

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата географических наук Юдиной Викторией Антоновны
на тему «Оценка характеристик селевых потоков и прорывных
паводков на основе комплекса математических моделей»
по специальности 1.6.16 – «гидрология суши, водные ресурсы,
гидрохимия»

Диссертация Викторией Антоновны Юдиной посвящена анализу и совершенствованию методов расчета характеристик селевых потоков, в том числе порождаемых паводками при прорыве ледниковых озер. Эти природные явления представляют исключительную опасность для горных и предгорных территорий и результаты исследований, приведенные в рассматриваемой диссертации, несомненно, актуальны и имеют важное научное и прикладное значение.

Работа состоит из введения, 7 глав и заключения, список использованной литературы содержит 177 названий. Общий объем работы составляет 130 страниц, включая 39 рисунков и 18 таблиц.

Во **Введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований, показана их научная новизна, обоснованы теоретическая, методическая и практическая значимость полученных результатов, представлены положения, выносимые на защиту, отмечен личный вклад автора и перечислены научные мероприятия, на которых была проведена апробация работы.

Объектами исследования являлись долины горных рек Барсемдара и Бодомдара (Западный Памир, ГБАО, Таджикистан) и Герхожан-Су (Северный Кавказ, Кабардино-Балкарская республика, Россия) в которых за последние годы произошли разрушительные селевые потоки, и где располагаются потенциальные селевые очаги и прорывоопасные ледниковые озера.

Рассматриваемые в диссертации **методы расчета** характеристик селевых потоков, совершенствование которых и являлось основной **целью** работы, базируются на комплексном анализе особенностей формирования и транспорта селевых потоков. Для достижения этой цели, Викторией Антоновной Юдиной были поставлены и успешно решены следующие задачи:

- 1) проведен анализ изученности селевых процессов;
- 2) выполнено полевое обследование вышеперечисленных объектов, в котором она принимала непосредственное и активное участие;
- 3) создана информационная основа для моделирования с использованием результатов дешифрирования спутниковых снимков и материалов, полученных автором при съемке с беспилотного летательного аппарата;
- 4) обоснованы возможные сценарии развития селевого процесса и выполнена параметризация моделей для выбранных селевых бассейнов;
- 5) проведено гидродинамическое моделирование прорывных паводков и селевых потоков и определены зоны затопления для всех сценариев;
- 6) составлены карты по результатам моделирования и даны рекомендации для органов власти и управления по мерам, необходимым для предотвращения или минимизации наиболее неблагоприятных последствий исследуемых природных явлений.

Материалы, положенные в основу диссертационной работы, получены при непосредственном участии автора в ходе работ, выполнявшихся как сотрудниками кафедры гидрологии суши Географического факультета МГУ и лаборатории снежных лавин и селей этого факультета, так и совместно с коллегами из Таджикистана, из Агентства Ага Хана по Хабитат (Агентство по изучению среды обитания). Хочу отметить, что при проведении работ применялся комплекс разнообразных методов исследований: полевое обследование, дешифрирование материалов ДЗЗ, математическое моделирование исследуемых процессов.

Методика работы, а также используемые данные и материалы, соответствуют поставленным целям и задачам и отвечают современным подходам в изучении таких опасных гидрологических явлений, как селевые потоки и прорывные паводки.

В диссертационной работе для оценки характеристик прорывного паводка использовался комплекс математических моделей, таких как модель прорыва озера, транспортно-сдвиговая и FLO-2D. Важным достижением автора является разработка программа FLOVI на языке программирования Python, в которой были объединены и расширены первые две вышеупомянутые математические модели.

Особо подчеркну **практическую значимость** полученных автором результатов, позволяющих не только реконструировать характер проявления селевых потоков и прорывных паводков там, где такие явления уже отмечались, но и прогнозировать их прохождение в речных долинах, где потенциальные селевые очаги еще не реализовались, по крайней мере на памяти людей. Возможность такого прогноза имеет важнейшее прикладное значение.

Первая глава посвящена анализу изученности селевых процессов. Подробно рассмотрены типы селевых процессов и основные термины и определения, используемые при их описании, и тщательно проанализированы применяемые методы расчета характеристик селевых потоков. В этой части работы Виктория Антоновна показала хорошее знание литературы, как отечественной, так и зарубежной, посвященной изучению селей и прорывных паводков и их моделированию.

В качестве замечания отмечу, что, говоря о доле твердого вещества в потоке, которая, как указано на стр. 13, может составлять от 10–15 до 60–70% (автор ссылается здесь на работу Семена Моисеевича Флейшмана, 1978 г.), следовало бы уточнить, идет речь о его доле в объеме, или в массе селя. Последняя, как показали Чемолганские (Шамалганские) эксперименты в Казахстане, может быть еще больше – до 90% и даже выше, вследствие чего

плотность селевой массы, по данным Бориса Сергеевича Степанова и его коллег, достигает 2300 ± 100 кг/м³. Собственно, ниже, на стр. 15, Виктория Антоновна также приводит близкие значения плотности грязекаменных селевых потоков – до 2500 кг/м³, ссылаясь при этом на работу Юрия Борисовича Виноградова 1980 г.

Во **второй главе** диссертации рассмотрены методы исследований и использовавшиеся материалы. Широко применялись данные дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) – космические снимки КН-9, Landsat 7, GeoEye-1, Sentinel-2, а также цифровая модель рельефа с разрешением 12.5 м, построенная по материалам съемки ALOS PALSAR

Несколько, на мой взгляд, ошибочно, к материалам ДЗЗ отнесены топографические карты масштаба 1:100 000. Да, при их составлении в свое время широко применялись аэрофотоснимки, но все же, традиционно эти материалы не относятся к ДЗЗ. В то же время, в эту группу исходных данных можно было бы включить материалы съемок с БПЛА, которые выполнялись, в частности, непосредственно автором диссертации и являются очень перспективным современным методом дистанционного зондирования Земли.

Важным методом, позволившим получить уникальную информацию о разнообразных проявлениях исследуемых процессов, было полевое обследование прорывоопасных озер и селевых очагов. В ходе этих работ выполнялась съемка с БПЛА и батиметрическая съемка озера Бодомдара с использованием эхолота. Применение данных съемок с БПЛА подробно описано в разделе 2.4.3.1 где отмечено, что в результате их обработки, включающей классификацию плотного облака точек, можно получить не только цифровую модель рельефа (ЦМР), а и цифровую модель местности (ЦММ), отражающую ее особенности, такие как здания, деревья, направляющие стенки, важные для моделирования прохождения селевых потоков.

Для оценки расхода прорывных паводков и селей автором применялись различные эмпирические зависимости, а также математическое

моделирование прорывного паводка и селевого потока на основе комплекса моделей. Подчеркну, что использовался именно комплекс математических моделей, позволяющий воспроизвести и количественно охарактеризовать различные стадии изучаемого природного процесса. На первом этапе, при описании прорыва ледникового или моренного озера, применялась модель, предложенная Ю.Б. Виноградовым. Полученный гидрограф использовался, как входная гидрологическая информация в транспортно-сдвиговой модели селевого потока, а моделирование его последующей трансформации в долине осуществлялось с помощью гидродинамической модели FLO-2D.

Важным результатом работы Виктории Антоновны является разработка компьютерной программы FLOVI, написанной на языке программирования Python, которая позволяет рассчитывать характеристики прорывного паводка и последующее формирование селевого потока в потенциальном селевом очаге. При этом была выполнена модернизация транспортно-сдвиговой модели, что позволило использовать в качестве входных данных водный гидрограф и получать гидрограф селевой волны, а не одно число (значение пикового расхода), как это было ранее. В программе также предусмотрен расчет селевого потока непрорывного генезиса и реализована возможность расчета характеристик селя на участках подпитки материалом в русле, что может существенно увеличивать его пиковый и суммарный расход.

Третья глава диссертации посвящена описанию объектов исследований, два из которых – реки Барсемдара и Бодомдара – расположены в бассейне р. Гунт на Памире и один – река Герхожан-Су – в бассейне р. Баксан на Кавказе. Кратко описаны рельеф и основные характеристики этих речных бассейнов, их геологическое строение и гидрометеорологические особенности.

Более подробно перечислены основные характеристики долин рек Бодомдара (в т.ч. ледниковых озер в ее верховьях), Барсемдара и Герхожан-Су, которые и являлись основными объектами исследований автора.

В четвертой главе диссертации на примере долины р. Барседара подробно рассмотрено моделирование селевых потоков снегового генезиса. Рассмотрено два сценария формирования и движения селевого потока 2015 г., для анализа реалистичности которых использованы данные видеосъемки, выполненной местными жителями при прохождении этого катастрофического селя. Как указано в этом разделе, значение расхода воды, поступившего в очаг этого селевого потока ориентировочно составило 25 м³/с, при том что фоновый расход реки Барседара в верховьях был принят равным 5 м³/с. Несомненно, положительным моментом работы является то, что Виктория Антоновна обратила особое внимание на различие результатов моделирования от реально наблюдавшегося распространения селя на конусе выноса р. Барседара и дала объяснение причин этих различий.

В последней части этой главы приведены результаты моделирования аналогичного по мощности селевого потока, который возможен здесь в будущем. Они имеют большое практическое значение, так как позволяют организовать безопасное землепользование на конусе выноса р. Барседара.

Пятая глава диссертации посвящена моделированию ледниковых селевых потоков на примере катастрофических селей 2000 года в долине реки Герхожан-Су, причиной возникновения которых могла послужить разгрузка внутриледниковых полостей. Как отмечает автор, особенностью селевых потоков 2000 года стало глубокое врезание русла, на многих участках дошедшее до скальных пород, что, в свою очередь, привело к существенному возрастанию объема материала, вовлеченного в селевой процесс. По результатам моделирования определены максимальные расходы и время добегания селя практически на всем протяжении участка, затронутого селевым процессом, и проведено их сравнение с наблюдаемыми значениями, показавшее достаточно хорошее соответствие.

Отдельно рассмотрено возможное влияния оползня Бузулган на движение и формирование селевых потоков в долине р. Герхожан-Су; при этом проанализировано три возможных сценария движения оползня и

формирования селевого потока. По результатам моделирования определены размеры площади затопления в городе Тырныауз, которые при любом из рассмотренных сценариев являются весьма значительными. Полученные результаты, безусловно, имеют большое значение для обеспечения безопасности жителей этого населенного пункта и должны учитываться в планах его развития.

В **шестой главе** на примере долины р. Бодомдара на Памире приведены результаты моделирования прорывных паводков и порождаемых ими селевых потоков. При этом использовался весь комплекс математических моделей, рассмотренных в работе. Наряду с четырьмя сценариями, рассмотренными подробно и учтенными при моделировании, Виктория Антоновна отметила возможность и иного развития опасных процессов в бассейне р. Бодомдара, указав при этом, что для их моделирования нужны данные, которые могут быть получены в результате дополнительных исследований.

Помимо собственно селевого потока по долине р. Бодомдара, анализировалось также прохождение паводка по долине р. Шахдара, которая может быть частично подпружена селом, вышедшим из Бодомдары и подтопление в долине Шахдары выше конуса выноса Бодомдары.

Седьмая, заключительная глава диссертации посвящена анализу применимости рассмотренного ранее комплекса моделей, в том числе моделей, реализованных в программе FLOVI, разработанной Викторией Антоновной. Подробно проанализированы параметры, изменение которых оказывает наибольшее влияние на результаты моделирования. Обозначены методы исследований, позволяющие уточнить особенности строения моренных плотин, которые могут повлиять на характер их прорыва. Отмечены также сложности, возникающие при определении параметров потенциального селевого массива, чаще всего сложенного обломочным материалом широкого грансостава. Важно, что гидрограф селевой волны, рассчитанный в программе FLOVI, использовался как входной гидрограф для

гидродинамической модели FLO-2D. Автор показала, что в гидродинамической модели FLO-2D не учитывается эрозия потока, а также процессы, происходящие при формировании селевого потока в очаге, то приводит к значительным расхождениям в оценках расхода селевого потока.

Отмечена также важность использования детальных цифровых моделей местности, на которых отображается не только сам рельеф, но и растительность и различные сооружения, в качестве входной информации при численном моделировании. Это позволяет составлять подробные карты пространственного распределения скоростей и глубин потока для разных сценариев расчета и разных вариантов задания начальных параметров. Такие карты необходимы при территориальном планировании в горных селеопасных районах.

В **Заключении** суммированы основные выводы, сделанные в главах 4–7 диссертации. Автореферат и опубликованные автором работы полностью отвечают содержанию диссертации.

В дальнейшем, на мой взгляд, было бы интересно применить разработанный Викторией Антоновной комплексный подход к моделированию прорывных паводков, происходящих при прорыве крупных завальных плотин и образуемых ими подпрудных озер. Такие прорывы намного более редки, чем прорывы ледниковых озер, но они могут затрагивать речные долины на протяжении сотен километров, что делает такие явления намного более опасными и разрушительными.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.16 – «гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия» (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, и

оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Юдина Виктория Антоновна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 – «гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Официальный оппонент:

кандидат геолого-минералогических наук,
главный специалист филиала АО «Институт Гидропроект» – ЦСГНЭО

СТРОМ Александр Леонидович


07.11.2022

Контактные данные:

тел. +7(495)727-36-05; e-mail: strom.alexandr@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

04.00.04 – «Геотектоника».

Адрес места работы: 125993 Москва, Волоколамское шоссе, д. 2.

Тел.: +7(495)727-36-79; e-mail: office@geodyn.ru

Подпись сотрудника филиала АО «Институт Гидропроект» – ЦСГНЭО А.Л. Строма удостоверяю:

Главный специалист по персоналу




Н.А. Филина

07.11.2022