

УДК 556.555.2:[551.793+551.794] (282.256)

Г.Б. Федоров, Г. Швамборн, Д.Ю. Большиянов

КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА ЭЛЬГЫГЫТГЫН В ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНОЕ ВРЕМЯ

Озеро Эльгыгытгын расположено в Центральной Чукотке ($67^{\circ} 30'$ с.ш. и $172^{\circ} 05'$ в.д.; рис. 1), примерно в 100 км севернее полярного круга. Озеро занимает юго-восточную часть метеоритного кратера диаметром 18 км. Ширина самого озера составляет 11 км, а максимальная глубина 175 м. Современный урез воды находится на высоте 492,4 м. Из озера вытекает р. Энмываам, принадлежащая бассейну р. Анадырь. Кратер сформировался 3,6 млн. лет назад [Гуров и Гурова, 1981; Layer, 2000]. Предшествующие геолого-геоморфологические исследования [Глушкова, 1993] позволяют с уверенностью утверждать, что этот район никогда не подвергался оледенению, следовательно, осадконакопление в озере происходило непрерывно. Благодаря сейсмоакустическим исследованиям [Nissen et al., 2007] известно, что общая мощность донных озерных отложений составляет 320-350 м. Исследования 13-метровой колонки донных отложений PG1351, отобранной в 1998 г., позволили реконструировать изменения климата и природной среды за последние 250 тыс. лет [Melles et al., 2007]. Бурение всей толщи озерных отложений может принести палеогеографическую информацию за последние 3,5 млн. лет. Решению этой задачи посвящен международный исследовательский проект, действующий в настоящее время. Важную роль при интерпретации результатов анализов колонок донных отложений играют знания о современных процессах в озере и на его водосборе, а так же о геолого-геоморфологическом строении. Одним из важных факторов, влияющим на процессы осадконакопления, является собственно глубина водоема, а поэтому - необходимы четкие представления об изменениях уровня озера в прошлом. В данной работе приводятся некоторые результаты геолого-геоморфологических исследований в котловине озера Эльгыгытгын и реконструируются колебания уровне озера в позднечетвертичное время.

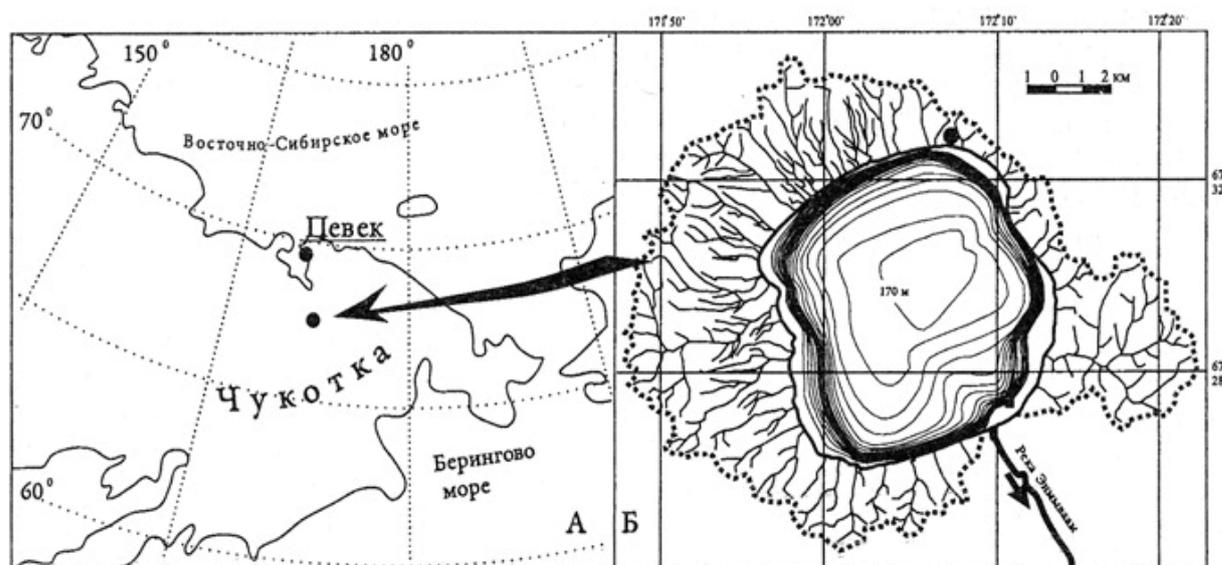


Рис. 1. Схема расположения (А) и схема водосборного бассейна (Б) озера Эльгыгытгын.

● — место расположения скважины P2,

■ — место отбора колонок донных отложений с поверхности подводной террасы.

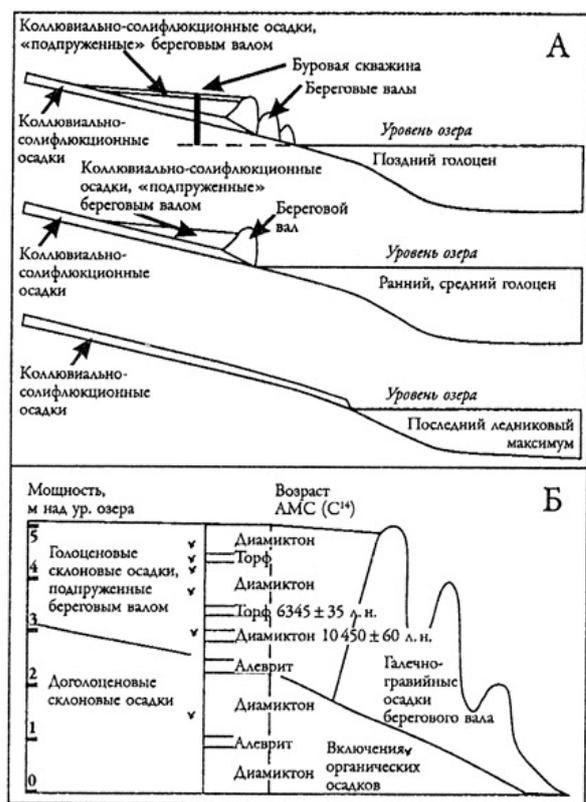


Рис. 2. Схема формирования коллювиально-солифлюкционных отложений на северном побережье озера

А — последовательные фазы формирования отложений. Б — схематический разрез склоновых отложений, подпруженных береговым валом.

анализ [Lozhkin et al., 2007]. Исследования донных отложений озера не позволяют более детально рассмотреть изменения климата голоцена, тогда как результаты исследований субэдральных отложений дают нам такую возможность. Кислородно-изотопные исследования повторно-жильного льда и спорово-пыльцевой анализ вмещающих его отложений из 5-метровой террасы р. Энмываам [Глушкова, 1993; Schwamborn et al., 2006], в 2 км от озера, позволяют с уверенностью говорить о том, что климатический оптимум здесь был в начале голоцена. Мы получили гипотетическую схему возможных изменений уровня озера в позднем неоплейстоцене, которую можно представить в следующем виде. Для МИС (морская изотопная стадия) 5.5 и раннего голоцена (климатический оптимум, непостоянный ледовый покров) характерна трансгрессия озера, береговая абразия, но и речная и склоновая аккумуляция. Для МИС 3, 5.1, 5.3 и среднего и позднего голоцена (относительно тепло и непостоянный ледовый покров) характерна регрессия озера, береговая аккумуляция и формирование террасы. МИС 2, 5.2, 5.4 (холодно и сухо, постоянный ледовый покров) и МИС 4 (холодно и влажно, постоянный ледовый покров) характеризуются относительно стабильным уровнем или медленной регрессией озера и замедленной береговой динамикой.

Исследуя реальные геолого-геоморфологические свидетельства прошлых изменений уровня озера, мы найдем подтверждения этой схемы. Вопросы строения плиоцен-четвертичных отложений и истории развития рельефа в районе озера Эльгыгытгын наиболее полно освещены в работах О.Ю. Глушковой [Глушкова, 1993; Glushkova & Smirnov, 2007]. В соответствии с известными из литературы представлениями, а так же на основании собственных полевых наблюдений, можно выделить три террасовых уровня в котловине озера Эльгыгытгын выше его современного уровня. Это террасы высотой 35-40

Известно, что уровень озера зависит от водного баланса, т.е. от соотношения общего притока в озеро к стоку из него. В свою очередь эти параметры зависят от климатических условий: колебаний температурного режима и режима общей увлажненности, а так же от изменений положения базиса эрозии. Изменения базиса эрозии контролируются теми же климатическими причинами, а так же тектоническими движениями и колебаниями уровня приемного бассейна (моря). Основываясь на известных реконструкциях климатических параметров, попытаемся составить гипотетическую схему того, как должен изменяться уровень озера в позднем неоплейстоцене под влиянием колебаний климатических условий и уровня моря. На основе геохимических исследований колонки донных отложений PG1351 [Melles et al., 2007] выделяются основные этапы развития климата в районе озера Эльгыгытгын за последние 250 тыс. лет. Эта реконструкция хорошо соотносится с результатами других анализов по той же колонке отложений: анализ магнитной восприимчивости [Novakzyk et al., 2007], спорово-пыльцевой

м, 9-12 м и 3-5 м. Возраст самой высокой (35-40 м) террасы установить не представляется возможным, так как ее поверхность выработана в коренных породах и не несет на себе чехла рыхлых отложений за исключением одиночных окатанных галек. О.Ю. Глушкова и В.Н. Смирнов на основании анализа комплекса геологических данных предполагают среднеплейстоценовый возраст этой террасы [Glushkova & Smirnov, 2007] и считают, что она соответствует времени максимально высокого положения уровня озера, после которого озеро постепенно регрессирует. Такой возраст этой террасы вполне укладывается в нашу схему и может соответствовать регрессии озера во время МИС 6 после максимальной трансгрессии во время МИС 7.

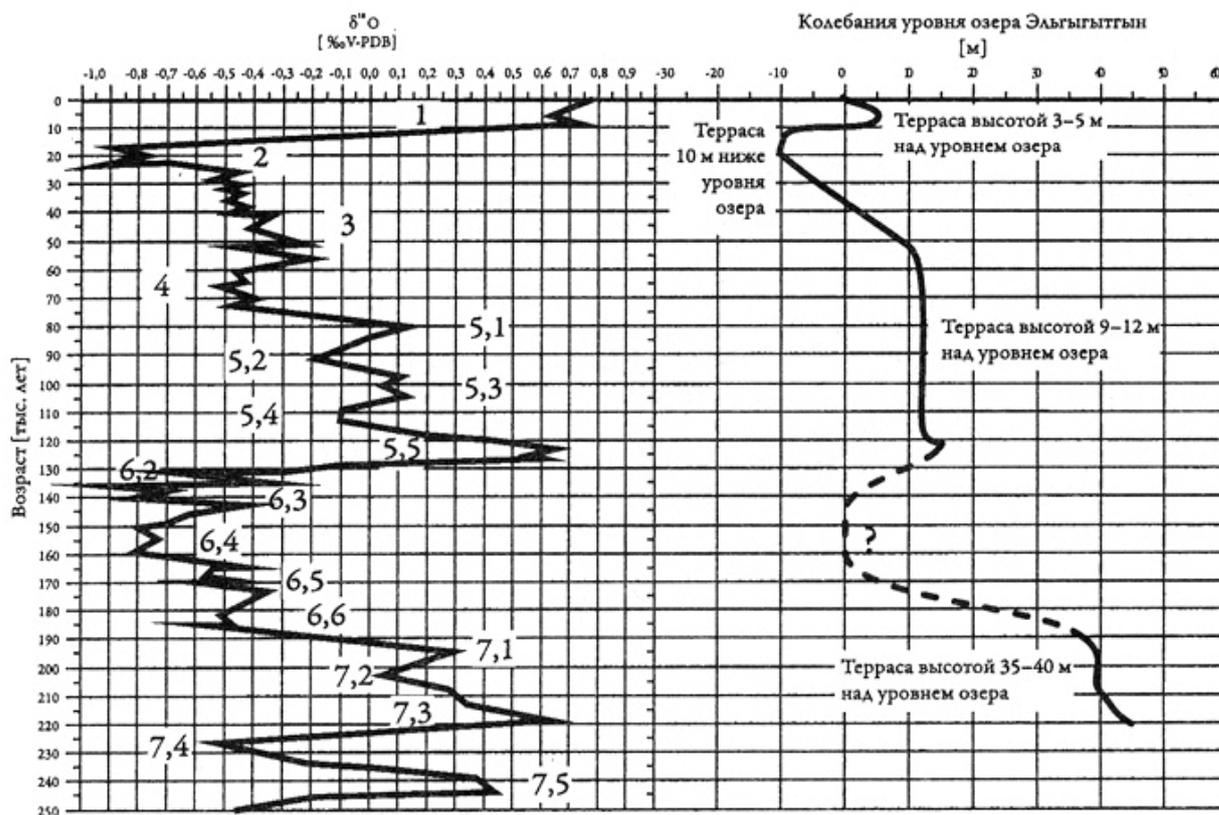


Рис. 3. Корреляция реконструированных колебаний уровня озера Эльгыгытгын с кислородно-изотопной шкалой по [6]

Терраса высотой 9-12 м имеет спорадическое распространение и только вдоль южного побережья она - аккумулятивная. О.Ю. Глушкова и В.Н. Смирнов [Glushkova & Smirnov, 2007] на основании спорово-пыльцевых данных, предполагают, что нижняя пачка отложений террасы, характеризующаяся теплыми спектрами, формировалась в каргинское время (примерно МИС 3), а верхняя пачка, которая характеризуется холодными спектрами в сартанское время (МИС 2). Такой возраст также согласуется с нашей схемой. Действительно, именно в это время по нашим представлениям могла формироваться терраса. Однако, в этом случае - получаем перерыв в зырянское время, когда условия так же благоприятствовали формированию террасы. До сих пор не удалось получить датировки абсолютного возраста отложений этой террасы. Общее содержание органического материала в образцах колеблется в пределах от 0,129 % до 0,423 %. Даже такое содержание органического вещества в современных условиях иногда позволяют получить датировку, но наши попытки были безуспешными. Датировать эти отложения методом ОСЛ (оптико-стимулированная люминесценция) также не удалось. Полученная датировка содержала огромную ошибку. С уверенностью можно утверждать, что время

формирования этих отложений лежит в рамках верхнего и нижнего предела ОСЛ метода (15 000 - 150 000 лет назад). Невозможность получить удовлетворительную датировку может быть связана с условиями осадконакопления. Что можно объяснить очень нестабильными условиями седиментации, при которых частицы осадка не достаточно долго были экспонированы на дневной свет. Такая нестабильная обстановка в природной среде выявлена на основе диатомового анализа донных озерных отложений для раннезырянского времени [*Cherepanova et al., 2007*]. Все эти соображения не могут быть использованы как доказательства возраста террасы, однако, есть и прямые геологические и геоморфологические свидетельства значительно более низкого положения уровня озера в каргинское и сартанское время, а значит, косвенно подтверждающие более ранний (зырянский) возраст 9-12-метровой террасы. На батиметрической карте озера (см. рис. 1) отчетливо видна субгоризонтальная поверхность шириной до 1 км на глубине 10 м. Анализ двух колонок (длиной по 2 м каждая) донных отложений, поднятых с глубины 10 м в 2003 году, позволяет утверждать, что речь идет о подводной озерной террасе. В обеих колонках вскрыты песчано-гравийные осадки с органическими включениями, которые, с большой долей уверенности, можно интерпретировать как осадки пляжевой фации [*Brigham-Grette et al., 2003*]. Радиоуглеродная датировка, полученная по образцу из нижней части колонки составляет 38460±1170/-1020 л. н. (KIA24665, неопубликованные данные М. Меллеса и О. Юшуса). Интерпретация керна и мелкой (5,1 м) скважины на северном берегу озера, подтверждает мнение о низком положении уровня озера в каргинское и сартанское время. Эта скважина (P2) была пробурена в коллювиально-солифлюкционных отложениях в 20 м от береговой линии (см, рис. 1 и рис. 2). Устье скважины выше уреза воды в озере на 5 м. Нижняя часть скважины соответствуют по высоте современному уровню озера. Как показано на рис. 2, пробуренные отложения подпружены тремя генерациями береговых валов. Самый высокий береговой вал имеет высоту 5 м и коррелируется с озерной террасой высотой 3-5 м. Пробуренные отложения накапливались одновременно с формированием самой молодой озерной террасы, которая практически повсеместно абразионная. Не имея возможности датировать саму террасу, можно узнать ее возраст, датируя коррелятивные ей отложения. Отложения, вскрытые скважиной, четко делятся на нижнюю и верхнюю пачки (см. рис. 2). В нижней части - это крайне в малой степени переработанный склоновый материал с малым содержанием льда в породе и полным отсутствием органических включений. Возможно, что эти осадки формировались в суровых и сухих условиях. Учитывая тот факт, что эти отложения, соответствующие по высоте современному уровню, вероятно, формировались они тогда, когда уровень озера был ниже современного. В верхней части в отложениях увеличивается содержание льда, и появляются органические включения. Эти осадки формировались после подпруживания склона береговым валом в условиях заболачивания. Радиоуглеродные датировки (KIA24868 - 10 450±60 лет назад с глубины 205-210 см и KIA24867 - 6345±35 лет назад с глубины 132-140 см) позволяют отнести время формирования озерной террасы высотой 3-5 м к раннему и среднему голоцену, а так же сделать вывод, что в сартанское время уровень был ниже современного. Признавая, что во время МИС 3 и 2 уровень озера был на 10 м ниже современного, можно предположить, что эрозионный порог снижался. Днище долины в верховьях р. Энмываам перекрыто толщей рыхлых озерно-аллювиальных отложений, мощность которых неизвестна. Однако результаты съемки электрорадаром в истоке реки позволяют говорить об их мощности не менее 6 м. В этой связи, необходимо учесть особенности морфологии долины р. Энмываам в ее верховьях, которые ранее были описаны О.Ю. Глушковой [*1993*]. На протяжении первых 5-7 км вниз по течению реки ширина долины составляет 2,5 км, днище перекрыто озерно-аллювиальными отложениями, наблюдается несколько пойменных и надпойменных террас. На расстоянии 5-7 км от озера долина становится значительно уже, река начинает врезаться в коренные породы, террасы отсутствуют, урез воды в реке находится уже на 10-12 м ниже уровня озера. Все это позволяет утверждать,

что в прошлом исток р. Энмываам находился примерно на 10 м ниже современного положения. В соответствии с предложенной нами схемой такая значительная эрозионная активность могла иметь место в каргинское время, что полностью соответствует всем выше изложенным геологическим данным.

В строении котловины озера Эльгыгытгын выделяется 4 озерных террасы: 35-40 м над уровнем озера - средний неоплейстоцен (МИС 6); 10 м над уровнем озера - зырянское время (МИС 5.4 и 5.1); 10 м ниже уровня озера - каргинское и сартанское время (МИС 3 и 2); 3-5 м над уровнем озера - ранний - средний голоцен. Изменения уровня озера Эльгыгытгын в четвертичное время характеризовались неоднократной сменой трансгрессивных и регрессивных фаз, которые обнаруживают теснейшую связь с колебаниями климата. На рис. 3 приведена корреляция кислородно-изотопной шкалы по [Melles *et al.*, 2007; Nowaczyk *et al.*, 2007] с реконструированными колебаниями уровня озера Эльгыгытгын.

Авторы благодарны всем коллегам по полевым исследованиям, и особенно проф. М. Меллесу и доктору О. Юшусу за предоставленную датировку абсолютного возраста отложений. Финансовую поддержку предоставили Германский Научный Фонд, Российский Фонд Фундаментальных Исследований (проект 07-05-00610) и Министерство Науки РФ, за что и благодарны авторы.

Fedorov G.B., Shvamborn G, Bolshiyarov D.Yu.

Late Quaternary lake level changes at Lake El'gygytyn

By using complementary geomorphological and geological methods the conclusions about Late Pleistocene to Holocene history of lake level changes and terrace formations of the 3.6 million yr age meteoric crater Lake El'gygytyn (Eastern Siberia) are carried out.

It is shown that Lake El'gygytyn level changes during its history are characterized not only by gradual lowering but moreover that they depend upon global scale climate variability.

Литература

1. Гуров Е.П., Гурова Е.П. Геологическое строение и ударный метаморфизм вулканогенных пород метеоритного кратера Эльгыгытгын. Препринт 81-4. Киев, 1981.
2. Layer P. Argon-40/argon-39 age of the El'gygytyn impact event, Chukotka, Russia. *Meteoritics & Planetary Science*. 2000. Vol. 35. № 3, p. 591-600.
3. Глушкова О.Ю. Геоморфология и история развития рельефа района озера Эльгыгытгын // Природа впадины озера Эльгыгытгын. Магадан, 1993.
4. Niessen F., Gebhard C.A., Kopsch C, Wagner B. Seismic investigation of the El'gygytyn impact crater lake (Central Chukotka, NE Siberia): preliminary results // *Journal of Paleolimnology*. 2007. Vol. 37. № 1, p. 49-63. doi: 10.1007/s10933-006-9022-9
5. Melles M., Brigham-Grette J., Glushkova O., Minyuk P., Nowaczyk N. and Hubberten H.-W. Sedimentary geochemistry of a pilot core from Lake El'gygytyn - a sensitive record of climate variability in the East Siberian Arctic during the past three climate cycles // *Journal of Paleolimnology*. 2007. Vol. 37. № 1, p. 89-104. doi: 10.1007/s10933-006-9025-6
6. Nowaczyk N., Melles M. and Minyuk P. A revised age model for core PG1351 from Lake El'gygytyn, Chukotka, based on magnetic susceptibility variations tuned to northern hemisphere insolation variations // *Journal of Paleolimnology*. 2007. Vol. 37. № 1, p. 65-76. doi: 10.1007/s10933-006-9023-8
7. Lozkhin A.V., Anderson P.M., Matrosova T.V. and Minyuk P.S. The pollen record from El'gygytyn Lake: implications for vegetation and climate histories of northern Chukotka since the late middle Pleistocene // *Journal of Paleolimnology*. 2007. Vol. 37. № 1, p. 135-153. doi: 10.1007/s10933-006-9018-5
8. Schwamborn G, Meyer H., Fedorov G, Schirrmeyer L. and Hubberten H.-W. Ground ice and slope sediments archiving late Quaternary paleoenvironment and paleoclimate signals at

the margins of El'gygytyn Impact Crater, NE Siberia // Quaternary Research, 2006. Vol. 66. № 2, p. 259-272.

9. *Glushkova O.Yu. and Smirnov V.N.* Pliocene to Holocene Geomorphic Evolution and Paleogeography of the El'gygytyn Lake region, NE Russia // Journal of Paleolimnology. 2007. Vol. 37. № 1, p. 37-47. doi: 10.1007/s10933-006-9021-x

10. *Cherepanova M., Snyder J.A., Brigham-Grette J.* Diatom stratigraphy of the last 250 ka at El'gygytyn Lake, northeast Siberia // Journal of Paleolimnology. 2007. Vol. 37, № 1, p. 155-162. doi: 10.1007/s10933-006-9019-4

11. *Brigham-Grette J, Melles M., Juschus O.* Terrace 10 m below Lake Level / M. Melles, P. Minyuk, J. Brigham-Grette and O. Juschus (eds.): The Expedition El'gygytyn Lake 2005. (Siberian Arctic) // Reports on Polar Research, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research. 2003. V. 509.

Ссылка на данную статью:



Федоров Г.Б., Швамборн Г., Большаинов Д.Ю. Колебания уровня озера Эльгыгытгын в позднечетвертичное время. Вестник Санкт-Петербургского университета, 2008, сер. 7, вып. 1., с. 73-78.