

ОБСТАНОВКИ ГОЛОЦЕНОВОГО ОСАДКОАКОПЛЕНИЯ В ПОЙМАХ РЕК БАСЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

В.Б. Базарова, М.С. Лящевская, Т.Р. Макарова, Р.А. Макаревич, Л.А. Орлова*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 690041, Владивосток, ул. Радио, 7, Россия

**Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

В разрезе пойменных отложений р. Комиссаровка выделены толщи, состоящие из сменяющих друг друга в вертикальном разрезе горизонтов алевритов, суглинков, песков и почвы. Выявлены следующие группы процессов: озерное, аллювиальное и эоловое осадконакопление, почвообразование. Горизонты алеврита и песка в нижней части разреза сопоставляются с раннеголоценовой трансгрессией и со среднеголоценовой регрессией оз. Ханка. Осадконакопление в приустьевой зоне р. Комиссаровка хорошо отражает локальные обстановки формирования пойменного аккумулятивного ландшафта и сопряжено с голоценовыми трансгрессиями и регрессиями оз. Ханка.

Пойменное осадконакопление, радиоуглеродные датировки, средний—поздний голоцен, оз. Ханка, Приханкайская равнина.

HOLOCENE OVERBANK DEPOSITION IN THE DRAINAGE BASIN OF LAKE KHANKA

V.B. Bazarova, M.S. Lyashchevskaya, T.R. Makarova, R.A. Makarevich, and L.A. Orlova

Overbank deposits in the Komissarovka River valley consist of alternating silt, clay silt, sand, and soils produced by lacustrine, alluvial, and aeolian deposition and by soil formation. Silt and sand layers in the lower part of the section correlate with the events of Early Holocene transgression and Middle Holocene regression of Lake Khanka. Deposition in the lowermost reaches of the Komissarovka River provides a faithful record of local Holocene landscapes controlled by level changes in Lake Khanka.

Overbank deposition, radiocarbon dating, Middle–Late Holocene, Lake Khanka, Khanka Plain

ВВЕДЕНИЕ

При палеогеографических исследованиях особая роль отводится изучению отложений пойм, включающих гумусированные (почвенные) горизонты. Они хранят информацию об обстановках осадконакопления на пойме во время различных климатических событий голоцена. Об этом свидетельствуют детальные исследования пойменных отложений малых и средних рек лесной и лесостепной зоны Русской равнины [Сычева, 2003, 2008; и др.], пойменных отложений степных экотонів Юго-Восточного Забайкалья [Bazarova et al., 2008a, 2015]. Пойменные геосистемы чутко реагируют на изменения природной среды и климата. И чем меньше река, тем заметнее реакция на такие изменения, последствия которых регистрируются в строении аллювиальных толщ. Целью данной работы является «расшифровка» обстановок и факторов, которые играли основную роль при формировании аккумулятивного ландшафта на Приханкайской равнине (юг Дальнего Востока) на примере пойменных отложений р. Комиссаровка (рис. 1).

Рельеф. Бассейн оз. Ханка расположен в средней части Западно-Ханкайско-Раздольненской тектонической депрессии. Общая площадь водосбора составляет 16 890 км² [Васьковский, 1978] и включает в себя бассейны трех крупных рек (Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка) с длиной более 100 км и другие более мелкие реки.

Для орографии водосборного бассейна оз. Ханка характерен постепенный переход от хребтов среднегорным и низкогорным рельефом к холмисто-увалистому, а затем от останцово-денудационного рельефа к высоким и низким аккумулятивным равнинам [История ..., 1972; Короткий, 1985]. Поверхность Приханкайской равнины практически сплошным чехлом покрывают четвертичные отложения. Характерной чертой этих отложений является распространение бурых суглинков, которые приурочены к зоне останцово-денудационного рельефа и низкогорья. За пределами этой зоны суглинки распространены в основном вдоль речных долин. Предполагается, что они имеют элювиальное, делювиальное и аллювиальное происхождение [Короткий и др., 1972; Болиховский, 1978].

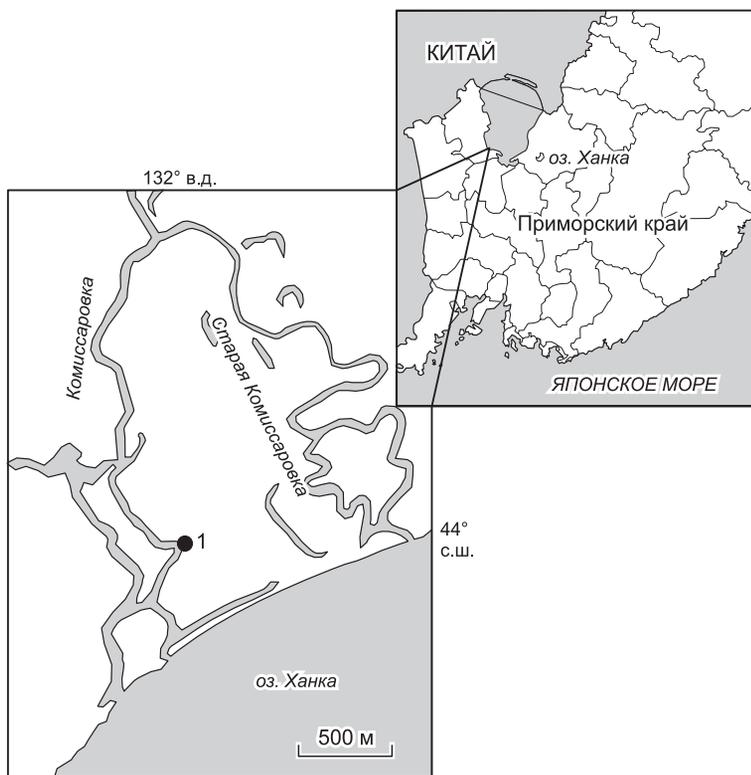


Рис. 1. Карта-схема локализации изученного разреза.

1 — разрез пойменных отложений р. Комиссаровка.

Река Комиссаровка берет свое начало на восточном склоне хр. Пограничный и впадает в оз. Ханка в его западной части. Длина реки 162 км, площадь водосбора 2310 км², общее падение тальвега реки составляет 852 м. Основные притоки: р. Мраморная и Пограничная. Река относится к горно-равнинным водотокам. По морфологическому строению долину реки можно разделить на два участка. На первом (от истока до с. Ильинка) долина реки имеет трапецеидальную форму, характеризуется асимметричным строением, преобладает ширина 1.3—1.8 км. Пойма преимущественно односторонняя, переходящая с одного берега на другой с преобладающей шириной 1.0—1.5 км. Дно реки в на-

чале участка и на перекатах галечное, на плесах — галечно-песчаное. Берега русла крутые или обрывистые, высотой 1.0—1.5 м. На втором участке (от с. Ильинка до устья) долина выражена неясно, пойма двухсторонняя: в начале участка ширина ее составляет 3.5—4.0 км, ниже увеличивается до 6.0—8.0 км. Берега крутые или обрывистые высотой 0.6—2.0 м. В приустьевой части русло р. Комиссаровка разделяется на две протоки — Комиссаровка и Старая Комиссаровка. Пойма между протоками с многочисленными старицами заболочена (см. рис. 1).

Климат. Климат Приханкайской равнины определяет взаимодействие двух барических областей с дважды меняющимся в течение года направлением барических градиентов. Зимой преобладают ветры западных румбов и устанавливаются сильные морозы. Летом воздушные массы перемещаются с океана на материк. С июня по август происходит самая интенсивная циклоническая деятельность. Среднегодовая температура колеблется от 3.8 в западной и 2.4 °С в восточной части равнины. Среднегодовое количество осадков в западной части равнины составляет 520 и 660 мм в восточной [Научно-прикладной ..., 1988].

Растительность. Растительность равнины представлена остепненными редколесьями из дуба монгольского (*Quercus mongolica*), березы даурской (*Betula dahurica*) и дубово-леспедецево-лещинных порослей в сочетании со злаково-разнотравными остепненными лугами, луговыми и горными степями, покрывающими более 30 % площади. Они распространены в западной части равнины, реже на восточном побережье оз. Ханка. Дубовые леса с рощами сосны могильной (*Pinus funebris* Com.) растут в низкогорных северо-западных районах, включая крутые берега оз. Ханка. На крутых склонах растительный покров этих лесов остепнен. Характерны группировки с преобладанием пижмы сибирской (*Filifolium sibiricum* L.), на горных склонах встречаются ассоциации с ковылем байкальским (*Stipa baicalensis* Roshev) или злаково-осоково-разнотравные. Для многих ассоциаций характерны полыни. Сырые и мокрые вейниковые, осоково- и разнотравно-вейниковые луга, а также травяные болота занимают южное и восточное побережья озера и поймы рек. Горные окраины водосбора оз. Ханка, особенно в его восточной части, покрыты хвойно-широколиственными лесами с кедром корейским (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) [Куренцова, 1962; Колесников, 1969].

Почвы. Бурые лесные почвы развиты на вершинах и склонах сопок, по своему составу представляют легкий и тяжелый суглинок. На вершинах и склонах увалов распространены бурые подзолистые почвы, сформированные на аллювиальных отложениях, а в нижних частях склонов и увалов лугово-бурые почвы на озерно-речных отложениях. На равнинах и низменных участках преобладают лугово-оподзоленные, лугово-болотные и лугово-глеевые почвы, развитые на озерно-речных отложениях. Над-

пойменные террасы заняты остаточными-пойменными почвами, по механическому составу представляющие собой легкие суглинки. На поймах рек, заливаемых паводковыми водами, встречаются слабопроницаемые суглинистые отложения, которые являются почвообразующими породами [Росликова и др., 2010].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В приустьевой зоне р. Комиссаровка, на левобережной пойменной террасе высотой 2 м над уре- зом воды, в обнажении омега-видной излучины протоки Комиссаровка зачищен разрез (координаты 44°50'43" с.ш., 132°02'34" в.д., высота 76 м над ур. м.). Разрез удален от оз. Ханка примерно на 450 м, превышение поверхности поймы на месте разреза над современным уровнем озера составляет 2.0— 2.5 м. Мощность отложений 156 см (сверху вниз, см):

№ слоя	Морфологическое описание	Глубина, см
1.	Почва: дерновый горизонт, буровато-коричневый, легкосуглинистый, густо пронизан корнями травянистой растительности. Граница слабоволнистая	0—4
2.	Почва темно-коричневая с редким вкраплением мелких охристых пятен оксидов железа, пронизана корнями трав. Граница постепенная неровная	4—20
3.	Почва легкосуглинистая: переходный горизонт, буровато-коричневый. Граница постепенная почти ровная	20—48
4.	Суглинок с мелкозернистым песком с присутствием мелкого гравия. Поверхность редких структурных агрегатов покрыта мелкими охристо-ржавыми пятнами оксидов железа. Граница ровная	48—76
5.	Суглинок легкий слоистый коричневатобурый. На гранях структурных отдельностей присутствуют желтовато-охристые пятна оксидов железа 1—3 мм диаметром. Граница почти ровная	76—94
6.	Чередование слоев отмытого мелко- и среднезернистого песка с содержанием илистых частиц, мелкозема и включающих железомарганцевые конкреции размером 0.5—1.0 мм. Граница неровная	94—102
7.	Песок отмытый и хорошо сортированный с включением большого количества железомарганцевых конкреций. Граница ровная	102—146
8.	Песок с почвенным мелкоземом	146—156
9.	Алеврит серый уплотненный, тугопластичный	156 и ниже

Реконструкция климата проведена согласно данным палинологического и диатомового анализов. Образцы на спорово-пыльцевой и диатомовый анализы отобраны с шагом 2 см. Для извлечения пыльцы и спор была применена стандартная методика [Сладков, 1967]. При построении диаграмм содержание каждого таксона в спектре определялось по относительному обилию в процентах от суммы всех пыльцевых зерен в соответствующей группе. При определении диатомовых водорослей техническая обработка проб и приготовление постоянных препаратов проводилась по общепринятой методике [Диатомовые ..., 1974]. Таксономический состав определялся с использованием литературных источников отечественных и зарубежных авторов [Krammer, Lange-Bertalott, 1986, 1991; Харитонов, 2005; Генкал, Вехов, 2007]. Данные по экологическим характеристикам отдельных видов диатомовых приводились согласно работам [Лосева, 2000; Барина и др., 2000, 2006]. Возраст отложений контролировался радиоуглеродными датами, калиброванными по программе CALPAL_A [Weninger et al., 2005] (табл. 1). Определение гранулометрического состава песчаных горизонтов в пойменных отложениях и отложениях современного пляжа в приустьевой зоне р. Комиссаровка проведено с помощью ситового анализа [Логвиненко, 1987]. Интерпретация глобальных палеоклиматических событий проведена по хронологическому эталону голоцена для Северной Евразии [Хотинский, 1987].

Таблица 1. Радиоуглеродные даты пойменных отложений р. Комиссаровка

№ образца	Интервал, см	Материал	¹⁴ C возраст, л.н.	Калиброванный возраст, лет н.э. (AD)
СОАН-9017	10—12	Почва	550 ± 50	1367 ± 46
СОАН-9018	36—38	Почва суглинистая	1135 ± 45	1058 ± 63

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для определения гранулометрического состава были выбраны горизонты с песчаными осадками из нижней части разреза и пробы с поверхности современного пляжа в устьевой зоне р. Комиссаровка. Результаты гранулометрического состава представлены в табл. 2.

Спорово-пыльцевой анализ. В средней и нижней части разреза из-за малого количества найденных пыльцевых зерен и спор их подсчет не проводился, поэтому спорово-пыльцевая диаграмма представлена в укороченном виде (рис. 2). Тем не менее для реконструкции климатических событий и ландшафтных изменений было обращено внимание на присутствие единичных зерен термофильных элементов. Выделено пять палинозон.

Палинозона I (интервал 58—154 см). Пыльца древесных найдена в единичных количествах (*Pinus s/g Diploxylon*, *Picea* sp.), трав — в 1.5—2.0 раза больше (Poaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae и др.). Споровая группа представлена Polypodiaceae, причем в нижней части разреза их присутствие сокращается до единичных зерен.

Палинозона II (интервал 22—58 см). Пыльца древесных найдена в единичных количествах (до 1.2 %), Хвойные представлены *Pinus s/g Diploxylon*. В нижней части интервала найдено 6 зерен кустарниковой березы и по одному *Juniperus* и *Ephedra*. Из мелколиственных встречены *Betula* sect. *Albae* и *B.* sect. *Costatae*. В интервале 26—52 см видовой состав широколиственных разнообразнее, чем в вышележащих палинозонах (*Quercus*, *Tilia*, *Corylus*, *Syringa*, *Euonymus* и термофилы *Carpinus* и *Kalopanax*), но таксоны представлены в единичных количествах. Пыльцы трав 5—34 %, среди них ксерофитов до 58 %, доминирует *Artemisia* (до 42 %), встречены Poaceae и Chenopodiaceae. Много гигрофитов (Cyperaceae, Ranunculaceae, *Thalictrum* и др. — от 20 до 42 %) и разнотравья (Asteraceae, Scrophulariaceae, Rosaceae, *Sanguisorba*, *Poligonum*, *Geranium* и др. — до 36 %). Здесь же встречены рудеральные виды (Urticaceae, *Plantago*). Споры доминируют (65—90 %) и представлены Polypodiaceae (97—99 %), встречается *Botrychium* и *Osmunda*. В интервале 36—38 см получена ¹⁴C дата 1135 ± 45 л.н. (см. табл. 1).

Палинозона III (интервал 10—22 см). В пробах этой зоны насчитано до 15 % пыльцы древесной группы. Доминируют древесные березы (50—60 %). Среди хвойных больше *Pinus s/g Diploxylon* (9—12 %), единично встречена пыльца *P. s/g Haploxylon*. Внизу интервала найдено несколько зерен кустарниковых берез. Пыльца широколиственных представлена *Quercus* (2—17 %), единичными зернами *Tilia*, *Corylus* и *Acer*. Исчезли термофилы. Количество пыльцы трав увеличилось до 64 %. Доминируют ксерофиты (до 56 %), среди них преобладает *Artemisia* (до 50 %). Уменьшилось количество гигрофитов (до 34/ %), найдено меньше рудеральных.

Палинозона IV (интервал 4—10 см). Древесной пыльцы насчитано от 9.6 до 15.5 %. Из хвойных встречены *Pinus s/g Diploxylon* (20—28 %), единично *P. s/g Haploxylon*, *Picea* sp. Встречено одно зерно *Ephedra*. Количество пыльцы широколиственных доходит до 23 %. Они представлены *Quercus* (12—16 %) и единичными зернами *Tilia*, *Ulmus*, *Juglans*, *Rhamnus* и *Fraxinus*, термофилов нет. Уменьшилось количество древесных берез (17—34 %). Пыльцы трав найдено в пределах 50—65 %. На фоне увеличения пыльцы разнотравья и рудеральных заметно уменьшение ксерофитов (до 49 %). Споровая группа

Таблица 2. Гранулометрический состав (%)

Глубина слоя, см	Размер фракции, мм				
	1.0—0.5	0.5—0.25	0.25—0.10	0.10—0.05	< 0.05
Отложения поймы р. Комиссаровка					
88—94	29.68	54.78	8.43	2.59	4.52
94—98	24.84	32.18	26.23	6.12	10.63
102—108	35.66	48.01	13.65	1.31	1.37
108—112	20.67	48.55	28.27	1.22	1.30
112—118	16.65	46.72	28.64	3.58	4.42
118—122	14.02	54.72	26.30	3.15	1.81
122—128	17.55	49.92	27.19	2.40	2.94
128—134	20.71	43.49	22.06	5.22	8.52
138—142	15.95	50.11	22.75	2.04	9.15
146—152	15.06	48.19	25.60	3.22	7.94
Осадки с поверхности современного пляжа в устье р. Комиссаровка					
Проба с уреза воды	72.73	21.78	3.45	0.70	1.34
Проба из тыловой зоны пляжа	72.26	22.45	3.34	1.02	0.93

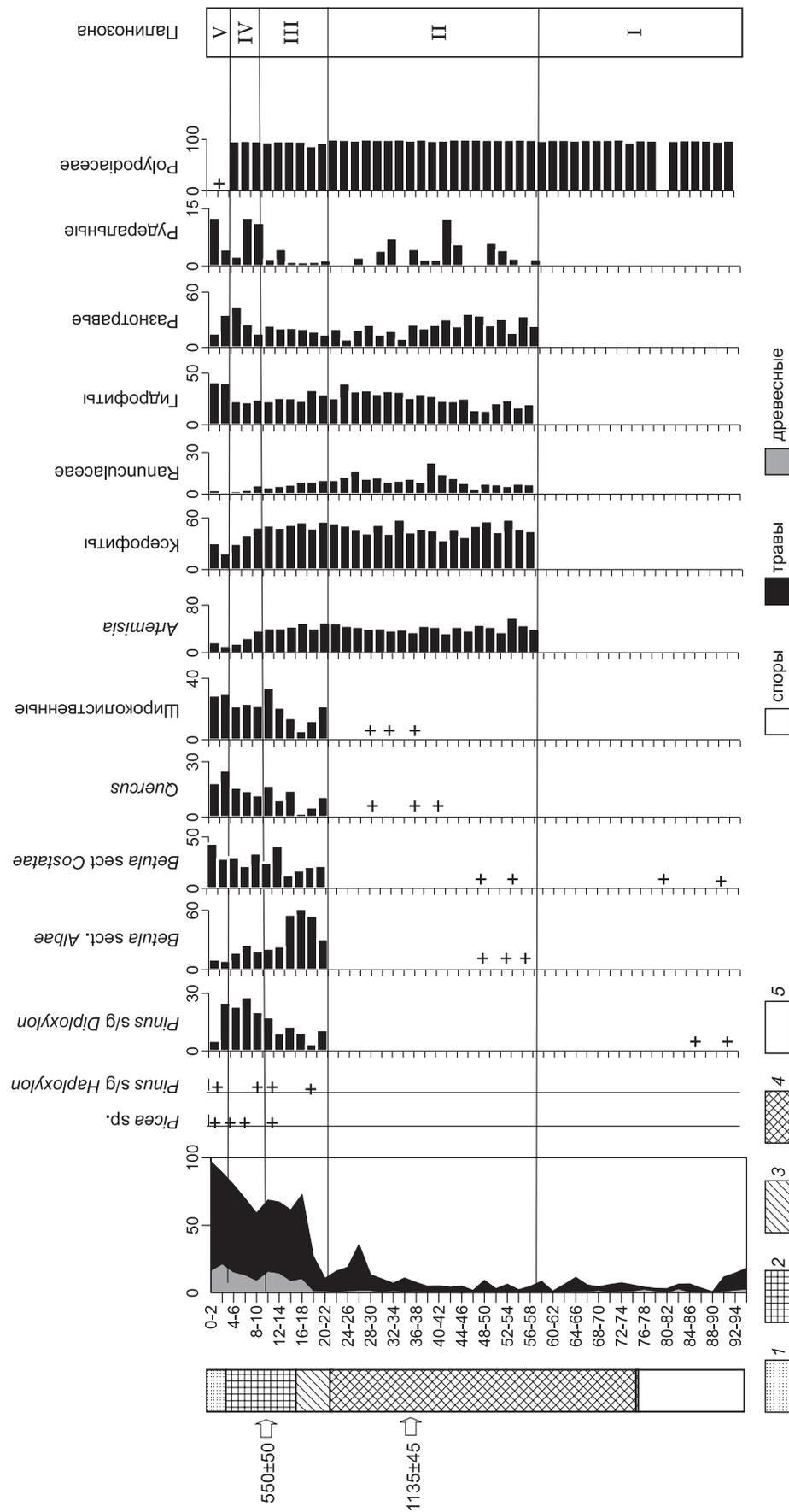


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза пойменных отложений р. Комиссаровка.

1 — почва, дерновый горизонт (слой 1); 2 — почва, темно-коричневая с вкраплением охристых пятен (слой 2); 3 — почва слабоуглинистая, переходный горизонт (слой 3); 4 — су-глинок с мелкозернистым песком и присутствием мелкого гравия (слой 4); 5 — суглинок легкой слоистой (слой 5).

представлена Polytrichaceae (до 97 %) и единичными спорами *Osmunda*. В интервале 10—12 см получена ^{14}C дата 550 ± 50 л.н. (см. табл. 1).

Палинозона V (интервал 0—4 см). Заметно увеличение количества пыльцы древесной группы (до 25 %). Уменьшается присутствие хвойных (*Pinus* s/g *Diploxylon* — 5.3 %). Больше встречено пыльцы широколиственных (до 30 %), мелколиственные представлены древесными березами. В группе трав заметно сокращение ксерофитов (до 30 %) и разнотравья, увеличение гигрофитов (до 41 %) и рудеральных (до 12 %). Встречена единичная пыльца *Lespedeza*. Также в единичных количествах найдены споры.

Диатомовый анализ. От подошвы разреза до глубины 60 см полностью отсутствуют диатомовые водоросли и даже их обломки (рис. 3). В интервале от 60 до 26 см встречены единичные диатомеи, и только от 26 см до кровли появляются диатомовые водоросли в достаточном для статистики количестве. Осадки разреза характеризуются довольно бедным видовым и количественным содержанием диатомей. Здесь обнаружено 46 видов и разновидностей пресноводных диатомовых водорослей. Основное разнообразие формируют виды обрастания (20) и донные (18), слабо представлены планктонные (4). Из обнаруженных диатомовых преобладают космополиты (30), гораздо меньше бореальных видов (8) и арктических (2) видов. По отношению к pH среды преобладающей группой являются алкалофилы (18), циркумнейтральных видов — 16 и ацидофилов — 7; по отношению к солености 23 вида — индифференты, 13 — галофобы и 5 — галофилы. Изменение содержания видов диатомей в интервале 0—26 см позволило выделить два комплекса.

Комплекс 1 (6—26 см). В составе диатомей доминируют планктонные виды *Aulacoseira italica* (до 53.3 %), *A. subarctica* (до 11 %). Здесь же отмечено высокое содержание донных видов *Pinnularia borealis* (до 22.2 %) и *Hantzschia amphioxys* (до 11 %), характерных для почв. В комплексе доминируют космополиты (до 85 %). По отношению к солености преобладают индифференты (до 75 %), а по отношению к pH — циркумнейтральные (до 67 %). Ниже 26 см резко уменьшается количество диатомей, но видовой состав их существенно не изменяется. Комплекс диатомей свидетельствует о возможном существовании здесь часто затопляемой поймы.

Комплекс 2 (0—6 см). Преобладающими становятся бентосные виды *Pinnularia borealis* (до 54 %), *Hantzschia amphioxys* (до 44 %), *Luticola mutica* (до 10 %), свидетельствующие об увеличении сухости, снижается содержание видов, характерных для проточных вод. В структуре комплекса по отношению к pH воды преобладают циркумнейтральные виды (до 52 %), по отношению к минерализации — индифферентные виды (41 %). Комплекс диатомей свидетельствует о более засушливых условиях, вероятном существовании реже затопляемой высокой поймы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В нижнем течении р. Комиссаровка наиболее характерна долинная асимметрия, которая возникает в результате взаимодействия гидродинамического и гипсометрического факторов. В приустьевой зоне наиболее выражена гидродинамическая асимметрия [Макарова, 2003]. Согласно морфометрическим параметрам, в нижнем течении реки формируется пойма с перстративным режимом аккумуляции и меандрирующим гидродинамическим режимом водотока [Короткий, 1983; Белянин, 2011].

Поверхность исследуемой пойменной террасы выше современного уровня озера на 2.0—2.5 м, изученный разрез удален от озера примерно на 450 м.

Разрез подстилает серый уплотненный тугопластичный алевроит (слой 9, инт. 156 см и ниже), который осаждался в озерном водоеме в конце плейстоцена—раннем голоцене. Максимальный подъем уровня оз. Ханка сопоставляется с интервалом 8.5—11.0 тыс. л.н. В этот период водоем имел площадь в 1.5—2.0 раза больше, чем в настоящее время. Его обрамления, включая малые речные долины, были интенсивно заболочены. Начиная с 8 и до 3.2 тыс. л. н. оз. Ханка находилось в регрессивной фазе, которая сопровождалась почти полным исчезновением водоема (6—4 тыс. л. н.). Предполагается, что амплитуда голоценовой регрессии могла составлять 6—8 м [Болиховская и др., 1980]. В этот период наступающее потепление сопровождалось нестабильной динамикой увлажненности с трендом на ее уменьшение. О пониженной влагообеспеченности в начале среднего голоцена свидетельствует горизонт гумусированного темно-коричневого суглинка в пойменных отложениях р. Мельгуновка, его возраст 7920 ± 135 л. н. [Базарова и др., 2018]. Регрессия озера и понижение увлажненности усилили эрозионный врез в долинах рек, сопровождавшийся увеличением уклонов в приустьевых частях крупных рек, увеличила площадь песчаных отмелей и кос. В результате в озеро начал поступать более грубый, чем в настоящее время, преимущественно песчаный материал, который образовывал дельты, выступающие далеко в озеро [Короткий и др., 2007]. Возможно, из этого грубого материала сложен современный пляж, в гранулометрическом составе которого доминирует фракция крупного песка (см. табл. 2).

Перекрывающий алевроит слой песка с почвенным мелкоземом (слой 8, инт. 146—156 см) сопоставляется с русловым аллювием, который осаждался в приустьевой зоне в начале атлантической фазы

голоцена. Отложения сложены в основном среднезернистым (до 50 %) и мелкозернистым (до 26 %) песком, а также крупной фракцией (до 16 %) (см. табл. 2). В современных отложениях оз. Ханка осадки с содержанием песчаной фракции до 70 % слагают в основном пляжи и литоральную зону, а за их пределами — участки размыва древнеголоценовых дельт [Литология ..., 1979].

Горизонт (слой 7, инт. 102—146 см), сложенный песком с включением железомарганцевых конкреций, формировался в середине среднего голоцена. Озеро оставалось в регрессивной фазе развития. С усилением эрозионного вреза высота поймы возрастала. Наличие большого количества железисто-марганцевых конкреций свидетельствует о длительном переувлажнении поймы с пульсирующими окислительно-восстановительными условиями.

Горизонт с чередованием отмытого средне- и мелкозернистого песка (слой 6 см, инт. 94—102 см) формировался в оптимум голоцена. Слои среднезернистого песка представляют русловой аллювий. В гранулометрическом составе количество фракции мелкозернистого песка в 2—3 раза выше, чем в выше- и нижележащих слоях. Здесь же повышенное присутствие тонкозернистой и пылевой фракции (см. табл. 2). Мелко- и тонкозернистый песок из этого слоя был доставлен на пойму ветром. Время формирования эоловых аккумулятивных форм, развитых на Приханкайской равнине, сопоставляется со среднеголоценовой регрессией оз. Ханка, способствовавшей развитию эоловых процессов, которые усилились за счет расширения площади озерной террасы, сложенной песками и алевритами. Дельты рек, впадающих в озеро, выдвигались в акваторию современного озера [Короткий и др., 2007].

Заметное увеличение крупной и уменьшение мелкой фракции песка в гранулометрическом составе в интервале 88—112 см (см. табл. 2) можно представить как косвенное подтверждение выдвигания дельты реки в акваторию современного озера во время среднеголоценовой регрессии. Присутствие илистых частиц и мелкозема свидетельствует о длительных паводках, а наличие железомарганцевых конкреций — о переувлажнении на пойме. Климат был теплым и влажным, оптимальным для развития на Приханкайской равнине лесов с богатым видовым составом широколиственных пород с участием термофилов. В это время площади лесных ландшафтов на Приханкайской равнине были максимальными за весь период голоцена [Болиховская и др., 1980; Муратова и др., 1981].

Горизонт легкого слоистого суглинка (слой 5, инт. 76—94 см) формировался на пойме во второй половине суббореальной фазы голоцена. Озеро вступило в трансгрессивную фазу развития. Предполагается, что она была быстрой. В это время отмечается увеличение высоты уровня аккумуляции в нижнем течении рек Ханкайского водосбора, которая была на 1.5—2.0 м выше современного, что привело к расширению площадей затопления в долинах рек. Отмечено формирование молодой озерной террасы, которая фиксирует уровень озера почти на 2 м выше современного [Короткий и др., 2007]. Климат суббореального времени был прохладными по сравнению с современным. Приозерные равнины занимали лесостепи. В горах и предгорьях росли березовые леса с участием пихты и широколиственных пород [Болиховская и др., 1980; Муратова и др., 1981].

Горизонт суглинка с мелкозернистым песком и присутствием мелкого гравия (слой 4, инт. 48—76 см) относится к пойменно-русловому аллювию. Оструктуренность суглинка в более крупные уплотненные комки и включение отмытых первичных бледно-охристых железистых минералов подразумевает условия промывного режима и горизонтальный нанос за счет паводков. Формирование этих отложений произошло в первой половине субатлантического времени. В этот период оз. Ханка претерпевало несколько малоамплитудных регрессий и трансгрессий. Одна из регрессий началась в V—VI вв. н.э., 1300—1500 л.н. Она привела к обмелению прибрежных мелководий, что обусловило быстрое продвижение речных дельт, сложенных песчано-гравийным материалом, в акваторию озера. К этому времени относится и образование перемычки, соединяющей о. Сопка Лузанова с берегом озера [Микишин и др., 2007]. Увеличение уклонов привело к эрозионному расчленению среднеголоценовой озерной террасы [Короткий и др., 2007]. Следствием этого расчленения является образование меандрирующего гидродинамического русла р. Комиссаровка и образование двух протоков в приустьевой зоне. Период продолжительного сильного похолодания III—VIII вв. зафиксирован в исторических хрониках Китая, его кульминация пришлась на V в. [Wang, 1980]. Это похолодание хорошо выражено в отложениях разного генезиса в Приморье [Разжигаева и др., 2016].

Дата 1135 ± 45 лет (см. табл. 1), полученная в интервале 36—38 см, подтверждает формирование переходного почвенного горизонта (слой 3, интервал 20—48 см) во время малого климатического оптимума голоцена (VIII—XII вв. н. э.). В этот период высота поймы достигла среднего уровня. Количество паводков значительно сократилось, и на пойме установилась более спокойная обстановка, что способствовало началу гумификации поверхностных отложений. Но пойма оставалась увлажненной, о чем свидетельствует доминирование в нижней части диатомового комплекса 1 *Aulacoseria italica*, *A. subarctica*, *Symbela aspera* (см. рис. 3). С этого горизонта начинается пойменное осадконакопление. Климат этого периода уступал по теплообеспеченности оптимуму голоцена. Расширились площади лесных и, соответственно, сократились площади лесостепных ландшафтов. В предгорьях увеличилось количество

широколиственных с присутствием термофильных пород, но в меньшем составе, чем в оптимум голоцена. На оз. Ханка была кратковременная трансгрессия. Уровень озера был выше современного на 0.8—1.0 м. Во время этой трансгрессии началось формирование песчаного аккумулятивного вала, простирающегося вдоль тыловой зоны пляжа на западном побережье оз. Ханка от устья р. Комиссаровка до устья р. Большие Усачи. В настоящее время вал разделяет пляжевую зону от заболоченной поймы р. Комиссаровка [Базарова и др., 2008б]. Это потепление хорошо отражено в различных генетических отложениях юга Дальнего Востока [Разжигаета и др., 2014, 2015; Базарова и др., 2018].

Начало формирования почвенного горизонта (слой 2, инт. 4—16 см) соотносится с финальной фазой малого климатического оптимума. К этому времени высота поймы достигла уровня луговой террасы и практически не попадала под затопления. На ее поверхности установилась стабильная обстановка, появилась луговая растительность, способствовавшая формированию более зрелой почвы. Тепла было еще достаточно, но влажность уменьшалась. Дальнейшее формирование почвы продолжалось в холодных и сухих климатических условиях начала малого ледникового периода (XIII—XVIII вв. н. э.), что подтверждается ^{14}C датой 550 ± 50 л. н. (см. табл. 1). Уровень озера понизился. О таких климатических изменениях свидетельствуют более «холодные» спектры палинозоны IV. В это время на территории Приханкайской равнины были распространены лесостепные ландшафты и формации сосны (*Pinus s/g Diploxylon*) с ксерофитами. Увеличение видов диатомей, характерных для почв (*Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *Pinnularia borealis*) в верхней части комплекса 1, свидетельствует о наступлении на пойме более спокойных условий. В разрезе аккумулятивного берегового вала на западном побережье озера это событие отражено образованием гумусового горизонта [Базарова и др., 2008б]. Похолодание хорошо зафиксировано в осадках разного генезиса на территории Сибири, Центральной Азии, Японии и юга Дальнего Востока [Yamamoto, 1971; Безрукова и др., 2003; Разжигаета и др., 2008; Агатова и др., 2010; Razjigaeva et al., 2013; Базарова и др., 2014; Bazarova et al., 2014; и др.].

Кровля разреза (инт. 0—4 см) представлена современной почвой буровато-коричневого цвета, густо переплетенной корнями луговой растительности. Нижняя граница горизонта неровная, что характерно для почв этого типа. Явное доминирование видов диатомей, характерных для почв (*Pinnularia borealis*, *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*), подтверждает, что пойма не подвергалась затоплениям. Увеличение количества пыльцы широколиственных пород, а также *Betula sect. Costatae* в составе спектров палинозоны V, свидетельствует об умеренном потеплении, последующем за малым ледниковым периодом. Об увеличении атмосферного увлажнения говорит сокращение количества пыльцы ксерофитов и увеличение гигрофитов. Появление пыльцы рудеральных трав предполагает начало активного заселения этой территории человеком.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В голоцене на Приханкайской равнине происходило попеременно пространственное расширение и сокращение площадей лесостепных и лесных ландшафтов. При потеплениях, сопровождавшихся увеличением влажности, лесные массивы расширялись по долинам рек, сокращая площади лесостепей. С похолоданиями и уменьшением влажности расширялись площади лесостепных ландшафтов. Выделены два потепления — оптимум голоцена и малый климатический оптимум, а также похолодания V—VI вв. н. э. и малого ледникового периода (XIII—XVIII вв. н. э.). В период оптимума голоцена территория Приханкайской равнины была максимально покрыта лесами, но сомкнутых лесных массивов не было. Во время обоих теплых событий в лесах предгорья распространялись термофильные элементы флоры, которые в настоящее время не растут на этой территории. Современный растительный покров на равнине начал формироваться после малого ледникового периода.

Осадконакопление в приустьевой зоне р. Комиссаровка происходило в более динамичных обстановках, чем в среднем и верхнем течении реки. В разрезе пойменных отложений р. Комиссаровка выделены толщи, состоящие из переслаивания алевроита, песка, суглинков и почвы. Наблюдаются следующие группы процессов: озерное, эоловое и аллювиальное осадконакопление, почвообразование. Аллювиальное и эоловое осадконакопление относится к литогенной, а почвообразование к педогенной стадии развития поймы. Горизонт алевроита из подошвы разреза сопряжен с раннеголоценовой трансгрессией оз. Ханка. Формирование эоловых аккумулятивных форм на пойме сопоставляется со среднеголоценовой регрессией оз. Ханка, когда при осушке литорали освободилось значительное количество песка, которое послужило источником для эоловых осадков в дельте р. Комиссаровка. В среднем голоцене низкая пойма часто подвергалась длительным паводкам. Отсутствие гумусированных горизонтов в отложениях этого периода свидетельствует о том, что скорости литогенного осадконакопления были значительно выше скоростей почвообразования. Ранее было отмечено, что суглинки, русловой аллювий и пойменные почвы Приханкайской равнины часто характеризуются единичным присутствием пылевых зерен и спор или их полным отсутствием [Короткий и др., 1972; Муратова и др., 1981]. Однако этот

факт может служить косвенным подтверждением высоких скоростей осадконакопления. Несмотря на переувлажнение, пойма не заболачивалась, о чем свидетельствует доминирование циркумнейтральных видов диатомей и очень малое присутствие в диатомовых комплексах ацидофилов. Во второй половине суббореальной фазы голоцена отмечается увеличение высоты аккумуляции в нижнем течении реки, обусловившей поступление мелко- и среднезернистого песка на пойму. В это же время начинался быстрый подъем уровня оз. Ханка. В субатлантическую фазу голоцена скорости аллювиального осадконакопления оставались выше скоростей почвообразования. На пойме продолжали формироваться осадки, сложенные суглинками и песками. Литогенная стадия осадконакопления продолжалась до середины субатлантической фазы голоцена. Почвенные горизонты, перекрывающие суглинки и представляющие педогенную стадию, начали формироваться во второй половине субатлантической фазы голоцена, когда пойма достигла высоты луговой террасы. Скорости почвообразования стали выше литогенного осадконакопления. Осадконакопление на пойме в приустьевой зоне р. Комиссаровка отражает климатические изменения в голоцене. Активная динамика русловых процессов и осадконакопление в устьевой зоне р. Комиссаровка были сопряжены с трансгрессивными и регрессивными фазами оз. Ханка в голоцене.

Работа поддержана программой «Дальний Восток» (гранты 15-I-6-097, 17-I-1-013э).

ЛИТЕРАТУРА

Агатова А.Р., Назаров А.Н., Непоп Р.К., Орлова Л.А. Радиоуглеродная хронология гляциальных и климатических событий голоцена Юго-Восточного Алтая (Центральная Азия) // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (6), с. 712—737.

Базарова В.Б., Мохова Л.М., Климин М.А., Орлова Л.А., Базаров К.Ю. Климатические изменения и обстановки осадконакопления в среднем—позднем голоцене в Юго-Восточном Забайкалье (на примере изучения поймы р. Иля) // Геология и геофизика, 2008а, т. 49 (12), с. 1294—1303.

Базарова В.Б., Мохова Л.М., Орлова Л.А., Белянин П.С. Динамика изменения уровня оз. Ханка (Приморье) в позднем голоцене // Тихоокеанская геология, 2008б, т. 27, № 3, с. 93—98.

Базарова В.Б., Гребенникова Т.А., Орлова Л.А. Динамика природной среды бассейна Амура в малый ледниковый период // География и природные ресурсы, 2014, № 3, с. 126—134.

Базарова В.Б., Лящевская М.С., Макарова Т.Р., Орлова Л.А. Обстановки осадконакопления на поймах рек Приханкайской равнины в среднем—позднем голоцене (юг Дальнего Востока) // Тихоокеанская геология, 2018, т. 37, № 1, с. 94—105.

Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Водоросли — индикаторы в оценке качества окружающей среды. М., Наука, 2000, Изд-во ВНИИприроды, 150 с.

Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, PiliesStudio, 2006, 498 с.

Безрукова Е.В., Вершинин К.Е., Орлова Л.А., Летунова П.П., Крапивина С.М., Чепинога В.В., Верхозина А.В., Дударева Н.В., Абзаева А.А. Растительность и климат высокогорной зоны Восточного Саяна в позднем голоцене // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (4), с. 380—384.

Белянин П.С. Ландшафты Приханкайской равнины и ее горного обрамления. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011, 171 с.

Болиховская Н.С., Воскресенская Т.Н., Муратова М.В. К стратиграфии и палеогеографии позднелайстоценовых и голоценовых отложений Приморья // Геохронология четвертичного периода. М., Наука, 1980, с. 254—258.

Болиховский В.Ф. Ископаемые почвы и генезис покровных бурых суглинков Южного Приморья // Палеогеография плейстоцена Дальнего Востока и его морей. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1978, с. 76—80.

Васьковский М.Г. Гидрологический режим оз. Ханка. Л., Гидрометеиздат, 1978, 175 с.

Генкал С.И., Вехов Н.В. Диатомовые водоросли водоемов Русской Арктики. М., Наука, 2007, 63 с.

Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. Л., Наука, 1974, т. 1, 400 с.

История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Юг Дальнего Востока / Г.И. Худяков, Е.П. Денисов, А.М. Короткий, А.А. Кулаков, Р.Ф. Никонова, Е.И. Чернобровина. М., Наука, 1972, 424 с.

Колесников Б.П. Растительность // Южная часть Дальнего Востока. М., Наука, 1969, с. 206—250.

Короткий А.М. Сток и геоморфологические процессы. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1983, ч. 1. Гидрологический аспект, 68 с.; ч. 2. Геоморфологический аспект, 58 с.

Короткий А.М. Анализ коррелятных отложений и реконструкция рельефа горных стран. М., Наука, 1985, 188 с.

Короткий А.М., Васьковский М.Г., Горчаков А.М. Современные донные отложения оз. Ханка // Вопросы геологии, геохимии и металлогении северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 89—92.

- Короткий А.М., Никонова Р.И., Пода Б.П.** Условия формирования «бурых» суглинков и глин Приморья // Проблемы изучения четвертичного периода. М., Наука, 1972, с. 57—63.
- Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Белянина Н.И.** Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Усури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеанская геология, 2007, т. 26, № 4, с. 53—68.
- Куренцова Г.Э.** Растительность Приханкайской равнины и окружающих предгорий. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1962, 140 с.
- Литология** и геохимия современных озерных отложений гумидной зоны. М., Наука, 1979, 124 с.
- Логвиненко Н.В.** Петрография осадочных пород. М., Изд-во «Высшая школа», 1987, 416 с.
- Лосева Э.И.** Атлас пресноводных плейстоценовых диатомей европейского Северо-Востока. СПб., Наука, 2000, 211 с.
- Макарова Т.Р.** Возможные причины долинной асимметрии р. Комиссаровки и ее притоков // Тезисы Четвертой региональной научно-практической конференции «Вопросы гидрометеорологии и географии Дальнего Востока». Владивосток, 2003, с. 122—123.
- Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Попов А.Н., Орлова Л.А.** Палеогеография озера Ханка в позднем голоцене // Научное обозрение, 2007, № 2, с. 7—13.
- Муратова М.В., Воскресенская Т.С., Алешинская З.В., Болиховская Н.С., Глушанкова Н.И., Евсеев А.В., Лефлат О.Н., Шумова Г.М.** Палеогеография и стратиграфия плейстоцена Приханкайской депрессии / Ред. П.А. Каплин. М., Деп. ВИНТИ, 1981, 160 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР.** Серия 3, части 1—6, вып. 26, Приморский край. Л.: Гидрометеиздат, 1988, 416 с.
- Павлюткин Б.И., Ханчук А.И.** Новые данные о возрасте озера Ханка, Дальний Восток России // ДАН, 2002, т. 382, № 6, с. 826—828.
- Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Белянина Н.И., Гребенникова Т.А.** Стратиграфия торфяника долины р. Горобец и развитие природной среды о. Шикотан (Малая Курильская гряда) в голоцене // Тихоокеанская геология, 2008, т. 27, № 4, с. 82—98.
- Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Белянина Н.И., Мохова Л.М.** Проявление малого оптимума голоцена на юге Дальнего Востока // География и природные ресурсы, 2014, № 2, с. 124—131.
- Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Базарова В.Б., Арсланов Х.А., Гребенникова Т.А., Белянина Н.И., Мохова Л.М., Лящевская М.С., Паничев А.М.** Реакция ландшафтов юга Дальнего Востока на потепление малого оптимума голоцена // Успехи наук о жизни, 2015, № 11, с. 70—96.
- Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А.** Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Известия РАН. Серия географическая, 2016, № 3, с. 65—80.
- Росликова В.И.** Почвы Приамурья. Хабаровск, ИВЭП ДВО РАН, 2006, 161 с.
- Росликова В.И., Рыбачук Н.А., Короткий А.М.** Атлас почв юга Дальнего Востока. Владивосток, Дальнаука, 2010, 247 с.
- Сладков А.М.** Введение в спорово-пыльцевой анализ. М., Наука, 1967, 270 с.
- Сычева С.А.** Ритмичность осадконакопления и почвообразования на Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. РГО, 2003, т. 135, вып. 1, с. 45—57.
- Сычева С.А.** Морфолитопедогенез в аккумулятивных и трансаккумулятивных ландшафтах как особый механизм почвенно-литогенной памяти // Память почвы: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. Глава 5. М., 2008, с. 128—161.
- Харитонов В.Г.** Представители семейства *Fragilariaceae* (*Bacillariophyta*) в водоемах Беренгии // Бот. журнал, 2005, т. 90, № 112, с. 1693—1710.
- Хотинский Н.А.** Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. М., Наука, 1987, с. 39—60.
- Bazarova V.B., Grebennikova T.A., Orlova L.A.** Natural-environment dynamics within the Amur Basin during the Neoglacial // Geogr. Nat. Resour., 2014, v. 35, № 3, p. 275—283.
- Bazarova V.B., Lyashevskaya M.S., Grebennikova T.A., Orlova L.A.** Late Holocene paleoclimatic events and evolution of environments in southeastern Transbaikalia // Quaternary International, 2015, v. 355, p. 44—51.
- Krammer K., Lange-Bertalott H.** Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Jena, 1986, Bd 2, 875 S.
- Krammer K., Lange-Bertalott H.** Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales; Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Jena, 1991, Bd 2/3, 556 S.

Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Mokhova L.M., Arslanov Kh.A., Chernov S.B. Holocene climatic changes and vegetation development in the Kuril Islands // Quat. Int., 2013, v. 290—291, p. 126—138.

Wang P.-K. On the relationship between winter thunder and the climatic change in China in the past 2200 years // Clim. Change, 1980, v. 3, p. 37—46.

Weninger B., Juris, O., Danzeglocke U. Cologne radiocarbon calibration and paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002. Universal zuKuln, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923.Kuln, 2005.<http://www/calpal-online.de/cgi-bin/quickcal.pl>

Yamamoto T. On the climatic change in the XV and XVI centuries in Japan // Geophys. Mag., 1971, № 35, p. 187—206.

*Рекомендована к печати 25 апреля 2018 г.
И.С. Новиковым*

*Поступила в редакцию 6 февраля 2017 г.
после доработки — 9 января 2018 г.*