

СТАТЬИ

УДК 004.94

**ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ
РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ –
ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОЦЕНКОЙ
ГИДРОФИТНОГО РАВНОВЕСИЯ В ТРЕХМЕРНОЙ СЕТЕВОЙ
МОДЕЛИ РАЗЛОМОВ И ТРЕЩИН ГОРНОГО МАССИВА****Алешин А.П., Аракелян С.М.***ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Владимир, e-mail: arak@vlsu.ru*

Данная научная статья посвящена выявлению факторов, оказывающих серьезное влияние на возникновение разрушительных наводнений и селевых потоков. В частности, нашим научным коллективом детально рассматриваются процессы, связанные прежде всего с взаимодействием подземных и поверхностных гидрофитных горизонтов. При этом транзит воды под землей осуществляется по сетевой трехмерной модели разломов, которая иллюстративно отображена в содержании этой работы. Приведено численное моделирование процесса формирования наводнений и селей по специально выбранному механизму, который, в свою очередь, приводит к появлению стихийных бедствий вследствие стремительного выброса на поверхность земли гидрофитно-подземных ресурсов благодаря ключевым факторам, а именно динамике давления в трехмерной сети разломов и трещин и трансформации ее топологии. Также продемонстрирован целый ряд различных по структурному строению моделей подземных каналов, по которым протекают гидрофитные потоки в приближении детерминированного и стохастического «фрактального дерева», фрагмент компьютерной программы расчета карты давлений в подземных водах трещиноватых пород, а также графическая модель формирования селевого стока. На элементарных гидравлических схемах рассмотрен принцип распространения гидрофитных напоров в трехмерной сетевой системе разломов и трещин. Вся эта вышеназванная информация должна внести значительные корректировки в единую оценку водного баланса при формировании стока.

Ключевые слова: гидрофитный поток, наводнения, сель, 3D-сетевая модель, водный баланс, моделирование**TERRITORIAL ASPECTS OF THE ORIGIN OF DESTRUCTIVE MUDFLOWS –
THE MAIN PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE ASSESSMENT
OF HYDROPHYTE BALANCE IN A THREE-DIMENSIONAL
NETWORK MODEL OF FAULTS AND CRACKS IN A ROCK MASS****Aleshin A.P., Arakelyan S.M.***Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: arak@vlsu.ru*

This scientific article is devoted to identifying factors that have a serious impact on the occurrence of destructive floods and mudflow. In particular, our scientific team considers in detail the processes associated primarily with the interaction of underground and surface hydrophyte horizons. In this case, water transit underground is carried out according to a network three-dimensional model of faults, which is illustratively displayed in the content of this work. Numerical modeling of the flood and mudflow formation process by a specially selected mechanism is given, which, in turn, leads to the appearance of natural disasters due to the rapid release of hydrophyte-underground resources onto the earth's surface due to key factors, namely the pressure dynamics in the three-dimensional network of faults and cracks and the transformation of its topology. A number of models of underground channels, which flow hydrophyte flows in the approximation of a deterministic and stochastic "fractal tree," a fragment of a computer program for calculating pressure maps in underground waters of fractured rocks, as well as a graphic model of the formation of mudflow, have also been demonstrated. The principle of propagation of hydrophyte heads in a three-dimensional network system of faults and cracks is considered in elementary hydraulic diagrams. All of this above information should make significant adjustments to a single water balance estimate in the formation of runoff.

Keywords: hydrophytic flow, floods, mudflow, 3D network model, water balance, modeling

В настоящее время детальное исследование месторождений, размеров и динамики распространения на определенной местности разрушительных экзогенных природных процессов на примере, наводнений и селевых потоков выявляет некоторый перечень проблем, который связан преимущественно с некорректной оценкой гидрофитного равновесия при образовании стока. В том случае, если мы ведем бурную полемику об исключительной роли атмосферных осадков, то возникает поразитель-

ный феномен по этой причине – при каких условиях огромные притоки атмосферной жидкости одновременно, в природной обстановке, сосредотачиваются в горной стране в русле отдельного (небольшого) водного источника, а также зачастую в полностью пересохших гидрофитных руслах. Однако в практической деятельности существует огромное количество других факторов, которые могут повлиять на процесс повышения уровня воды в межпластовых слоях земли. Исходя лишь из этих утверждений,

можно сделать вывод о том, что проблема, связанная с концентрацией гидрофитного стока, должна рассматриваться на более высоком уровне, а в частности, с привлечением фундаментальных процессов. Также в данной работе особое внимание уделяется многочисленным водным источникам, которые постоянно обмениваются жидкостью и различными другими веществами. При этом неконтролируемый поток воды протекает по каналам 3D-модели разломов и трещин горного массива.

Целью статьи является анализ факторов, а также их роль в процессе реконструкции трехмерной сети разломов и трещин в аспекте реструктурирования транзитных путей для подземных вод при возникновении стихийных бедствий гидрофитного характера.

Материалы и методы исследования

Трехмерная сетевая система подвергается постоянным видоизменениям, это происходит по той причине, что на нее оказывают влияние многочисленные факторы. В перечень этих факторов входят интенсивные атмосферные осадки, которые могут в течение нескольких суток перенасыщать поверхностные слои земли, в результате этих воздействий почва долгое время находится во влажном состоянии и не может полноценно просохнуть, не происходит стадии выветривания, вследствие чего наступает тотальное разрушение почвы. Существуют также и другие факторы, оказывающие воздействие на систему разломов и трещин горного массива, например землетрясения. Водные элементы, которые находились в состоянии покоя, под влиянием вышеперечисленных факторов начинают тесно коррелировать друг с другом [1].

Неотъемлемым условием этой корреляции считается наличие различных дефектов (трещин), которые сформировались в руслах гидрофитных источников. Именно эти рассматриваемые объекты и устанавливают общий объем жидкостной массы в подземных резервуарах, а также в поверхностных горизонтах [2].

Колебания давления в толщах земной коры происходят по нескольким факторам, одним из которых является активация вулканических и сейсмических процессов. В результате этих явлений выделяется огромная энергия, которая разрушает твердую материю горного массива и оставляет после себя свободные незаполненные пространства [3]. Все эти события оказывают серьезное влияние на перепад давления под землей и новую структуру трехмерной сети и гидрофитных протоков внутри нее.

Немаловажным фактором являются аналогичные постоянно поддающиеся динамике процессы, проявляющиеся на обширных территориях в подземных горизонтах, но с некоторым временным запозданием их воздействия для условий определенного речного бассейна [4].

В основу нашей работы частично легли выводы, которые ранее были опубликованы в научных изданиях. Сущность этих выводов заключается в том, что река – это и есть трехмерная сетевая система, в которой происходят постоянные корреляции между поверхностными и подземными гидрофитными стоками. Данные источники формируют целостную 3D-систему циркуляции воды, и именно они приводят в рабочее состояние эту систему, которая в последующем начинает функционировать в совершенно ином режиме (рис. 1). При изучении данных процессов следует использовать комплексный и систематический подходы, которые включают в свое содержание информацию о разнообразных формах и масштабах трещин, а также об их характерных признаках, которые проявляются в структуре горных пород. Стратегической ценностью в данной работе обладает информация об актуальном уровне воды в подземных резервуарах, а также скачкообразном колебании гидростатического давления, которое динамично проявляется во всех трещинах и разломах трехмерной сетевой модели при интенсивной циркуляции жидкости. Вся эта ситуация может быть искусственно вызвана буровыми установками, которые оказывают воздействие на межпластовые слои земли, и очень важно то, что вся деятельность осуществляется по заранее спланированному маршруту [3].

В процессе научного исследования нашим коллективом было выполнено численное моделирование процесса формирования разрушительных наводнений и селей, по специально выбранному механизму, который, в свою очередь, приводит к появлению стихийных бедствий вследствие стремительного выхода на поверхность земли гидрофитно-подземных масс благодаря уже ранее упомянутому в содержании статьи двум факторам – динамике давления в трехмерной сети разломов и трещин и трансформации ее топологии. Основная задача нашего исследования заключается в том, чтобы выявить и детально рассмотреть факторы, а также их роль в процессе реконструкции трехмерной сети разломов и трещин в аспекте реструктурирования транзитных путей для подземных вод при возникновении стихийных бедствий гидрофитного характера (рис. 2).

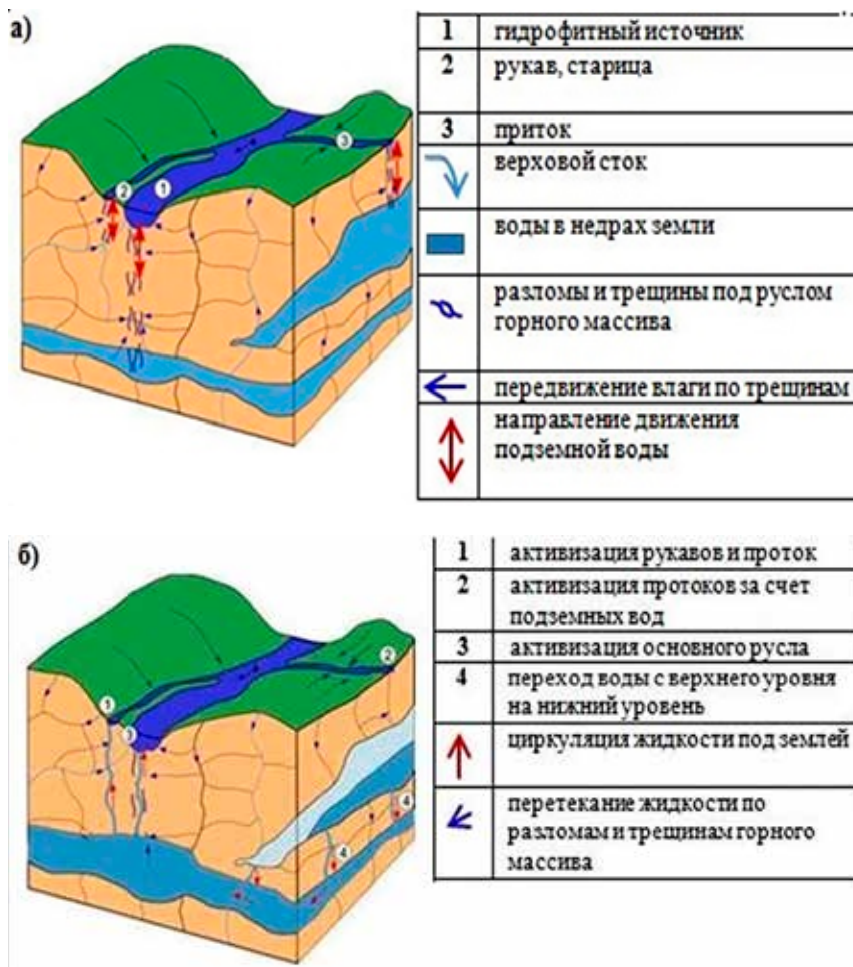


Рис. 1. Работоспособность гидрофитного источника в процессе перестроения разломов и трещин в межпластовой структуре горного массива: а) сбалансированное состояние; б) новая концепция

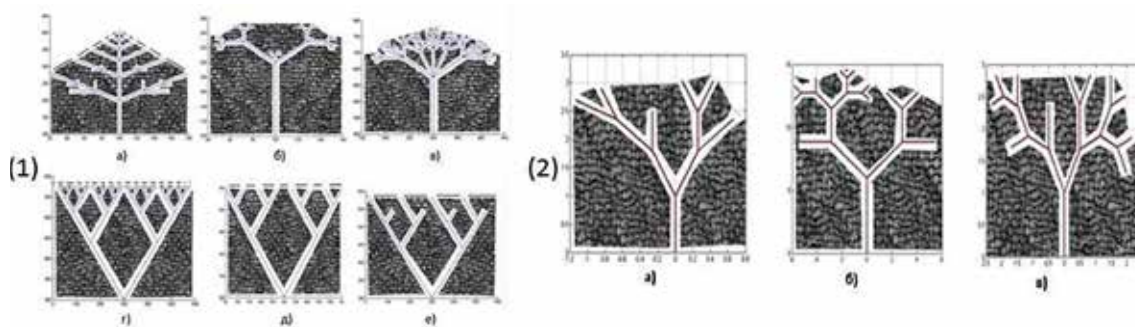


Рис. 2. Детерминированные модели «фрактальных деревьев», по которым осуществляется транзит водных ресурсов: а) «основная ветвь»; б) «ветвь при вершине»; в) «ветвь при вершине F-образной формы»; г) насыщенный V-образный граф; д) V-образное дерево с меньшим количеством ветвей; е) дерево с левым доминированием ветвей. Примеры случайных моделей в зависимости от углов формирования ветвей графа [3]

Проанализированная нашим коллективом вышеизложенная информация предоставляет возможность не только вести речь о существовании такого рода воздей-

ствии, но и сравнивать затронутые в данном контексте явления на качественном и количественном уровне для конкретной сетевой структуры (рис. 3) [3].

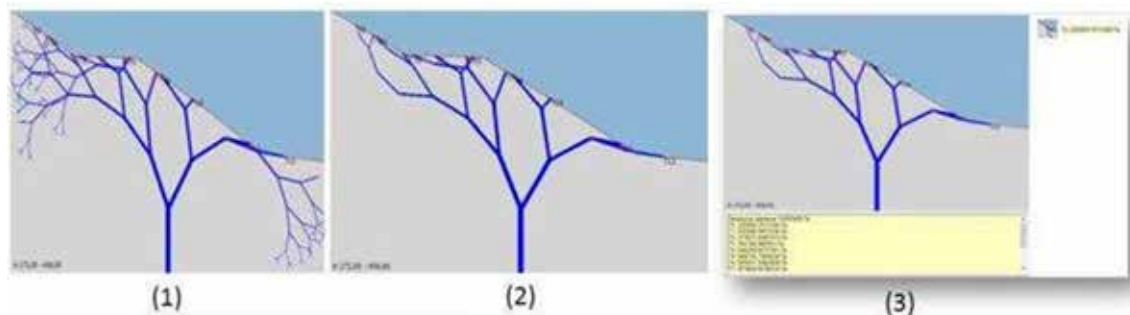


Рис. 3. Моделирование, реализованное в программе «Midas GTS». Данный программный комплекс выполняет следующие функции: (1) формирует сетку новых разломов и трещин; (2) снимает напряжение с краевых ветвей графа; (3) вычисляет и фиксирует показатели давления жидкости в различных горных зонах интерфейсной карты, в том числе на ее выходе [3]

Результаты исследования и их обсуждение

Дифференциальная диагностика всех факторов, перечисленных в этой статье (оказывающих первостепенное воздействие на формирование и распространение экзогенных процессов и, в частности, их корреляций между собой), является обязательной процедурой в сложноорганизованной системе прогнозирования, которая может определить локальную область зарождения катастрофических явлений, а также их координатную распространения на определенной местности. Безусловно, эти задачи реализуются только тогда, когда будут выявлены и предоставлены подробные данные об интересующей нас горной местности, а в частности о форме рельефа и структуре гидрофитного резервуара, объеме выпавших осадков, мощности и частоте проявления землетрясений. Также данная информация в оперативном порядке поможет составить точный прогноз о характеристиках зарождающихся или функционирующих в полном объеме катастрофических явлений и сформировать комплекс мероприятий по обеспечению безопасности населения. Кроме всего прочего, полученная нами информация позволяет нам смоделировать процесс катастрофы в соответствии с образцами гидравлических схем (рис. 4) [5].

Предсказать точное время наступления того или иного катастрофического события практически невозможно. Это происходит по причине того, что на данный момент времени существует огромное количество факторов, которые при регулярном взаимодействии друг с другом, а также с естественными и антропогенными свойствами территориальных зон ока-

зывают серьезное влияние на зарождение данного процесса. Еще один минус заключается в том, что ни один программный комплекс не может этот процесс рассчитать полноценно. Однако если мы говорим о временном интервале, то эта задача становится более посильной. На сегодня в научном сообществе существует гипотеза о корреляционной зависимости между землетрясениями и наводнениями, можно сказать следующее, что она имеет место быть. Проявляется данная корреляция в течение двух недель после возникновения очага землетрясения. Под действием высокого давления подземные воды поднимаются на верхние слои грунта, тем самым затопливают некоторую территориальную местность.

В рамках данной тематики нашим научным коллективом была осуществлена продуктивная деятельность, которая заключалась в выборке и кратком анализе событий, связанных прежде всего с произошедшими в 2022 г. наводнениями и селевыми потоками. По нашему мнению, все эти катастрофы были спровоцированы средними и высокими сейсмическими толчками по шкале Рихтера, которые в свою очередь оказали серьезный эффект на изменение трехмерной системы разломов и трещин горного массива. В результате по этим трещинам осуществлялось движение воды из подземных глубин на поверхностные слои земли.

Систематическое рассмотрение данной проблематики требует от исследователей полноценной информационной картины о таких процессах, как количественный уровень воды в подземных резервуарах (артезианские скважины), данные о накапливаемом давлении до и после землетрясения.

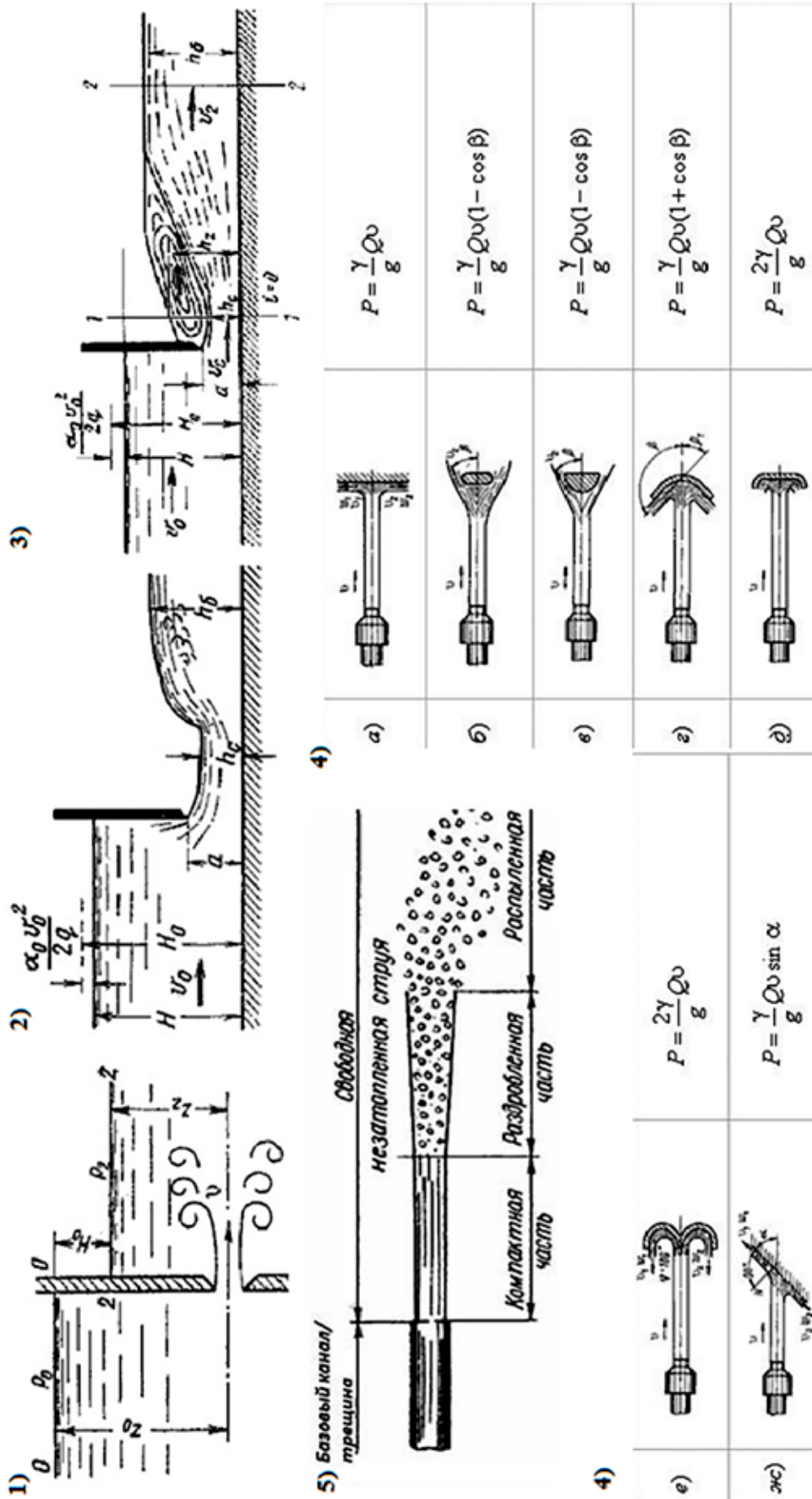


Рис. 4. Гидравлические схемы: 1–3) переход жидкости из одного сектора в другой под задвижкой; 4) рассматривается динамика поведения струи при взаимодействии с препятствиями в различных ситуациях, а также формулы расчета всех этих контактов; 5) стабильный процесс рассеивания струйного, водного потока [5]

Особый интерес здесь представляет эффект периодической подпитки в виде искусственного водоема, который взаимодействует с часто рассматриваемыми гидродинамическими аномалиями, в данном случае с образованием гидрофильных форм, подобных шлему в системе подземных вод на уровне нижнего пула водоема, несмотря на активный забор жидкости [5]. Данные купольные формы сами по себе являются самыми крепкими областями в трехмерной системе трещин. Но даже эти элементы при дальнейших сейсмических колебательных процессах будут постепенно разрушаться.

По нашему мнению, основной комплекс мероприятий, который поможет внести определенный вклад в развитие данной проблематики, формируется на базе анализа подземных водных пулов, которые и вызывают при определенных условиях стихийные бедствия, актуальные для данной работы. При этом деятельность, связанная с распознаванием и анализом фотоснимков, сделанных со спутника, оказывает серьезную помощь в определении факторов, оказывающих влияние на процессы, которые формируются и развиваются в области огромной территориальной зоны речного водосборного бассейна. По данным фотографиям можно определить, какая область будет задействована при прогнозируемом селевом потоке. Основное внимание здесь уделено такой научной отрасли, как гидрография, она позволяет нам детально рассмотреть интересующие нас объекты, в частности реки, озера, пруды, которые зачастую находят подпитку от других гидрофитных источников, а также о структуре разломов и трещин горного массива, о формировании селевых потоков, образовавшихся в процессе сейсмического воздействия.

Заключение

В данной научной статье рассмотрены территориальные аспекты происхождения разрушительных селевых потоков, а также основные проблемы, связанные с оценкой водного равновесия в 3D-сетевой модели разломов и трещин горного массива. Также нами были предоставлены фрагменты численного моделирования и объектно-ориентированного, которые показывают, как трещина динамично развивается в горной системе под воздействием на нее различных природных факторов. Приведены фрагменты некоторых важных иллюстра-

ций гидравлических схем, а также ключевые формулы, которые помогут не только выполнить точные расчеты, но и осуществить моделирование, связанное с процессом образования и распространения селевых потоков и наводнений (взаимодействием водного потока с препятствием). Вся эта информация предоставит возможность компетентным специалистам в различных профессиональных областях осуществить комплексные мероприятия, которые окажут плодотворное влияние на положение дел в секторе безопасности. В данный перечень входят следующие работы: межвание местности по уровню опасности проявления стихийных гидрофитных чрезвычайных ситуаций, исследование специальных механизмов пробуждения и режимов распространения этих явлений, описание случайных событий их возникновения. Вся эта деятельность, возможно, поможет предугадать процессы, связанные с произвольным формированием селевых потоков и наводнений. И на основе этих догадок осуществить деятельность, связанную с формированием хорошего качественного прогноза. Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что данная тематика является актуальной на данный момент времени и требует к себе особого внимания, а также представляет особую важность в кругах общестественности. Также данная работа может послужить хорошим фундаментом при написании более углубленной работы, связанной с рассмотрением аналогичных тематик.

Список литературы

1. Белоцерковский О.М., Фимин Н.Н., Четкин В.М. Когерентные гидродинамические структуры и вихревая динамика // Математическое моделирование. 2015. Т. 27. № 8. С. 63–84.
2. Трифонова Т.А. Речной водосборный бассейн как самоорганизующаяся природная геосистема // Известия РАН, серия географическая. 2008. № 1. С. 28–36.
3. Трифонова Т.А., Виноградов А.Ю., Аракелян С.М., Абрахин С.И., Кучерик А.О., Трифонов Д.В., Тюленев Н.Ю. Глобальный и региональный аспекты генезиса катастрофических селей с учетом динамических процессов в земной коре – проблема оценки массового и водного баланса // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: материалы IV Международной конференции (Иркутск, 6–10 сентября 2016 г.). Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 236–241.
4. Ольховатенко В.Е. Методы изучения трещиноватости горных пород: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы по курсу «Инженерная геология». Томск: Издательство Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2015. 80 с.
5. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. М.: КДУ, 2014. 334 с.