностью до 4—5 м, которая сложена флювиогляциальными отложениями (fgIII), свидетельством чего является сравнительно небольшая латеральная протяженность толщи и отсутствие в ней хорошо проявленных субпараллельных отражающих границ, свойственных ледниково-озерным глинам. На большей части изученных разрезов морена и надморенная флювиогляциальная толща плащеобразно перекрывается горизонтально слоистыми ледниково-озерными отложениями (lgIII) приледниковых озер. Мощность этих отложений достигает на обоих профилях 7—8 м. Кровля ледниково-озерных глин прослеживается устойчиво и подтверж-



дена колонковым опробованием. Верхняя часть акустического разреза, плащеобразно перекрывая ледниково-озерные отложения и выклиниваясь лишь в местах выхода на поверхность дна морены, представлена двумя комплексами IV_a (отложения Анцилового озера) и mIV_{lt+pl} (литориновые — постлиториновые осадки). Мощность отложений Анцилового озера (IV_a) достигает в пределах профиля максимальных значений 3—4 м. В точке пробоботбора 09-BI-3 наблюдается сокращенный разрез обоих комплексов.

Результаты литологических исследований. По данным гранулометрического анализа образцов колонок 09-BI-3 и 16-Г-30, интервалы 145—235 и 145—174 см представлены чистыми глинами (см. таблицу, рис. 3). Отложения характеризуются наличием цветовой полосчатости, выраженной чередованием сероватых и бурых палевых оттенков, что обусловлено сезонными колебаниями условий осадконакопления. Преобладание в гранулометрическом составе отложений глинистой фракции, выдержанность гранулометрических параметров по разрезу, отсутствие ленточной или ленточно-подобной слоистости, обусловленной сезонной изменчивостью гранулометрического состава, позволяют отнести время формирования этих отложений к заключительной фазе существования Балтийского ледникового озера, когда край ледника располагался на удалении от бассейна седиментации.

Переход к озерным голоценовым отложениям постепенный. Он прослеживается по появлению стяжений гидротроилита без характерного для значительной площади дна восточной части Финского залива эрозионного горизонта, обогащенного песчаным материалом и сформировавшегося при достаточно глубокой регрессии, последовавшей за спуском вод Балтийского ледникового озера [1]. Детальный послойный гранулометрический анализ образцов колонки 16-Г-30 выявил лишь небольшое увеличение содержания алевритовой фракции в нижней части интервала, сложенного анциловыми глинами (среднее содержание алевритовых частиц составляет 22 %).

Появление аморфных моносulfидов обусловлено насыщенностью осадков ионами Fe^{2+} при дефиците серы, что связано с недостатком в них органических соединений. Потепление климата, деградация ледникового покрова и проникновение в Балтику морских вод способствовало возрастанию биопродуктивности бассейна. Увеличение поступления органического вещества в свою очередь обусловило активизацию процессов сульфатредукции и анаэробную обстановку в осадках. Максимальное обогащение отложений анцилового времени гидротроилитом обычно характерно для приконтактных зон стратиграфических подразделений. В колонке 09-BI-3 горизонт, соотносимый со стадией Анцилового озера, представлен практически черными глинами (с линзами коричневого цвета), вверх по интервалу переходящими в серые глины с четкими стяжениями гидротроилита. В колонке 16-Г-30 выделяются два гидротроилитовых горизонта — нижний (на интервале 125—145 см) и верхний (на интервале 45—51 см). Следует отметить, что в этих же осадках ранее отмечалось присутствие слабомагнитных, реже немагнитных стяжений,

Рис. 2. Геологическая интерпретация сейсмоакустических профилей.

А — профиль gogI-03-2; Б — профиль 0707-8. Сейсмоакустические комплексы: IV — нерасчлененные голоценовые отложения; mIV_{lt+pl} — морские литориновые отложения и постлиториновые осадки; IV_a — озерные анциловые отложения; lgIII — ледниково-озерные отложения; fgIII — флювиогляциальные отложения; gIII — ледниковые моренные отложения; скв. 09-BI-3 и скв. 16-Г-30 — станции отбора грунтовых колонок.

Гранулометрический состав отложений последледниковых бассейнов восточной части Финского залива по колонкам 16-Г-30 и 09-ВІ-3*

Размер частиц	Отложения							
	Литориновое море		Горизонт «голубых глин»		Анчиловое озеро		Балтийское ледниковое озеро	
	< 0.005 мм	0.005—0.05 мм	< 0.005 мм	0.005—0.05 мм	< 0.005 мм	0.005—0.05 мм	< 0.005 мм	0.005—0.05 мм
Колонка 16-Г-30-2								
Среднее содержание частиц, %	30.9	67.5	82.35	17.6	88.0	11.6	88.5	11.5
Минимальное содержание частиц, %	24.5	58.2	63.7	12	71.5	4.6	83.9	8.0
Максимальное содержание частиц, %	40.5	73.5	88	36.3	95.4	28.5	92.0	16.1
Количество образцов	39		6		99			19
Колонка 09-ВІ-3-Т-2								
Среднее содержание частиц, %	47.80	48.78	84.54	15.46	80.38	19.62	85.26	14.74
Минимальное содержание частиц, %	30.75	42.04			79.92	19.16	85.09	14.45
Максимальное содержание частиц, %	56.88	60.9			80.84	20.08	85.55	14.91
Количество образцов	3		1		2			3

Примечание. * См. рис. 1.

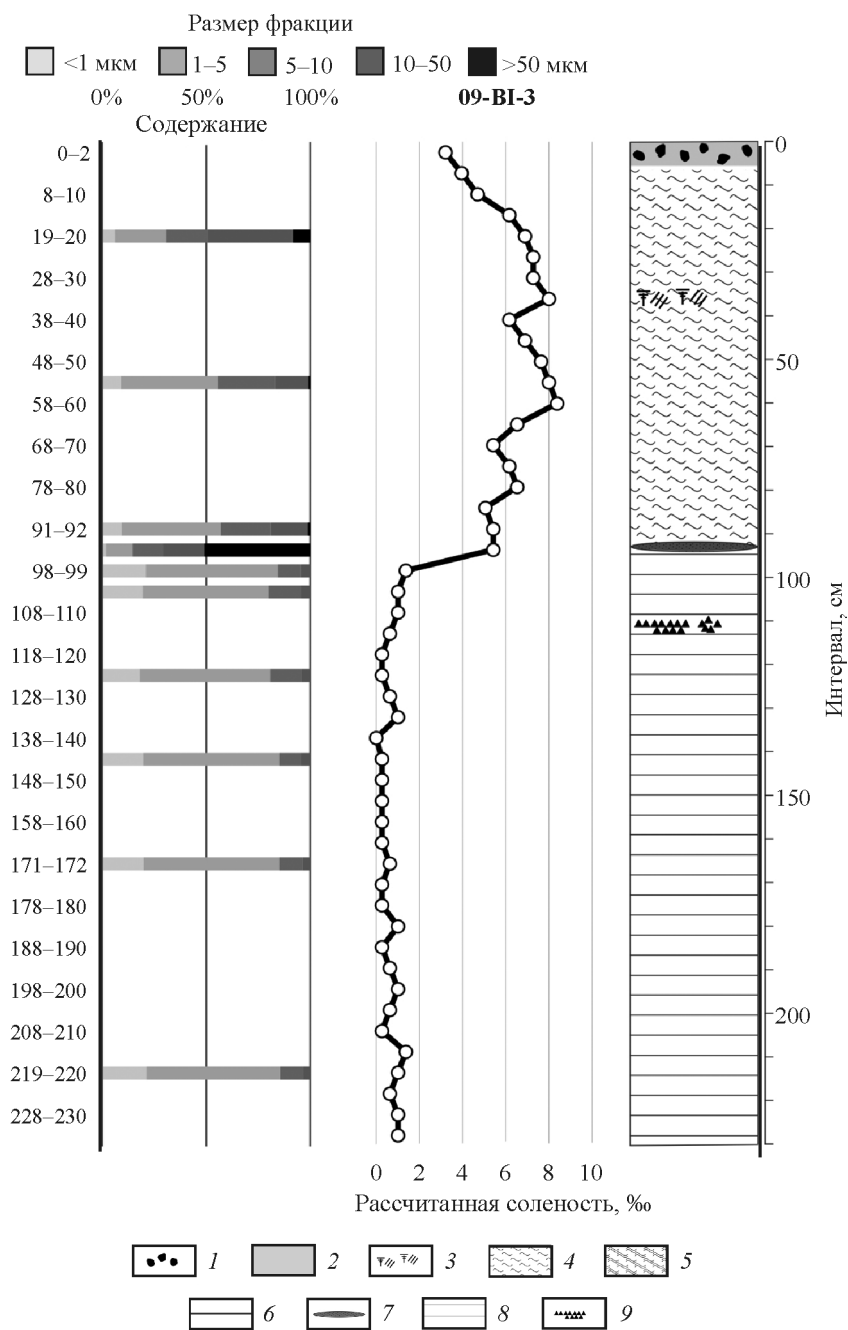


Рис. 3. Литологические схемы, характеристика гранулометрического состава и рассчитанная палеосоленость колонок 09-ВІ-3 и 16-Г-30.

1 — железомарганцевые конкреции, 2 — алевро-песчаные илы, 3 — растительные остатки, 4 — пелитовые алевроиты, 5 — алевропелиты, 6 — прослой алевроита, 7 — пески, 8 — глины, 9 — стяжения гидротроилита.

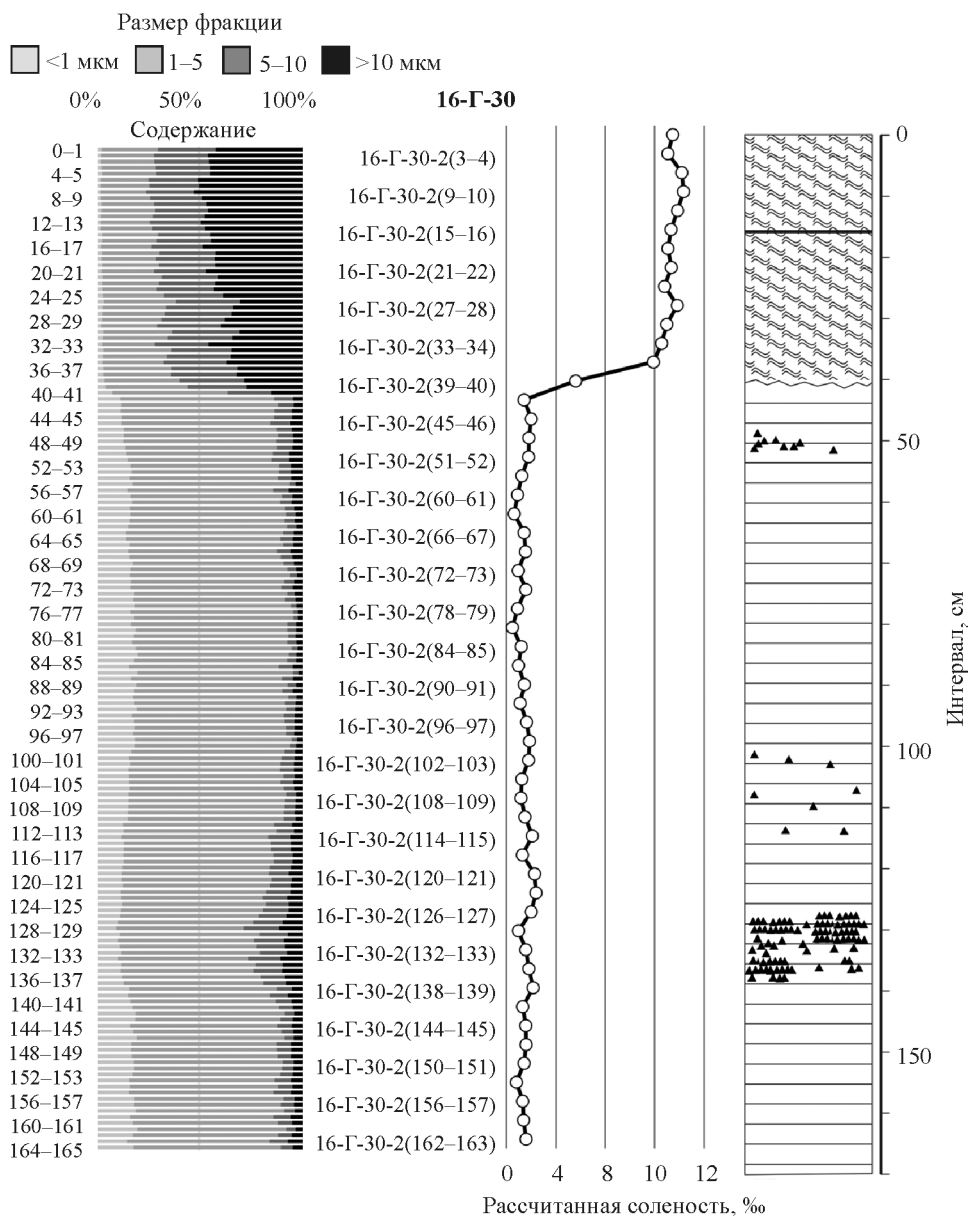


Рис. 3 (продолжение).

представляющих собой смесь нескольких минеральных фаз — пирита, мельниковита и частично окислившегося гидротроилита [5]. По гранулометрическому составу Анциловы отложения существенно не отличаются от осадков Балтийского ледникового озера и также представлены чистыми глинами (см. таблицу); в то же время их гранулометрические характеристики значительно более изменчивы по сравнению с осадками Балтийского ледникового озера.

В описываемых колонках разрез анциловых отложений венчается слоем глин голубовато-серого цвета мощностью 8 (09-ВІ-3) и 6 см (16-Г-30).

По гранулометрическому составу эти отложения отличаются как от подстилающих их анциловых, так и от вышележащих литориновых осадков (см. таблицу). По материалам предыдущих исследований горизонт «голубых» глин, фиксирующийся в отложениях Ботнического и Финского заливов, как правило, обогащен аутигенным пиритом [6, 15, 20]. Эти новообразования, обычно песчаной размерности, могут быть представлены как ксеноморфными сростками, фрамбоидами, так и биоморфозами в виде удлинённых стяжений цилиндрической формы или ветвящихся дендровидных образований. Формирование прослоя «голубых глин» мощностью до 15—20 см, являющегося типичным для отложений северной Балтики [20], маркирует специфические условия осадконакопления и диагенеза, характеризовавшие переход от озёрной к морской среде. Дендровидные конкреции и фрамбоиды пирита формировались по ходам роющих бентосных организмов в зонах сульфатредукции. По данным седиментационных исследований колонок донных отложений западной и центральной Балтики и Ботнического залива [14], придонные условия в седиментационных бассейнах в этот период характеризовались недостатком кислорода (концентрация O_2 2.0—0.2 мл/л).

Анализ результатов пробоотбора, выполненного в рамках ГСШ-200 (1984—2000 гг.), показывает, что прослой «голубых глин» встречается только в отложениях седиментационных бассейнов, расположенных к западу от меридиана, проходящего через Кургальский полуостров (рис. 1). Восточнее условий для бассейнового осадконакопления в это время, вероятно, не существовало; по данным НСП на значительной части площади переход от анциловых к литориновым отложениям маркирован эрозионным горизонтом.

Непосредственно над «голубыми глинами» наблюдается песчаный прослой, фиксирующий размыв во время предлиториновой регрессии. По данным гранулометрического анализа в колонке 09-BI-3 это алевритовый песок, в колонке 16-Г-30 — пелитовый алеврит, обогащенный песчаным материалом (содержание песчаных частиц 20.3 %).

Выше залегают зеленовато-серые алевропелитовые илы, накапливавшиеся в литориновое и постлиториновое время. По сравнению с нижележащими осадками фиксируются скачкообразное увеличение содержания алевритовых фракций (см. таблицу) и появление ощутимой примеси песчаных зерен (в колонке 16-Г-30 — среднее содержание частиц 0.05—2.0 мм — 1.6 %, максимальное — 3.4 %; в колонке 09-BI-3 — максимальное содержание 8.3 %). Осадки классифицируются как пелитовые алевриты и алевриты. Выше отметок 20 см в колонке 09-BI-3 и 17 см в колонке 16-Г-30 алевритовая составляющая начинает преобладать и еще более увеличивается примесь песка, что свидетельствует об усилении придонной гидродинамики.

Литориновые отложения колонки 09-BI-3 представлены гомогенными и неяснополосчатыми алевропелитами. Отчетливая тонкая полосчатость наблюдается только на коротком интервале 53—59 см, при этом в однородных осадках наблюдаются остатки растительности, вкрапления черного цвета. Отложения колонки 16-Г-30 также характеризуются отсутствием видимой слоистости. Можно предположить, что осадки этих колонок значительно биотурбированы.

Поверхностный слой (мощностью 5—6 см) в обеих колонках представлен несортированными осадками (песчано-глинистыми алевритами), вмещающими значительное количество железомарганцевых конкреций (ЖМК). Размер сферических ЖМК достигает 2 см. Согласно проведенным ранее исследова-

ниям [21] скоростей роста железомарганцевых конкреций Финского залива по изотопу Pb-210 возраст сферических ЖМК диаметром 2 см находится в интервале 670—850 лет. Соответственно можно предположить, что в точке отбора колонки 09-BI-3 условия накопления алевропелитовых (глинисто-алевритовых) илов сменились на условия замедленного терригенного осадконакопления не менее чем 670—850 л. н., т. е. по крайней мере в середине субатлантического времени.

Результаты анализа палеосолёности. График распределения рассчитанной палеосолёности по колонке донных отложений 09-BI-3 довольно контрастен (рис. 3). Пробы, отобранные от забоя керна (235 см) до отметки 120 см (отложения Балтийского ледникового озера и начало стадии Анцилового озера), характеризуются небольшими колебаниями содержания Bg (от 0.0003 до 0.0008 ‰), а рассчитанная солёность не превышает 2 ‰. С отметки 120 см фиксируются слабое увеличение концентраций Bg и соответственно увеличение солёности. Тем не менее до отметки 98 см ее расчетная величина не превышает 2 ‰.

На контакте анциловых и литориновых осадков скачкообразно увеличивается содержание Bg до 0.0019 ‰, рассчитанная солёность увеличивается до 6 ‰, что соответствует начальной стадии литориновой трансгрессии. На интервале от 85 до 20 см в распределении рассчитанной палеосолёности отмечены три максимума (отметки 80, 59, 34 см), соотносимых с трансгрессивными фазами развития Литоринового моря. На отметке 59 см рассчитанная солёность достигает предельных величин (более 9 ‰). Выше отметки 34 см зафиксировано последовательное уменьшение содержания Bg до 0.0013 ‰ и рассчитанной солёности до 3.5 ‰, что в целом соответствует современной усредненной солёности вод этой части Финского залива. Одновременно увеличивается доля песчано-алевритовых фракций. По-видимому, скорость осадконакопления постепенно уменьшается в этой точке, что подтверждается существованием современного поверхностного конкреционного слоя.

В колонке 16-Г-30 в нижней части разреза (интервал от 163 см) значения палеосолёности соответствуют пресноводным условиям и выдержаны по разрезу (около 1.3 ‰). С интервала 138—139 см происходит некоторое повышение палеосолёности, достигающее своего максимума (2.4 ‰) на интервале 123—124 см. Выше значения палеосолёности понижаются до интервала 42—43 см (среднее значение 1.3 ‰).

Слабовыраженное локальное повышение палеосолёности в подошвенной части отложений Анцилового озера, возможно, является слабым отголоском проявления морской (Иольдиевой) фазы развития Балтийского моря, когда существовала кратковременная связь Балтийской котловины с океаном. Анализ вертикального распределения Bg и расчетной палеосолёности в колонке 16-Г-30-2 указывает на резкую смену условий с пресноводных (Балтийское ледниковое озеро и Анцилово озеро) на солоноватоводные, фиксирующиеся в переходном горизонте «голубых глин» (интервал 39—40 см) (рис. 3). Отложения Литоринового моря характеризуются двумя относительно хорошо выраженными пиками максимумов солёности, вероятно обусловленных усиливающимся водообменом с океаном, связанным с морской трансгрессией. Расчетная палеосолёность достигает 10 ‰. Следует отметить, что верхний горизонт керна нарушен при извлечении, поэтому в отличие от результатов, полученных для колонки 09-BI-3, расчетная солёность верхнего горизонта несколько выше современной.

Результаты палинологических исследований колонки 09-VI-3. Общая концентрация пыльцы в пробах из колонки 09-VI-3 невысокая в нижней части разреза, в верхней части резко увеличивается. По всему разрезу отмечаются переотложенные дочетвертичные формы. По результатам анализа выделено 6 палинозон (рис. 4).

Палинозона 1 (210—235 см). Общая концентрация пыльцы очень низкая. Абсолютно преобладает пыльца трав при полном отсутствии спор и отмечаемых единично зернах пыльцы древесных пород. Отмечена пыльца *Betula nana*. Споры отсутствуют совсем. Преобладает пыльца полыни (до 50 %). Также отмечена пыльца *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae* и др. Во всех образцах отмечены угли небольшого размера.

Палинозона 2 (160—210 см). Общая концентрация пыльцы увеличивается. Растет процентное содержание пыльцы древесных пород (до 36 %), в которой доминирует пыльца сосны и березы. Отмечен значительный процент пыльцы *Betula nana*. Среди древесных пород также определена пыльца *Alnaster*, *Salix*, *Juniperus*. Во всех образцах этого горизонта в общем составе преобладает пыльца трав (до 82.5 %). Основная роль в формировании спектров принадлежит пыльце полыни. Велико содержание также пыльцы маревых и осок. Несколько раз отмечена пыльца *Dryas octopetala*. Также определена пыльца *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cichoriaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*, *Campanulaceae*, *Liliaceae*, *Diapensiaceae*, *Primulaceae* и др. В верхней части горизонта отмечена пыльца *Ephedra*, *Saxifraga*. Количество спор невелико. В основном встречаются споры *Sphagnum*, а также споры *Polypodiaceae* и *Bryales* (единично в верхней части горизонта).

Палинозона 3 (115—160 см). Общая концентрация пыльцы вновь снижается. Содержание пыльцы древесных пород также сокращается (до 18 %) и отмечается в незначительных количествах. Преобладает пыльца полыни, процент которой возрастает до 64 %, и пыльца маревых (до 25 %). Отмечена также пыльца *Cyperaceae*, *Polygonaceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*, *Brassicaceae*, *Rubiaceae*. Появляется пыльца *Ericaceae*. Изредка отмечается пыльца *Plantago*, *Filipendula*, *Ephedra*, *Saxifraga*, *Hippophae rhamnoides*, *Rubus chamaemorus*. Споры отсутствуют, как и в палинозоне 1.

Палинозона 4 (95.5—115 см). Немного возрастает общая концентрация пыльцы. Появляются споры, отмечен и рост содержания пыльцы древесных пород (до 38 %). Доминирует по-прежнему пыльца трав (до 70 %). Среди древесных пород преобладает пыльца сосны (до 26 %). Появляется пыльца березы, ольхи, можжевельника, ивы. Среди трав в начале зоны преобладает пыльца полыни (до 17.5 %), затем во второй половине зоны она исчезает. Исчезает и пыльца маревых, процент которой в начале зоны был еще значителен. Во второй половине зоны доминанта среди пыльцы трав постепенно изменяется. Ведущую роль в палиноспектрах теперь играет пыльца злаков и осок, процент каждой из этих групп достигает 12 %. Выросло и разнообразие пыльцы трав. Отмечена пыльца *Polygonaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Rubiaceae*, *Rosaceae*, *Caryophyllaceae* и др. В начале зоны еще встречается, исчезая к концу зоны, пыльца *Filipendula*, *Rubus chamaemorus*, *Mentha*. Впервые отмечена пыльца прибрежно-водного растения частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica*). Содержание спор в этой зоне достигает максимальных значений по разрезу (до 23.5 %). Преобладают споры папоротников. Отмечены споры *Bryales*, *Selaginella selaginoides*.

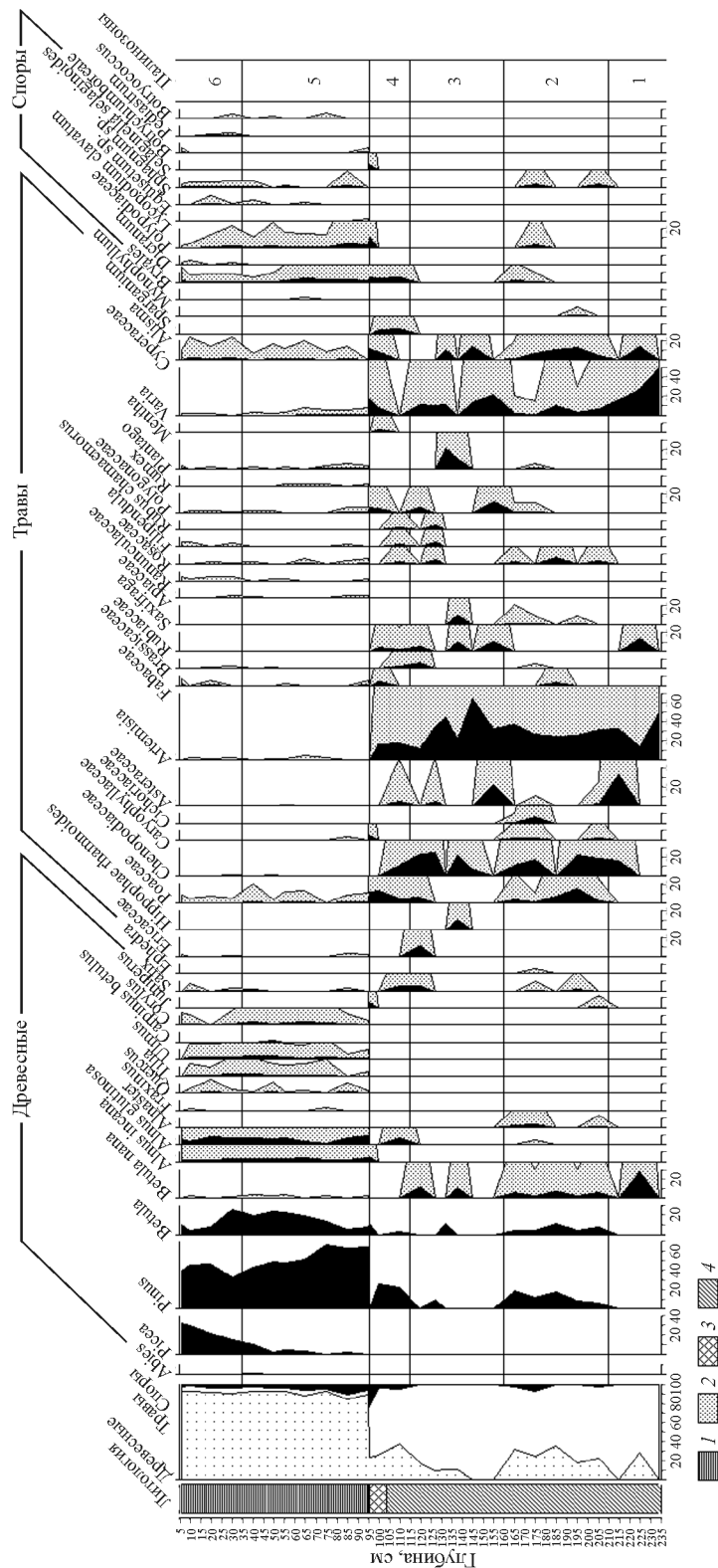


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма колонки донных отложений Финского залива 09-ВІ-3Т.

Состав отложений: 1 — зеленовато-серые гомогенные глины, 2 — песок, 3 — голубые гомогенные глины, 4 — серые глины.

Палинозона 5 (35—95.5 см). Общая концентрация пыльцы резко увеличивается. Преобладает пыльца древесных пород (84—93 %), среди которой доминирует пыльца сосны (до 67 %). Значительно и постоянно содержание пыльцы березы (до 24.5 %). Встречается пыльца карликовой березки. Появляется пыльца ели (до 10 %). Содержание пыльцы ольхи постоянно (*Alnus glutinosa* — до 10 %, *Alnus incana* — до 5 %). Впервые появляется пыльца широколиственных пород и здесь же отмечается ее максимальное содержание. Зафиксирована пыльца *Tilia*, *Ulmus*, *Quercus*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus*; непрерывную кривую образует пыльца лещины (*Corylus*). Процент пыльцы трав резко снижается (до 5.5 %). Среди трав преобладает пыльца злаков и осоковых. В небольших количествах постоянно встречается пыльца *Artemisia*, *Rumex* и *Plantago*. Среди семейства *Ericaceae* определена пыльца *Calluna vulgaris*. Постоянно отмечаются споры (до 10.5 %). Непрерывную кривую образуют споры папоротников и зеленых мхов. Отмечены также споры *Sphagnum*, *Equisetum*, *Botrychium boreale*, *Lycopodium clavatum*. Впервые по разрезу появляются споры водоросли *Botryococcus braunii*.

Палинозона 6 (5—35 см). Общая концентрация пыльцы высокая. Преобладает пыльца древесных пород (до 93 %), среди которой пыльца сосны (до 46.5 %) и ели (до 33 %). Содержание пыльцы березы в начале зоны еще значительно (26 %), во второй половине зоны ее процент постепенно снижается и составляет 5—10 %. Доля пыльцы *Alnus glutinosa* немного снижается до 4—8.7 %, пыльцы *Alnus incana* — до 3.4 %. Процент пыльцы широколиственных пород и лещины немного сокращается. Отмечена пыльца *Tilia*, *Ulmus*, *Quercus*, *Fraxinus*. Верхний образец совсем не содержит пыльцы широколиственных пород, отмечается лишь в небольшом количестве пыльца лещины. Пыльца трав по-прежнему составляет 5.5 %. Доминанты среди травянистых пород не изменяются: преобладает пыльца злаков и осоковых. Определена пыльца семейств: *Ericaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Apiaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae*. Отмечена пыльца *Artemisia*, *Filipendula*, *Plantago*. Количество спор уменьшается до 4 %. Преобладают споры папоротников. Отмечены также споры *Bryales*, *Sphagnum*, *Equisetum*, *Botrychium boreale*. Впервые появляются споры *Dicranum*. Встречаются споры водоросли *Botryococcus braunii* и появляются споры водоросли *Pediastrum kawraiskyi*.

Низкое содержание пыльцы в нижнем слое коричневых полосчатых глин (палинозона 1), вероятно, определяется слабым развитием растительности на водосборе в связи с холодным и сухим климатом позднеледникового времени, обусловленным близостью ледника. Растительность представляла собой так называемые тундростепи, состоящие из пионерных видов, заселяющих несформированные почвы (например, полыней). В основной территории на водосборе Балтики представляли собой поверхности с песчано-гравийными отложениями. Летом при некотором оттаивании ледника происходило переувлажнение территорий, где поселялась карликовая березка. Стабилизация условий (палинозона 2) привела к повышению содержания пыльцы в глинах. В растительности в это время преобладали безлесные сообщества с преобладанием полыни, маревых и осок. Получили распространение и дриадовые тундры. Значительную роль в травянистом покрове играли эфедра, камнеломка, диапензия. Судя по перигляциальному характеру растительности, климат был холодный и сухой. Однако оттаивание ледника, очевидно, происходило в это время интенсивнее благодаря некоторому потеплению климата. Переувлажнение почв привело к ограниченному развитию лесной растительности.

Появление березы, ольховника, можжевельника и ивы характеризует в основном кустарниковую растительность рассматриваемого периода. Значительное присутствие пыльцы сосны в отложениях, скорее всего, связано с ее переносом из южных частей водосбора Балтики, более отдаленных от ледника. Так, на территории Польши в аллереде уже существовали сосновые леса [13]. Потепление этого периода можно отнести к аллереде. Дальнейшее похолодание (палинозона 3) привело к деградации кустарниковой растительности. Травянистый покров в основном состоял из полыней и маревых. Также были распространены перигляциальные виды *Ephedra*, *Saxifraga*, *Hippophae rhamnoides*. Исходя из полученных результатов этот период можно отнести к позднему дриасу. Климат становится снова холодным и сухим. Подобные условия в Балтийском регионе реконструированы для возраста 12.7—11.65 тыс. кал. л. н. [19] и 12.5—11.5 тыс. кал. л. н. [17].

В дальнейшем наблюдается период накопления гомогенных серых глин, завершение формирования которых фиксирует песчаный прослой. Некоторая смена условий осадконакопления приводит к небольшому увеличению концентрации пыльцы в глинах (палинозона 4). На водосборе распространяются березовые редколесья с примесью можжевельника и ивы. Однако площадь их распространения невелика. Пыльца сосны все так же заносится с более южных территорий, где в это время уже распространялись сосновые леса. Пыльца ольхи, вероятно, также занесена. Основные территории по-прежнему занимают открытые перигляциальные ландшафты. Однако на протяжении рассматриваемого периода характер травяного покрова изменяется. Полынно-маревые сообщества сменяют разнотравно-злаковые и разнотравно-злаково-осоковые группировки. По мелководьям распространялись прибрежно-водные растения, представленные, например, *Alisma plantago-aquatica*. Начало широкого распространения папоротников, зафиксированное в этом периоде, характерно и для юго-восточной части Балтики [3]. Смена характера травяного покрова, появление прибрежно-водных растений, а также небольшое распространение древесной растительности свидетельствуют о некотором потеплении и увлажнении климата. Подобные условия характерны для пребореального периода.

Очевидно, что песчаный прослой фиксирует перерыв осадконакопления. Следующий этап (палинозона 5) связан с формированием зеленовато-серых гомогенных глин. Условия их накопления кардинально отличаются от условий накопления нижней части разреза. Растительность представляла собой хвойные и широколиственные леса с преобладанием таких термофильных пород, как липа, дуб, вяз, граб, ясень. Сосново-еловые леса также занимали значительные площади. Также можно говорить о некотором повышении трофического статуса водоемов, связанного с потеплением климата. Климат в этот период был теплым и влажным. Можно с уверенностью отнести рассматриваемый период к атлантическому. Подобные ландшафты реконструированы для побережья Литоринового моря в середине атлантического периода [7]. Датировается описанное событие для северного побережья от 8 до 6.5 тыс. кал. л. н. [16]. Следующий этап (палинозона 6), соответствующий верхнему слою зеленовато-серых гомогенных глин, характеризуется широким распространением хвойных лесов. Широколиственные породы еще играют значительную роль в растительном покрове, но площадь их распространения постепенно сокращается. Климат становится прохладней. Рассматриваемый период можно отнести к суббореалу.

Результаты палинологического анализа подтвердили предварительное датирование отложений колонки: отложения интервала 235—115 см сформировались в позднем неоплейстоцене, в период существования Балтийского ледникового озера, интервала 115—95 см — в раннеголоценовом озерном водоеме, интервала 95—5 см (после перерыва в осадконакоплении) — в литориновое время.

Заключение. Выполненные седиментологические исследования позволили получить новые данные об условиях седиментации (придонной гидродинамике и палеосолености) в послеледниковых водоемах, существовавших в пределах восточной части Финского залива.

Согласно результатам интерпретации НСП общая мощность ледниково-озерных отложений в месте отбора грунтовой колонки 09-ВІ-3 составляет 6 м. Седиментация в Балтийском ледниковом озере на заключительной стадии его существования в рассматриваемом районе характеризовалась спокойными придонными гидродинамическими условиями, что привело к формированию однородных по гранулометрическому составу сугубо глинистых отложений. По данным палинологического анализа эти осадки формировались в период позднего неоплейстоцена. В то же время во вскрытом разрезе отложений Балтийского ледникового озера могут быть выделены три интервала, очевидно, несколько различные по условиям осадконакопления. Отложения, вскрытые в забое колонки 09-ВІ-3 (интервал 210—235 см), характеризуются низкой концентрацией пыльцы и немного повышенными значениями палеосолености водоема (до 1 ‰) относительно вышележащих отложений Балтийского ледникового озера. Это может быть объяснено влиянием различных факторов — в первую очередь ограниченным стоком вод, поступавших в бассейн седиментации в период накопления этих отложений, что могло быть обусловлено более холодным или более сухим климатом. При этом нельзя исключать и возможного влияния локальных условий седиментации, например смены придонных гидродинамических условий. Выше по разрезу (интервал 116—235 см) наблюдаются повышение концентрации пылевых зерен и одновременно опреснение водоема (соленость до 0 ‰). Смена условий захоронения пыльцы свидетельствует о более стабильной среде седиментации, а полное опреснение водоема — об увеличении величины стока вод с суши.

Переход от верхнеплейстоценовой к голоценовой седиментации характеризовался резкой сменой условий, падением уровня палеоводоема, усилением гидродинамического воздействия на поверхность дна. Потепление климата, деградация ледникового покрова и проникновение в Балтику морских вод способствовали увеличению биопродуктивности бассейна, активизации процессов сульфатредукции, периодическом формировании анаэробной обстановки в осадках, что привело к появлению в разрезе стяжений аморфных сульфидов железа (гидротроилита). Отложения анцилового этапа развития также представлены глинами, однако их гранулометрические характеристики более изменчивы по сравнению с таковыми нижележащих осадков Балтийского ледникового озера. Вверх по разрезу фиксируется слабое, но однонаправленное увеличение концентраций Bg и соответственно увеличение солености, однако ее величина не превышает 2 ‰. По данным палинологического анализа отложения датируются пребореальным периодом.

В рассматриваемых колонках зафиксирован переходный горизонт так называемых «голубых глин», сформировавшийся при переходе от озерных к

морским условиям. По данным ГСШ-200, условия для формирования осадков этого типа существовали к западу от линии мыс Кургальский—о-в Малый. По гранулометрическому составу эти отложения отличаются как от подстилающих их анциловых, так и от вышележащих литориновых осадков. Прослой обогащен аутигенным пиритом, представленным как ксеноморфными сростками, так и биоморфозами в виде удлинённых стяжений цилиндрической формы или ветвящихся дендровидных образований по ходам роющих организмов. С прослоем «голубых глин» связано скачкообразное увеличение рассчитанной палеосолёности от 2 до 6 ‰. Верхний контакт «голубых глин» с морскими литориновыми илами подчеркнут прослоем, обогащенным песчаным материалом, маркирующим предлиториновую регрессию и кратковременный перерыв в осадконакоплении.

Зеленовато-серые илы, накапливавшиеся в литориновое и постлиториновое время, резко отличаются от нижележащих осадков более грубым гранулометрическим составом. Осадки классифицируются как пелитовые алевроиты и алевроиты. В верхней части разреза алевроитовая составляющая начинает преобладать, что, возможно, свидетельствует о постепенном замедлении скорости седиментации и усилении активности придонной гидродинамики. Расчетная солёность литориновых отложений варьирует в пределах от 6 до 9 ‰, а в верхней части колонки последовательно уменьшается до 3.5 ‰, что в целом соответствует современной усреднённой солёности вод этой части Финского залива. По данным палинологического анализа формирование литориновых отложений происходило с середины атлантического до конца суббореального периода.

Оценка скоростей роста железомарганцевых конкреций позволяет предположить, что условия накопления алевропелитовых (глинисто-алевритовых) илов сменились на условия замедленного терригенного осадконакопления не менее чем 670—850 л. н., т. е. по крайней мере в середине субатлантического времени.

Полученные данные хорошо коррелируются с современными представлениями о дегляциации впадины Балтийского моря [12] и Карельского перешейка [11], в то же время значительно уточняя существовавшие ранее представления о возрасте ледниково-озерных отложений восточной части Финского залива.

Работы выполнялись в рамках Международной программы БОНУС (проект РФФИ 08-05-92420-БОНУС_а) и проекта CISU, финансируемого Академией наук Финляндии и РФФИ (14-05-91763). Авторы благодарны коллегам по проектам Г. Валлиусу, И. А. Неевину, Ю. П. Кропачеву, Е. Н. Нестеровой, Н. О. Дерюгиной, А. Н. Сукнотовой, а также капитанам и экипажам НИС «Ладога» и «Соболец».

Список литературы

- [1] Амантов А. В., Жамойда В. А., Рябчук Д. В., Спиридонов М. А., Сапелко Т. В. Геологическое строение подводных террас восточной части Финского залива и моделирование условий их формирования на послеледниковом этапе развития региона // Региональная геология и металлогения. 2012. № 50. С. 15—27.
- [2] Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / Гл. ред. О. В. Петров. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. 78 с.

- [3] Григорьев А. Г., Жамойда В. А., Спиридонов М. А., Шаранова А. Ю., Сивков В. В. Новые данные по истории развития юго-восточной части Балтийского моря от позднеледниковья до современности // Региональная геология и металлогения. 2009. № 40. С. 103—114.
- [4] Гричук В. П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пылецевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Вып. 8. С. 53—58.
- [5] Доминиковская Т. В., Жамойда В. А. Минералогические особенности верхне-четвертичных отложений Финского залива // Гляциальные шельфы: проблемы геологии и методика изучения. Л.: ВСЕГЕИ, 1985. С. 35—43.
- [6] Жамойда В. А. Литология и минералогические особенности верхнечетвертичных отложений гляциального шельфа. Автореф. ... канд. геол.-мин. наук. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 22 с.
- [7] Клейменова Г. И., Вишневская Е. М., Долуханов П. М., Латышева Н. М. К палеогеографии Северо-восточного побережья Финского залива в среднем и позднем голоцене // Изв. ВГО. 1988. Т. 120, вып. 4. С. 302—314.
- [8] Краснов И. И., Дюфорн К., Вогерз А. (ред.). Международная карта четвертичных отложений Европы масштаба 1: 2 500 000. 1971.
- [9] Сапелко Т. В. Значение непыльцевых палиноморф в палинологических исследованиях озёрных отложений // Материалы LXI Сессии Палеонтологического общества. Санкт-Петербург, 13—17.04.2015. СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. С. 110—112.
- [10] Спиридонов М. А. Ледниковая история Финского залива // Геология субаквальной части зоны сочленения Балтийского щита и Русской плиты в пределах Финского залива. Сб. науч. трудов. Л.: ВСЕГЕИ, 1989. С. 23—32.
- [11] Субетто Д. А. Донные отложения озер. Палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 344 с.
- [12] Andren T., Björck S., Andren E., Conley D., Zillen L., Anjar J. The development of the Baltic Sea basin during last 130 ka // Jan Harff, Svante Björck, Peer Hoth (editors). The Baltic Sea Basin. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2011. P. 75—98.
- [13] Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S., Korzeń K., Krapiec M., Pawłowski D., Plaza D., Plóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J. Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian // Quaternary International. 2014. 324. P. 99—114.
- [14] Harff J., Endler R., Emelyanov E., Kotov S., Leipe Th., Moros M., Olea R., Tomczak M., Witkowski A. Late Quaternary climate variations reflected in Baltic Sea sediments // Jan Harff, Svante Björck, Peer Hoth (editors). The Baltic Sea Basin. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2011. P. 99—132.
- [15] Ignatius H., Kukkonen E., Winterhalter B. Notes on a pyritic zone in upper Ancyclus sediments from the Bothnian Sea // Bulletin of the Geological Society of Finland. 1968. 40. P. 131—134.
- [16] Miettinen A., Savelieva L., Subetto D., Dzhinoridze R., Arslanov Kh., Hyvärinen H. Palaeoenvironment of the Karelian Isthmus, the easternmost part of the Gulf of Finland, during the Litorina Sea stage of the Baltic Sea history // Boreas. 2007. 36 (4). P. 441—458.
- [17] Seiriene V., Stancikaite M., Kisieliene D., Sinkunas P. Lateglacial environmental inferred from paleobotanical and C data of sediment sequence from Lake Kasuciai, West Lithuania // Baltica. 2006. V. 19, N 3. P. 80—90.
- [18] Spiridonov M., Ryabchuk D., Kotilainen A., Vallius H., Nesterova E., Zhamoida V. The Quaternary deposits of the Eastern Gulf of Finland. Geological Survey of Finland. Special Paper, 2007. 45. P. 5—18.

- [19] *Veski S. Leeli Amon, Atko Heinsalu, Triin Reitalu, Leili Saarse, Normunds Stivrins, Jüri Vassiljev*. Late glacial vegetation dynamics in the eastern Baltic region between 14.500 and 11.400 cal yr BP: A complete record since the Bolling (GI-1e) to the Holocene // *Quaternary Science Reviews*. 2012. 40. P. 39—53.
- [20] *Virtasalo J., Lowemark L., Papunen H., Kolilainen A., Whitehouse M.* Pyritic and baritic burrows and microbial filaments in postglacial lacustrine clays in the northern Baltic Sea // *Journal of the Geological Society*. 2010. V. 167. P. 1185—1198.
- [21] *Zhamoida V., Grigoriev A., Gruzlov K., Ryabchuk D.* The influence of ferromanganese concretions-forming processes in the eastern Gulf of Finland on the marine environment. Geological Survey of Finland. Special Paper 45. 2007. P. 21—32.

Поступило в редакцию
17 февраля 2017 г.

Sedimentation processes of the postglacial basins based on study of bottom sediments of the Eastern Gulf of Finland

© D. V. Ryabchuk,^{*1} A. G. Grigoriev,^{*2} T. V. Sapelko,^{**3} V. A. Zhamoida,^{*4} A. T. Kotilainen,^{***5}
A. Yu. Sergeev,^{*6} L. M. Budanov^{*}

^{*} A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg

^{**} Institute of Limnology RAS, St. Petersburg

^{***} Geological Survey of Finland

E-mail: ¹ Daria_Ryabchuk@mail.ru

² andrey_grigoryev@vsegei.ru

³ tsapelko@mail.ru

⁴ Vladimir_Zhamoida@vsegei.ru

⁵ aarno.kotilainen@gtk.fi

⁶ leon_likes@mail.ru

The article presents the results of sedimentological research of Late Pleistocene—Holocene bottom sediment cores from the Eastern Gulf of Finland. Thickness and bedding of stratigraphic units was studied using acoustic-seismic profiling. High-resolution grain-size and geochemical studies permitted to receive new data on sedimentation conditions (near-bottom paleohydrodynamics and paleosalinity) within postglacial basins existed in the Gulf of Finland area. Sedimentation conditions within fresh-water Baltic Ice Lake during last phases of its development were characterized by stable deposition of homogenous clayey sediments. Paleosalinity of Yoldia Sea did not increase within study area. In Ancylus Lake of Late Holocene, depositions of clays still dominated, but the grain-size parameters varies along the core. A specific layer of «blue clays», indicating pre-Littorina regression, is founded in the upper part of Ancylus sediment sequence. The most drastic change of paleoenvironment is fixed in the boundary of Ancylus and Littorina phases. Grain-size parameters has changed (silty mud began to prevail), paleosalinity has sharply grown. Several maxima of paleosalinity, linked with transgression phases are fixed within Littorina Sea deposition sequence. Paleosalinity during Atlantic Time was essentially higher than nowadays; it reached 8—10 ‰. Results of palinological research allowed estimating the time of lacustrine-glacial, lacustrine and marine sediments formation.

Key words: sedimentation, Eastern Gulf of Finland, Late Pleistocene—Holocene, bottom sediments, paleosalinity, palynology.

References

- [1] *Amantov A. V., Zhamojda V. A., Rjabchuk D. V., Spiridonov M. A., Sapelko T. V.* Geologicheskoe stroenie podvodnyh terras vostochnoj chasti Finskogo zaliva i modelirovanie uslovij ih formirovaniya na poslednikovom jetape razvitiya regiona // Regional'naja geologija i metallogenija. 2012. N 50. S. 15—27.
- [2] Atlas geologicheskikh i jekologo-geologicheskikh kart Rossijskogo sektora Baltijskogo morja / Gl. red. O. V. Petrov. SPb.: VSEGEI, 2010. 78 s.
- [3] *Grigor'ev A. G., Zhamojda V. A., Spiridonov M. A., Sharapova A. J., Sivkov V. V.* Novye dannye po istorii razvitiya jugo-vostochnoj chasti Baltijskogo morja ot pozdnelednikov'ja do sovremennosti // Regional'naja geologija i metallogenija. 2009. N 40. S. 1103—1114.
- [4] *Grichuk V. P.* Metodika obrabotki osadochnyh porod, bednyh organicheskimi ostatkami, dlja celej pyl'cevogo analiza // Problemy fizicheskoy geografii. 1940. Vyp. 8. S. 53—58.
- [5] *Dominikovskaja T. V., Zhamojda V. A.* Mineralogicheskie osobennosti verhnetchetvertichnyh otlozhenij Finskogo zaliva // Gljacial'nye shel'fy: problemy geologii i metodika izuchenija. L.: VSEGEI, 1985. S. 35—43.
- [6] *Zhamojda V. A.* Litologija i mineralogicheskie osobennosti verhnetchetvertichnyh otlozhenij gljacial'nogo shel'fa. Avtoref. ... kand. geol.-min. nauk. L.: VSEGEI, 1987. 22 s.
- [7] *Klejmenova G. I., Vishnevskaja E. M., Doluhanov P. M., Latysheva N. M.* K paleogeografii Severo-vostochnogo poberezh'ja Finskogo zaliva v srednem i pozdnem golocene // Izvestija VGO. 1988. T. 120, vyp. 4. S. 302.
- [8] *Krasnov I. I., Djufovn K., Vogerz A.* (red.). Mezhdunarodnaja karta chetvertichnyh otlozhenij Evropy masshtaba 1:2 500 000. 1971.
- [9] *Sapelko T. V.* Znachenie nepyl'cevyh palinomorf v palinologicheskikh issledovanijah ozernyh otlozhenij // Materialy LXI Sessii Paleontologicheskogo obshhestva. Sankt-Peterburg, 13—17.04.2015. SPb.: VSEGEI, 2015. S. 110—112.
- [10] *Spiridonov M. A.* Lednikovaja istorija Finskogo zaliva. // Geologija subakval'noj chasti zony sochlenenija Baltijskogo shhita i Russkoj plity v predelah Finskogo zaliva. Sb. nauch. trudov. L.: VSEGEI, 1989. S. 23—32.
- [11] *Subetto D. A.* Donnye otlozheniya ozer. Paleolimnologicheskiye rekonstruktsii. Izdatelstvo RGPU im. A. I. Hertseny. 2009. 344 p.
- [12] *Andren T., Bjork S., Andren E., Conley D., Zillen L., Anjar J.* The development of the Baltic Sea basin during last 130 ka // Jan Harff, Svante Björck, Peer Hoth (ed). The Baltic Sea Basin. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2011. P. 75—98.
- [13] *Dzieduszyńska D., Kittel P., Petera-Zganiacz J., Brooks S., Korzen K., Krapiec M., Pawlowski D., Plaza D., Plóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Twardy J.* Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian // Quaternary International. 2014. 324. P. 99—114.
- [14] *Harff J., Endler R., Emelyanov E., Kotov S., Leipe Th., Moros M., Olea R., Tomczak M., Witkowski A.* Late Quaternary climate variations reflected in Baltic Sea sediments // Jan Harff, Svante Björck, Peer Hoth (ed). The Baltic Sea Basin. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York. P. 99—132.
- [15] *Ignatius H., Kukkonen E., Winterhalter B.* Notes on a pyritic zone in upper Ancyclus sediments from the Bothnian Sea // Bulletin of the Geological Society of Finland. 1968. 40. P. 131—134.
- [16] *Miettinen A., Savelieva L., Subetto D., Dzhinoridze R., Arslanov Kh., Hyvärinen H.* Palaeoenvironment of the Karelian Isthmus, the easternmost part of the Gulf of Fin-

- land, during the Litorina Sea stage of the Baltic Sea history // *Boreas*. 2007. 36 (4). P. 441—458.
- [17] *Seiriene V., Stancikaite M., Kisieliene D., Sinkunas P.* Lateglacial environmental inferred from paleobotanical and C data of sediment sequence from Lake Kasuciai, West Lithuania // *Baltica*. 2006. V. 19, N 3. P. 80—90.
- [18] *Spiridonov M., Ryabchuk D., Kotilainen A., Vallius H., Nesterova E., Zhamoida V.* The Quaternary deposits of the Eastern Gulf of Finland. Geological Survey of Finland. Special Paper, 2007. 45. P. 5—18.
- [19] *Veski S. Leeli Amon, Atko Heinsalu, Triin Reitalu, Leili Saarse, Normunds Stivrins, Jüri Vassiljev.* Late glacial vegetation dynamics in the eastern Baltic region between 14.500 and 11.400 cal yr BP: A complete record since the Bolling (GI-1e) to the Holocene // *Quaternary Science Reviews*. 2012. 40. P. 39—53.
- [20] *Virtasaalo J., Lowemark L., Papunen H., Kolilainen A., Whitehouse M.* Pyritic and baritic burrows and microbial filaments in postglacial lacustrine clays in the northern Baltic Sea // *Journal of the Geological Society*. 2010. V. 167. P. 1185—1198.
- [21] *Zhamoida V., Grigoriev A., Gruzlov K., Ryabchuk D.* The influence of ferromanganese concretions-forming processes in the eastern Gulf of Finland on the marine environment. Geological Survey of Finland. Special Paper 2007. 45. P. 21—32.

Изв. РГО. 2017. Т. 149, вып. 3

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ В СИСТЕМЕ ЛАНДШАФТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

© **Е. А. ВОЛКОВА**,*¹ **Г. А. ИСАЧЕНКО**,**² **А. И. РЕЗНИКОВ**,**³ **В. Н. ХРАМЦОВ***⁴

* Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

** Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

E-mail: ¹ evolkova305@gmail.com

² greg.isachenko@gmail.com

³ ar1725-2@mail.ru

⁴ vteberda@gmail.com

Приведен анализ существующей сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Санкт-Петербурга, которая включает 8 природных заказников и 7 памятников природы регионального значения. ООПТ на территории Санкт-Петербурга создаются с 1990 г. и в 2017 г. составляют 4,3 % территории субъекта Федерации. Приведены данные о структуре ландшафтных местоположений и растительных сообществ в пределах каждой ООПТ, оценена представленность ландшафтов и растительных сообществ территории Санкт-Петербурга в пределах ООПТ. Дан обзор ландшафтных и геоботанических особенностей каждой ООПТ, степени преобразования природных комплексов антропогенными воздействиями. Охарактеризованы проблемы сохранения ООПТ своих природоохранных функций в связи с процессами естественной динамики ландшафтов и развития города, включая рост рекреационных нагрузок. Кратко изложены перспективы развития системы ООПТ Санкт-Петербурга в связи с существующими законодательными решениями. Показано, что междисциплинарные исследования, сопровождающиеся тематическим картографированием, созданием баз данных и геоинформационных систем, дают объективную картину современного состояния городских ООПТ и возможность прогнозировать сценарии их изменений в условиях большого города.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория, Санкт-Петербург, ландшафт, растительное сообщество, динамика ландшафтов, антропогенное воздействие, рекреационные нагрузки, тематическое картографирование.