

УДК 551.312+551.248.2

# ОТЛОЖЕНИЯ оз. СЕВАН (АРМЕНИЯ) КАК ИНДИКАТОР ПАЛЕОКЛИМАТА И НЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

© 2019 г. Е.С. Горбатов\*, А.А. Варданян, А.М. Корженков, С.Д. Разумный

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

\* e-mail: e.s.gor@mail.ru

**Аннотация.** Прослежена история озерного осадконакопления в Севанской межгорной впадине, показаны возможности использования озерных отложений для анализа палеоклимата и неотектонического развития региона. Основной причиной длительного сохранения озерного режима в Севанской впадине являлись крупные лавовые потоки, неоднократно создающие запруды в северо-западной части котловины. На базе сопряженного анализа трех датированных разрезов отложений, вскрытых вблизи побережья оз. Севан (Дзкнагет, Норашен, Аргичи), показано, что основным фактором, определяющим колебания уровня озера в голоцене был климат, а именно: чередование эпох с разной степенью увлажнения. Установлено, что в периоды трансгрессии накапливались мелководно-озерные и пляжные фации, а в периоды регрессии – аллювиальные и субаэральные техногенные (культурные слои). В голоценовых осадках оз. Севан отмечены синхронные трансгрессии субарктического, атлантического и субатлантического периода и регрессии бореального и суббореального периода. Периоды трансгрессии связаны с увлажнением климата и развитием древесно-кустарниковой растительности на водосборе оз. Севан, а регрессии отвечают эпохам уменьшения влажности и сокращения данного типа растительности. Минимальные значения скорости озерного осадконакопления характерны для пляжных фаций, удаленных от устьев рек (0.1–0.3 мм/год), максимальные – для дельтовых фаций (0.7–1.5 мм/год). Полученные результаты могут быть использованы для анализа и прогноза долговременных тенденций развития природной среды на водосборе оз. Севан и изменения его уровня режима.

**Ключевые слова:** голоценовые озерные осадки, скорость осадконакопления, климатическая схема Блитта–Сернандера, трансгрессии и регрессии, сейсмичность, оз. Севан, Армения.

<https://doi.org/10.21455/GPB2019.2-??>

**Цитирование:** Горбатов Е.С., Варданян А.А., Корженков А.М., Разумный С.Д. Отложения оз. Севан (Армения) как индикатор палеоклимата и неотектонических процессов // Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18, № 2. С. ??–??. <https://doi.org/10.21455/GPB2019.2-??>

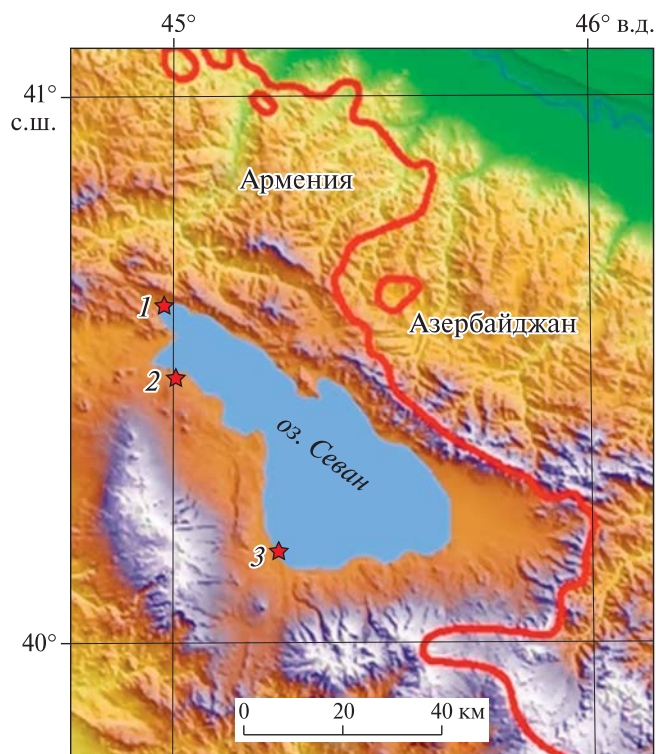
## ВВЕДЕНИЕ

Озера, особенно тектонического происхождения, являются областями длительного и устойчивого осадконакопления, в осадочных толщах которых «записано» состояние окружающей природной среды от первых тысяч до первых десятков миллионов лет, а также история изменения внешних геологических и палеоклиматических условий. Озера также являются конечными звеньями миграции осадочного вещества, в том числе техногенного происхождения, поэтому их донные отложения – это чувствительные индикаторы геоэкологического состояния водосборных бассейнов [Горбатов, 2013]. Таким образом, всесторонний анализ процессов озерного осадконакопления в настоящем и прошлом необходим для составления надежных оценок и прогнозов состояния природной среды, что определяет актуальность темы исследования. В полной мере данное утверждение относится к крупнейшему высокогорному озеру Армении – Севану.

Задачей настоящей статьи является реконструкция истории развития оз. Севан в новейшей геологической истории Малого Кавказа, а именно, в голоцене. В статье рассмотрены три опорные разреза голоценовых осадков оз. Севан, расположенные на западном побережье водоема (рис. 1). Разрезы впервые сопоставлены друг с другом.

Остановимся на роли внешних факторов в развитие крупных озер тектонического происхождения, подобных оз. Севан.

В первую очередь на развитие озер влияют нисходящие и восходящие тектонические движения и чередование гумидных и аридных эпох [Рассказов, Горбатов, 2019]. Первая группа факторов контролирует геоморфологию озер и характер ее эволюции во времени, вторая определяет общую обводненность территории и условия осадконакопления. Так, на примере палеозер Монолии было показано (КЕМ? [Рассказов, Горбатов, 2019]??), что максимальная озерность в данном регионе связана с эпохами, когда слабодифференцированные тектонические движения сочетались с умеренно влажным (семигумидным) климатом. При существенной гумидизации климата озерные обстановки замещались аллювиальными за счет проградации речных дельт на озерные бассейны, а при аридизации происходило усыхание палеозер и их замещение эоловыми обстановками. Как правило, озерные циклы осадконакопления начинаются при медленном компенсированном погружении территории – мелководные, чаще сточные озера проходят через стадию быстрого некомпенсированного ее погружения – глубоководные, сточные или бессточные озера, и заканчиваются при замедлении или инверсии тектонических движений,



**Рис. 1.** Расположение опорных разрезов голоценовых отложений оз. Севан на цифровой модели рельефа Севанской впадины и ее горного обрамления

1–3 – разрезы: 1 – Дзкнагет; 2 – Норашен; 3 – Аргичи

когда озерные обстановки вытесняются аллювиальными и субазральными фациями. Наиболее полно такой сценарий эволюции озер выражен в рифтогенных впадинах, однако некоторые его черты, как будет показано ниже, можно найти и в истории оз. Севан.

Осадки крупных тектонических озер в сейсмоактивных регионах, таких как Армения, являются не только индикаторами палеоклимата и медленных неотектонических движений, но и свидетелями катастрофической сеймотектонической активности. Наиболее яркие примеры – Мертвое море, озера Иссык-Куль и Ван [Bowman et al., 2000, 2001, 2004; Korjenkov, 2000; Uner et al., 2012; Gladkov et al., 2016; и др.], где палеосейсмическая история была восстановлена наиболее детально и подробно на базе анализа деформационных структур в озерных осадках. Выявление палеоземлетрясений в озерных котловинах основано на двух базовых методических подходах. Первый нацелен на выявление активных сейсморазрывов, вспарывающих молодые озерные осадки, и датирование подвижек по этим разрывам. Второй направлен на выявление и датирование следов вибрационного разжижения слабоконсолидированных озерных осадков в виде характерных по морфологии и выдержанных по простиранию деформационных горизонтов, называемых сейсмогенными конволюциями, или сейсмитами.

Хотя территория Армения отличается сильными землетрясениями [Nikonov, 1991; Babayan, 2006], такими, например, как Спитакское 1988 г. ( $M = 6.8$ ,  $I_0 = IX-X$  баллов), но в районе Севанской впадины не были пока зарегистрированы не только инструментальные, но и исторические сильные сейсмические

события [Karakhanian, Abgaryan, 2004]. Тем не менее в зоне Памбак-Севанского разлома, проходящего по восточному горному обрамлению озера, имеются отчетливые следы плейстоценовых и даже голоценовых сейсмических подвижек, а также вулканической активности этого возраста [Karakhanian et al., 2002], что делает данную зону потенциальным источником сейсмической опасности.

### ИСТОРИЯ ОЗЕРНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В СЕВАНСКОЙ ВПАДИНЕ

Рассмотрим происхождение и историю развития Севанской впадины. Вопросы геологического строения Севанской впадины, динамики осадконакопления в этой структуре, а также происхождения и истории развития оз. Севан отражены в работах А.Т. Асланяна [1947, 1979], Л.А. Варданыяна [1948], Н.М. Казаковой [1952, 1955], Е.Е. Милановского [1952, 1960, 1962, 1991], С.П. Бальяна и П.С. Бошнагяна [1962], А.А. Габриеляна [1964], О.А. Саркисяна [1973], Ю.В. Саядяна и др. [1977], Ю.В. Саядяна [1985, 2009], Ю.В. Саядяна и З.В. Алешинской [1991].

Севанская впадина является тектоническим прогибом типа обширной брахисинклинали, заложившимся во внутренней части мегантиклинория Малого Кавказа. Впадина осложнена грабенами и разломами сбросового типа и имеет сложное разнородное тектоническое строение [Милановский, 1960]. В пределах Большого Севана впадина представляет собой синклинали, развивающуюся с палеогена, в границах Малого Севана – неоплейстоценовый грабен, продолжающийся Дзкнагетским грабеном северо-западного простирания. Начиная с позднего миоцена на фоне процессов неотектонического воздымания сооружения Малого Кавказа происходило относительное погружение Севанской впадины, что способствовало континентальному осадконакоплению и заполнению впадины терригенно-вулканогенными отложениями.

Впервые озерный режим осадконакопления установился в Севанской впадине в эоценовое время (верхний ярус миоцена), когда от обширного морского бассейна Восточного Паратетиса (Понто-Каспия) отшнуровалась обширная лагуна, впоследствии превратившаяся в озеро, существовавшее практически непрерывно в плиоцене и плейстоцене. В понтское время (нижней плиоцен) впадину занимало пресноводно-солонатоводное озеро эвтрофного типа, о чем свидетельствуют соответствующие экологические комплексы диатомей, выявленные А.П. Жузе. (см. в [Саядян, 2009]). В конце нижнего плиоцена водоем окончательно опреснел, климат стал прохладнее и влажнее.

К эоплейстоцену (апшерону) относятся озерные туфопесчаники и туфоалевриты с многочисленными прослоями глин и диатомитов. Палиноспектры этих отложений, согласно анализам З.В. Алешинской, демонстрируют похолодание климата по сравнению с верхним плиоценом. Диатомовая флора данных отложений характеризует прибрежные условия активно зарастающего эвтрофного, мелководного водоема по данным определений А.П. Жузе (см. в [Саядян, 2009]).

К неоплейстоцену относятся терригенно-вулканогенные осадки с хорошо окатанными гравийно-галечными

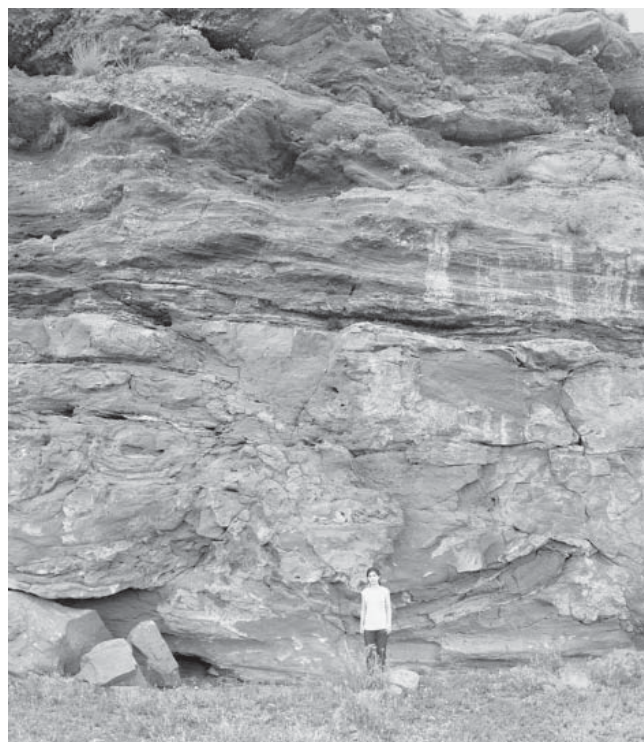


ми обломками (рис. 2). Диатомовые спектры нижнего звена (бакинский горизонт) неоплейстоцена, согласно определениям З.В. Алешинской (см. в [Саядян, 2009]), указывают на существование в этот период пресноводного озерного бассейна, воды которого были холодными и олиготрофными. В среднем звене плейстоцена отмечается кратковременная смена режимов осадконакопления Большого Севана с озерного на аллювиальный, в результате чего накопились грубозернистые речные конгломераты. Такая трансформация связана с усилением эрозионного вреза в результате неотектонического поднятия Малого Кавказа и падением уровня Каспийского моря, служащего для Севана базисом эрозии. В среднем неоплейстоцене водосбор Севана стал высокогорной страной с хорошо выраженной высотной поясностью. В конце среднего плейстоцена озерный режим в Севанской впадине восстановился, но озерные воды, судя по характеру включений в отложениях, были холодными, пресными, содержали мало биогенных элементов. Затем происходила постепенная аридизация климата, и в середине эпохи установились семигумидные условия. В самом конце эпохи климат вновь стал влажнее и прохладнее. Отложения верхнего звена плейстоцена (хвалынский горизонт) представлены суглинисто-супесчаными осадками, накапливавшимися в условиях достаточно влажного и прохладного климата.

В ходе континентального осадконакопления центральные области Севанской впадины заполнялись озерными, а периферические – аллювиально-пролювиальными осадками, а также вулканическими образованиями. Основным фактором длительного сохранения озерного режима в Севанской впадине являлись поперечные тектонические поднятия, или перемычки, разделяющие муьды, расположенные вдоль оси Севанской впадины. Эти структуры способствовали неоднократному запруживанию стока поверхностных вод впадины и образованию озерных бассейнов.

На существование в Севанской котловине палеоозера в плиоцен-плейстоценовое время указывает, кроме рассмотренных выше лимногенных осадочных толщ с характерными литологическими признаками (наличие тонких осадков, горизонтальная слоистость), серия аккумулятивных террас с относительными высотами 100–120, 80–90, 50–55, 38–40, 18–20 м и более мелких эрозионных террас.

Таким образом, оз. Севан по условиям формирования – запрудно-тектоническое. Как было показано выше, одноименная межгорная котловина имеет тектоническое происхождение, а запруда образовалась вследствие роста поперечных антиклинальных перемычек и излияния четвертичных лав. Формирование оз. Севан в четвертичное время связано с подпрудным действием обширных потоков андезито-базальтов, извергаемых многочисленными молодыми вулканами на севере Гегамского нагорья (ограничивает оз. Севан с запада), которые перекрывают ледниковые отложения последнего оледенения и местами спускаются до берега озера. Крупные лавовые потоки, запрудившие Севанскую котловину, стекали с водораздела Гегамского хребта, обтекали Лчасарские вулканы и доходили до истоков р. Раздан, вытекающей из северо-западного угла озера. Запруды в верховьях р. Раздан неоднократно пропиливались, что приводило к сильному спуску



**Рис. 2.** Фрагмент разреза Норадуз, вскрывающий раннеплейстоценовые отложения (переслаивающиеся разнозернистые песчаники) сарыкаинской толщи

озера и практически полному его исчезновению (как в среднем неоплейстоцене); в эти периоды продолжало существовать лишь небольшое проточное озеро в районе Малого Севана. Современного размера озеро достигло лишь в раннем голоцене после лавовых излияний в районе Верхнеразданского барьера.

В результате искусственного спуска уровня озера в 1958 г. на 18 м обнажились значительные площади голоценовых прибрежных осадков, которые вскоре были вскрыты эрозией рек, впадающих в оз. Севан. Возникшие при этом обнажения позволяют провести детальный анализ слагающих их отложений, который можно дополнить данными изучения скважин. При исследовании строения осадков оз. Севан в первую очередь интересно выявление и анализ колебаний водного уровня. Основными источниками информации о колебаниях уровня оз. Севан являются озерные аккумулятивные и абразионные террасы, археологические памятники, маркирующие древние береговые линии, и литолого-фациальная структура озерных и озерно-аллювиальных отложений.

Начало голоцена для Севанской котловины, по данным Ю.В. Саядяна [2009], это время отчленения болота Гилли, которое находилось к востоку от оз. Севан и соединялось с ним узкой протокой. Мощность образовавшихся торфяников около 8 м. По средней скорости осадконакопления определен момент начала формирования болотных отложений – 11 800 лет, который совпадает с нижней границей голоцена, проведенной для территории Русской равнины.

В основе разделения голоценовой истории оз. Севан лежит схема палеоклимата голоцена Блитта–Сер-

нандера, согласно которой можно выделить пять фаз: субарктическую (10–12 тыс. л. н.), бореальную (9–10), атлантическую (5–8), суббореальную (2.5–5), субатлантическую (0–2.5).

### ОПОРНЫЕ РАЗРЕЗЫ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКОВ оз. СЕВАН И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Описание разрезов приводится в последовательности осадконакопления, т.е. снизу вверх.

#### Разрез 1 (Дзкнагет) (рис. 3).

Разрез расположен на левом берегу р. Дзкнагет при впадении ее в оз. Севан (северо-западный угол озера). Общая мощность разреза, включающего естественные обнажения, образовавшиеся после спуска уровня озера, и скважину, около 22 м.

Палинологический анализ разреза Дзкнагет позволил проследить непрерывный ход развития растительности и климата в голоцене в атлантический–субатлантический период. В разрезе выделяется 10 палинологических зон, имеющих радиоуглеродные, археологические и исторические датировки. Спорово-пыльцевые спектры показывают, что эпохи развития древесной растительности совпадали с фазами увлажнения и похолодания климата, тогда как деградация лесов – свидетельство потепления и уменьшения влажности [Саядян, 1985].

Литологический состав осадков показывает, что нижняя пачка отложений (в интервале 0–15 м) накопилась в условиях обширной трансгрессии в субарктический период голоцена. Средняя пачка (15–18.8 м) с

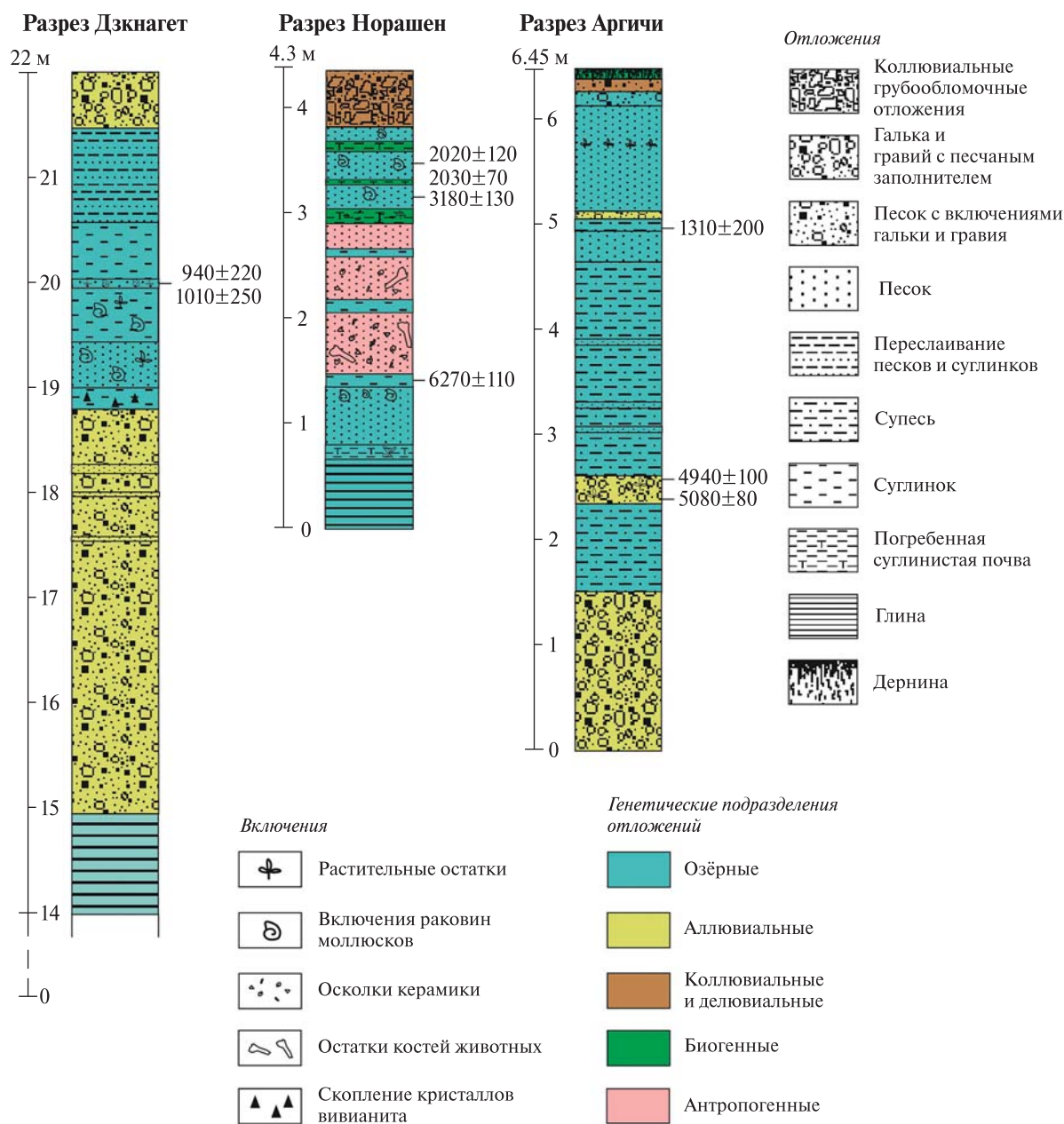


Рис. 3. Строение опорных разрезов голоценовых осадков оз. Севан  
Местоположение разрезов см. на рис. 1

## Разрез 1 (Дззнагет)

| Глубина слоя<br>(снизу вверх), м | Характер отложений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0–15                             | Глина                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 15–18.8                          | Песчано-гравийно-галечные аллювиальные отложения                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 18.8–19.0                        | Суглинки с включениями вивианита                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 19.0–19.4                        | Песок светло-серый тонкозернистый, косослоистостый с большим количеством раковин моллюсков и остатков травянистой растительности                                                                                                                                                                                                  |
| 19.4–20.5                        | Суглинок с раковинами моллюсков и остатками древесины в нижней части слоя, на уровне ~ 20 м залегает прослой песка с большим количеством раковин моллюсков и древесиной хорошей сохранности. Датировка методом $^{14}\text{C}$ дала для этого уровня возраст $940 \pm 220$ лет (по раковинам) и $1010 \pm 250$ лет (по древесине) |
| 20.5–21.5                        | Тонкое горизонтальное переслаивание песков и супесей                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 21.5–22.0                        | Гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, образовавшиеся в результате искусственного спуска уровня озера в 1958 г.                                                                                                                                                                                                     |

преобладанием в разрезе аллювиальных отложений сформировалась в условиях длительной регрессии, приходящейся на бореальный период голоцен. Вышележащий слой (в интервале 18.8–19 м) накапливался в условиях атлантической трансгрессии, а следующий (19.0–19.4) откладывался в условиях суббореальной регрессии. Верхняя пачка (19.4–21.5 м) чередующихся прибрежно-озерных и пляжных фаций отложений накопилась в субатлантический период голоцена в условиях нескольких трансгрессивных циклов.

Скорость дельтового осадконакопления в интервале 20–21.5 м составляет 1.5 м за 975 лет, или 1.5 мм/год. Данные показатели при сопоставлении с аналогичными показателями для разреза Норашен иллюстрируют большие скорости дельтового режима осадконакопления по сравнению с собственно озерным.

**Разрез 2 (Норашен) (рис. 3, 4).**

Разрез расположен в выемке автомобильного шоссе у с. Норашен в 3.5 км от с. Лчашен [Саадян, 2009]. При изучении этого разреза было обнаружено захороненное под озерными осадками древнее Норашенское поселение [Саадян и др., 1977]. Прослеживание озерных осадков по латерали показало, что они прислонены под пологим углом к молодым бугристым андезито-базальтам. Видимая мощность рыхлых отложений – 4.3 м.

Строение отложений оз. Севан в разрезе Норашен свидетельствует о двух крупных трансгрессиях. Первый подъем уровня озера зафиксирован в отложениях, залегающих на высотах 0–1.55 м. Возраст отложений превышает 6000 лет (атлантический период голоцена). Время завершения этой трансгрессии было определено радиоуглеродным методом по раковинам моллюсков *Limnaea stagnalis* (L.), *Radix ovate* (Drap.), *Planorbis pla-*

## Разрез 2 (Норашен)

| Глубина слоя<br>(снизу вверх), м | Характер отложений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0–0.8 м                          | Глина неслоистая, серого цвета с редкими гнездами вкрапленников обохренного железа и марганца                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 0.8–0.9                          | Почва болотистая, гидроморфная, суглинистая, черного цвета, с остатками растений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 0.9–1.55                         | Песчанистый ракушечный слой, в верхней части которого залегают массовые скопления целых и раздробленных раковин. Песок вулканический, среднезернистый. Возраст $6270 \pm 110$ л. н. (обр. МГУ-215 с уровня 1.5 м)                                                                                                                                                                                                                  |
| 1.55–3                           | Культурный горизонт эпохи ранней бронзы, состоящий из трех строительных слоев и нескольких прослоев и линз озерных отложений. Содержит большое количество раздробленной керамики, каменных орудий и остатков костей домашних животных. Слой сопоставлен с горизонтом сейсмитов на уровне 2.5–3 м, образовался около 4400 л.н. при местной средней скорости осадконакопления 0.34 мм/год [Варданян и др., 2018]                     |
| 3–3.15                           | Почва болотная, суглинистая, гидроморфная, черного цвета, комковатой структуры. В ней – культурный слой середины II тыс. до н.э. с остатками растений, раздробленной керамики и костей домашних животных                                                                                                                                                                                                                           |
| 3.15–4                           | Песчанистый ракушечный слой, разделенный прослоем (5–7 см) болотной гидроморфной суглинистой почвы. Содержит массовое скопление целых и раздробленных раковин моллюсков. Песок вулканический мелко- и среднезернистый, пляжевый. Возраст согласно данным радиоуглеродного датирования: $3180 \pm 130$ л. н. (обр. МГУ-251) с уровня 3.6 м; $2020 \pm 120$ л. н. (обр. МГУ-245) и $2090 \pm 70$ л. н. (обр. МГУ-244) с уровня 3.9 м |
| 4–4.3                            | Осыпь делювиальная с большим количеством остроугольных обломков (щебня) и глыб андезитовых лав различной величины. Образовалась при строительстве автодороги                                                                                                                                                                                                                                                                       |





**Рис. 4.** Общий вид разреза Норашен  
Стрелкой показан горизонт сейсмитов

*norbis* (L.), *Gyraulus laevis* (Alder), *Pisidium casertanum* (Poli), *Succinea obionga* (Drap.), отобранным с уровня 1.5 м в песках пляжных фаций. Вторая, более поздняя, трансгрессия возрастом менее 3000 лет (субатлантический период) привела к накоплению песчано-ракушечных отложений на высотном интервале 3.15–4 м. Датирование этих отложений проведено по раковинам моллюсков *Limnaea stagnalis* (L.), *Radix suricularia* (L.), *Valvata piscinalis* (Mull), *Planorbis planorbis* (L.) *Pisidium casertanum* (Poli), *Succinea putris* (L.).

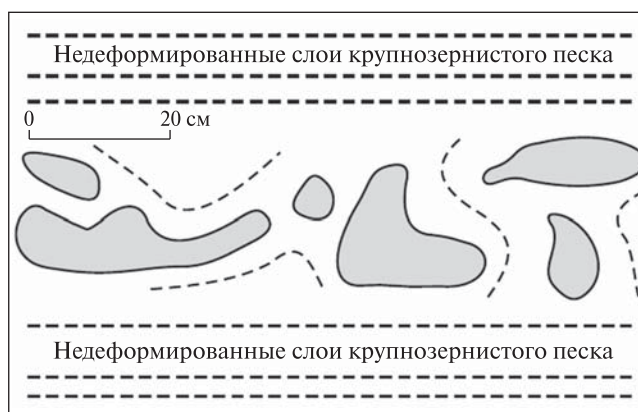
Регрессивные отложения (интервал 1.55–3.15 м), разделяющие две трансгрессивные толщи представлены тремя субазральными строительными слоями, содержащими керамику, остатки костей домашних животных и погребенные угли костров. Венчает толщу погребенная почва. Продолжительность регрессии составляет более 3000 лет и приходится на суббореальный период голоцена.

В 2012 г. при осмотре обнажения Норашен обнаружены сейсмообразные структуры [Корженков и др., 2014], скоррелированные позднее с культурным горизонтом эпохи ранней бронзы, описанным выше. Сейсмитоподобные структуры представлены рваными и бесформенными фрагментами мелкозернистого песка, залегающими в крупнозернистом песке (рис. 5). В этом же разрезе к востоку появляются карманы крупнозернистого песка, внедряющиеся вниз – в мелкозернистый.

Археологическое изучение культурных горизонтов эпохи ранней бронзы показывает, что за это время на данном участке побережья дважды поселялся человек – в III тыс. и в середине II тыс. до н.э. Перерыв в заселении продолжался не менее 500 лет. Возможно, это было связано с сильным землетрясением в Севанской котловине, имевшем место приблизительно 4400 л.н.,

о чем свидетельствует горизонт сейсмогенных конволюций. Возраст землетрясения рассчитан по скорости осадконакопления в Норашенском разрезе [Варданян и др., 2018].

Анализ средних скоростей осадконакопления показывает, что культурные слои накопившиеся в фазу регрессии Севана, откладывались со средней скоростью 0.68 мм/год. Средняя скорость осадконакопления пляжевых фаций при накоплении верхней трансгрессивной пачки – между уровнями 3.6 и 3.9 м; 3.6 и 4.0 м – оказалась меньше и составила всего только 0.27 и 0.13 мм/год соответственно.



**Рис. 5.** Сейсмогенные конволюции в голоценовых озерных осадках разреза Норашен. Северная окраина с. Цовард (по [Корженков и др., 2014])

Конволюционный горизонт сложен крупнозернистым песком с включением бесформенных фрагментов мелкозернистого песка

**Разрез 3 (устье р. Аргичи)** (т. 1-81 по [Варданян др., 1985]).

Разрез расположен в юго-западном углу озера (см. рис. 1, 3). Восстановим условия накопления отложений, вскрытых разрезом. Нижняя 1.5-метровая толща галечников является русловой фацией аллювия р. Аргичи, устье которой проградировало в сторону бассейна оз. Севан в период регрессии (бореальный период). На ней лежит 0.9-метровая пачка алевроитовой супеси озерно-дельтового генезиса, на что указывает фациальное замещение этих отложений косослоистыми аллювиальными крупнозернистыми песками, а также присутствие в них планктонных форм диатомей. Данная толща фиксирует длительную, но незначительную по масштабам трансгрессию оз. Севан, береговая линия которого находилась в пределах обнажения (атлантический период).

Выше залегает 20-сантиметровая аллювиальная толща, по кровле и подошве которой протягивается прослой органики, что является свидетельством образования лагуны или болота в период регрессии оз. Севан в самом начале суббореального периода. На этих отложениях залегает монолитная плотная супесь с единичными прослоями песка, значительная мощность которых (2 м) – показатель длительной и довольно масштабной трансгрессии, которая также приходится на суббореальный период. Важно подчеркнуть, что данная климатическая фаза в других разрезах характеризуется преимущественно регрессивными осадками.

Выше по разрезу чередуются слои песков с текстурами волновой ряби и включениями гравия и мелкой гальки, разделенные маломощным слоем озерной супеси, который фиксирует относительно кратковременную трансгрессию с преобладанием мелководного режима осадконакопления в субатлантическом периоде. Над озерными супесями залегают аллювиальные пески с мелкими галечниками, накопление которых происходило в период непрерывной, но кратковременной регрессии озера, т.е. в условиях мелководно-озерной обстановки. Завершает разрез толща делювия и современной дернины, накопившейся после спада уровня озера в 1958 г.

Изучение гранулометрического и минералогического состава фаций разреза Аргичи позволило установить следующие особенности механической дифференциации вещества при осадконакоплении [Варданян и др., 1985]. Озерные отложения (слои 2, 4, 8) представлены наиболее тонкими разностями терригенного и кислого пирокластического материала, содержащими свыше 70 % частиц размером менее 0.125 мм. В аллювиальных косослоистых песках (слои 1, 3, 9) закономерно возрастает крупность зерен и доля пирокластического материала, а также отмечается некоторое увеличение содержания плагиоклаза и уменьшение терригенного материала (обломки пород, измененные минералы) по сравнению с озерными осадками. Содержание вулканического стекла, темноцветных и рудных минералов в этих двух фациях практически не отличается. Для

Разрез 3 (устье р. Аргичи)

| Номер слоя | Мощность слоя, см | Характер отложений                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | 150               | Аллювиальные отложения: галечники размером обломков до 30 см, заполненные крупно-среднезернистым песком серого цвета. Переход в вышележащий слой постепенный                                                                                                                                                                 |
| 2          | 90                | Серая алевроитовая супесь с редкими включениями галек размером 2–6 см по всей толще. Выше по течению реки супеси фациально замещаются сериями косослоистых аллювиальных песков                                                                                                                                               |
| 3          | 20                | Аллювиальные гравийно-галечные отложения, размер галек до 8 см, окатанность слабая, по кровле и подошве развиты горизонты обуглившихся растительных остатков с остатками полуразложившегося торфа. Радиоуглеродные датировки подошвы и кровли: 4940±100 л. н. (обр. ИВАН-384) и 5080±80 л. н. (обр. ИВАН-388) соответственно |
| 4          | 200               | Монолитные плотные озерные супеси с единичными прослоями мелкозернистого песка                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5          | 9                 | Светло-серый разномзернистый вулканогенный песок со следами волновой ряби                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6          | 22                | Пачка светло-серых песков размерностью снизу вверх от крупно- до мелкозернистого, в основании – мелкая галька, границы пачки четкие                                                                                                                                                                                          |
| 7          | 8                 | Светло-серый песок с единичными включениями гальки                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8          | 10                | Супесь озерная, светло-серая. Радиоуглеродная датировка в подошве слоя – 1310±200 л. н.                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9          | 5                 | Аллювиальные отложения – пески разномзернистые с галькой размером до 8 см;                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10         | 69                | Горизонтально-слоистые разномзернистые пески с мелкой галькой в кровле                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11         | 1–2               | Погребенный растительный войлок в мелкозернистом песке                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12         | 24                | Среднезернистый однородный песок с косоволнистой слоистостью рябей волнения, в верхней части переходящий в разномзернистые пески с галькой до 3 см в кровле                                                                                                                                                                  |
| 13         | 20–24             | Мелкозернистый песок с включениями гравия до 1 см и мелких обломков пемзы                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14         | 10                | Делювий: светло-серая супесь с примесью разномзернистого песка, мелкого гравия, гальки                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15         | 6                 | Современная дернина                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

озерно-аллювиальных (дельтовых) отложений с волнистой и косоволнистой текстурой (слои 5, 12) характерно заметное увеличение доли темноцветных и рудных минералов, что является следствием естественного шлихования осадков в условиях волно-прибойной деятельности на мелководье.

Средняя скорость осадконакопления в высотном интервале 1.5–4 м (между слоями 3 и 8) составляет 2.5 м за 3770 лет, или 0.66 мм/год.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. ВЫВОДЫ

Проведенный по трем опорным разрезам морфолого-генетический анализ голоценовых отложений оз. Севан позволил установить особенности его голоценовой истории в привязке к климатическим периодам послеледниковья. Прежде всего, надо отметить, что в целом трансгрессивные и регрессивные периоды динамики уровня режима совпадают с климатическими фазами голоцена, выделяемыми по схеме Блитта–Сернандера, хотя реальная цикличность осадконакопления, по-видимому, имеет более сложный характер, особенно в позднем голоцене.

Субантарктический период, переходный от плейстоцена к голоцену, характеризуется трансгрессией оз. Севан, которая совпадает с позднехвалынской трансгрессией Каспийского моря и связана с поступлением в озерную котловину больших объемов талых вод с деградирующих горных ледников. Об этом свидетельствует 15-метровая пачка глинистых отложений, вскрытых скважиной «Дззнагет». Бореальный период голоцена, отличающийся потеплением и аридизацией климата, характеризуется общей регрессией оз. Севан и проградацией аллювиальных фаций на ранее накопленные озерные отложения. Атлантический климат характеризуется обширной трансгрессией, связанной с увлажнением климата и его потеплением. В этот период накапливались глинистые и песчаные фации с обильными остатками раковин моллюсков. Суббореальный период отличается регрессиями, о чем свидетельствуют культурные слои в разрезе Норашен. Последний субатлантический период отмечен относительно слабой трансгрессией, приведшей к перекрытию субаэральных отложений озерными осадками.

Таким образом, главным фактором трансгрессий оз. Севан было увлажнение климата, при этом изменение температурного режима имело второстепенное значение. По-видимому, этот факт связан с большим откликом составляющих гидрологического баланса озера на изменение количества атмосферных осадков, чем температуры, вызывающей изменение испарения с зеркала озера. Поэтому трансгрессии наблюдались как в относительно холодные эпохи (субарктический период), так и в теплые (атлантический период). В этой связи повышение уровня озера в климатический оптимум голоцена (атлантический период) представляется закономерным, несмотря на некоторое увеличение испарения с водного зеркала, что связано с повышением речного стока в озерный бассейн вследствие роста количества атмосферных осадков.

В заключение сделаем выводы о развитии оз. Севан в голоцене.

1. Главный фактор, определяющий колебания уровня оз. Севан в голоцене – климатический, тогда как более ранняя (плиоцен-четвертичная) история Севана определялась совокупностью неотектонических движений (формирование и развитие котловины), базальтового магматизма в верховьях р. Раздан (контроль порога стока) и климатических процессов.

2. В разрезах голоценовых отложений оз. Севан отмечаются циклически чередующиеся фации трансгрессии (мелководно-озерные и пляжные) и регрессии (аллювиальные и культурные слои), которые сопоставимы с климатическими эпохами по схеме Блитта–Сернандера, причем цикличность строения разрезов аллювиально-озерных (дельтовых) осадков сложнее (разрез Аргичи), чем собственно озерных (разрез Норашен).

3. В донных осадках оз. Севан отмечены синхронные трансгрессии субарктического, атлантического и субатлантического периода и регрессии бореального и суббореального периода, причем последние отмечены культурными слоями в разрезе Норашен. Разрез аллювиально-озерных фаций в дельте р. Аргичи имеет более сложное строение, в частности, здесь в суббореальный период накапливались как регрессивные, так и трансгрессивные фации.

4. Голоценовые трансгрессии оз. Севан связаны с увлажнением климата и развитием древесно-кустарниковой растительности на его водосборе, а регрессии отвечают периодам уменьшения влажности и сокращения данного типа растительности. При этом потепление или похолодание климата имело меньшее влияние на колебания уровня оз. Севан, чем изменение общего увлажнения.

5. Исследованы вариации скоростей осадконакопления в трех датированных разрезах озерных, озерно-аллювиальных и техногенных (культурные слои) осадков вблизи современного побережья оз. Севан. Показано, что минимальные скорости осадконакопления характерны для пляжевых фаций, удаленных от устьев рек (0.1–0.3 мм/год); выше скорости при накоплении аллювиально-озерных фаций в разрезах дельт рек, впадающих в оз. Севан (0.7–1.5 мм/год).

6. Результаты работы в части анализа сейсмиков оз. Севан могут и будут использоваться при уточнении методики выявления подобных нарушений в озерных осадках северо-запада Восточно-Европейской платформы.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-35-00296.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### ЛИТЕРАТУРА

- Асланян А.Т. К вопросу происхождения оз. Севан // Изв. АН АрмССР. Сер. естеств. наук. 1947. № 8. С. 39–44.  
Асланян А.Т. Проблемы происхождения озера Севан в свете современных данных // Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1979. № 3. С. 3–10.



- Бальян С.П., Бошнаган П.С. Палеогеография и гидрология бассейна озера Севан // Вопросы геологии Кавказа. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1962. С. 37–48.
- Варданян А.А., Корженков А.М., Сорокин А.А., Стаховская Р.Ю. Палеогеографические условия и возраст сильного землетрясения по данным изучения голоценовых отложений оз. Севан, Армения // Геофизические процессы и биосфера. 2018. Т. 17, № 1. С. 125–136.
- Варданян А.А., Кирьянов В.В., Кочегура В.В., Нечаева Т.Б., Саядян Ю.В. Вековые вариации магнитного поля Земли по голоценовым отложениям озера Севан // Вопросы геологии голоцена. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1985. С. 68–86.
- Варданянц Л.А. О происхождении озера Севан. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1948. 28 с.
- Габриелян А.А. Палеоген и неоген Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1964. 299 с.
- Горбатов Е.С. Формирование и геохимические особенности осадков озер Шатурской Мещеры // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 1. С. 80–88.
- Казакова Н.М. Древние отложения бассейна озера Севан (петрографо-минералогическая характеристика) // Тр. Ин-та географии АН СССР. 1952. Вып. 51. С. 81–118.
- Казакова Н.М. К вопросу о происхождении оз. Севан // Тр. Ин-та географии АН СССР. Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР. Т. 65, вып. 14. 1955. С. 135–146.
- Корженков А.М., Аванесян М.А., Вирджино А., Караханян А.С. Сейсмогенные конволюции в четвертичных отложениях озера Севан (Армения) // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 1. С. 56–65.
- Милановский Е.Е. Новые данные о строении неогеновых и четвертичных отложений бассейна оз. Севан // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1952. № 4. С. 110–119.
- Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Севанской впадины // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1960. № 5. С. 5–61.
- Милановский Е.Е. Севанская котловина // Геология Армянской ССР. Т. 1. Геоморфология. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1962. С. 133–135.
- Милановский Е.Е. Происхождение и этапы формирования озерной котловины // История озер Севан, Иссык-Куль, Балхаш, Зайсан и Арал. Л.: Наука, 1991. С. 13–20.
- Рассказов А.А., Горбатов Е.С. Лимногеология и эволюция озерного литогенеза / Отв. ред. А.М. Корженков. М.: ИФЗ РАН, 2019. 227 с.
- Саркисян О.А. Геологическое строение и история тектонического развития Севано-Ширакского синклинория (Малый Кавказ): Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Ереван, 1973. 53 с.
- Саядян Ю.В. Севан – природный «климатограф» голоцена // Вопросы геологии голоцена. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1985. С. 61–67.
- Саядян Ю.В. Новейшая геологическая история Армении. Ереван: Гитутюн, 2009. 357 с.
- Саядян Ю.В., Алешинская З.В. Колебания увлажненности в бассейне озера Севан // История озер Севан, Иссык-Куль, Балхаш, Зайсан и Арал. Л.: Наука, 1991. С. 38–49.
- Саядян Ю.В., Алешинская З.В., Ханзадян Э.В. Последлениковые отложения и археология побережья озера Севан // Геология четвертичного периода (плейстоцен). Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1977. С. 91–109.
- Babayan T. Atlas of strong earthquakes of the Republic of Armenia: Artsakh and adjacent territories from ancient times through 2003. Gyumri, 2006. 140 p.
- Bowman D., Bruins H.J., van der Plicht J. Load structure seismites in the Dead Sea area, Israel: Chronological benchmarking with  $^{14}\text{C}$  dating // Radiocarbon. 2001. V. 43. P. 1383–1390.
- Bowman D., Korjenkov A., Porat N. Late-Pleistocene seismites from Lake Issyk-Kul, the Tien Shan range, Kyrgyzstan // Sedimen. Geol. 2004. V. 163. P. 211–228.
- Bowman D., Banet-Davidovich D., Bruins H.J., van der Plicht J. Dead Sea shorelines facies with seismically-induced soft-sediment deformation structures, Israel // Israel J. Earth Sci. 2000. V. 49. P. 197–214.
- Gladkov A.S., Lobova E.U., Deev E.V., Korzhenkov A.M., Mazeika J.V., Abdieva S.V., Rogozhin E.A., Rodkin M.V., Fortuna A.B., Charimov T.A., Yudakhin A.S. Earthquake-induced soft-sediment deformation structures in Late Pleistocene lacustrine deposits of Issyk-Kul Lake (Kyrgyzstan) // Sedimen. Geol. 2016. V. 344. P. 112–122.
- Karakhanian A., Abgaryan Ye. Evidence of historical seismicity and volcanism in the Armenian Highland (from Armenian and other sources) // Ann. Geophys. 2004. V. 47, N 2/3, April/June. P. 793–810.
- Karakhanian A., Djrbashian R., Trifonov V., Philip H., Arakelian S., Avagian A. Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries // J. Volcanol. and Geotherm. Res. 2002. V. 113. P. 319–344.
- Korzhenkov A.M. Seismogenic convolutions in the lacustrine deposits of the Issyk-Kul Lake, the Tien Shan // J. Earthq. Pred. Res. 2000. V. 8. P. 514–519.
- Nikonov A.A. Destructive historical earthquakes in Soviet Armenia // Tectonophysics. 1991. V. 193. P. 225–229.
- Uner S., Yeşilova C., Yakupoğlu T. The traces of earthquake (seismites): Examples from Lake Van deposits (Turkey) // Earthquake research and analysis – seismology, seismotectonic and earthquake geology / Ed. S. D'Amico. Rijeka, Croatia: Tech. Publ., 2012. P. 21–32.

## Сведения об авторах

**ГОРБАТОВ Евгений Сергеевич** – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел.: +7 (499) 254-99-50. E-mail: e.s.gor@mail.ru

**ВАРДАНЯН Асмик Ашотовна** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. E-mail: asmikvar@yandex.ru.

**КОРЖЕНКОВ Андрей Михайлович** – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел.: +7 (916) 226-90-92. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

**РАЗУМНЫЙ Сергей Дмитриевич** – ведущий инженер, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел.: +7 (499) 254-99-50. E-mail: razumnyi.sergey@yandex.ru

# LAKE SEVAN (ARMENIA) DEPOSITS AS INDICATOR OF PALEOCLIMATE AND NEOTECTONIC PROCESSES

© 2019 E.S. Gorbatov\*, A.A. Vardanyan, A.M. Korzhenkov, S.D. Razumnyi

Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

\* e-mail: e.s.gor@mail.ru

**Abstract.** The history of lacustrine sedimentation in the Sevan depression is traced. The possibilities of using lacustrine sediments for the analysis of paleoclimate and neotectonic development of the region based on geological data are shown. The main reason for the preservation of the lacustrine regime in the Sevan depression was large lava flows, which repeatedly create dams in the NW part of the depression. Based on the conjugated analysis of three dated sections of sediments near the coast of Lake Sevan (Dzknaget, Norashen, Argichi), it was shown that the main factor determining the fluctuations of the lake level in the Holocene was the climate. It was established that during periods of transgression, shallow-lake and beach facies accumulated, and alluvial and subaerial technogenic (cultural layers) accumulated during periods of regression. In the Holocene sediments of Lake Sevan, synchronous transgressions of the Subarctic, Atlantic and Subatlantic periods and regression of the Boreal and Subboreal periods are noted. Periods of transgression are associated with climate moistening and the development of tree-shrub vegetation in its catchment area, and regressions correspond to periods of decrease in humidity and reduction of this type of vegetation. The minimum rates of lacustrine sedimentation are typical for beach facies remote from river mouths (0.1–0.3 mm/year), maximum values for delta facies (0.7–1.5 mm/year). The obtained results can be used to analyze and forecast long-term trends in the development of the natural environment in the catchment area of Lake Sevan and changes in its level regime.

**Keywords:** Holocene lacustrine sediments, sedimentation rate, Blytt–Sernander climatic scheme, transgressions and regressions, seismites, Lake Sevan, Armenia.

## About the authors

**GORBATOV Evgenii S.** – Cand. Sci. (Geol.-Min.), senior researcher, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia. Tel.: +7 (499) 254-99-50. E-mail: e.s.gor@mail.ru

**VARDANYAN Hasmik A.** – Cand. Sci. (Phys. and Math.), senior researcher, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia. E-mail: asmikvar@yandex.ru

**KORZHENKOV Andrey M.** – Dr. Sci. (Geol.-Min.), head of laboratory, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia. Tel.: +7 (916) 226-90-92. E-mail: korzhenkov@ifz.ru

**RAZUMNIY Sergey D.** – leading engineer, Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia. Tel.: +7 (499) 254-99-50. E-mail: razumnyi.sergey@yandex.ru

**Cite this article as:** Gorbatov E.S., Vardanyan A.A., Korzhenkov A.M., Razumnyi S.D. Lake Sevan (Armenia) deposits as indicator of paleoclimate and neotectonic processes, *Geofizicheskie Protssessy i Biosfera* (Geophysical Processes and Biosphere), 2019, vol. 55, no. 2, pp. ??–?? (in Russian). <https://doi.org/10.21455/gpb2019.2-??>

**English version:** *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2019, vol. 55, iss. 8 ???, ISSN: 0001-4338 (Print), 1555-628X (Online). <https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/11485>