

**Палеозера Центральной Камчатской депрессии в среднем и позднем плейстоцене**  
*Зеленин Е.А.<sup>1</sup>, Пономарева В.В.<sup>2</sup>, Портнягин М.В.<sup>3</sup>, Певзнер М.М.<sup>1</sup>, Дирксен О.В.<sup>2</sup>, Федоров Г.Б.<sup>4,5</sup>, Мустафин М.А.<sup>5</sup>*

**Paleolakes of the Central Kamchatka Depression in the Middle and Late Pleistocene**  
*Zelenin E.A.<sup>1</sup>, Ponomareva V.V.<sup>2</sup>, Portnyagin M.V.<sup>3</sup>, Pevzner M.M.<sup>1</sup>, Dirksen O.V.<sup>2</sup>, Fedorov G.B.<sup>4,5</sup>, Mustafin M.A.<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Геологический институт РАН, г. Москва;

*e-mail: egor.zelenin@ginras.ru*

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

<sup>3</sup> GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, г. Киль, Германия

<sup>4</sup> Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург

<sup>5</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Тефрохронологическое датирование отложений Центральной Камчатской депрессии позволило выявить три этапа озерного осадконакопления в диапазоне 320-300, 180-30 и 30-12 тыс. л.н. Геоморфологическое положение пачек отложений указывает на периодическое затопление значительной части ЦКД водоемами площадью от 10 до 25 тыс. кв. км. Ледовая подпруда возможна 30-12 тыс. л.н., более древние водоемы сохранялись в тектонической впадине ЦКД и в межледниковья.

Плейстоценовые отложения Центральной Камчатской депрессии (ЦКД) озерного генезиса описывались многими авторами [1-3], однако возрастной диапазон образования этих отложений не был обоснован определениями абсолютного возраста, а корреляция разрезов допускала неоднозначные трактовки. Тефрохронологические исследования последних лет дали основания для корреляции многочисленных разрезов плейстоценовых отложений ЦКД между собой и с осадками глубоководных скважин в прилегающих акваториях, а также позволили выявить периоды озерного осадконакопления, захватывающего обширные территории ЦКД. Геоморфологическое картографирование и моделирование позволило оценить минимальные размеры водоемов, а также оценить возможные сценарии их подпруживания.

#### **Материалы и методы**

В последние годы нами было обследовано большое количество обнажений плейстоценового заполнения ЦКД (рис. 1); были изучены разрезы отложений предположительно озерного генезиса, проведен отбор образцов тефры на геохимический анализ и осадка на гранулометрический, диатомовый и споропыльцевой анализы. Геохимический анализ стекла в пеплах позволил идентифицировать в разрезах горизонты тефры с известным возрастом, рассчитанным по возрастным моделям глубоководных колонок. Для отложений конца позднего плейстоцена авторами был получен ряд радиоуглеродных дат [7].

Геоморфологическая приуроченность исследованных разрезов определялась по цифровым моделям рельефа SRTM 1 arc-second и ArcticDEM с привлечением дешифрирования космоснимков и снимков с квадрокоптера.

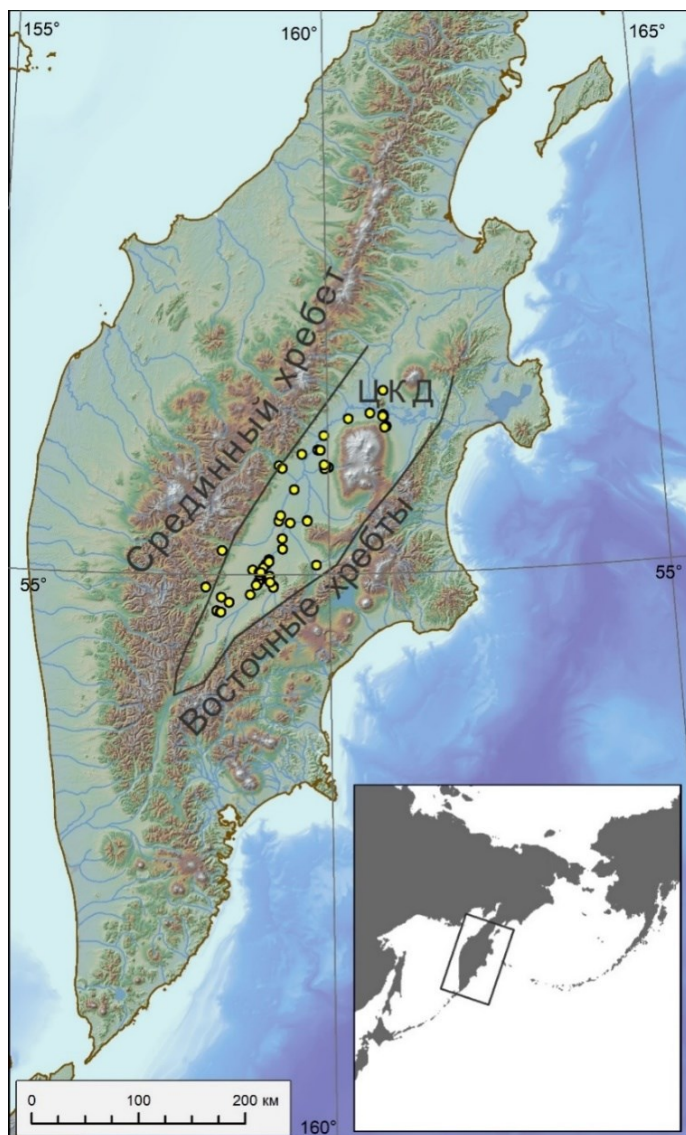


Рис. 1. Положение исследованных разрезов рыхлых отложений (желтые точки) на карте Камчатки.

### Результаты и их обсуждение

В пределах ЦКД нами выделены три комплекса озерных отложений, выходящих на поверхность, установлен их возраст – 320-300, 180-30 и 30-12 тыс. л.н., картирован минимальный размер озерных бассейнов. Более древнее плейстоценовое заполнение ЦКД также содержит осадки, описанные в скважинах и интерпретированные как озерные [5], однако имеющихся данных недостаточно ни для возрастной привязки, ни для картографического моделирования этих более древних бассейнов.

Наиболее древние отложения, выходящие на поверхность, известны как «синие глины» и описаны в классической литературе [1-3] в ярах на пересечении рекой Камчатка Генеральского поднятия. Авторами установлено, что они вмещают пеплы с оценками возрастов около 320-300 тыс. л.н. Гранулометрический состав «синих глин» варьирует от собственно глин до песков [2], что означает нестабильность береговой линии, удаленность разрезов от источников сноса и существенную глубину водоема как минимум на этапах накопления глин. Глубина такого водоема могла достигать 180 м, а площадь – 20 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 2а). Поскольку датированные пачки «синих глин» относятся к межледниковью девятой морской изотопной стадии, MIS 9 (рис. 3), ледниковая подпруда представляется крайне маловероятной, а единственными возможными берегами водоема являются борта ЦКД.

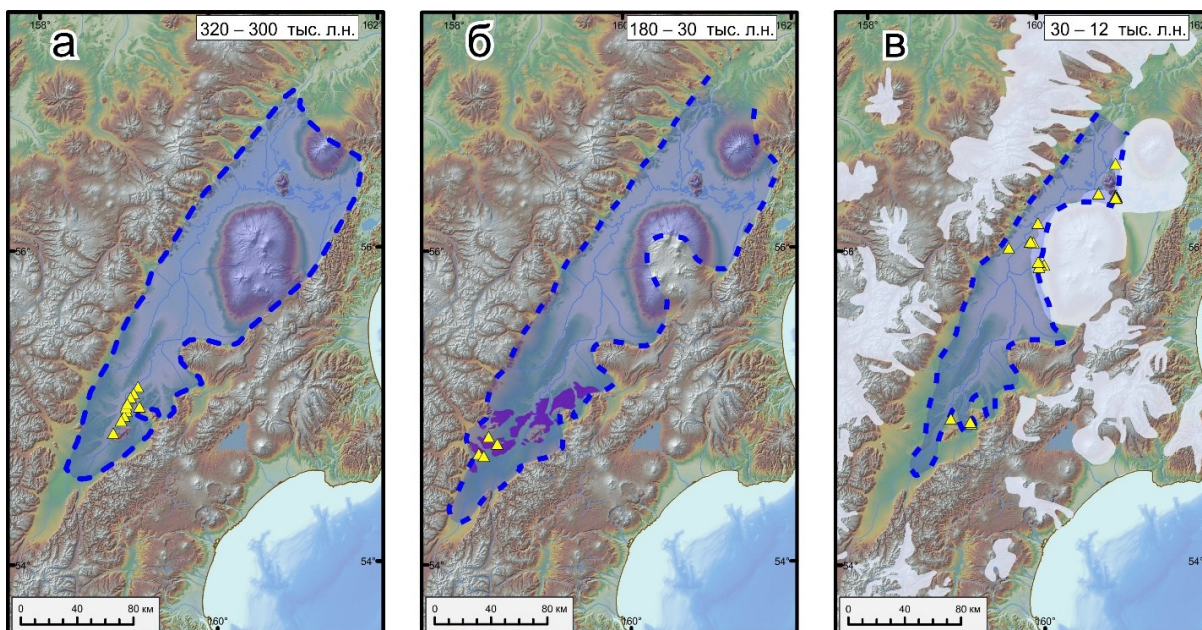


Рис. 2. Этапы озерного осадконакопления в ЦКД. Желтыми треугольниками показаны изученные разрезы соответствующего возраста, синей заливкой – возможная площадь озера. а – I этап, 300-320 тыс. л.н.; б – II этап, 30-180 тыс. л.н., фиолетовая заливка – эрозионные останцы озерной террасы; в – III этап, 12-30 тыс. л.н., белая заливка – максимальное распространение ледников II фазы позднеплейстоценового оледенения по [4].

Отложения следующего этапа озерного осадконакопления обнаружены в бассейнах левых притоков р. Камчатка в ее среднем течении. Маркирующий пепел, идентифицированный в основании разрезов на реках Андриановка и Ветловая – тефра Раучуа, имеющая возраст около 177 тыс. лет. Венчает разрезы этого этапа ранее идентифицированная нами серия пеплов с возрастом ~25-30 тыс. лет. Однако, столь длительное непрерывное существование озера маловероятно и требует дополнительного обоснования. В отличие от более древних, отложения этого этапа приурочены к хорошо выраженной в рельефе полосе эрозионных останцов, косо пересекающих ЦКД (рис. 2б) и возвышающихся над современной долиной Камчатки на 60-80 м. Столь высокое положение озерных отложений позволяет обосновать минимальную площадь водоема 25 тыс. км<sup>2</sup> при глубине до 250 м.

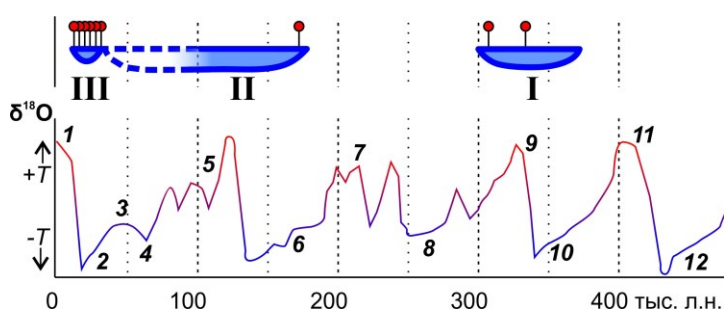


Рис. 3. Хронология этапов озерного осадконакопления в ЦКД (римские цифры) в сопоставлении с изотопно-кислородной кривой LR04 [6] (морские изотопные стадии подписаны арабскими цифрами). Красными метками показано положение тейфрохронологических реперов.

Наиболее изученным является озеро, существовавшее 30-12 тыс. л.н. [7]: серия радиоуглеродных дат указывает на приуроченность этого озера ко второй фазе позднеплейстоценового оледенения (рис. 2в, 3). Широко распространенные разрезы отложений, сформированных в это время, позволяют оценить площадь озера не менее чем в 10 тыс. км<sup>2</sup> при глубине до 160 м.

Из трех рассматриваемых эпизодов озерного осадконакопления только третий, наиболее молодой, однозначно согласуется с хронологией оледенений. Стратиграфия ледниковых отложений севера ЦКД близ поселка Ключи позволяет считать наиболее

вероятной подпрудой ледник, блокировавший сток р. Камчатка между вулканом Шивелуч и Ключевской группой вулканов. Более древние озера сохранялись и в межледниковья MIS 9 и MIS 5, что не позволяет рассматривать ледниковую подпруду как основной фактор возникновения этих палеозер. Первичные оценки площади и объема ставят эти палеозера в один ряд со знаменитым озером Миссула на западе США и крупнейшим из известных озер в Евразии, подпруженным горно-долинным оледенением, в бассейне реки Витим. Приведенные оценки масштабов затопления ЦКД не учитывают тектонических деформаций и требуют дальнейшего уточнения.

Исследования выполняются при поддержке проекта РФФ № 21-77-10102, руководитель Е.А. Зеленин.

### Список литературы

1. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д.* Новые данные о возрасте плейстоценовых отложений Центральной Камчатской депрессии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13. № 1. С. 121-130.
2. *Куприна Н.П.* Стратиграфия и история осадконакопления плейстоценовых отложений Центральной Камчатки // Труды ГИН АН СССР. Вып. 216. М.: Наука, 1970. 148 с.
3. *Куцев С.Л., Ливеровский Ю.А.* Геоморфологический очерк Центральной Камчатской депрессии // Труды института физической географии АН СССР. Вып. 32. М.: Наука, 1940. 87 с.
4. *Мелекесцев И.В.* Основные этапы формирования современного рельефа Курило-Камчатской области. В кн.: Камчатка, Курильские и Командорские острова / Отв. ред. И.В. Лучицкий. М.: Наука, 1974. С. 337-344.
5. *Озорнина С.П.* Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) древнеозерных отложений Центральной Камчатской депрессии // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2011. Вып. 17. С. 84-101.
6. *Lisiecki L.E., Raymo M.E.* A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records // *Paleoceanography*. 2005. V. 20. Art. PA1003. DOI: <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>
7. *Ponomareva V.V., Pendea I.F., Zelenin E.A. et al.* The first continuous late Pleistocene tephra record from Kamchatka Peninsula (NW Pacific) and its volcanological and paleogeographic implications // *Quaternary Science Reviews*. 2021. V. 257. Art. 106838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.106838>