

ЦУНАМИ НА ОЗЕРАХ КАРЕЛИИ? УРОКИ ДРЕВНИХ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ



Территория Карелии, Ленинградской области и прилегающих к ним районов довольно слабо изучена в сейсмологическом отношении, несмотря на то что в случае редких сильных землетрясений там возможны серьезные разрушения населенных пунктов и промышленных объектов. Согласно действующим нормативным документам считается, что там возможны 5-балльные сейсмические события не чаще одного раза в несколько сотен лет. Однако, как показывают исследования разных авторов, в прошлые тысячелетия там происходили землетрясения силой от 7 до 9 баллов, в связи с чем автор не раз указывал в своих прошлых публикациях на необходимость создания для таких территорий обновленных и расширенных сейсмических каталогов за многие тысячелетия для их использования при рассмотрении сейсмичности совокупно с данными по выделенным активным разломам. В данной статье речь идет о регионе, охватывающем Онежско-Ладожскую гидрологическую систему. Рассматриваются результаты комплексного анализа стратиграфических, планиграфических, археологических, палеогеографических, палеосейсмологических и других исследований, выполненного на основе геодинамического подхода в отношении землетрясений, вызванных ими цунами и пертурбаций гидрологической системы. Несомненно, анализ природных катастроф далекого прошлого должен помочь в усовершенствовании

нормативных документов, касающихся сейсмического районирования, а также в выборе наименее опасных мест строительства и разработке мероприятий по инженерной защите существующих и проектируемых объектов на рассматриваемой территории.

Никонов Андрей Алексеевич

Главный научный сотрудник лаборатории сейсмической опасности Института физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, г. Москва

nikonov@ifz.ru

Введение

Как известно, главные цели инженерных изысканий, выполняемых до начала проектирования, – это изучение природной и техногенной обстановки территории возведения будущего объекта, а также прогноз ее возможных изменений в процессе строительства и эксплуатации. При этом одними из основных задач изыскательских работ являются:

- выбор оптимального района и конкретного места строительства;
- выявление инженерно-геологических условий района и площадки строительства с учетом вероятных природных опасностей;
- выработка рекомендаций по инженерной защите территории и охране геологической среды при строительстве и эксплуатации объекта.

Вышесказанное указывает в том числе на необходимость использования уроков даже очень далекого прошлого при выборе наиболее безопасных мест строительства и разработке мероприятий по инженерной защите проектируемых и существующих объектов.

В данной статье речь пойдет о территории, охватывающей Онежско-Ладожскую гидрологическую систему, где в настоящее время редко случаются землетрясения, да и те обычно не сильнее 2–3 баллов. Согласно действующим нормативным документам считается, что там возможны 5-балльные сейсмические события не чаще одного раза в несколько сотен лет. Однако, например, 30 ноября 1921 года в районе Ладожского озера произошло землетрясение силой в 6 баллов. Некоторые ученые указывают на возможность сотрясений в 7 баллов [19, 26, 27]. Однако, как недавно стало выясняться при анализе стратиграфических, планиграфических, археологических, палеогеографических, палеосейсмологических и других материалов, в прошлые столетия и тысячелетия там происходили землетрясения силой до 8–9 баллов. В связи с этим автор не раз указывал в своих публикациях на необходимость создания для таких территорий обновленных и расширенных сейсмических каталогов за многие тысячелетия для их использования при рассмотрении сейсмичности совокупно с данными по выделенным активным разломам [15].

Поэтому представляется весьма своевременным рассказать об интереснейших результатах исследований природных катаклизмов, случившихся за последние 7 тысяч лет в рассматриваемом регионе, находящемся в пределах периферической области последнего фенноскандинавского оледенения (которое происходило 23–13 тыс. лет назад), а также об их последствиях, в том числе для древнего населения этой территории.

Причины изменений Онежско-Ладожской гидрологической системы

На сложную Онежско-Ладожскую гидрографическую сеть в последние тысячелетия влияли не только медленные и длительные эволюционные изменения ее элементов, но и резкие перемены в рельефе прибрежных зон и дна водных объектов в результате сеймотектонических подвижек и сильных землетрясений (в ряде случаев сопровождавшихся цунами в местных водных бассейнах и сокрушительными водными валами по каналам стока) [15, 16]. Вполне очевидно, что изменения уровней воды отражались на расселении древних людей в указанном регионе, что показывают результаты исследований расположения, стратиграфии и других особенностей археологических объектов.

В настоящее время установлено, что в пределах рассматриваемого региона в зонах каждого сейсмогенерирующего линейного элемента геолого-геофизической среды, а то и в каждом его секторе в позднеледниковый период и в голоцене (в последние 7 тыс. лет вплоть до последних 500 лет) произошло по несколько мощных землетрясений с серьезными пертурбациями в природной среде [15].

Рассмотрим некоторые результаты исследований разных авторов подробнее.

Возникновение реки Вуокса

Около 5,7 тыс. лет назад (по данным радиоуглеродного анализа) в результате крупных сейсмических событий сток вод Сайменской водной системы резко изменил свое направление и стал происходить не в Финский залив Балтийского моря, а в Ладожское озеро.

Ранее считалось, что это произошло из-за постепенного перекоса земной коры в процессе ее поднятия после снятия нагрузки от фенноскандинавского ледникового покрова: уровень озера Сайма у южных берегов постепенно поднимался, со временем его воды стали переливаться через гряду Сальпаусселькя I и из него стала вытекать самая крупная река Карельского перешейка Вуокса, образовавшая на пути к Ладоге целую озерно-речную систему (рис. 1–6) [38].

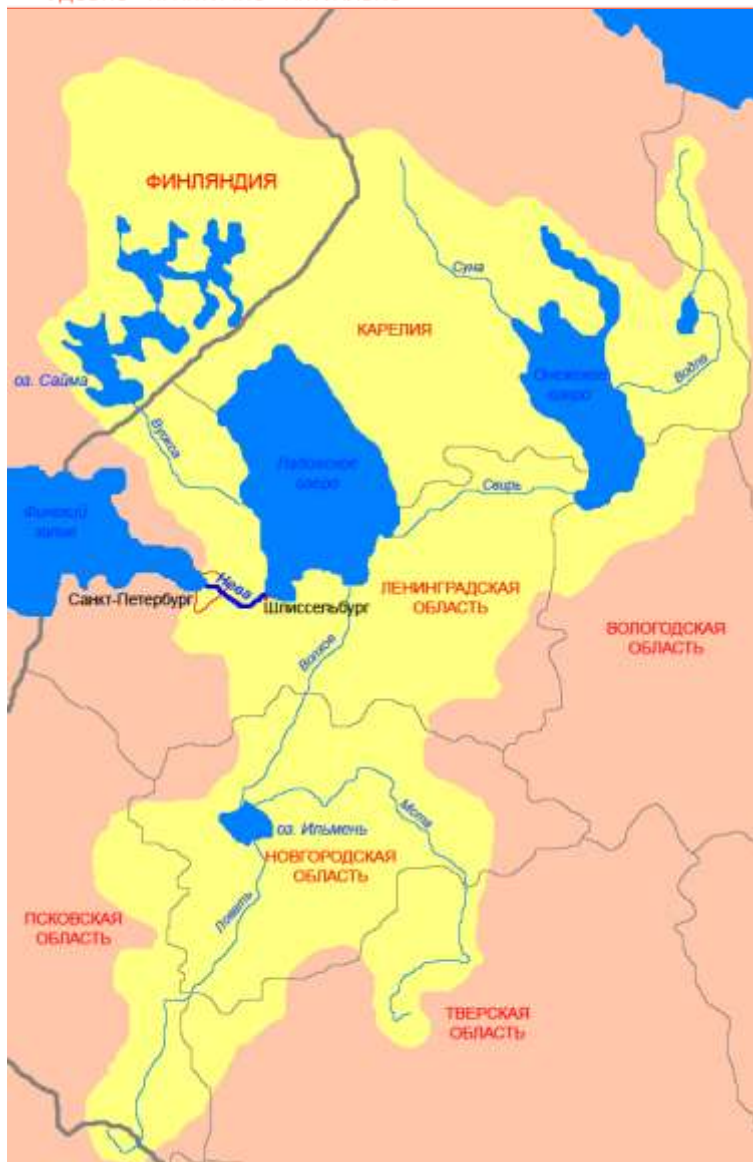


Рис. 1. Современная Онежско-Ладожская гидрологическая система на карте-схеме [30]



Рис. 2. Озеро Сайма [22]



Рис. 3. Три гряды Сальпаусселькя, гряды Восточной и Центральной Финляндии на карте-схеме [32]



Рис. 4. Одна из гряд Сальпаусселькя [21]



Рис. 5. Водоскат Иматранкоски на реке Вуокса чуть ниже прорыва вод озера Сайма через

гряды Сальпаусселькя I [24]



Рис. 6. Самая крупная река Карельского перешейка Вуокса в нижнем течении [31]

Но такое представление не объясняло ряда наблюдавшихся особенностей на участке прорыва. Автор настоящей статьи на основании ряда косвенных данных предположил, что прорыв сайменских вод произошел по сеймотектоническому рву, порожденному сильным землетрясением. И в 2016 году это получило подтверждение при обследовании данного участка [39].

В 1936 году на мощном водоскате Иматранкоски в русле Вуоксы (вблизи города Иматра, чуть ниже по течению от истока реки из озера Сайма) была построена плотина ГЭС. При перекрытии стока через плотину пороговое русло ската периодически осушается (рис. 7). Благодаря этому в 2016 году там удалось обнаружить систему расколов и смещений в скальных породах, которые определили как сейсмодислокации. Свежесть бортов и граней трещин в русле говорит об их молодости. К тому же в ряде мест левого борта видны свежие сейсмогравитационные обвалы. По оценкам, интенсивность землетрясения, которое произошло здесь около 5,7 тыс. лет назад, составила 8–9 баллов.



Рис. 7. Водоскат Иматранкоски на реке Вуокса при перекрытии стока через плотину ГЭС в Иматре [33]

Это сейсмическое событие вызвало сильную волну цунами на озере Сайма, которая обеспечила прорыв (не перелив!) озерных вод через гряду Сальпаусселькя I по ложбине Вуоксенниска, в результате чего уровень озера упал на 2–2,5 м [39]. Некоторые ученые допускали, что в результате этого произошло затопление значительного участка суши в бассейне среднего и нижнего течения Вуоксы [2]. Однако более поздние исследования

показали, что затопление возникло только в верхнем течении реки с образованием серии дельт и террас.

В результате указанного землетрясения сильные сейсмические колебания возникли на обширной площади северной части Карельского перешейка и вызвали на многих озерах цунами, разрушившие прибрежные неолитические стоянки и поселения, что было доказано археологическими раскопками [2].

Резкая смена направления стока вод Сайменской системы с юго-западного (в Балтийское море) на юго-восточное (в Ладогу) положила начало Ладожской трансгрессии в голоцене, достигшей своего максимума около 3 тыс. лет назад, после чего уровень озера резко снижался.

Район истока реки Свирь

Признаки необычных палеогеографических событий были установлены при геологических и археологических исследованиях [7, 17] и в районе истока реки Свирь, вытекающей из Онежского озера и впадающей в Ладогу (рис. 1, 8, 9).



Рис. 8. Онежское озеро [35]



Рис. 8. Река Свирь [34]

В верхнем течении реки были обнаружены места неолитических стоянок и поселений и разнос их остатков по ее левобережью на расстояние до 0,7 км от озера, а также перемыв и переотложение остатков на расстоянии 60–90 км вниз по течению [17]. Известный советский археолог В.И. Равдоникас установил сходство керамики и орудий одной из стоянок в истоке реки Свирь и артефактов, переотложенных на Ладоге [8]. Это позволило приблизительно определить, что переотложение произошло от 7,5 до 3 тыс. лет назад

[13, 14].

Сейчас Свирь течет спокойно. Но столь дальнейшее переотложение таких неплавучих артефактов, как осколки керамики, и другие выявленные признаки говорят о необычайной мощности и стремительности унесшего их потока, а также о его внезапности и непродолжительности действия. Это был мощный водяной вал, который вырвался из Онежского озера, но не благодаря прорыву перемычки, а путем перехлеста через нее в результате мощной волны цунами. А подобные цунами могут возникнуть только при сильных землетрясениях интенсивностью не менее 8–9 баллов. Признаки таких землетрясений голоценового возраста были исследованы, например, карельскими специалистами в северной части Онежской котловины. По их данным, одно из подобных событий произошло 4,7–5,3 тыс. лет назад [4, 5, 9, 25].

Вывод о позднеголоценовом цунами на Онежском озере – это не просто предположение, а современная интерпретация фактов, информация о которых была давно опубликована.

Так, по всему южному обрамлению озера (от устья реки Андома до истока реки Свирь) развиты мощные голоценовые торфяники, что указывает на длительное существование там субаэральных условий. По данным бурения многих скважин, там присутствует чуждый среди торфа песчаный прослой толщиной 20–25 см, что свидетельствует о резком изменении обстановки в соответствующее этим отложениям время – о весьма динамичном единовременном накате озерных вод в обширной низине, обрамляющей Онежский бассейн на юге.

Сначала некоторые ученые трактовали этот факт как признак трансгрессии [10], но вскоре данное предположение было отвергнуто [7]. Единственным правдоподобным объяснением вышеуказанных особенностей являются следующие события: мощное землетрясение на севере Онежского озера, возникновение крупной волны цунами, докатившейся до его южной части с перехлестом колоссального водяного вала в долину уже тогда существовавшей реки Свирь. Разные способы датировки (по типам керамики, спорово-пыльцевым спектрам, результатам радиоуглеродного анализа) показали, что это событие произошло примерно 4,7–5,3 тыс. лет назад [12].

Возникновение реки Нева

Вопрос о переходе Ладожского бассейна из стадии бессточного в сточный с возникновением реки Нева (рис. 1, 10, 11) в конце ладожской трансгрессии обсуждался на протяжении более чем 100 лет с очень широким диапазоном мнений о времени события.

Изучение разными исследователями уровней воды и разрезов по периферии Ладоги с использованием радиоуглеродного анализа показало, что резкое снижение уровня озера из-за прорыва Невы произошло примерно 3,1–3 тыс. лет назад (рис. 12) [18].



Рис. 10. Ладожское озеро [36]



Рис. 11. Река Нева [23]

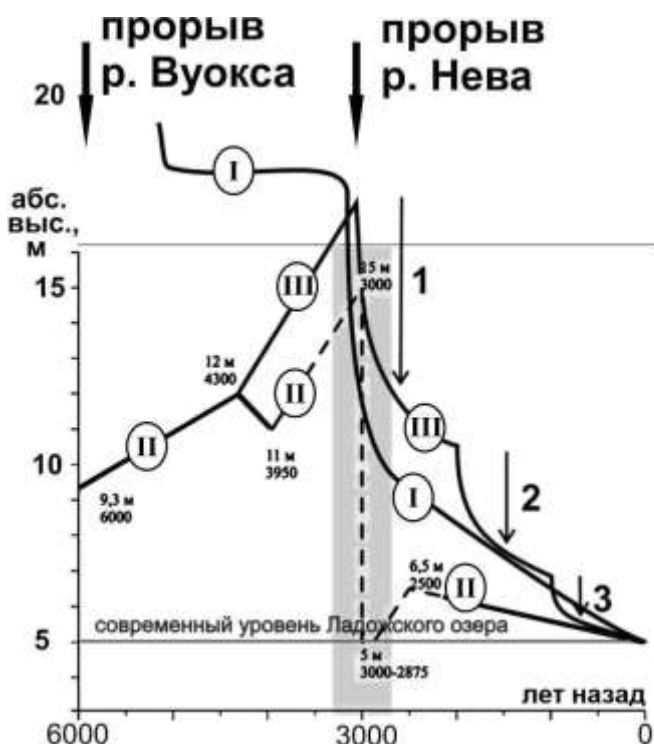


Рис. 12. Кривые хода уровня Ладожского озера в голоцене по разным данным: I – по [37], II – по [20], III – по [12]; 1, 2, 3 – намечаемые фазы спуска уровня воды в Ладоге после максимума ладожской трансгрессии

Точки зрения некоторых ученых о спокойном переливе вод озера через порог стока вблизи нынешних Ивановских порогов, начавшемся в результате постепенного послеледникового поднятия области бывшего оледенения (с перекосом и более сильным поднятием на северо-западе в ходе ладожской трансгрессии), не раскрывают механизма события и несостоятельны. Ведь теперь уже доказано, что абсолютная высотная отметка уровня Ладоги в максимум трансгрессии достигала 15 или 16 м, а порог стока находился на 2–3 м выше. Поэтому перелив с последующим резким снижением уровня озера мог произойти только при внезапном сильном возмущении его водных масс с превышением прежнего уровня не менее чем на 5 м. Это был моментальный прорыв, породить который могла только мощная волна цунами [13].

Датировки, выполненные не менее чем в 10–15 местах по периметру бассейна, говорят о том, что это событие произошло около 3,1–3 тыс. лет назад. На это же время приходится и данные о сильном палеоземлетрясении с эпицентром у западного побережья Ладоги [16]. И для этого же времени зафиксированы данные о разрушении ряда неолитических поселений на южном побережье Ладожского озера в Подолье, в устьях рек Волхов, Сясь, на реках Свирь и Нева (у Ивановских порогов). В пользу признания факта этого катаклизма говорят и опубликованные ранее материалы автора настоящей статьи, в том числе по данным исследований на реке Оять (левом притоке Свири в южной части Ладожского бассейна) [13, 14].

При рытье Ладожских каналов в XVIII и XIX веках все остатки жизнедеятельности предков обнаруживались в переотложенном, рассеянном и фрагментированном состоянии на нескольких стратиграфических уровнях [8]. Слои намывного торфа, в том числе с человеческими черепами и их фрагментами, встречались ниже современного уровня Ладожского озера примерно на 1,5; 2,5 и 3,5 м. Это означает, что перемыч и переотложение элементов культурного слоя, существовавшего изначально в субэральных условиях, происходили при ладожской трансгрессии примерно от 5,7 тыс. лет назад (что совпадает со временем прорыва Вуоксы в бассейн Ладожского озера) до 3,1 тыс. лет назад (начало спада уровня воды в Ладоге).

Радиоуглеродные датировки в нижнем течении реки Волхов показали [14], что заселение южного берега Ладоги происходило от 8,5 до 3 тыс. лет назад. В течение ладожской трансгрессии культурные слои перемывались, происходило переотложение артефактов, древесины со следами искусственной рубки, углей, костей людей и съеденных ими животных. Основной размыв связан, вероятно, с мощной волной цунами, обрушившейся около 3 тыс. лет назад на южное побережье Ладожского озера [13].

Результаты исследований в нижнем течении реки Оять, которая впадает в Свирь близко к Ладожскому озеру, показывают, что формирование одной из аккумулятивных террас на ее левом берегу, имеющей высоту 11–12 м над современным уровнем Ладоги, закончилось около 3 тыс. лет назад – в момент максимума ладожской трансгрессии. Отложения периода повышения уровня озера в теле этой террасы, содержащие разнообразные деформации, были идентифицированы как сейсмонарушения, возникшие примерно 4,7–2,8 тыс. лет назад. Тут также просматривается вероятная связь с упоминавшимся выше землетрясением, которое случилось около 3 тыс. лет назад [1].

Интересно, что в приповерхностной части одного из обнажений, исследованных вблизи устья Ояти, первичная горизонтальная структура отложений в верхнем горизонте толщиной до 1,5 м оказалась нарушенной боковым воздействием, а возникшие в ней вертикальные щели заполнились чуждым мелкоземом. Это говорит о том, что верхняя

часть разреза здесь (по контрасту с нижней) сразу после сейсмического воздействия была объята возмущенной водной массой и оказалась как бы «взвешенной» в ней. Движение этой водной массы происходило вверх по долине Ояти (в восточном направлении). Столь мощно движущейся водной стихией, направленной против течения реки, могла стать только волна цунами, порожденная землетрясением [12].

Заключение

Таким образом, в рамках геодинамического подхода для зоны Онежско-Ладожской водной системы выявлено, что помимо общего поднятия земной коры с перекосом после снятия нагрузки от ледникового покрова за последние 7 тыс. лет произошло три природных катастрофы, имевших трагические последствия для древних обитателей региона. Все они реализовывались по схеме «сильное землетрясение интенсивностью 8 или 9 баллов – волна цунами – мощный водяной вал по существующему или вновь возникшему каналу стока».

Эти внезапные смертоносные воздействия погубили большое количество наших неолитических предков, а их последствия (изменения путей стока озерных вод, гидрологических режимов главных озерных бассейнов и окружавших водные объекты ландшафтов) кардинально сказались на разных сторонах жизни оставшихся в живых, потребовав от них длительного приспособления к изменившимся условиям.

Здесь хотелось бы напомнить следующее. Землетрясение силой 9 баллов приносит всеобщее разрушение строений и вызывает панику жителей в радиусе многих десятков километров от эпицентра. Волны цунами высотой даже 2–3 м, не говоря уже о более крупных, распространяются ко всем берегам водных бассейнов и тотально разрушительны по своей природе. Сокрушительные водные валы высотой 3–5 м и более в узких заливах, долинах, на порогах стока и участках прорыва разрушают на своем пути здания и сооружения и несут гибель всему живому.

И если наши древние предки попадали в беду потому, что просто селились поближе к воде, ничего не зная о возможных последствиях, то в настоящее время при выборе мест возведения новых зданий, сооружений и целых населенных пунктов, а также при разработке мероприятий по их инженерной защите необходимо учитывать уроки даже очень далекого прошлого, анализируя доступные данные не только по месту предполагаемого строительства, но и по другим районам с аналогичными тектоническим строением, признаками тектонической активности и сейсмической историей. Кроме того, необходимо продолжать соответствующие исследования и составлять усовершенствованные каталоги экстремальных событий за многие тысячелетия.

К сожалению, опыт показывает, что строители и администраторы слишком часто не понимают таких простых вещей и действуют в угоду сиюминутной экономической выгоде. Например, в Японии при подготовке к строительству АЭС «Фукусима-1» (которая строилась в 1966–1971 годах) были исследованы данные по стихийным бедствиям в регионе лишь за последние 400 лет. На основе этих данных решили, что район строительства имеет слабую сейсмическую активность, а максимальную высоту возможных цунами оценили не более чем в 6 м, построив защитную дамбу высотой всего 5,7 м. При этом не приняли во внимание исторические свидетельства того, что такие природные катастрофы, как мощнейшие землетрясения и цунами, постигали Японию в IV–III веках до нашей эры, в IV–V, IX и XV веках нашей эры (например, катастрофа 869 года подробно описана в императорских хрониках) [6, 11]. Также не

были учтены случаи серьезных землетрясений и цунами в других регионах со сходным тектоническим строением.

В итоге АЭС «Фукусима-1» была построена слишком близко к берегу Тихого океана (на высоте всего 10 м над его уровнем) с целью сэкономить на строительстве системы охлаждения реактора. После сдачи в эксплуатацию станция нормально функционировала 40 лет. Но 11 марта 2011 года к востоку от побережья острова Хонсю произошло землетрясение с магнитудой 9–9,1. Оно вызвало волну цунами, высота которой у площадки «Фукусимы-1» составила 13–15 м (по разным данным, в некоторых других местах побережья Японии ее высота достигла 36–40 м). Именно эта волна стала основной причиной сильнейшей радиационной катастрофы на АЭС. А всего в Японии в результате цунами в тот день было унесено почти 18,5 тыс. жизней (15 896 погибших и 2 536 пропавших без вести) и стерто с лица земли множество городских и сельских районов на площади 15 тыс. кв. км [3, 25, 28, 29].

И это пример лишь одной современной природной катастрофы, трагических последствий которой можно было бы избежать, правильно выбирая места для строительства городов и промышленных сооружений.

Но вернемся к северо-западу России. Выявленные экстремальные «встряски» и кардинальные перестройки водной системы в данном регионе открывают новое видение проблемы оценки геодинамически обусловленных природных опасностей, которых не ожидали ранее.

Бассейн Онежского озера теперь достаточно хорошо известен рядом сильных землетрясений в зоне серии активных разломов в северной части акватории. Возникали они с промежутками в несколько тысячелетий, и по крайней мере часть из них сопровождалась крупными цунами. Подобные цунами могут быть опасными для западного берега, в том числе для столицы Карелии, несмотря на то что сам Петрозаводск в сейсмически опасную область не попадает. Водный вал, который возникнет при цунами, обязательно промчится по долине реки Свирь в ее верхнем течении, но «растворится» в Ивинском озере, не достигнув нижней части русла и Ладоги.

Примерно так же можно представить ситуацию и в *бассейне финского озера Сайма и в долине верхнего течения Вуоксы*. Разлом в истоке этой реки на участке Иматра способен порождать сильные землетрясения, как и вся Вуоксинская зона. Землетрясения эти могут представлять опасность для инфраструктуры востока Выборгского района и действующих там промышленных карьеров. Водный вал из озера Сайма понесется по руслу Вуоксы, но сила его будет ослабевать при преодолении четырех плотин местных гидроэлектростанций, однако сами эти плотины, ГЭС и ближайшие городские поселки окажутся в опасной зоне (конечно, серьезная дополнительная опасность для нижележащих участков русла может возникнуть в случае разрушения плотин).

Обширный район *бассейна Ладожского озера и долины реки Нева* должен рассматриваться как более опасный (хотя и не в близкой перспективе) уже только потому, что он является наиболее обжитым и хозяйственно освоенным, а также ввиду расположения в нем г. Санкт-Петербурга и его многочисленных пригородов. Из-за большой протяженности сейсмогенных зон по западному, восточному и северному берегам Ладожского озера и насыщенности этих зон выявленными очагами сильных землетрясений прошлого счет сильных событий здесь может идти на столетия. Непосредственные разрушительные воздействия этих землетрясений не достигнут окрестностей Санкт-Петербурга. Но они могут вызвать на Ладоге цунами, которые обязательно проникнут в долину Невы, образовав огромные стремительные валы. А эти

валы уже неизбежно опустошат побережья и уничтожат водный транспорт, тем более что в русле этой реки нет для них препятствий. Они вполне могут достичь Санкт-Петербурга и нанести ему колоссальный ущерб.

Конечно, надо постараться присмотреться к возможности будущих катаклизмов на рассмотренных территориях. Но пока заглядывать в это едва обозримое будущее надо осторожно – для общей ориентации. Более конкретные оценки возможных вариантов событий требуют специальных гидравлических исследований и инженерных расчетов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 16–05–00727а.

Список литературы

1. *Бискэ Ю.С., Сумарева И.В., Шитов М.В.* Позднеголоценовое сейсмическое событие в юго-восточном Приладожье. I. Принципы исследования и деформационные текстуры // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология. География. 2009. № 1. С. 3–25.
2. *Герасимов Д.В.* Свод археологических источников Кунсткамеры // Каменный век Карельского перешейка в материалах МАЭ (Кунсткамеры) РАН. СПб., 2006. Вып. 1. С. 109–188.
3. *Гусяков В.К.* Ground zero: мегаземлетрясения как главная угроза безопасности морских побережий // Наука из первых рук. 2018. № 2-3 (78). С. 12–35.
4. *Журавлев А.П.* Определение древних землетрясений в Карелии по археологическим данным // Вопросы археологии Урала: сборник научных трудов. Екатеринбург, 1993. Вып. 21. С. 180–188.
5. *Журавлев А.П., Экман И.М.* По следам землетрясения в Пегреме // Природа, 1989. № 6. С. 27–30.
6. Землетрясение и цунами Дзёган-Санрику (869) // Wikipedia. 27.11.2014. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_и_цунами_Дзёган-Санрику_\(869\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_и_цунами_Дзёган-Санрику_(869)).
7. *Земляков Б.Ф.* Геологические условия неолитической стоянки у села Вознесенье на реке Свири // Советская археология. 1940. Т. 5. С. 206–214.
8. *Иностранцев А.А.* Доисторический человек каменного века Ладожского озера. СПб., 1882. 244 с.
9. *Лукашов А.Д.* Палеосейсмодислокации Заонежья // Кижский вестник. Заонежье. 1993. № 2. Петрозаводск. С. 35–42.
10. *Марков К.К., Порецкий В.С., Шляпина Е.В.* О колебаниях уровня Ладожского и Онежского озер в послеледниковое время // Труды Комиссии по изучению четвертичного периода. 1934. Вып. 4. С. 71–144.
11. Мощные землетрясения повторяются в Японии раз в 600 лет // Экология. 24.11.2011. URL: <https://ria.ru/eco/20111124/496974275.html>.
12. *Никонов А.А.* Воздействие голоценовых пертурбаций Онежско-Ладожской гидрологической системы на древнее население прибрежных пространств // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 3 (20). С. 171–176.
13. *Никонов А.А.* Человек каменного века на Ладожском озере // Природа. 2008. № 7. С. 26–34.
14. *Никонов А.А., Лийва А.А.* О времени обитания неолитического человека и переотложения его культурных остатков на южном берегу Ладожского озера // Труды 4-го Всероссийского археологического съезда в г. Казани. Казань, 2015. С. 91–93.
15. *Никонов А.А., Шварев С.В.* Сейсмолинеаменты и разрушительные землетрясения в

- Российской части Балтийского щита: новые решения для последних 13 тысяч лет // Материалы Международной конференции «Геолого-геофизическая среда и разнообразные проявления сейсмичности». Нерюнгри: Изд-во Технического института СВФУ, 2015. С. 243–251.
16. *Никонов А.А., Шварев С.В., Николаева С.Б., Родкин М.В.* Опорные участки изучения голоценовых палеоземлетрясений восточной части Фенноскандинавского щита: методы, способы параметризации, результаты // Материалы 10-го Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода «Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований». М., 2017.
 17. *Равдоникас В.И.* Археологические исследования на реке Свири в 1934 г. // Советская археология. 1940. Т. 5. С. 187–205.
 18. *Субетто Д.А.* Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб., 2009. 344 с.
 19. *Шаров Н.В.* Сейсмический мониторинг природных и техногенных событий на территории Карелии // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Геология Карелии от архея до наших дней». Петрозаводск, 2011.
 20. *Dolukhavin P.M., Subetto D.A., Arslanov Kh.A., Davydova N.N., Zaitseva G.I., Kuznetsov D.D., Ludikova A.V., Sapelko T.V., Savelieva L.A.* Holocene oscillations of the Baltic Sea and Lake Ladoga levels and early human movements // Quaternary International. 2010. V. 220. P. 102–111.
 21. <http://barkingdolphin.com/the-salpausselka-and-the-lake-region-in-finland/>.
 22. <http://himchistka-daugavpils.eu/finlan-6.html>.
 23. <http://monateka.com/article/167095/>.
 24. <http://prensaturistica.ru/?p=4011>.
 25. http://wikiredia.ru/wiki/Авария_на_АЭС_Фукусима-1.
 26. <http://www.petrozavodsk.ru/news/60356.html>.
 27. <http://www.spb.aif.ru/archive/1798972>.
 28. <https://chernobyguide.com/ru/fukusima.html>.
 29. <https://realt.onliner.by/2015/11/11/fukushima-2>.
 30. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Буокса_\(река\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Буокса_(река)).
 31. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Буокса_\(река\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Буокса_(река)).
 32. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сальпаусселькя>.
 33. <https://ru-travel.livejournal.com/30139449.html>.
 34. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Река_Свирь_из_п.Важины.JPG.
 35. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/2_июля_2011._Отдых_на_Янигубе._panoramio_%282%29.jpg.
 36. <https://сезоны-года.рф/река%20Нева.html>.
 37. *Saarnisto M., Grönlung T.* Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari // Hydrobiologia. V. 322. P. 205–215.
 38. *Saarnisto M.* The late Weichselian and Flandrian history of the Saima lake. Helsinki, 1970. 108 p.
 39. *Subetto D.A., Shvarev S.V., Nikonov A.A., Zaretskaja N.E., Poleshchuk A.V.* Catastrophic changes of the Karelian Isthmus hydrographic network in the Late glacial – Holocene: palaeoseismological origin // Proceedings of the Peribaltic Simposium INQUA. Rovaniemi, 2017. P. 156–157.