

ОЗЕРНЫЕ ТРАНСГРЕССИИ В ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКОЙ УССУРИ-ХАНКАЙСКОЙ ДЕПРЕССИИ (ПРИМОРЬЕ)

А.М. Короткий, Т.А. Гребенникова, Л.П. Караулова, Н.И. Белянина

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток

Поступила в редакцию 6 июня 2006 г.

Рассматриваются особенности четвертичного аллювиально-озерного и озерного седиментогенеза в Уссури-Ханкайской впадине Приморья, развивающегося в условиях трансгрессивной аккумуляции в результате тектонического погружения впадины и неоднократных колебаний климата. Доказана основная роль аллювиальных плотин и неравномерной аккумуляции в возникновении озера в пределах депрессии. Показана зависимость колебаний уровней озерных водоемов от изменений климата. Приведены новые данные, подтверждающие озерное происхождение большей части разреза Ханкайской котловины, относимого к среднему плейстоцену–голоцену. Для суббореала установлены две трансгрессивные фазы с превышением уровня озера на 1.5–2.0 м выше современного. Общий вывод: мезоритмичность осадочного разреза, фиксируемая в Уссури-Ханкайской впадине, отражает его зависимость от климатических колебаний в позднем кайнозое.

Ключевые слова: озерный седиментогенез, аллювиальные плотины, трансгрессивные фазы, мезоритмичность, климатические колебания, уровень озера, суббореал, Уссури-Ханкайская впадина, Приморье.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из проблем четвертичной геологии Восточной Азии – существование эпох мощного озерного обводнения. Для регионов с бессточными водосборными бассейнами (Центральная и Средняя Азия, юг Восточной Сибири) существуют доказательства периодического возникновения на разных этапах позднего кайнозоя крупных озер [18, 30]. В приокеанических областях Восточной Азии с гумидным климатом и развитыми речными системами образование водоемов, по площади сравнимых с озерами аридных и семиаридных областей [5, 28], не получило серьезных доказательств. Прав Г.Г. Мартинсон [18] в своем утверждении о невозможности воссоздания облика древних, уже исчезнувших водоемов без точного знания специфики современного озерного седиментогенеза. Сравнительно-литологический анализ современных и предполагаемых древних озерных отложений с учетом изменений озерного седиментогенеза во времени на юге Дальнего Востока позволяет критически подойти к оценке гипотез озерного обводнения [17, 22].

Новое обобщение материала об озерных трансгрессиях в Уссури-Ханкайской депрессии связано, во-первых, с появлением данных о характере ко-

лебаний уровня оз. Ханка во второй половине голоцена, во-вторых, с развитием представлений об отсутствии озерных отложений в четвертичном геологическом разрезе депрессии, за исключением голоцена [23]. Поэтому проведено дополнительное изучение геологического разреза депрессии для воссоздания особенностей озерного седиментогенеза в Ханкайской котловине [11, 12]. Положение геологических разрезов, использованных в работе, показано на рис. 1.

Определение и возрастной анализ спорово-пыльцевых комплексов выполнен Л.П. Карауловой, Е.М. Назаренко (Приморгеология), Н.И. Беляниной (ТИГ ДВО РАН), Т.В. Матросовой, Т.Б. Соломатиной (СВ КНИИ ДВО РАН), диатомей – Е.И. Царько (Приморгеология), Т.А. Гребенниковой и В.С. Пушкарем (ТИГ ДВО РАН), малакофауны – Е.И. Шорниковым и Е.П. Семеновой (ИБМ ДВО РАН, ДВГИ ДВО РАН), остаточной намагниченности – Е.И. Вириной (МГУ). Датирование отложений радиоуглеродным методом выполнено в ТИГ ДВО РАН (В.Г. Волков), ИГН АН УССР (Н.Н. Ковалюх) и в Лауренс Ливермор Национальной лаборатории Департамента Энергии Калифорнийского университета (Т.А. Браун).

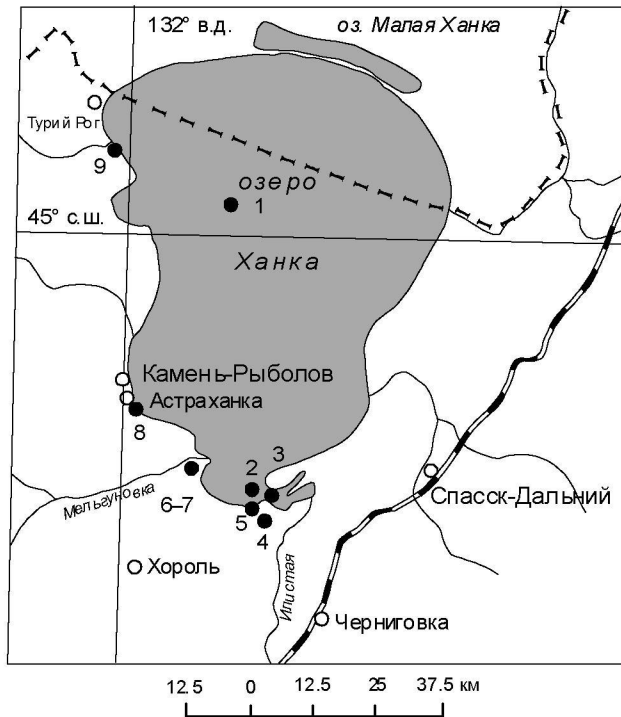


Рис. 1. Схема расположения изученных авторами разрезом четвертичных отложений в Ханкайской котловине.

1 – скважина 326 на акватории оз. Ханка (координаты: 45° 05' с.ш.; 132° 25' в.д.); 2–3 – Лузанов залив: 2 – скв. 406, 735/9 (44° 32' 30" с.ш.; 132° 22' 42" в.д.), 3 – скв. 6601/1 (44° 32' 20" с.ш.; 132° 22' 11" в.д.); 4 – Вадимовский ерик – скв. 6603/1 (44° 30' 37" с.ш.; 132° 21' 12" в.д.); 5 – устье Вадимовского канала – разрез 6602/1 (44° 32' 06" с.ш.; 132° 19' 25" в.д.); 6, 7 – устье р. Мельгуновки (скв. 2-ю, 3-ю – 44° 36' 28" с.ш.; 132° 14' 54" в.д.); 8 – мыс Камень (с. Астраханка) – разрез 689/70 (44° 42' 48" с.ш.; 132° 04' 42" в.д.); 9 – Турий Рог, устье Второй речки – разрез 1350/1 (45° 11' 32" с.ш.; 131° 59' 30" в.д.). Показаны только те точки наблюдения, для которых получена новая информация и точно определено их местоположение.

КАЙНОЗОЙСКИЙ ЭТАП СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

В пределах Уссури-Ханкайской депрессии, испытывавшей устойчивое тектоническое опускание на протяжении значительной части кайнозоя, выделяются несколько эпох озерных трансгрессий. В раннем кайнозое (вплоть до позднего миоцена) образование озер было связано с интенсивным погружением во впадинах – мульдах. Эта стадия зафиксирована в геологических разрезах впадин, где в течение олигоцена–раннего миоцена накопились толщи аллювиальных, озерно-аллювиальных, озерных и озерно-болотных отложений. Наиболее значительная озерная трансгрессия на этом этапе развития депрессии произошла в раннем–среднем миоцене [6]. Вторая ста-

дия рельефообразования в Уссури-Ханкайской депрессии (поздний миоцен–плейстоцен) отвечает этапу консолидации тектоно-геоморфологической структуры Сихотэ-Алиня и Юго-Западного Приморья и однотипному развитию сегментарных плит [29]. На этом этапе Западно-Приморская плита в позднем плиоцене испытала поднятие, которое привело к образованию сети переуглублённых долин в Уссури-Ханкайской депрессии с интенсивным расчленением плиоценовой аккумулятивно-денудационной равнины [10]. В результате возникла сеть долин, глубина вреза которых от кровли плиоценовой террасы в крайних частях депрессии в зависимости от порядка водотоков составляла 40–150 м [10, 31].

В пределах Западно-Приморской плиты на первых фазах седиментационных ритмов перекомпенсированное осадконакопление шло за счет выполнения рыхлым материалом крупных эрозионных долин, а в последующем – за счет трансгрессивного расширения зоны устойчивой аккумуляции. Из-за неравномерности тектоно-геоморфологического процесса и, вероятно, климатических осцилляций этому этапу отвечает несколько озерных трансгрессий (позднемиоценовая, средне-позднеплиоценовая, среднеплейстоцен-голоценовая), которые чередовались с регрессиями и эпохами эрозионного расчленения равнин [10, 12]. Такое чередование во времени эпох эрозии и аккумуляции привело к образованию в разрезе позднего кайнозоя нескольких осадочных ритмов – позднемиоценового, плиоценового и четвертичного. Для них характерно накопление в первой половине ритма грубообломочного аллювия, во второй – более тонкозернистых аллювиально-озёрных, озёрных и озёрно-болотных отложений [12, 31].

ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ЭТАП СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

В настоящее время в Уссури-Ханкайской депрессии наиболее детально стратифицированы осадки четвертичного ритма, выполняющие позднеплиоценовые переуглубленные долины. Комплекс этих отложений в нижней части разреза представлен нижнечетвертичными и частично среднечетвертичными (Q_I - Q_{II}) аллювиальными фациями (мощностью до 40–60 м), а в верхней части разреза – аллювиально-озёрными и озерными отложениями (мощностью до 30–40 м).

Становление геологического разреза Уссури-Ханкайской депрессии не может быть правильно понято без изучения проблематичной толщи “бурых суглинков” (мощностью до 40 м), широко распространенной в зонах предгорий Сихотэ-Алиня и Восточно-Маньчжурских гор. Генезис этой толщи длительное время являлся предметом дискуссии среди дальневосточных геологов [5, 28]. К настоящему

времени считается доказанным покровное происхождение этой толщи [7, 23].

Основой для предлагаемой реконструкции истории развития оз. Ханка в плейстоцене стали материалы, полученные в результате изучения осадочного разреза, выполняющего переуглубленные долины в пределах Ханкайской котловины и ее предгорном обрамлении (скв. 2-ю, 3-ю, 4, 7, 77, 45) [9, 12, 21, 22, 24].

Ранний плейстоцен

К началу этого времени в пределах Уссури-Ханкайской впадины и в ее горном обрамлении сформировалась сеть переуглубленных долин. На месте плиоценовой озерно-аллювиальной равнины возник единый водосборный бассейн. К концу раннего плейстоцена в магистральных долинах накопилась мощная (до 40–50 м) толща аллювиальных (на юге) и аллювиально-болотных (на севере котловины) отложений в бассейнах рр. Сунгач, Белой и южнее слияния рек Уссури и Мулинхе [11, 12]

Средний плейстоцен

К началу этого этапа в центральной и северной частях Ханкайской котловины возникли отдельные неглубокие озера. Осадки озер с соответствующим комплексом диатомей и четко выраженной слоистой текстурой вскрыты скважинами в среднем течении р. Сунгач и к западу от устья р. Илистой. Цепочка мелководных озер существовала и по восточному борту Ханкайской котловины. Однако единого водоема в пределах котловины еще не было.

Прогрессирующему похолоданию климата в среднем плейстоцене (шмаковское время – Q^2_{II}) отвечает первая значительная озерная трансгрессия (рис. 2). С ней связано как распространение озерных осадков в Ханкайской котловине, так и их появление в разрезах аллювиальных дельт в устьях рек. В пределах современного контура озера в начале трансгрессии среднеплейстоценовый водоем был мелководным, чему соответствует преобладание в основании разреза шмаковского горизонта (Q^2_{II}) пляжевых и мелководно-озерных отложений. В середине шмаковского времени, вероятно, произошло ускорение темпа трансгрессии. Увеличением глубин водоема до 6–12 м объясняется широкое распространение в южной части современной котловины оз. Ханка глинистых тонкогоризонтальнослоистых осадков. О значительном расширении озерного водоема свидетельствует круговое распространение этих отложений, в том числе за пределами крупных речных долин и на продолжении водораздельных выступов. Эти осадки резко отличны от грубообломочных отложений, которые вскрыты в нижнем течении рр. Спасовки, Илис-

той, Мельгуновки, Комиссаровки [11, 12, 23]. На продолжении речных долин при этом отмечается резкий переход от русловых фаций к горизонтально-слоистым озерным отложениям, как, например, в долине р. Мельгуновки. В конце этого этапа обмеление и регрессия озера фиксируется появлением в кровле шмаковского горизонта бурых суглинков и почвы (скв. 3-ю). Ей отвечает, судя по структуре спорово-пыльцевого комплекса из почвы, второе среднеплейстоценовое потепление климата (Q^3_{II} – сунгачское время). Наличие спектров, отвечающих климатическому оптимуму, в скважинах на акватории озера (скв. 77) позволяет говорить о его существовании в центре котловины.

Поздне-среднечетвертичное похолодание климата (Q^4_{II} – вяземское время) привело в Уссури-Ханкайской депрессии к значительной озерной трансгрессии. Имеющийся геологический материал позволяет утверждать, что на всем пространстве от широты г. Лесоаводска и до нижнего течения рр. Илистой и Мельгуновки существовала серия озер или возможно единый озерный водоем. По своей конфигурации озеро отличалось от современного. В северо-западной части на продолжении м. Белоглиняного и к северу от о-ва Соснового предположительно сохранились участки суши, достигавшие центра озера. Эти выступы суши совпадали с водоразделами между речными бассейнами.

В устьях крупных рек существовали ингрессионные заливы. Им в геологическом разрезе соответствуют пачки тонкогоризонтальнослоистых песков и алевроитов, которые вскрыты в устьях рек Мельгуновки, Илистой и Спасовки. Наличие тонкорассеянного растительного детрита и линзочек торфа явно указывает на мелководность этих заливов и спокойный режим седиментации [11]. Отсутствие магнетита, малые содержания ильменита и появление в отложениях представителей рода *Melosira* являются признаками достаточно большой глубины озера (свыше 4–5 м) даже в краевых частях Ханкайской котловины [17]. Расчет глубины водоема по положению кровли и подошвы вяземского горизонта в центре и краевых частях котловины дает суммарную величину подъема уровня воды в озере до 12–12,5 м (рис. 2).

Поздний плейстоцен

К началу ресс-вюрма (Q^1_{III} – находкинское время) озерная трансгрессия достигла своего максимума. В подошве илистой толщи находкинского горизонта, несущей признаки обмеления озера, фиксируется постепенный переход от ландшафта с темнохвойной тайгой к широколиственным лесам маньчжурского типа (скв. 3-ю, 45, 7, 10). Вскрытые здесь

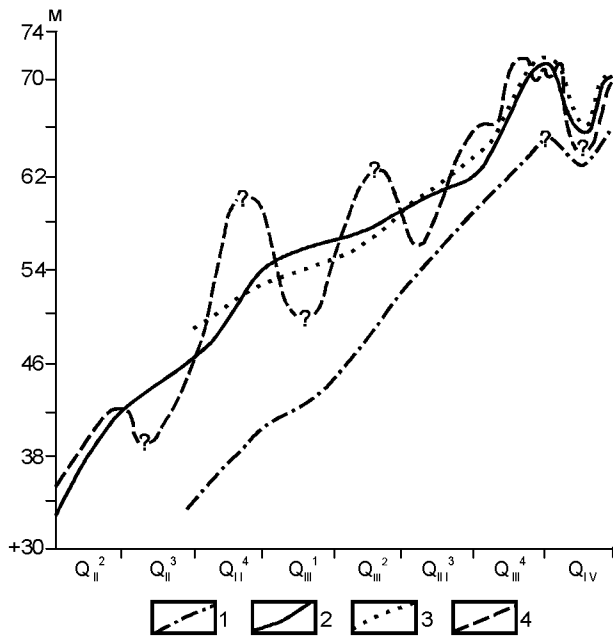


Рис. 2. Кривая колебаний уровня оз. Ханка в четвертичный период [11].

1–3 – положение подошвы мезоритмов: 1 – скв. 77, акватория озера, 2 – скв. 3-ю, устье р. Мельгуновки, 3 – скв. 10, устье р. Илистой; 4 – предполагаемая кривая колебания уровня озера.

осадки содержат спектры с *Carpinus cordata*, *Quercus dendata* и реликтами тургайской флоры (*Castanea*, *Fagus*, *Pterocarya*, *Celtis*). Сохранялось ли озеро в пределах Ханкайской котловины в течение ресс-вюрма, пока не установлено, так как даже на акватории озера нет полного разреза находкинского горизонта [12].

Выше лежащая пачка песчанистых осадков с вертикально ориентированными остатками растений и пласт кварц-полевошпатовых пляжевых песков с хорошо окатанным гравием и галькой в скв. 2-ю, 3-ю накопились уже в пределах прибрежного мелководья (рис 1, т.н. 6–7). Они отвечают новой трансгрессии озера в конце ресс-вюрма и переходу к ранневюрмскому похолоданию климата (лазовское время – Q_{III}^2) [12]. Подъем уровня озера на первом этапе трансгрессии был умеренным, о чем говорит значительная абразия ранее сформированных осадков. Амплитуда ранневюрмской трансгрессии оз. Ханка, определенная по положению кровли лазовского горизонта на акватории и в крайних частях котловины, составляет 10–12 м (рис. 2). Особенностью трансгрессии явилось более интенсивное осадконакопление в центре водоема, чем в прибрежной зоне. Мощность осадков лазовского горизонта в скв. 77 на акватории озера составляет 8 м, в крайних частях сокращается до 3–4 м (скв. 3-ю, 10).

Анализ пыльцевых комплексов из осадков лазовского горизонта в скв. 2-ю, 3-ю, 10, 4, 7 и 45 выявил достаточно резкую границу с вышележащими отложениями черноручьинского горизонта (Q_{III}^3), что определяется либо прекращением седиментации в результате регрессии, либо размывом части разреза. Размыв фиксируется относительным огрублением осадков в основании черноручьинского горизонта и появлением здесь глинистых “окамышей”. С учетом положения кровли осадков этого возраста в разных частях котловины оз. Ханка амплитуда регрессии определяется в 4–5 м. В северной части котловины регрессия сопровождалась образованием обширных низинных болот [11, 12].

Позднеледниковье в Усури-Ханкайской впадине охарактеризовалось мощной трансгрессией, когда впервые за плейстоцен уровень оз. Ханка превышал современный на 1,5–4,0 м. Возникший водоем проникал вглубь суши на 4–12 км от современной береговой линии. Помимо современных рек, в озеро впадали на востоке р. Белая, на западе р. Мулинхе. Одна из особенностей позднеледниковой трансгрессии – заполнение возникших заливов преимущественно песчаным материалом. Огрубление поздневюрмских озерных отложений в сравнении с нижележащими осадками фиксируется в большинстве изученных разрезов. Озерный генезис песков и песчаных алевритов доказывается горизонтальной слоистостью, хорошей сортировкой осадков, наличием в них остатков малакофауны (*Limnea stagnalis*, *Anadonta woodiana*, по заключению Е. И. Шорникова и Е. П. Семеновой). В комплексах диатомей из этих отложений наряду с озерными формами отмечены бентос и формы обрастания. Накопление песков происходило в пределах участков прибрежных мелководий, куда обломочный материал приносился реками, в бассейнах которых развиты коры выветривания на гранитоидах или песчано-галечные отложения плиоцена. Аккумуляция песчаной пачки сопровождалась переработкой обломочного материала в волноприбойной зоне и развитием вдольбереговых потоков наносов. Этим объясняется хорошая сортировка песков и обилие в тяжелой фракции весьма устойчивых минералов (ильменит, лейкоксен, циркон), а в легкой – кварца (до 49%). Образование тонких горизонтальных прослоев минералов тяжелой фракции, по-видимому, связано с активным шлихованием осадков в волноприбойной зоне. Особенно интенсивно процесс перераспределения песчаного материала происходил на северо-западном побережье озера, где в рельефе низкой озерной террасы сохранились древние песчаные береговые валы, частично переработанные ветром. Развитие потоков наносов приводило к образованию

лагунов, в которых накапливались озерно-болотные отложения.

Анализ структуры и характера распределения различных по крупности озерных осадков позднеледниковой трансгрессии указывает на прерывистый подъем уровня озера. В начальную фазу трансгрессии, когда береговая линия располагалась на отметке +63–+64 м абс. выс., накапливались песчано-гравийно-галечные наносы. Затем произошел быстрый подъем озера (до отметок +72–+73 м), который зафиксирован накоплением даже в прибрежной зоне песчаных глин и алевритов. Появление в верхней части этой пачки (абс. отм. +68–+69 м) вертикально ориентированных остатков растений и вианита указывает уже на значительное обмеление озера, которое можно объяснить снижением его уровня. Именно в этой части разреза озерных отложений в устье р. Мельгуновки в 5 м ниже кровли разреза позднечетвертичной озерной террасы [13] обнаружены бивни позднего мамонта (по заключению Э.В. Алексеевой – *Mammontus primigenius* Blum.) и остатки древесины (*Larix*, *Picea*). Снижение уровня озера, совпавшее с потеплением климата (инт. 15–16 тыс. л.н.), сопровождалось накоплением пляжевых крупнозернистых кварц-полевошпатовых песков (с содержанием ильменита до 23 %) и значительной примесью гравийного материала (10–15 %). Последовавший затем подъем уровня озера снова достиг максимальных для плейстоцена (+72–+73 м) отметок (рис. 2). Во время этого подъема в акватории происходило накопление песчаных глин и алевритов, в прибрежной зоне – тонких глин в лагунах и малых озерах [15].

Последний этап позднеледниковой озерной трансгрессии в Ханкайской котловине сопровождался малоамплитудными колебаниями уровня озера. Понижения уровня озера в аллерёде и бёллинге зафиксированы в разрезе озерной террасы двумя погребенными почвами с криотурбациями (нижнее течение рек Стасовки, Илстой, Мельгуновки). Их образование вызвано периодическим протаиванием грунтов. Формирование разделяющего их пласта озерных отложений совпадает с похолоданием климата в среднем дриасе [9, 13]. Выше этой пачки залегают озерно-болотные отложения и почва с раннеголоценовыми спорово-пыльцевыми спектрами (C^{14} -дата – 8180±80 лет назад, МАГ-332).

Таким образом, максимум трансгрессии оз. Ханка сопоставляется с интервалом 11–8.5 тыс. лет назад, когда водоем имел площадь в 1.5–2.0 раза больше современной, с интенсивным заболачиванием обрамления, включая малые речные долины.

Голоцен

Оз. Ханка, как один из крупнейших водоемов в депрессиях Приморья, испытало несколько гидрологических фаз [11, 12], связанных с колебаниями климата в позднем вюрме–голоцене и изменением вследствие этого режима аккумуляции (рис. 3). Регрессивная фаза, начавшаяся около 8.5–8.0 тыс. лет назад и закончившаяся около 3.2–2.8 тыс. лет назад, сопровождалась почти полным исчезновением озера и осушением прилегающих равнин. Регрессия озера была связана, в первую очередь, с усилением эрозионных процессов и разрушением аллювиальной плотины на широте г. Лесозаводска [12]. В обрамлении озера преобладали луговые степи и лесостепи с дубово-ильмовыми и дубово-липовыми лесами в пределах останцево-педиментного рельефа и мелкого рья. Именно к временному интервалу, когда климат был более сухим, чем современный, приурочено формирование мощных (до 0.5 м) черноземовидных и луговых почв.

В осадках оз. Ханка установлен хорошо выраженный стратиграфический перерыв [11]. Так, в колонке озерных осадков мощностью 0.54 м, взятой трубкой ГОИН в наиболее глубокой, северной части озера (скв. 326, столб воды 6 м), вскрыт двуслойный разрез (рис. 1, т. н 1). В основании этой колонки залегают тонкогоризонтальнослоистые алевриты с прослоями глин, которые содержат плохо сохранившуюся малакофауну. Полученные из этой части разреза (инт. 0.56–0.44 м) спорово-пыльцевые спектры соответствуют изменениям климата в конце позднеледниковья (рис. 4). Спектр с преобладанием пыльцы темнохвойных (*Picea* – до 45 %, *Pinus koraiensis* Siebold

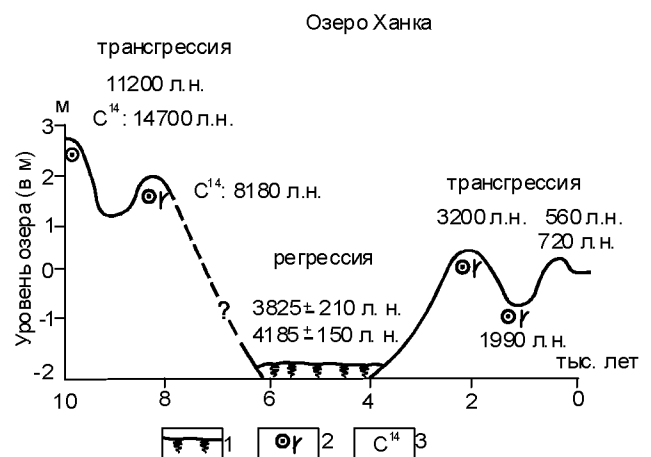
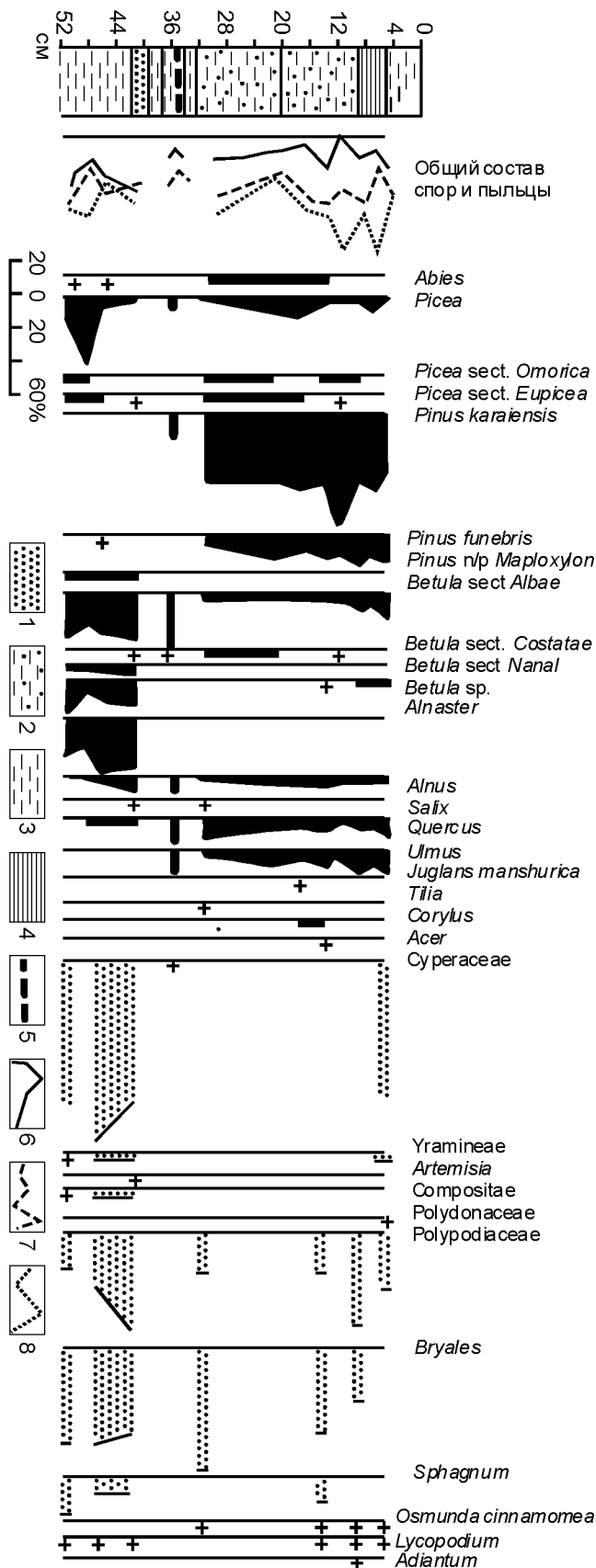


Рис. 3. Кривая колебаний уровня оз. Ханка в голоцене.

1 – почва; 2 – древесина и мелкие растительные остатки; 3 – радиоуглеродные датировки.



et Zucc. – 3.2, *P. s/g Haploxylon* – до 2.0 %) и мелколиственных древесных пород (*Betula* sect. *Albae* – до 19.3, *Alnus* – 3.2%) при умеренном содержании пыльцы “фригидных” кустарников (*Alnaster* – 14.5 %, *Betula exilis* – 1.6, *Betula* sp. – 4.8 %) и пыльцы широколиственных пород (*Quercus* – 3.2 %, *Ulmus* – 1.6%) в датированных по C^{14} разрезах Южного Приморья соответствует аллерёду. Выше лежащие отложения (инт. 0.44–0.38 м) скв. 326 содержат спорово-пыльцевые комплексы, соответствующие по своему составу ландшафтам позднедриасовой холодной фазы [12].

В остальной части разреза (0–38 см) получены спорово-пыльцевые комплексы, типичные для субатлантической фазы голоцена с преобладанием пыльцы *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. (до 75 %), *P. funbris* Kom. (9.8 %), *Picea* (11.2 %) и *Abies* (до 3.7 %) и при умеренном разнообразии широколиственных (*Quercus* – 6–18 %, *Ulmus* – 7–13, *Corylus* – 1–3 %, *Juglans*, *Tilia*, *Acer* – единично). Такой спектр в Уссури-Ханкайской депрессии отвечает климату субатлантического периода [9]. Контакт между этими двумя разновозрастными пачками озерных отложений представлен слоем алевроитов со смешанным спорово-пыльцевым комплексом, в котором наблюдаются формы, типичные как для позднего голоцена, так и для позднего плейстоцена. Все это приводит к выводу о наличии перерыва в осадконакоплении, связанного с обмелением или даже кратковременным исчезновением озера. Можно предположить, что перерыву соответствовала почва, которая была уничтожена при трансгрессии озера в позднем голоцене. Таким образом, амплитуда голоценовой регрессии могла составлять 6–8 м.

Следы голоценовой регрессии зафиксированы в обрамлении озера и на его акватории (скв. 77, 32, 31, 30), где вскрыты маломощные голоценовые отложения, либо таковые отсутствуют. Серией мелких скважин в Лузановом заливе в 1969–1970 и в 2000 гг. выше позднеюрмских озерных отложений (рис. 1, т.н. 2, 3), в составе которых диатомовые водоросли встречены в виде единичных створок *Aulacoseira islandica* (O. Mul.) Sim. (C^{14} -дата – 14710 ± 200 л.н., SAMS-73278), вскрыта погребенная лугово-болотная почва (на глубине 2.0–4.50 м от уровня воды) со спорово-пыльцевыми спектрами, соответствующими суббореальному времени (C^{14} -дата – 3825 ± 210 лет

Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений в центральной части оз. Ханка (скв. 326) [11].

1 – песок, 2 – песок с алевроитом, 3 – алевроит, 4 – суглинок, 5 – окатыши. Общий состав спор и пыльцы: 6 – пыльца древесных растений и кустарников; 7 – пыльца трав и кустарников; 8 – споры.

назад, ТИГ-174). Сверху почва перекрыта плащом верхнеголоценовых осадков (мощностью до 28–60 см), из основания которых получена C^{14} -дата – 1990±140 лет назад (СAMS-76805). В голоценовых озёрных осадках встречается диатомовая флора, богатая по обилию створок, но малочисленная по видовому разнообразию. Доминирует планктонная алкалифильная *Aulacoseira islandica* (O. Mull.) Sim + subsр. *helvetica* (O. Mull.) Sim. (до 90 %). Второстепенное значение занимает также алкалифильная планктонная *A. granulata* var. *angustissima* (O. Mull.) Sim. (до 4 %).

Более четко следы регрессии выражены в обрамлении современного озера. Здесь с ней в нижнем течении магистральных рек сопряжен эрозионный врез (глубиной до 4–7 м). Наиболее значительное переуглубление, с амплитудой относительно поверхности позднечетвертичной террасы до 8 м, установлено в нижнем течении р. Иистой, где этот татьвег выполнен аллювиальными осадками среднего и озёрными позднего голоцена.

На акватории современного озера против устьев рек Спасовка, Мельгуновка и Комиссаровка на глубинах в 3–4 м вскрыты поля плохо- и умеренносортированных глинистых песков с гравием и галькой, сходных с аллювием вышеуказанных рек [8, 10, 17]. По своим литологическим характеристикам эти осадки, вероятно, являются дельтовыми, образовавшимися в период регрессии озера ниже участков эрозии в речных долинах.

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОЗЕРНЫЕ ТРАНСГРЕССИИ

Установлены осадки, по крайней мере, двух трансгрессивных фаз в среднем-позднем голоцене, разделённых небольшой регрессией (рис. 3). Начало первой голоценовой трансгрессии озера пока не имеет точной временной привязки. Отсутствие озерных осадков, соответствующих атлантику и началу суббореала, на глубинах до 4–5 м, даёт основание предполагать, что быстрый подъем уровня озера начался во второй половине суббореала. Этим можно объяснить почти одновременное формирование на большой площади озерно-болотных и болотных отложений в обрамлении озера.

Среднеголоценовая озерная трансгрессия

Первая голоценовая трансгрессия оз. Ханка происходила в интервале 3200–2800 л.н., когда в месте слияния рр. Мулинхе и Уссури после заполнения обломочным материалом эрозионного вреза (по данным Б.П. Поды, глубиной до 4–8 м) вновь возникла аллювиальная плотина. Трансгрессия с уровнем воды в озере на 1.5–2.0 м выше современ-

ного была быстрой и привела, в первую очередь, к заболачиванию обрамления и возникновению озер-стариц в устьях рек.

В это же время отмечается увеличение высоты уровня аккумуляции в нижнем течении рек Ханкайского водосбора, которое привело к резкому расширению площади затопления в долинах рек, превращению I надпойменной террасы в луговую террасу и образованию высокой поймы [14]. В конце амбинского времени уровень аккумуляции в долинах рек Иистой, Спасовки, Мельгуновки был выше современно-го на 1.5–2.0 м, что подтверждается C^{14} -датами, полученными для основания высокой поймы и кровли луговой террасы (C^{14} -даты – 2550±50 л. н., МАГ-332-А, 2620±35 лет назад, МАГ-345). К концу среднего голоцена поверхность аккумуляции в речных долинах достигла уровня позднечетвертичной террасы, в результате чего в краевой части долин рек Иистой и Мельгуновки отмечены “наползания” отложений на поверхность озерной террасы.

Тогда же было отмечено формирование молодой озерной террасы высотой до 2,0 м над средним современным уровнем оз. Ханка. В разрезе этой террасы на северной окраине с. Сиваковка в 3,0 км от берега озера (рис. 1, т.н. 4) были вскрыты следующие отложения (разрезы приведены сверху вниз):

1. 0.0–0.05 – супесь и слабогумусированная песчаная глина	0.05 м
2. 0.05–0.15 – песок тонкозернистый, зеленоватобурый	0.10 м
3. 0.15–0.30 – супесь зеленовато-желтая, обильно ожелезненная, с прослоями светло-серого песка	0.15 м
4. 0.30–0.50 – супесь ожелезненная, горизонтально-слоистая, в подошве гумусированная	0.20 м
5. 0.50–0.85 – супесь светло-серая, с тонкой горизонтально-волнистой слоистостью	0.35 м
6. 0.85–1.05 – песок синевато-серый, слоистый	0.20 м
7. 1.05–1.35 – переслаивание мелкозернистого и тонкозернистого светло-серого песка	0.30 м
8. 1.35–1.40 – суглинок горизонтально-слоистый с оторфованной супесью	0.05 м
9. 1.40–1.55 – переслаивание светло-серого и охристо-желтого мелкозернистого песка	0.15 м
10. 1.55–2.00 – песок горизонтально-волнистый, светло-серый в кровле, в подошве – ожелезненный, зеленовато-серый (урез воды)	0.45 м
11. 2.00–2.30 – песок мелкозернистый и тонкозернистый с горизонтально-волнистой слоистостью за счет светло-серых слоев алевролита	0.30 м

Анализ диатомовой флоры, выполненный Г.А. Гребенниковой, показал, что во всех образцах доминируют (от 76 до 98 %) планктонные виды *Aulacoseira islandica* и *A. granulata*, характерные для

пресных эвтрофных озер с нейтральными или слабощелочными водами. В составе диатомей практически отсутствуют виды, характерные для заболоченных поверхностей. В верхней части разреза отмечается более богатое видовое разнообразие бентических диатомей с появлением представителей рода *Eunotia*. Участие в составе диатомей видов перифитона очень низкое. Его содержание по разрезу колеблется в пределах 2–25 %, а в некоторых пробах диатомей этой группы единичны. Такое низкое развитие бентосных видов в палеозере, очевидно, было связано с высокой мутностью воды, в результате чего солнечный свет не проникал до дна даже на небольших глубинах. В составе этой группы диатомей встречены виды как обитающие на мелководье озер, так и характерные для кислых заболоченных вод. Кроме этого, встречены и типичные реофилы. Такой состав бентосных диатомей с учетом их неравномерного распределения по разрезу позволяет предположить, что некоторые диатомей этой группы носят аллохтонный характер, но поступление диатомей с прибрежной зоны было довольно слабым. Это позволяет говорить о том, что сток с прибрежной малозаболоченной зоны был довольно слабым. Об этом говорит очень низкое содержание диатомей, характерных для заболоченных поверхностей и почв.

Несмотря на однородность состава диатомей, смена доминант в комплексе, связанная с изменением температуры водной среды, позволяет выделить три сообщества.

Интервал 0.12–0.55 м: в составе диатомей вновь доминирует *Aulacoseira islandica* (до 72 %). Здесь же опять появляется и *Stephanodiscus rotula* (Kütz.) Hendeу. Отличительная особенность этого комплекса заключается в том, что здесь обнаружено видовое разнообразие бентических диатомей с различной экологической принадлежностью. Встречены обитатели дна *Navicula reinhardtii* Grun., *N. placentula* (Ehr.) Grun., *Pinnularia viridis* (Nitzsch.) Ehr., *P. brevicostata* Cl. и др. Из числа обрастателей довольно часты *Fragilaria*, *Gomphonema* и более разнообразные представители рода *Eunotia* – обитатели заболоченных поверхностей. Это указывает на понижение уровня озера и заболачивание прибрежной зоны.

Интервал 0.55–1.15 м: в сообществе диатомей доминантное положение занимает *Aulacoseira granulata* (52–67 %), имеющая широкое распространение в долинных эвтрофных водоемах с температурой воды 6–15 °С. Участие бентических диатомей по-прежнему остается очень низким. Только в кровле этого слоя в интервале до глубины 0.75 м их содержание достигает 18 % за счет эпифитных форм *Fra-*

gilaria construens var. *subsalina* Hust, *F. construens* var. *venter* (Ehr.) Grun., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *G. acuminatum* Ehr., *Cymbella tumida* (Breb.) V. H., *Caloneis silicula* (Ehr.) Cl., *Rhoicosphenia abbreviata* (Kütz.) Grun. и небольшого количества обитателей дна. Обилие этих форм в данном слое осадков связано, скорее всего, с началом понижения уровня озера. Такой состав диатомей свидетельствует о существовании умеренно-холодного эвтрофного озера со слабо заболоченным побережьем и незначительным поступлением проточных вод.

Интервал 1.15–1.8 м: в составе диатомей доминирует *Aulacoseira islandica* (50–87 %), обитающая в эвтрофных и олиготрофных водоемах с температурой воды 6–9 °С. Участие бентических диатомей и видов, характерных для заболоченных поверхностей, очень низкое. Это может говорить о существовании эвтрофного с признаками олиготрофности умеренно-холодного озера со слабым поступлением в него проточных вод. Об умеренно холодной температуре воды свидетельствуют и находки *Stephanodiscus rotula*, способной обитать даже в зимнем планктоне.

Изучение спор и пыльцы в данном разрезе, выполненное Н.И. Беляниной, позволяет выделить три палинозоны:

1. Палинозона *Pinus-Betula-Quercus* в инт. 0.15–0.75 отличается повышенным содержанием пыльцы трав и кустарничков (до 51,5 %), в составе которых преобладает пыльца Сурегасеае и Роасеае с единичной пылью водных растений.

2. Палинозона *Pinus-Quercus-Picea* (инт. 0.75–1.55) отмечена большим содержанием древесной пыльцы (до 70 %) со значительным разнообразием широколиственных и мелколиственных пород (всего 15 таксонов). Среди пыльцы трав на фоне преобладания Сурегасеае отмечено обилие пыльцы *Artemisia* (до 13,7 %), Роасеае (до 11,9 %), Рапункуласеае (до 8,3 %) и единично пыльцы водных растений.

3. Палинозона *Quercus-Pinus* (инт. 1.55–2.20) характеризуется снижением древесной пыльцы с 49 % в кровле до 25,9 % в подошве на фоне резкого возрастания пыльцы травянистых растений (с 19 % в кровле до 70,7 % в подошве). Среди них отмечается обильно пыльца Сурегасеае, Роасеае на фоне увеличения разнообразия водных цветковых растений (4 таксона) и обилия спор *Salvinia* (до 70%).

Подобная изменчивость структуры спорово-пыльцевых комплексов вполне сопоставима с таковой для суббореала. Выделение палинозоны 2, возможно, отвечает похолоданию климата в интервале 3.2–2.9 тыс. лет назад. Не противоречит данному

предположению и C^{14} -дата (3200 ± 250 л.н., ТИГ-284). Сходный разрез был изучен вблизи м. Камень (с. Астраханка) на заболоченной террасе высотой 2.0 м (рис. 1, т.н. 8). Здесь вскрыты темно-серые песчаные алевриты с комплексом озёрно-болотных диатомей, залегающие на лугово-болотной почве (C^{14} -дата 4185 ± 150 лет назад, КИ-1942).

Таким образом, эта озерная терраса, сформировавшаяся во второй половине суббореала, фиксирует уровень озера почти на 2,0 м выше современного.

В интервале 2.0–1.0 тыс. лет назад возможно произошло достаточно значительное снижение уровня озера: увеличение уклонов привело к эрозионному расчленению среднеголоценовой озёрной террасы. Следы этого расчленения зафиксированы в виде меандрирующих русел (Вадимовский ерик), в настоящее время заполненных озёрной водой. Об этом свидетельствует, по данным Е. И. Царько, состав диатомовых водорослей (преобладание представителей рода *Aulacoseira*). Подобные глубоко врезаемые русла (до 4–6 м) установлены в устьях ханкайских рек. Внутренние дельты этих рек, сложенные песчано-гравийным материалом, удалены от современного берега озера на 2–3 км.

Позднеголоценовая трансгрессия

В устьях рек Илистой, Спасовки, Мельгуновки, Комиссаровки, а также к северу от м. Белоглиняного изучена озерная терраса высотой до 1.2–1.5 м, насыщенная органикой (обломки древесины) и раковинами моллюсков. О достаточно молодом, скорее позднеголоценовом возрасте наиболее низкой из озерных террас свидетельствует структура спорово-пыльцевых спектров из разрезов в устье Западного канала (устье р. Илистой), вблизи пос. Троицкого (устье р. Комиссаровки), на м. Николаевском, Белоглиняном и в других местах.

Терраса высотой более одного метра изучена в нижнем течении р. Илистой в устье Западного канала (рис. 1, т.н.5), которая отделена от основного массива суббореальной террасы древним руслом (Вадимовский ерик). Здесь вскрыты следующие отложения (разрезы приведены сверху вниз):

1. 0.0–0.10 – песок мелкозернистый, илистый, гумусированный, с корешками травянистых растений 0.10 м
2. 0.10–0.40 – алеврит черный, с линзами зеленовато-серого песка, насыщенный корневищами водных растений (тростник) и осок 0.30 м
3. 0.40–0.55 – песок желтовато-серый, илистый, с обломками древесины, раковин моллюсков, в подошве – горизонтальный прослой остатков тростника, хвоща топяного, плодов водяного ореха 0.15 м
4. 0.55–0.65 – песок темно-серый, мелкозернистый, с прослоями черного алеврита, остатками хитина 0.10 м

5. 0.65–1.00 – переслаивание тонкозернистого илистого песка с синевато-серым алевритом и прослоями оторфованного алеврита и песка, в подошве остатки водных растений и клубни 0.35 м

6. 1.0–1.20 (уровень воды в озере) – супесь бурая, комковатая, с вертикальными полосами ожелезнения вдоль остатков растений 0.2 м

Данный разрез сформировался в прибрежной полосе озера при его уровне на 60–80 см выше современного. Состав диатомей, по данным Е. И. Царько и В. С. Пущаря, соответствует прибрежному мелководью с обилием плавневой растительности.

В составе спорово-пыльцевых спектров в верхней части разреза (слои 2, 3) обильно представлена пыльца травянистых (*Cyperaceae* – 49 %; *Poaceae* – 19 %) и древесных растений (в сумме до 72 %, в том числе *Pinus s/g Haploxyylon* – до 32 %, *Pinus s/g Diploxyylon* – 8,2 %, *Betula sect. Albae* – до 17 %, *Quercus* – до 15 %). В спектрах отмечена пыльца травянистых водных растений (*Myriophyllum*, *Sparganium*, *Nelumbo*, *Sagittaria*), а из споровых – *Salvinia*. В средней части разреза спорово-пыльцевой комплекс соответствует палинозоне *Pinus–Betula–Quercus–Ulmus*, а в основании (слой 6) – *Pinus–Quercus*.

Изменение структуры спорово-пыльцевых комплексов в отложениях террасы отвечает последней фазе голоценовой трансгрессии оз. Ханка, вероятно совпавшей с похолоданием климата в середине 2-го тысячелетия (C^{14} -даты: 560 ± 110 лет назад, *Sams-74333*; 300 ± 110 лет назад, *Sams-73283*; 230 ± 40 лет назад, *Sams-74336*). Возможно, что подъем уровня озера имел место в середине XVIII–XIX столетиях, когда водоемы озера Ханка и Мал. Ханка разделялись цепочкой песчаных островов высотой до 18 м [25]. Эти острова представляли собой предположительно древние эоловые бугры, имеющие широкое распространение к северо-востоку от пос. Турий Рог, где с ними, по данным Е. П. Денисова, связаны археологические памятники (кострища с остатками черепков и костей животных).

В 4.0 км к югу от пос. Турий Рог в разрезе террасы высотой 1.0–1.2 м (рис. 1, т.н. 9) вскрыты следующие отложения (разрезы приведены сверху вниз):

1. 0.0–0.5 – эоловый песок почти белый, кварцевый 0.5 м
2. 0.5–0.65 – песок горизонтально-слоистый, слабогумусированный, с корешками растений, с линзами светлого алеврита 0.15 м
3. 0.65–0.70 – галечник мелкий, хорошо окаженный, в среднезернистом песке, хорошо выдержанный по простиранию террасы 0.05 м
4. 0.7–0.85 – песок среднезернистый, кварцевый, с редкими гальками 0.15 м
5. 0.85–1.05 – алеврит светло-коричневый, насыщенный органикой, горизонтально слоистый 0.2 м

6. 1.05–1.40 – песок грубозернистый, с отдельными гальками 0.35 м
 7. 1.40–1.70 (на уровне воды в озере) – слой, аналогичный 5, но с обломками древесины, раковинами моллюсков 0.3 м

В спорово-пыльцевом комплексе, сходном в слоях 5 и 7, по данным Л. П. Карауловой и Е. М. Назаренко, наблюдается преобладание пыльцы *Pinus s/g Haploxyton* (до 49.5%) *Pinus s/g Diploxyton*, (до 15.4%) на фоне разнообразных мелколиственных (*Betula sect. Albae* – до 14%, *Betula costata* – до 4%) и широколиственных (*Ulmus* – до 12%, *Quercus* – 10%) пород. Присутствие пыльцы *Picea* (до 13%) делает сходным этот комплекс с пыльцевыми спектрами из прибрежных фаций оз. Ханка [16]. Состав диатомей соответствует озерному генезису осадков, среди которых, по данным Е. И. Царько, преобладают *Aulacoseira granulata*, *A. islandica*, *A. italica* (Ehr.) Sim., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Frustulia vulgaris* (Thw.) De-Toni, *Stauroneis anceps* Ehr., *Navicula mutica* Kütz., *Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cl. и представители родов *Fragilaria* и *Eunotia*.

Озерные трансгрессии среднего–позднего голоцена привели к возникновению по восточному и северному обрамлению озера огромных болот. Интенсивное заболачивание произошло и в пределах Уссури–Сунгачского междуречья, где под осадками позднего голоценовых низинных болот вскрыта хорошо выраженная луговая почва. При расчете амплитуды голоценовых трансгрессий следует учитывать тот факт, что современный уровень оз. Ханка испытывает [4] периодические короткопериодные колебания (рис. 5).

Дискуссия о происхождении тонкозернистой пачки четвертичных отложений в верхней части Хан-

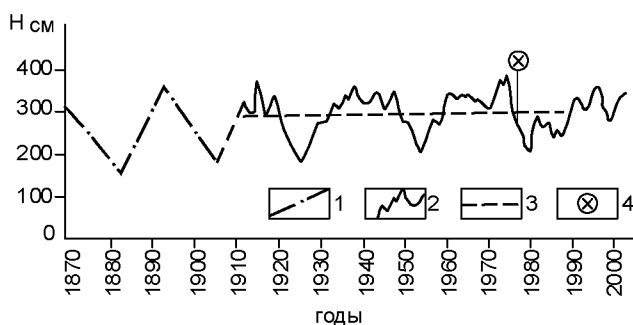


Рис. 5. График колебания среднегодового уровня воды оз. Ханка в многолетнем разрезе (по данным ГМС “Астраханка” и гидрометслужбы Приморья).

1 – приближенно восстановленный уровень, 2 – данные инструментальных наблюдений, 3 – средний уровень 1912–1973 гг., 4 – время разрушения Сунгачского коллектора и массового сброса воды из озера.

кайского разреза возникла с публикацией [23], в которой утверждается преобладающее их аллювиальное происхождение. Накопление тонкозернистой пачки отложений среднего–позднего плейстоцена, по мнению Б.И. Павлюткина [23], произошло в результате больших пойменных разливов, приведших к формированию осадков квазипоймы. Применение термина “пойма” в данном случае не корректно, так как эта фация формируется при периодическом ежегодном затоплении поверхности аккумуляции. Соответственно, при подъемах и спадах воды (вплоть до полного осушения) в разрезах должны меняться характеристики осадков. По предположению [23], оз. Ханка в современных очертаниях возникло только во второй половине голоцена. Основанием для этого суждения послужило весьма малое количество диатомовых водорослей в так называемых озерных отложениях и отсутствие пляжевых осадков в краевых частях озерной котловины. Последнее утверждение спорно, так как на рис. 2 в указанной публикации [23] вблизи озера показана только одна скважина, да и та пройдена в склоновых отложениях.

Авторы не отрицают права на существование данной гипотезы, но хотелось бы увидеть более значительное обоснование, чем это сделано в публикации [23]. Ниже рассматриваются материалы, которые в какой-то мере являются доказательством неоднократного развития озерных трансгрессий в Ханкайской котловине.

Гидрологические критерии. Первая проблема, которую хотелось бы обсудить, это вопрос о возможности формирования квазипоймы [23] на всей площади зоны осадконакопления в позднем плейстоцене, которая значительно превышала акваторию озера и составляла около 6000 км² в пределах территории России. Современный объем годового стока в оз. Ханка [4] составляет 1715/6 · 10⁶ м³. Объем воды для покрытия площади 6000 км² слоем в 0.5 м, с учетом слоя испарения, равного 584 мм, как предполагает [23], по расчетам А.М. Горчакова, равен 6000 · 10⁶ м³ [8]. Даже если слой испарения за счет понижения летних температур уменьшится до 300–350 мм и будет компенсироваться суммой осадков над озером, то и в этом случае объем стока в озеро за год будет равен только 857 · 10⁶ м³. Объем воды, необходимый для покрытия площади в 6000 км² слоем в 0.5 м, должен превышать годовой объем стока в 3.45 раза. Понятно, что при такой величине среднегодового стока постоянное заполнение всей площади озера водой вряд ли будет наблюдаться, тем более оспаривается возможность возникновения огромного озера-болота. Для накопления большой мощности осадков,

внешне сходных с отложениями верхней части разреза Ханкайской котловины [12, 21], при существующих незначительных скоростях осадконакопления [17] такое озеро должно существовать десятки тысяч лет.

Литолого-биоостратиграфические критерии.

По сравнению с глубоководными водоёмами для мелководного оз. Ханка выявлены особые условия формирования пляжевых и других фаций [8, 17]. В 1969–1971 гг. А.М. Коротким и А.М. Горчаковым по программе, предложенной М.Г. Васьюковским и с его активной помощью, была проведена съёмка донных грунтов оз. Ханка с отбором колонок на 195 станциях в пределах российской части акватории. Благодаря этим исследованиям сделан важный вывод, что осадконакопление в озере происходит в условиях окислительной среды, с чем связаны малое содержание $C_{орг}$ в осадках и слабая насыщенность фоссилитями значительной части проб. Вторая особенность седиментогенеза в осадках озера – практическое отсутствие карбонатов и SiO_2 аморф. как в поверхностном слое, так и в разрезах колонок [17]. Только в 9 пробах из 102, равномерно распределённых по акватории озера, установлено присутствие SiO_2 аморф. в незначительном количестве (0.06–0.12 %). Подобное малое количество аморфного кремнезема характерно и для осадков опорной скважины 3-ю, где, по данным В.П. Талановой, его присутствие установлено в 6 пробах из 50 (не более 0.08–0.12 %). В этом же разрезе Е.И. Царько была выявлена очень редкая встречаемость диатомей по всему четвертичному разрезу, как и в других скважинах, пробуренных на акватории и в ближайшем обрамлении озера. Лишь в отдельных пробах, как, например, в скв. 107, встречены диатомовые комплексы, соответствующие литоральной части мелководного озера эвтрофного типа или низинному болоту [11].

По данным Б.В. Скворцова [27], диатомовая флора в приустьевой части озера отличается невысоким родовым и видовым разнообразием, малым содержанием в воде и осадках. Детальный анализ многочисленных донных проб и отложений из колонок, выполненный В.С. Пушкарем по сборам А.М. Короткого [17], показал, что малочисленность содержания и видового состава особенно наблюдается на акватории озера, где “диатомеи в отложениях редки и представлены в основном спорами *Melosira islandica*” [26, стр. 34]. Малое содержание SiO_2 аморф. в озерной воде, возможно, определяется его неустойчивостью в воде, насыщенной кислородом (115 % к норме), и обилием углекислоты. Отсюда следует, что количество SiO_2 аморф. недостаточно как для построения створок диатомей, так и определяет их быст-

рое растворение. Поразителен тот факт, что в старичных и пойменных отложениях в нижнем течении рек Мельгуновки и Илистой, а также в небольших прибрежных озёрах, по данным Е.И. Царько и З.В. Алёшиной [24], наблюдается обилие и большое видовое разнообразие диатомей.

Анализ литологических характеристик осадков в скважинах 2-ю и 3-ю, пробуренных в устье р. Мельгуновки в 30 м от береговой линии оз. Ханка, показывает их резкое отличие от аллювиальных, для которых характерно мозаичное распределение тонкообломочных отложений в зависимости от пространственного распределения фаций [17]. В качестве примера приводится описание позднечетвертичного разреза скв. 3-ю (рис.1, т. н. 8), сопоставляемого с максимальной фазой позднеюрской–раннеголоценовой трансгрессии оз. Ханка (разрезы приведены сверху вниз):

1. 0.0–0.5 – почва: глина серая с бурым оттенком, пятнисто-ожеженная комковатая в кровле, внизу тонкослоистая, пластичная 0.5 м
2. 0.5–1.9 – Глина голубовато-серая, ожеженная, с прослоями рыжеватого, комковато-зернистого суглинка в инт. 1.5–1.9 м 1.4 м
3. 1.9–3.4 – глина светло-серая, голубоватая, песчанистая, с четырьмя прослоями песка светло-серого, горизонтально-слоистого (мощность слоев до 2.5–4.0 см), на контакте слоев – мелкая растительная сечка 1.5 м
4. 3.4–5.0 – песок горизонтально-слоистый, мелкозернистый, серый, в кровле с переходом в среднезернистый, в подошве крупнозернистый, кварцевый, с окатанными зёрнами, в инт. 4.5–4.6 – алеврит зеленовато-серый и глина серая, с гнездами вивианита и органикой (хвоя) 1.6 м
5. 5.0–5.3 – песок крупнозернистый с гравием (размером до 2,0 см), прослоями песка среднезернистого и мелкозернистого, основной состав обломков – кварц, реже кремни (вероятно, пляжевая фация) 0,3 м
6. 5.7–6.2 – песок мелкозернистый, глинистый, с прослоями серой глины и крупнозернистого песка, в инт. 5.8–5.85 – обилие растительной сечки (включая хвою), в подошве – среднезернистый с прослойками алеврита 0.5 м
7. 6.2–6.3 – глина серая, тонкослоистая, с включениями вивианита и детритом на контакте слоёв, с линзой серого песка с остатками коры 0.1 м
8. 6.3–7.5 – песок серый, мелкозернистый, в кровле с прослоями алеврита песчанистого и оторфованного, в средней части пласта – с линзами серой песчанистой глины, в инт. 6.6–7.5 – горизонтально-слоистый песок, мелкозернистый и тонкозернистый, с хвоей на контакте слоёв 1.2 м
9. 7.5–8.0 – песок серый мелкозернистый и тонкозернистый, глинистый, горизонтально-слоистый, в инт. 7.85–7.9 – раковина моллюска в глине песчаной 0.5 м
10. 8.0–8.5 – гравий с дресвой и гальками (кварц, кремни) 0.5 м
11. 8.5–9.0 – слой, аналогичный 8, но с обильным мелким гравием 0.5 м
12. 9.0–9.5 – песок темно-серый, среднезернистый, тонкозернистый, со слабо выраженной горизонтальной слоистос-

тью (за счет обогащения контактов слюдой и мелким растительным детритом)	0.5 м
13. 9.5–10.0 – песок мелкозернистый, серый, в кровле глинистый, буроватый, комковатый, по всему слою – линзы гравия	0.5 м
14. 10–11.0 – песок темно-бурый, плотный, с мало заметной слоистостью, в подошве – среднезернистый с детритом, гумусированный	1.0 м

В скв. 2-ю и 3-ю осадки, сходные с пляжевыми накоплениями, вскрывались неоднократно (слои 5, 10, 11), как и при бурении на оз. Ханка и в его обрамлении, как, например, в скв. 7, 45, 4. Во всех случаях – это пески с гравием, иногда с примесью мелкой гальки. Основную часть разреза составляют литоральные и собственно озёрные осадки с признаками активного волнового воздействия. В скв. 2-ю и 3-ю практически отсутствуют отложения, сопоставимые с пойменными и старичной фациями аллювия, хорошо представленные в разрезах поймы в нижнем течении р. Мельгуновки. Здесь во всех изученных точках преобладают бурые суглинки с прослоями темно-бурых комковатых суглинков и ожелезненных песков, темно-серых алевроитов с остатками органики. Характерно, что в аллювии, по сравнению с озерными отложениями, по данным Е. И. Царько, отмечено обилие диатомей с большим видовым и родовым разнообразием. Аналогичное фациально-литологическое строение высокой поймы установлено в нижнем течении рек Спасовки, Илистой и, особенно, Комиссаровки. Основные параметры изменений палеоклимата, растительности [12] и фациального состава осадков в скв. 3-ю на разных возрастных рубежах отражены на рис. 6.

Геоморфологические критерии. Доказательством длительного существования озера служит выдержанность относительных высот древней аккумулятивной равнины в обрамлении водоёма. О распространении озера с уровнем воды выше современного на 2 м свидетельствуют цокольные озёрные террасы, установленные на п-ове Лузановой Сопки и на окраине с. Троицкое, сложенные хорошо окатанными гальками.

ПРИЧИНЫ И МЕХАНИЗМ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ОЗЕРА

Распределение озер в пределах Уссури-Ханкайской впадины зависит не столько от общего темпа погружения территории, сколько от пространственного положения полей с разным темпом аллювиальной аккумуляции. Устойчивому погружению депрессии в четвертичное время предшествовало интенсивное расчленение в позднем плиоцене с амплитудой врез в Ханкайской котловине до 130–150 м [31]. Возникшие при этом долины стали затем в плейстоцене зонами устойчивой аккумуляции. Осо-

бенностью процессов аккумуляции в Уссури-Ханкайской депрессии и ближайшем горном обрамлении явилась более высокая скорость накопления осадков в речных долинах, дренирующих Сихотэ-Алинь (р. Уссури) и Восточно-Маньчжурские горы (р. Мулинхе), по сравнению с центральной частью Ханкайской котловины. На участке слияния этих рек в нижнем плейстоцене возникла аллювиальная дельта – своеобразная “аллювиальная плотина”. В речных системах южной и западной части этой впадины наибольшие скорости аккумуляции имели место в предгорном обрамлении впадин, а минимальные – в её центре. В результате на фоне общего погружения и все большего разрыва в интенсивности аккумуляции на севере и юге впадины к среднему плейстоцену создалась ситуация, определившая возникновение небольших мелководных озер *ханкайского* подтипа [15]. Они образовались, в первую очередь, в переуглубленных палеодолинах, расположенных на продолжении тальвегов Мельгуновки, Илистой, Комиссаровки и Спасовки. По мере роста “аллювиальной плотины” на севере депрессии, в её южной части все более расширялся озерный водоем. Подъем уровня аккумуляции сопровождался разрастанием акватории озера, и к концу позднего плейстоцена–раннем голоцене возник водоем, близкий по своим контурам к площади распространения низкой озерной террасы [8, 11, 20, 31].

Анализ возрастного положения пачек озерных и озерно-болотных отложений в геологическом разрезе Уссури-Ханкайской депрессии выявил их тесную связь с климатической ритмикой позднего кайнозоя. Позднемиоценовая озерная трансгрессия, зафиксированная в осадках усть-суйфунской свиты, развивалась в условиях относительно похолодания климата [31]. Озерные отложения, вскрытые в кровле суйфунской свиты, связываются с кратковременной, но обширной трансгрессией в Уссури-Ханкайской депрессии [2, 31]. Изученные разрезы озерного плиоцена в депрессии представлены грубообломочными песчано-галечными осадками (начало трансгрессии) и глинами и глинистыми песками (конечная стадия трансгрессии). Отмечается постепенный переход озерных отложений в красноцветы позднего плиоцена, накопление которых сопоставляется с палеомагнитной эпохой Магуяма. Выделенная в палеомагнитном разрезе толщи зона прямой намагниченности отнесена к эпизоду Гилза. Это позволяет сопоставить развитие трансгрессии с одним из плиоценовых похолоданий климата [1, 24].

В среднем плейстоцене возникновение озерных ландшафтов связано, прежде всего, с неравномерной

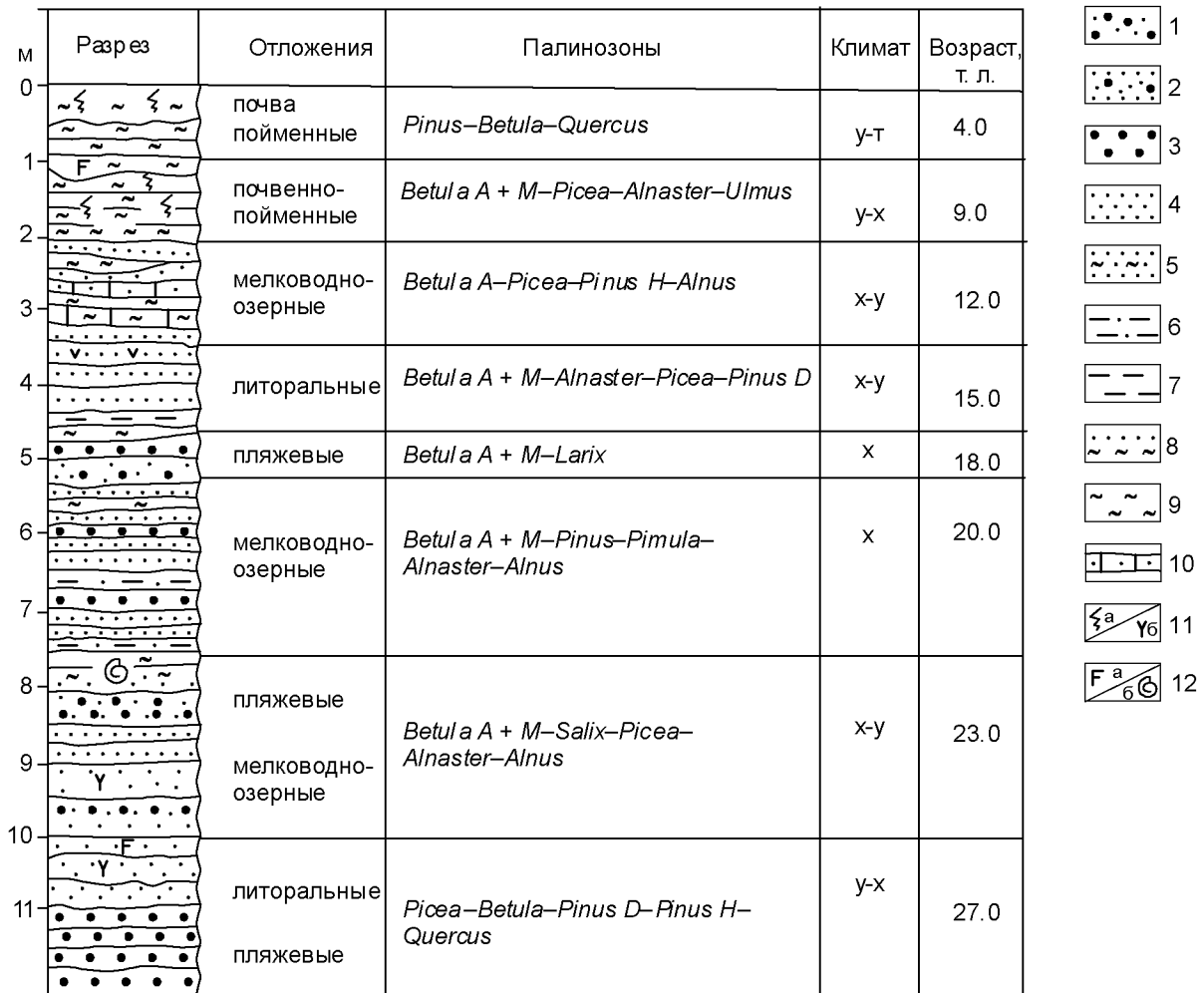


Рис. 6. Основные параметры фациально-климатических изменений (скв. 3-ю).

1 – гравий с песком, 2 – песок с гравием, 3 – грубозернистый песок, 4 – песок, 5 – песок глинистый, 6 – алеврит песчанистый, 7 – алеврит, 8 – суглинок песчанистый, 9 – суглинок, 10 – оторфованный песок, 11а – почва, 11б – органические остатки, 12а – ожелезнение, 12б – раковины моллюсков. Климаты: у-т – умеренно-теплый, у-х – умеренно-холодный, х-у – холодно-умеренный, х – холодный.

аккумуляцией в пределах впадины. В дальнейшем, по мере повышения поверхности аллювиально-озерной аккумуляции колебания уровня оз. Ханка и его древних аналогов находились во все большей зависимости от климатических флуктуаций. Очевидна связь трансгрессий с похолоданиями климата, а регрессий – с теплыми климатическими эпохами.

Существование крупного водоема, при прочих равных условиях, определяется балансом жидкого стока и испарения в оз. Ханка, гидрологический режим которого приближается к режиму озер аридной зоны [19]. Работами М.В. Васьяковского [4] доказана синхронность колебаний уровня озера с разностными интегральными кривыми годового стока рек, впадающих в озеро. Периоды падения уровня в озере

соответствуют маловодным годам на его притоках, а периоды подъема уровня – многоводным годам. Многолетняя амплитуда колебания уровня оз. Ханка с периодом около 30–40 лет составляла относительно среднего многолетнего уровня около 1.7 м (рис. 5).

Наблюдаемые современные колебания уровня озера, определяемые в основном климатическим режимом, не приводят к существенному изменению уровня озера, сравнимому с размахом древних трансгрессий и регрессий. Можно предположить, что хорошая сопоставимость колебаний озера с климатическими осцилляциями плейстоцена и голоцена определяется не только изменениями водности территории, но и условиями седиментации. Факторами развития трансгрессий в эпохи похолоданий

на фоне общего уменьшения осадков [12] являются, возможно, уменьшение слоя испарения за счет снижения летних температур (до 300–350 мм по сравнению с 584 мм в настоящее время) и увеличение жидкого стока рек бассейна оз. Ханка. Этому благоприятствовало и более равномерное распределение внутригодового стока в реках за счёт частичной консервации осадков в виде снега, развития вечной мерзлоты и т. д.

Таких причин вполне достаточно для устойчивого развития трансгрессии, если даже принять сток из озера равным современному (около 54 м³/с). Однако топография Мулинхе-Уссурийского междуречья не позволяет считать подобный рельеф благоприятным для развития значительной трансгрессии, так как избыток из озера быстро бы сбрасывался по низкой равнине в долину р. Уссури. Более вероятно предположить, что значительные подъемы уровня озера (до 10–12 м) определялись затруднением стока из древнего озера за счёт усиления “плотинного эффекта” на слиянии рек Мулинхе и Уссури. Распространение волны аккумуляции от места слияния вышеуказанных рек вверх по долине р. Сунгач и уменьшало водный сток из озера. Именно поэтому хорошо коррелируются мощности “холодных” пачек аллювия в долине р. Уссури и установленный размах озерных трансгрессий в Ханкайской котловине [12]. Наблюдаемое сокращение амплитуд подъема уровня оз. Ханка от среднего плейстоцена к позднеледниковью обусловлено заполнением переуглубленных долин и озерной ванны обломочным материалом. За счет повышения уровня аккумуляции в депрессии площадь озера в позднем плейстоцене увеличивалась, а амплитуда подъема уменьшалась.

Можно считать, что регрессивная фаза в бассейне оз. Ханка связана как с режимом стока, так и с уменьшением интенсивности аккумуляции в долине р. Уссури. Расчет палеоклиматических характеристик для среднего голоцена, когда озеро сильно сокращалось или даже полностью исчезало, приводит к выводу, что увеличение слоя испарения до 700–750 мм (соответствует среднегодовой температуре 6–8 °С) лишь частично компенсировалось увеличением среднегодового количества осадков (до 800 мм). В результате этого процесса в озере могла иметь место медленная регрессия. Наблюдаемое очень быстрое понижение уровня озера в начале голоцена (на 6–8 м за 500 лет), когда термический режим существенно не отличался от современного, но был значительно холоднее среднеголоценового, лишь частично определялось уменьшением количества осадков в фазу березово-ильмовых лесов (около 400–500 мм). Более вероятной причиной столь быст-

рой озерной регрессии явилось усиление эрозионных процессов в системе Мулинхе – Уссури в начале голоцена, которому соответствует резкое потепление климата по сравнению с поздним вюрмом. Такая связь между значительными потеплениями в плейстоцене и развитием эрозионных процессов в крупнопорядковых речных системах подтверждается анализом мощностей пачек “теплого” и “холодного” аллювия в речных долинах Уссури-Ханкайской депрессии [10]. Как следует из расчетов, прекращение интенсивной аккумуляции и оживление эрозии в долине р. Уссури (с глубиной вреза в голоцене до 4–6 м на участке аллювиальной плотины) вызывало значительное приращение среднего уклона в долине р. Сунгач. Это определило развитие регрессивной эрозии в долине этой реки, где возникли русловые врезы глубиной до 10–18 м. Как только фронт регрессивной эрозии около 8000 л.н. достиг озера, резко увеличился сток из него. По расчетам, при увеличении среднегодового стока до 100 м³/с уровень воды в озере за 12–15 лет по сравнению с современным понизится на 4–6 м. Следовательно, разрушение “аллювиальной плотины” в начале голоцена привело к быстрой регрессии оз. Ханка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ литолого-фациальных особенностей геологического разреза Уссури-Ханкайской впадины на фоне её погружения выявляет четкую зависимость между интенсивностью аллювиальной аккумуляции в долине р. Уссури и развитием озерных трансгрессий. В свою очередь, эти два процесса хорошо коррелируются с климатическими колебаниями плейстоцена: развитие трансгрессий в основном совпадает с похолоданиями климата, регрессиям соответствуют климатические оптимумы. Влияние климата на озерное обводнение Уссури-Ханкайской депрессии проявляется в изменении как непосредственно режима увлажнения в водосборном бассейне и режима испарения на акватории озера, так и процессов транзита и аккумуляции обломочного материала в речных долинах, определяющих устойчивость “аллювиальных плотин”. Даже в крупных речных системах наблюдается проявление закона Зергеля–Пенка, определяющего ритмичное развитие озерных трансгрессий и регрессий на фоне региональных колебаний температур и режима увлажненности.

Постепенное развитие трансгрессивной аккумуляции в плейстоцене, связанное с заполнением обломочным материалом переуглубленных долин, осложнялось периодическими колебаниями уровня оз. Ханка, создававшими мезоритмичность в геоло-

гическом разрезе Уссури-Ханкайской впадины. Расширение зоны устойчивой аккумуляции по мере выполнения переуглубленных долин обломочным материалом привело к уменьшению глубин и увеличению площади озера, что сделало его уречье режим и само его существование более зависимым от климатических изменений, чем от темпа тектонического погружения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Эта статья – результат многолетних исследований большого коллектива. Особая благодарность исследователям, выполнявшим аналитические работы, а также приморским геологам В.К. Сохину, В.И. Пчёлкину, Б. И. Павлоткину, участникам Российско-Американской экспедиции по программе “Paleoenvironmental Arctic Sciences” П. М. Андерсон, А. В. Ложкину, Л. Б. Брубейкер и другим, оказавшим огромную помощь при проведении полевых работ и камеральной обработке данных.

Многие из тех, кто участвовал в полевых работах и лабораторных исследованиях, ушли из жизни. Авторы признательны памяти Р.П. Токмакова, Е.И. Царько, Б.П. Поды, В.В. Давыдова, А.И. Полуяна, В.К. Рябчуна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев М. Н. Антропоген Восточной Азии. М.: Наука, 1978. 208 с.
2. Берсенев И. И., Сохин В. К. Четвертичные отложения // Геология СССР. М.: Недра, 1969. Т. 32, ч. 1. С. 373–389.
3. Болиховский В.Ф. Ископаемые почвы и генезис покровных бурых суглинков Южного Приморья // Палеогеография плейстоцена Дальнего Востока и морей. Владивосток: ДВНЦ СССР, 1978. С. 76–80.
4. Васильковский М. Г. Гидрологический режим озера Ханка. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 176 с.
5. Венус Б. Г. Развитие древних озерных систем Дальнего Востока и их роль в формировании долины Амура // Проблемы исследования древних озер Евразии. Л.: Наука, 1974. С. 8–20.
6. Ивапшинников Ю. К. Палеогеоморфология депрессионных морфоструктур юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1978. 132 с.
7. 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.
8. Короткий А. М., Китаев И.В., Михайлова Н.А., Горчаков А.М. К литологической характеристике современных осадков озера Ханка. Осадочные формации нефтегазоносных областей Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 78–96.
9. Короткий А. М., Караулова Л. П. Новые данные по стратиграфии четвертичных отложений Приморья // Материалы по геоморфологии четвертичной геологии юга Дальнего Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 79–110.
10. Короткий А. М. О соотношении тектонического и климатического факторов в позднекайнозойском развитии речных долин Сихотэ-Алиня и Юго-Западного Приморья // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Сибирь и Дальний Восток. Новосибирск: Наука, 1979. С. 29–35.
11. Короткий А.М., Караулова Л.П., Ромапкова Н.И. Озерные трансгрессии и режим позднекайнозойского осадконакопления в Уссури-Ханкайской депрессии // Геолого-геоморфологические конформные комплексы Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 162–181.
12. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980. 232 с.
13. Короткий А.М., Караулова Л.П., Алексеева Э.В., Ковалюх Н.Н. О находке хорольского мамонта (Приморский край) // Развитие природной среды. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 29–50.
14. Короткий А. М. О возрасте луговой террасы на реках Приморья // Вопросы стратиграфии и палеогеографии Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 39–58.
15. Короткий А. М. Типы озёр и особенности четвертичного лимногенеза на юге Дальнего Востока // Озёра холодных районов: Докл. Т. 4. Вопросы палеоклиматологии, палеолимнологии и палеоэкологии. Якутск: Изд-во Якут. ун-та, 2000. С. 106–125.
16. Короткий А. М. Географические аспекты формирования субфосильных спорово-пыльцевых комплексов (Юг Дальнего Востока). Владивосток: Дальнаука, 2002. 268 с.
17. Литология и геохимия озерных отложений гумидной зоны (на примере озера Ханка). М.: Наука, 1979. 124 с.
18. Мартинсон Г. Г. Современная палеолимнология и общие закономерности развития древних озерных бассейнов Азии // Проблемы исследования древних озер Евразии. Л.: Наука, 1974. С. 3–8.
19. Нехаичик В. П. Многолетние колебания уровня воды озера Ханка // Тез. докл. XI науч. конф. ДВГУ. Ч. II, Естественные науки. Владивосток, 1966. С. 274–276.
20. Никольская В. В. Некоторые данные по палеогеографии озера Ханка // Труды ин-та географии АН СССР. Вып. 51. 1952. С. 215–225.
21. Павлоткин Б.И. Четвертичные отложения юго-восточной части Уссури-Ханкайской депрессии и признаки плейстоценовых трансгрессий озера Ханка // Развитие природной среды в плейстоцене (юг Дальнего Востока). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 40–50.
22. Павлоткин Б.И. Геологическое развитие Раздольненско-Ханкайской впадины в позднем кайнозое: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 1986. 24 с.
23. Павлоткин Б.И., Ханчук А.И. Новые данные о возрасте озера Ханка, Дальний Восток России // Докл. РАН. 2002. Т. 382, № 6. С. 826–828.
24. Палеогеография и стратиграфия плейстоцена Приханкайской депрессии. М.: МГУ. 160 с.
25. Пржевальский Н. М. Путешествие в Уссурийском крае. М.: Огиз-Географгиз, 1947. 311 с.

26. Пупкаръ В.С. Биостраиграфия осадков позднего антропогена юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. 140 с.
27. Скворцов Б.В. Материалы по изучению водорослей Приморской губернии (Диатомовые водоросли озера Ханка) // Зап. Южно-Уссурийского отделения Рус. геогр. о-ва, 1929, № 3. 66 с.
28. Сохин В. К. Происхождение "бурых" глин Приморья и Приамурья // Проблемы изучения четвертичного периода. М.: Наука, 1972. С. 63–67.
29. Худяков Г. И. Геоморфотектоника юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 256 с.
30. Шнитников А. В. Изменчивость общей увлажненности Северного полушария. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 337 с. (Зап. Геогр. о-ва СССР. Нов. сер.; Т. 16).
31. Юг Дальнего Востока / Худяков Г.И., Денисов Е.П., Короткий А.М. и др. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1972. 421 с.

Рекомендована к печати Л.И. Попеко

A. M. Korotky, T.A. Grebennikova, L.P. Karaulova, N.I. Belyanina

Lacustrine transgressions in the Late Cenozoic Ussuri-Khanka depression (Primorye)

The features of Quaternary alluvial-lacustrine and lacustrine sediment genesis in the Ussuri-Khanka depression developing in conditions of transgressive accumulation as a result of tectonic subsidence and numerous fluctuations of climate are considered. The basic role of alluvial dams and irregular accumulation is proved in the genesis of lakes within the depression. The dependence of lacustrine reservoirs level fluctuations on climatic fluctuations is shown. The new data confirming lacustrine genesis of the most part of Khanka depression section referring to the Middle Pleistocene-Holocene are adduced. Two transgressive phases with the rise of the lake level by 1.5–2.0 m above the present one for the Subboreal are established. The general conclusion is that mesorhythmicity of the sedimentary sequence fixed in the Ussuri-Khanka depression reflects its dependence on climatic fluctuations in the Late Cenozoic.

Key words: lacustrine sediment genesis, alluvial dams, transgressive phases, mesorhythmicity, climatic fluctuations, lake level, Subboreal, Ussuri-Khanka depression, Primorye.