

На правах рукописи

Баринов Александр Юрьевич

**ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛИВНЕВОЙ СЕЛЕОПАСНОСТИ
ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ**

Специальность 25.00.25. - Геоморфология и эволюционная география

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

МОСКВА 2009 г.

Работа выполнена на кафедре геоморфологии и палеогеографии географического факультета в Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Научный руководитель	доктор географических наук профессор Игнатов Евгений Иванович
Официальные оппоненты	доктор географических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник НИЛ снежных лавин и селей Перов Вениамин Федорович кандидат геолого-минералогических наук Мальнева Ирина Васильевна
Ведущая организация	Краснодарский Государственный Университет

Защита состоится.....2009 года в часов на заседании Диссертационного совета в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, 21 этаж, аудитория 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова на 21 этаже.

Автореферат разослан..... 2009 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах заверенные печатью) просим направлять по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, ученому секретарю - факс (495) 932-88-36, E-mail: science@geogr.msu.ru

Ученый секретарь

Диссертационного совета

Д-501.001.61

к.г.н. А.Л. Шныпарков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Селеопасность Черноморского побережья России неоднократно становилась причиной катастрофических разрушений. Первые упоминания о прошедших здесь селях встречаются уже в конце XIX века.

С интенсивным хозяйственным освоением территории проблема оценки селевой опасности становится одной из первоочередных для развития густонаселенного района. Постоянное увеличение концентрации населения и хозяйственных объектов естественным образом приводит к увеличению числа жертв и разрушений от каждого нового селя. Особенно стоит подчеркнуть, что данная территория имеет важное рекреационное значение, и в летний период сюда приезжает более девяти миллионов отдыхающих, в том числе детей. Это выдвигает особые требования к предупреждению и защите от селей на Черноморском побережье Краснодарского края, особенно в узкой прибрежной полосе, где происходит сосредоточение основной массы отдыхающих. Важным событием в жизни страны обещает стать зимняя Олимпиада в Сочи в 2014 году, которая соберёт спортсменов и зрителей со всего мира. Строительство олимпийских объектов должно вестись с учётом возможности проявления опасных геологических процессов, в том числе и селей. Практические меры по снижению селевой опасности применяются ограниченно, как из-за недостаточно разработанной научной и правовой базы, так и непонимания уполномоченными лицами серьезности проблемы и путей ее решения. Практически каждый сель на обозначенной территории приводит к человеческим жертвам. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации в СМИ с ссылкой на уполномоченные органы МЧС. Главным фактором, обуславливающим гибель людей во время прохождения селевых потоков, является отсутствие информации о порядке эвакуации в случае подобных событий. Получение такой информации невозможно без тщательной крупномасштабной оценки селеопасности территории. Последним ярким примером стал сель, прошедший 9 августа 2002 года в Широкой Балке, курортном местечке под Новороссийском (рис. 1).

По сообщению Южного регионального центра МЧС России: «В результате интенсивных дождей и выхода на сушу смерча, образовавшегося над акваторией Чёрного моря, повысился уровень воды выше критических отметок в озере Абрау-Дюрсо, реках Дюрсо и Цемес. Подтоплены н.п. Абрау-Дюрсо, Южная Озереевка, Глебовская, Крымск, Новороссийск, 12 тысяч домов. Из них разрушено 490 и повреждено 3588. Пострадало более 30 тысяч человек, погибло 59 человек. Спасено 3000 человек». Наибольшее число погибших в этот день было в Широкой Балке. Здесь более десятка человек погибло, пытаясь самостоятельно уйти от селевого потока путями, которые специалисты по селям сразу охарактеризуют как

«самоубийство». Например, из одного детского лагеря отдыха детей пытались вывезти на автобусе по дороге, которая проходит по вдоль русла водотока, по которому проходил селя.



Рис. 1. В средней части щели Широкая Балка после селя 9 августа 2002 года. Фотография Интернет-сайта <http://www.photoshare.ru>

Как показывает практика, оценка селеопасности Черноморского побережья Кавказа нуждается в уточнении. Многие из проводимых ранее исследований имели локальный характер и были приурочены к тем территориям, где уже прошедшие сели причинили весомый ущерб. При этом большая часть территории была лишена внимания в силу разных причин, основными из которых можно назвать недостаточное хозяйственное освоение и отсутствие ярко выраженных предпосылок к образованию селя. С практической точки зрения представляется важным наличие оценки селеопасности для каждой долины побережья. Особенным преимуществом такой оценки может быть включенный в нее прогноз параметров и времени прохождения селевых потоков.

В ближайшие годы возможно увеличение количества осадков в регионе, что может привести к образованию селей там, где их раньше не наблюдалось. Именно такое событие и произошло 9 августа 2002 года под Новороссийском на территории, которая, согласно имеющимся оценкам, обладает низкой степенью селеопасности или вовсе отнесена к не селеопасным. Причиной катастрофы стало выпадение большого количества осадков в экстремально короткие сроки, что очевидцы и многие специалисты связывают с морским смерчем, который мог принести осадки с моря (рис. 2).

Морские смерчи нередко указываются в качестве причины возникновения селевых потоков на Черноморском побережье Кавказа. В ряду селевых катастроф здесь можно выделить группу, которая характеризуется схожим начальным импульсом, а именно

интенсивным выпадением большого количества осадков в пределах береговых морфосистем в узкой прибрежной полосе (что и связывают с морскими смерчами).

В интервью «Российской газете» директор Гидрометеорологического научно-исследовательского центра России Р.М. Вильфанд указывает, что «...полную статистику смерчей просто невозможно выявить.... Обычный радар смерч не видит. И со спутников не разглядеть: он возникает только в облачную погоду. ... Среднее время предупреждения до появления смерча всего



Рис. 2. Смерч в районе Новороссийска.

Фотография сайта www.yuga.ru.

16-17 минут.». Таким образом возникновение морских водяных смерчей практически невозможно предсказать. Но с помощью геоморфологических исследований возможно определить характер возникновения этих явлений и, что самое главное, их влияние на геоморфологические процессы, в том числе, образование селей.

Цель и задачи исследования.

Общая цель заключается в проведении геоморфологической оценки ливневой селеопасности береговых морфосистем Черноморского побережья России с целью картографирования и прогноза селевых явлений в регионе. В рамках достижения общей цели решаются несколько частных задач:

- 1) комплексный геоморфологический анализ селевой катастрофы 9 августа 2002 года в Широкой Балке (как ключевом участке);
- 2) представление Черноморского побережья России как комплекса береговых морфосистем (БМС) для целей оценки селевой опасности;
- 3) изучение и разработка методики оценки ливневой селеопасности БМС;
- 4) составление прогнозной карты селеопасности Черноморского побережья России

Научная новизна работы состоит в следующем:

- впервые проведен комплексный геоморфологический анализ уникального, ранее не изученного, природного явления – селевой катастрофы 9 августа 2002 года в Широкой Балке, определены обусловившие ее факторы и их характеристики, описаны произошедшие изменения рельефа;
- изучены и обобщены имеющиеся сведения о селеопасности Черноморского побережья, установлена ее связь с морскими водяными смерчами;
- расширено существующее представление о таком понятии как «ливневый сель»;
- впервые применен системный подход при оценке ливневой селевой опасности на примере Черноморского побережья России;

- создана карта прогнозной оценки ливневой селеопасности Черноморского побережья России на основе расчетных параметров селя для каждой долины, выходящей к морю.

Защищаемые положения:

1. Катастрофические сели на Черноморском побережье Кавказа могут образовываться в узкой прибрежной полосе в результате выпадения ливней высокой интенсивности полностью или частично обусловленных разгрузкой материнских облаков водяных смерчей, выходящих на сушу с моря. При этом предварительное увлажнение территории не является обязательным условием формирования селя. Эти, аналогичные прошедшему в Широкой Балке, сели, относятся к типу дождевых селей в общей генетической классификации селевых явлений, но могут быть выделены в особый подтип ливневых селей с участием водяных смерчей.
2. Селевые события, аналогичные произошедшим в Широкой Балке, имеют редкую повторяемость. Однако ретроспективный анализ указывает на то, что подобные сели происходят на побережье раз в несколько десятков лет и с каждым разом наносят все больший ущерб. Ливневые осадки высокой интенсивности, в том числе, полностью или частично обусловленные выходом морского водяного смерча на сушу, могут выпадать в любой части Черноморского побережья. Поэтому каждый участок берега может рассматриваться как потенциально селеопасный и этот факт следует учитывать в планах хозяйственного освоения региона.
3. Оценка селеопасности побережья можно проводить с позиций системного подхода. В этом случае берег рассматривается как комплекс береговых морфосистем различного ранга. Установив структуру и функционирование береговой морфосистемы, а также ее реакцию в виде формирования селя на действие внешнего импульса (интенсивного ливня) можно оценить селевую опасность аналогичных (того же ранга, структуры, типа функционирования и т.п.) морфосистем на других участках побережья.
4. Составленная карта оценки ливневой селеопасности береговых морфосистем Черноморского побережья является прогнозной и может быть использована для обеспечения безопасности хозяйственной и рекреационной деятельности, а также при планировании противоселевых мероприятий.

Виды работ и использованные материалы. Начиная с 2003 года автор проводил самостоятельные маршрутные исследования береговых морфосистем Черноморского побережья Кавказа и Крыма. Автор также участвовал в селевых экспедициях в других селеопасных регионах - на Камчатке и в Центральной части Северного Кавказа. Проводились описания селевых бассейнов, дешифрирование аэрокосмических снимков, работа с геоинформационным программным обеспечением (ArcGIS) и программами

обработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса (ScanEx Image Processor) с целью построения и анализа морфометрических и геоморфологических карт, схем дешифрирования, цифровых моделей рельефа. За время работы накоплено большое количество фотографий, собраны материалы метеонаблюдений, опросы очевидцев катастрофических селевых событий.

Практическая значимость. Полученные результаты могут использоваться при освоении территорий и проведении противоселевых мероприятий. На их основе возможно создание схем эвакуации населения, расчета характеристик противоселевых сооружений, проведение профилактических мероприятий с целью прогноза и предупреждения селевых катастроф, а также информирования населения и отдыхающих о возможных опасностях. Результаты могут учитываться при строительстве объектов инфраструктуры на самых привлекательных (особенно для рекреации) участках – в приустьевых частях долин, выходящих к морю.

Практическую значимость результаты работы имеют и для успешной реализации Федеральных целевых программ Юг России (2008-2012 гг.) и Развитие города Сочи как горноклиматического курорта (2006-2014 гг.).

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены на конференциях и совещаниях: XII международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2005», конференции «Молодые географы Новой России» (2007), конференции «Опасные природные и техноприродные экзогенные процессы: закономерности развития, мониторинг и инженерная защита территорий» (2007), Международной научной конференции «Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем» (2007), Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита» (2008), Седьмой Международной конференции «ГЕОРИСК-2009».

Результаты исследований изложены в 10 публикациях из которых 5 написаны лично автором и 5 в соавторстве. Материалы исследований нашли отражение в проектах РФФИ «Электронное геоэкологическое картографирование прибрежной зоны Черного моря» (№ 04-05-64947-а) и «Рельефообразование прибрежной зоны в экстремальных условиях» (07-05-00419-а). Изучению селевых потоков на Черноморском побережье также посвящена дипломная работа автора, защищенная в 2006 году руководством Е.И. Игнатова.

Также автор использует результаты работ в своей трудовой деятельности в компании Geobrugg AG (Швейцария) – крупнейшей международной компании по проектированию и производству систем инженерной защиты от неблагоприятных экзогенно-геологических процессов, в том числе селей.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, 5 графических приложений. Объем диссертации 143 страницы, в том числе 31 рисунок, 14 таблиц. Список

литературы включает 88 названий. Работа отражает результаты исследований по состоянию на 2009 год.

Автор выражает благодарность организациям и учреждениям, которые оказывали помощь и поддержку при написании работы. Среди них особенно хотелось бы отметить: Географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, и особенно кафедру геоморфологии и палеогеографии и лабораторию лавин и селей; ОАО Центргеология; ООО ИТЦ "СканЭкс"; ОАО "Союзморниипроект"; Новороссийскую Военную Метеостанцию; Черноморское отделение института океанологии им. Ширшова; ОАО ГЛАВНИВЦ, Geobrugg AG и др.

Хотелось бы поблагодарить всех, кто оказывал методическую поддержку и консультации во время написания работы и повседневной научной деятельности, и оказал непосредственное влияние на развитие автора как ученого, а именно О.В. Зеркаля, Г.А. Зайцева, И.В. Мальневу, В.Л. Меншикова, Г.И. Рычагова, Г.А. Сафьянова, В.Ф. Перова, И.Б. Сейнову, Ю.Г. Симонова, С.С. Черноморца, С.В. Чистова.

Отдельную благодарность автор выражает своему научному руководителю, доктору географических наук, профессору Е.И. Игнатову за его всестороннюю поддержку и оказанное доверие. Автор также благодарит жену и соратника – Е.В. Аш, без помощи которой настоящая работа никогда не была бы написана. Благодарю всех, кто не отнесся безразлично к настоящей работе и её автору и внес свой вклад в ее создание.

Глава 1. Изученность селей на Черноморском побережье Кавказа

Первые осмысленные упоминания селей на побережье Черного моря относятся к 1896 и принадлежат А.И. Воейкову. Он же отметил одни из основных причин селеформирования на этих землях на многие годы вперед.

Масштабное изучение селей на Черноморском побережье началось в период интенсивного хозяйственного освоения в середине XX века. Проводились исследования различного характера и масштаба. Одна из наиболее известных работ по картографированию селевых очагов – "Карта селеопасных районов СССР масштаба 1:8000000", разработанная Проблемной лабораторией снежных лавин и селей Географического факультета МГУ под редакцией В.Ф. Перова и С.М. Флейшмана в 1975 году. На ней большая часть изучаемой территории отнесена к низкогорной высотной зоне со слабой степенью селеопасности, т.е. единичными селевыми бассейнами. Исключения составили только окрестности городов Новороссийска и Туапсе, отмеченные как зоны средней селеопасности, т.е. где количество селевых бассейнов меньше количества неселевых того же порядка. Также указывается на исключительно дождевое питание селей. На схеме распространения селеопасных районов, составленной В.В. Хворостовым в 1987 году все побережье отнесено к зоне потенциальной

селеопасности. К территориям 3-ей (слабой) категории селеопасности также отнесены районы городов Новороссийска и Туапсе. Изданный в 2005 году "Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации" не внес принципиальных изменений в оценку селеопасности региона.

О высокой селевой опасности туапсинского района могут свидетельствовать и печальные события начала августа 1991 г., захватившие горы и побережье на участке Туапсе-Сочи и распространившиеся на северный макросклон вплоть до Майкопа. В ночь с 31 июля на 1 августа в этих районах прошел сильный ливень, сопровождавшийся выходом на сушу морских смерчей. Ливень вызвал паводочный подъем воды в реках и активизацию селей.

По видимому, описание одного из первых селей в районе Туапсе приведено Шишкиной Л.А.: "Так, в августе 1945 года образовавшийся во время грозы и ливня смерч вышел на берег и, разбившись при встрече со склонами гор, обрушил на город массу воды, вызвав катастрофический паводок реки Туапсе. В результате было разрушено много домов, сорваны мосты, повреждены гидротехнические сооружения на реке. Имелись человеческие жертвы".

Селевой поток 25 августа 1960 примечателен по причине формирования. Тогда выпало до 200 мм осадков за сравнительно короткое время. Ливень редкой интенсивности охватил значительную территорию и сопровождался грозами, градом и выходами смерчей с моря на сушу. В.И. Ворошилов отмечает, что «характерной чертой ливня было то, что особенно интенсивное выпадение осадков (до 2-3 мм/мин) наблюдалось на сравнительно узкой полосе (5-10 км) в прибрежной зоне». При этом на многих небольших речках побережья имели место селевые потоки и паводки. Паводок, вызванный, предположительно, обрушением на суше морского смерча, вызвал сильное наводнение в долине р. Хосты.

Обобщая, отметим, что главными импульсами для формирования селей на Черноморском побережье России являются выпадение экстремального количества осадков высокой интенсивности, затяжные дожди или оба фактора. Нередко ливневые осадки сопровождаются смерчами, что косвенно указывает на их связь. Геолого-геоморфологическое строение территории определяет скопления в днищах и на склонах долин рыхлообломочной толщи, достаточной для насыщения водных потоков наносами и приданию им свойств селя. По характеру питания практически все сели побережья относятся к эрозионному типу. Большинство селей образуется в руслах небольших по протяженности водотоков в небольших долинах.

Глава 2. Условия и факторы селеформирования на Черноморском побережье Кавказа

Основное влияние на режим селеформирования на побережье оказывают следующие условия и факторы: климатические, с которыми связано образование ливней и водяных смерчей; геолого-геоморфологические, определяющие размеры и форму водосборных

бассейнов, уклоны поверхностей рельефа, строение долин рек и временных водотоков, а также накопление рыхлого материала в водосборных бассейнах и тектонику; почвенно-грунтовые и растительные, оказывающие влияние на подвижность чехла рыхлых отложений; деятельность человека, которая отражается на интенсивности и характере проявления неблагоприятных экзогенных процессов.

На климатические условия Краснодарского Причерноморья определяющее влияние оказывают два региональных фактора: горное прикрытие от вторжений холодного воздуха с севера и востока; и наличие сравнительно теплого моря, не замерзающего даже в самые суровые зимы. Почти весь исследуемый регион относится к субтропической Черноморской климатической области. Во всех климатических районах Краснодарского Причерноморья в летнее время преобладают антициклоны, наблюдается, в основном солнечная, теплая, сухая погода со слабыми ветрами. В зимнее время велика повторяемость циклонов, преобладает пасмурная погода со значительной повторяемостью штормовых ветров. Зимние осадки выпадают в виде дождя и снега, поскольку температура воздуха часто переходит через 0°.

Согласно статистическим данным 40% случаев всех стихийных гидрометеорологических явлений (СГЯ) приходится на явления, связанные с зонами активной конвекции. Сильные ливни относятся к летним конвективным явлениям, возникающим в этих зонах. Усилению конвективных СГЯ способствует нахождение территории на границе больших пространств воды и суши. Среднее количество ливней на Черноморском побережье Кавказа – (6 раз в год). Число дней с осадками более 30 мм/сут. составляет от 3 до 20 за год, средний из наибольших суточных максимумов – около 100 мм, наибольший – 300 мм. Среднее количество обильных осадков с апреля по сентябрь – 40-50 мм, продолжительность около 10-17 часов, интенсивность от 0,06 до 0,12 мм/мин. Подавляющее большинство селей на Черноморском побережье носит эрозионный характер, поэтому особенно важным параметром является интенсивность осадков.

Человечеству давно известно о высокой подъемной и всасывающей силе смерчей. Их разновидностью являются морские водяные смерчи. Для материнских облаков смерчей, способных переносить десятки миллиардов тонн осадков, перенос десятков миллионов тонн воды, засосанных смерчем, не представляет больших трудностей. Эти массы, теряя стабильность, выпадают на сушу сразу после разрушения смерча. Смерчи часто сопровождаются грозовыми ливнями. Они связаны со смерчевыми облаками и отличаются необыкновенной силой. Сила потока настолько велика, что, ударяясь о землю, он способен вымывать заметные ямы. Смерчевые дожди по силе не уступают дождям, сопровождающим ураганы, но распространяются на сравнительно небольшие площади.

Для района исследований характерно частое образование смерчей над хорошо прогретой поверхностью мелких прибрежных вод. На побережье Краснодарского края

отмечается наибольшая частота образования смерчей в России. Обычно смерчи перемещаются над мелководьем при температуре воды до 30 градусов Цельсия, во влажном воздухе с точкой росы более 23 градусов. По данным метеостанции Туапсе за период 1946-1988 гг. отмечалось 46 случаев образования смерчей.

В общих чертах Черноморское побережье России представляет собой узкую полосу между крупными отрогами западной части Большого Кавказского хребта и морем. Вся она разбита на части боковыми гребнями хребтов и заложенными между ними долинами и балками эрозионно-тектонического генезиса. Долины весьма глубокие и часто имеют близкую к V-образной форму поперечного профиля и крутые склоны, перекрытые преимущественно слабозакрепленным чехлом склоновых отложений. Район характеризуется среднегорным рельефом с абс. отметками до 1500 м. На морском побережье (и до нескольких километров в глубь суши) здесь наблюдаются участки древних (от плиоценовых до послеледниковых) морских и речных террас. Они располагаются на высотах от нескольких десятков до 100 метров над уровнем моря, являясь своего рода хранилищами твердого материала для селевых потоков.

В Краснодарском Причерноморье в море впадают десятки малых рек и сотни ручьев, значительная часть которых - временные водотоки, пересыхающие в засушливые периоды года. Длина рек варьирует от 6,8 км (р. Паук) до 23 км (р. Кудепста), а площадь водосборов не превышает 103 км. Эти реки дренируют примерно 25% территории региона. В целом, длина и водность рек возрастают от северо-западной к юго-восточной границе региона.

Эрозионная деятельность имеет большое значение в разрушении горных пород и сносе продуктов их выветривания, главным образом не в самой прибрежной зоне, а выше, в средних течениях крупных рек и верховьях их притоков - мелких речек и ручьев. Низовья всех рек Кавказского побережья на протяжении нескольких километров от устья заполнены аллювиальными отложениями аномальной мощности. В низовьях рек и речек происходит преимущественно аккумуляция обломочного материала. Западнее Геленджика мощность аллювия составляет 15-20 м, между Геленджиком и Туапсе - 45-50 м, восточнее Туапсинского разлома - 55-75 м. Эрозия, подрезающая склоны, является (наряду с соответствующими свойствами горных пород) причиной оползней и обвалов, которые, создавая препятствия на пути движения водотока, могут приводить к образованию селей.

Берег моря на всём протяжении района абразионный. Лишь в его северной части крупная Цемесская и меньшая Геленджикская бухты обладают аккумулятивными формами. Пляжи, шириной до первых десятков метров имеются у устьев наиболее крупных рек.

По геологии территория относится к Новороссийско-Лазаревскому флишевому району. Флиш представлен ритмично чередующимися аргиллитами (глинами), алевролитами песчаниками, мергелями и известняками. Породы сильно дислоцированы.

В более теплой и влажной южной части в прибрежной полосе преобладают субтропические желтозёмные почвы. С поднятием в горы они, по законам вертикальной зональности, переходят в бурые лесные, затем в подзолистые и горно-луговые почвы.

В соответствии с геоботаническим районированием Северо-Западного Кавказа, территория от Анапы до Туапсе относится к Крымско-Новороссийской геоботанической провинции, а территории от Туапсе до Адлера - к Колхидской провинции. Преобладающим типом растительности региона являются леса, которые занимают более 80% его территории. Наибольшим распространением пользуются дубовые леса с грабом, ясенем, буком, яблоней, грушей и другими породами деревьев.

В Краснодарском крае сосредоточенно 76% мощности курортно-рекреационных комплексов России. К крупнейшим лечебно-оздоровительным курортам, расположенным на побережье, относятся города Сочи, Анапа, Геленджик, курортные местности Туапсинского, Геленджикского, Новороссийского и Анапского районов. На этих курортах ежегодно отдыхают и лечатся около 9 млн. человек, из них 7 млн. неорганизованно (данные на 1992 г.). Одновременная вместимость существующих пляжей курорта по действующим нормам составляет 128 тыс. чел. (на участке м. Тузла-Туапсе), а на участке Туапсе-Псоу - 350 тыс.

Антропогенная деятельность также способствует интенсификации формирования селей в ряде случаев. В районе Новороссийска сели впервые стали активно проявляться в балках, где размещались массивы пустых пород от карьерных разработок. В районе Туапсе и Сочи существенную роль в формировании новых селей играют сплошные рубки леса, как правило, не сопровождающиеся требуемыми рекультивационными мероприятиями.

Глава 3. Представление о береге как о комплексе береговых морфосистем

Систему выделяют, когда необходимо описать как целое сложный объект, процесс или идею, которые состоят из множества взаимосвязанных деталей, элементов. В системном анализе важны утверждения: система состоит из элементов, каждый из которых можно рассматривать как подсистему (систему более низкого ранга), а сама система является частью системы более высокого ранга (суперсистемы).

В системном анализе слово «структура» обычно используется в словосочетании «структура системы» для определения набора элементов системы и связей между ними. Связи, как и элементы системы, раскрывают ее строение или устройство.

Функционирование системы предполагает, что есть некоторый механизм обмена веществом и энергией с внешней средой, а также механизм обмена веществом и энергией между элементами системы. Это не просто обмен веществом и энергией, но и возможные их качественные и количественные преобразования. Изучение функционирования системы, позволяет определить пути проникновения в нее вещества и энергии в систему и их выноса.

Понятие «состояние системы» характеризует качество системы. Предполагается, что если состояние системы не изменяется, то сохраняется ее структура и тип функционирования. При смене состояний изменяется качество системы, т.е. изменяется ее структура и функционирование. Состояние системы характеризуется качеством и длительностью. Выделение состояний рельефа близко к выделению фаз или стадий его развития.

Представление о берегу как о комплексе береговых морфосистем впервые выдвинуто и разработано Е.И. Игнатовым. Он отмечает, что “берега разного типа – это сложные системы, которые развиваются как одно целое и характеризуются соответствующими параметрами происходящих в них процессов”.

Берег, в широком понимании этого слова, можно рассматривать в качестве сложной природной системы с обратными связями. Для таких систем типично существование процессов саморегулирования и наличие реакций на внешние воздействия. Изменения системы, обусловленные внешним импульсом, проявляют себя в изменениях ее структуры. В таком случае говорят об адаптации структуры системы (ее усложнении или упрощении). Это объясняется стремлением системы к равновесию в сложных схемах энергомассопереноса.

В 2004 г. Е.И. Игнатов ввел термин береговая морфосистема (БМС), которым он предлагает называть участок береговой зоны, образующий единое морфолитодинамическое целое с прилегающей к нему частью приморья (или побережья) и взморья, с которыми он в ходе современного рельефообразования обменивается потоками вещества и энергии. Береговые морфосистемы – это комплексы форм рельефа абразионного, денудационного и аккумулятивного происхождения, созданные совокупным действием флювиальных, склоновых, эоловых и биогенных, техногенных и береговых процессов.

После определения структуры, границ и функционирования БМС следует рассмотреть их устойчивость по отношению к внешним факторам, путем анализа смены состояний систем. При резком воздействии на БМС (например, при прохождении селевого потока) она перейдет в другое состояние. Для возвращения к прежней структуре понадобится некоторый промежуток времени, называемый временем релаксации. За этот промежуток времени вызванные воздействием изменения будут полностью переработаны механизмами функционирования системы и она вернется в исходное состояние. Устойчивость состояния характеризуется величиной внешнего импульса и временем релаксации.

Если берег, являющийся природной системой высокого ранга, представлен комплексом БМС, имеющих схожую структуру и механизмы функционирования, то можно предположить, что и реакция систем при схожих условиях на один и тот же внешний импульс будет сопоставимой. Широко применяемый в сравнительно-историческом анализе метод актуализма может быть эффективен при изучении геоморфологической системы. Тогда определив реакцию одной БМС, подвергшейся внешнему воздействию, можно с

высокой долей вероятности определить, какие изменения произойдут в других БМС, входящих в структуру береговой системы более крупного ранга. Вместе с тем необходимо помнить о вероятностном характере причинно-следственных связей и о существующих, хотя и не существенных, различиях в условиях селеформирования на изучаемой территории.

Черноморское побережье России, как любое другое, можно разделить на БМС различного ранга. Проще всего выделить здесь проходящие по суше границы БМС самого низкого ранга, поскольку все они проходят по водоразделам. Простейшими по структуре и функционированию являются небольшие долины с временными водотоками либо водотоками первого-четвертого порядков, берущими начало в области первого от береговой линии водораздела. К БМС такого ранга относится и Широкая Балка, которая является ключевым районом данного исследования.

Глава 4. Катастрофический ливневый сель 9 августа 2002 года в щели

Широкая Балка

Формирование селя – результат сложного взаимодействия специфических процессов и явлений. О подготовленности территории к возникновению селя можно судить по описанным выше геоморфологической и геологической обстановкам. Однако основным толчком послужило выпадение аномально большого количества осадков.

Анализируя данные Новороссийской метеорологической станции об осадках за август 2002 года трудно сделать предположение о том, что они напрямую стали причиной катастрофического селя. Даже если взять сумму осадков за 7-9 числа (за двое суток предшествующих катастрофе) получается всего 50,3 мм. "Всего" потому что бывали случаи, когда в пределах исследуемой территории за один день (не говоря уже о нескольких) выпадало большее количество осадков. Например, 2 января 2002 г. – 57 мм, 12 ноября 2000 г. – 54 мм, а 13 января 1963 г. – целых 66,9 мм*!

Придерживаться мнения о возможности участия смерча в формировании селя мы будем исходя из совокупности причин: аномально большое количество осадков выпало за короткий промежуток времени на небольшой территории; метеорологические наблюдения не зафиксировали аномальных метеоусловий; очевидцы наблюдали большое количество смерчей над морем, в том числе относительно “крупных”, многие указывают что видели, как крупный смерч двигался в сторону берега; с подобным явлением на Черноморском побережье связывали несколько селевых событий ранее.

Не вызывает сомнений, что формирование рассматриваемого селя вызвано конкретным ливнем не без участия водяного смерча. С учетом того, что по рыхлые отложения щели не способны задержать большое количество влаги, предыдущие осадки вряд ли сыграли

* По данным Новороссийской метеостанции

существенную роль в подготовке селевого события. Поэтому сель, прошедший в Широкой Балке мы отнесем к особой разновидности ливневых селей. Такой сель не зависит от предварительной увлажненности территории. Он формируется вовремя или непосредственно после выпадения ливневых осадков. Таким образом, жидкая составляющая потока практически полностью поступает на землю во время одного ливня в считанные минуты. В соответствии с приведенными ниже расчетами, в Широкой Балке за 20 минут выпало более 40 мм осадков, что иначе как феноменом на данной территории назвать нельзя.

Для водосборов схожих по площади (до 100 км кв.) и геологии с Широкой Балкой время подъема гидрографа может приближенно отождествляться со временем добегания. Быстрое выпадение аномально высокого количества осадков вызвало резкий подъем уровня воды в ручье, текущем по балке. Быстрое выпадение аномально высокого количества осадков вызвало резкий подъем уровня воды в ручье, текущем по балке. Существенно возросла эродирующая сила потока, что дало импульс к образованию ливневого селя путем активизации донной, а затем и боковой, эрозии. Следует отметить, что после прохождения селя на значительном протяжении долины днище было размыто селевым врезом вплоть до коренных пород, то есть на глубину до 10 метров! Размыту подверглась как отмостка русла ручья, так и днище в целом.

Характерные уклоны бортов долины составляют свыше 20° , а склоновый чехол достаточно плохо закреплён, свидетельством чему является наличие большого числа "живых" оползней. Резкий подъем уровня воды вызвал активизацию сход множества мелких оползней. Вполне вероятно, что даже те участки склонов, где чехол рыхлых отложений был относительно стабилен, также были "подрезаны" потоком и сползли в него, став дополнительным источником наносов.

Вышеперечисленное привело к насыщению потока грязевой массой, что способствовало приобретению им селевых свойств. Стоит упомянуть также значительные массы различного рода древесного материала, снесённого в поток со склонов. Геоморфологическое строение Щели отражено на рисунке 3.

Для оценки параметров сошедшего в Щели Широкая Балка катастрофического ливневого селя была разработана специальная методика.

На первом этапе исследований получены необходимые геоморфологические описания. Особое внимание уделялось составлению поперечных и продольных профилей по тальвегам и водоразделам, определению уровней затопления прошедшим селем (рис.) и примечательным локальным явлениям (оползни) и опросу населения. *Целью второго (камерального) этапа исследований* было получение расчётных характеристик изучаемых явлений. Для этого применялись картометрические и математические методы исследований.

Первый применялся для получения значений необходимых для подстановки в формулы параметров, визуальной оценки и картирования опасной для затопления зоны. Второй - для расчёта по известным формулам некоторых характеристик исследуемых явлений.

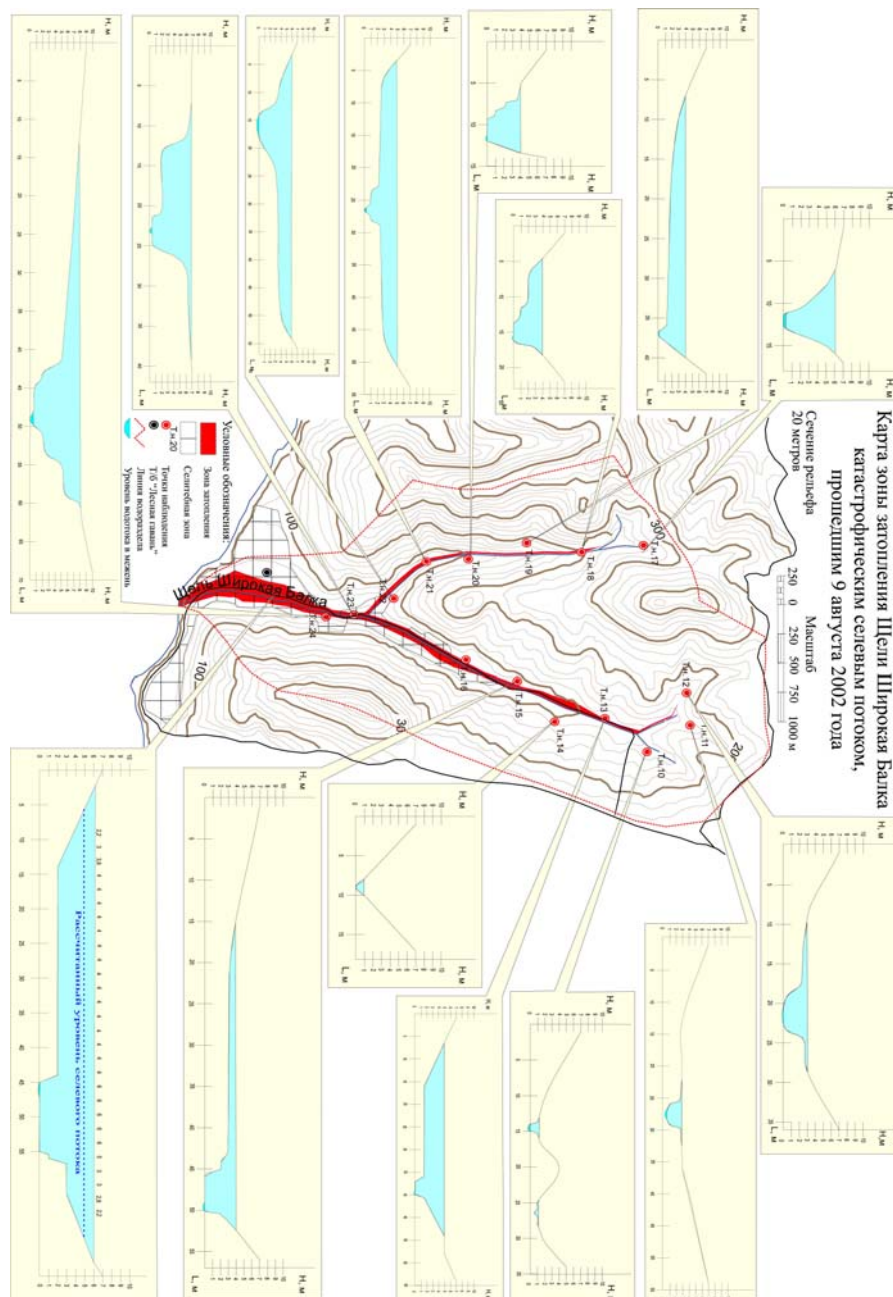


Рис. 3. Карта зоны затопления щели Широкая Балка селевым потоком 9 августа 2002 г.

Работа по определению количества выпавших осадков проведена в несколько этапов. Условно, что все выпавшие на территорию бассейна Щели Широкая Балка осадки в течение времени прохождения селя достигли днища долины и были вовлечены в ливневый селевой поток. Время прохождения основной волны селя в соответствии с показаниями



Рис. 4. Геоморфологическая карта-схема щели Широкая Балка. I. Вершинные поверхности плиоценового возраста 1. Приводораздельная субгоризонтальная поверхность 2. Слабонаклонная поверхность комплексной денудации II. Талассогенный рельеф прибрежной суши 3. Клиф 4. пляж III. Флювиальный рельеф временных водотоков 5. Комплекс пойм и террас IV. Структурно-денудационные склоны 6. Крутизной более 35 градусов 7. Крутизной до 35 градусов V. Прочие обозначения 8. Линия водораздела 9. Ручей 10. Промоина 11. Оползень 12. Родник 13. Обрыв 14. Селитебные земли 15. Отдельно стоящие строения VI. Пояснения к схемам* 16. Нижняя пойма 17. Верхняя пойма 18. Первая надпойменная терраса (предполагаемая) 19. Структурно-денудационный склон 20. Обрыв 21. Скопления коллювия 22. Водопад * Абрисы местности, выполненные при проведении полевых работ

Для соответствующих расчётов средней скорости селевого потока, была использована формула предложенная Г.И. Херхеулидзе:

$$v_c = 4,83 \sqrt{h_{cp}}^4 i$$

где v_c – средняя скорость селевого потока

h_{cp} – средняя глубина селевого потока

i – средний уклон русла на участке исследуемого створа

Данная формула была выбрана не случайно. За её использование говорят несколько факторов. Во-первых, это простота и возможность точного проведения расчётов по ней, а конкретно – большого числа эмпирических составляющих. Также важно то, что формула была получена на основании натуральных и экспериментальных материалов. Она была выбрана из нескольких, так как она наилучшим образом подходит для данного исследования.

Следующий этап работы был посвящён выбору створа и получению таких его параметров как средняя глубина и площадь сечения.

Итак, были получены все необходимые параметры для расчёта средней скорости прошедшего селя. $v_c = 4,83\sqrt{4,11^4\sqrt{0,04}} = 4,41 \text{ м/с}$ *

Расход вычислялся по формуле: $Q = v_c S = 4,41 \times 253,5 = 1117,94 \text{ м}^3/\text{с}$

Сток рассчитывался путём умножения расхода на время прохождения основной волны паводка: $W = Qt = 1117,94 \times 1200 = 1341528 \text{ м}^3$

Принимая конкретные физико-географические условия и многочисленные мнения по поводу возможной доли твёрдой составляющей селевого потока было принято считать её равной $20 \pm 5\%$: $W_{тв} = 1341528 \times 0,2 = 268305,6 \text{ м}^3$

$$W_{жидк} = 1341528 \times 0,8 = 1073222,4 \text{ м}^3$$

Учитывая порядок величины жидкого стока и гидрогеологические особенности территории объёмы поземного стока и фильтрации в грунт можно не учитывать. Соответственно, для дальнейших построений величина жидкого стока была принята равной объёму выпавших на территорию осадков. Далее необходимо разделить общее количество осадков на выпавшие с ливнем и принесённые с моря смерчем

$$\sum_{\text{ливневых осадков}} = OS = 0,0323 \times 14367543 = 464071,64 \text{ м}^3$$

где O – количество зарегистрированных Новороссийской метеостанцией выпавших 9 августа осадков в м; S – площадь Щели Широкая Балка в м^2 .

Соответственно количество

$$\sum_{\text{осадков принесённых смерчем}} = 1073222,4 - 464071,64 = 609150,8 \text{ м}^3$$

В расчёте на квадратный метр

$$\sum_{\text{осадков принесённых смерчем}} = 609150,8 \div 14367543 = 42 \text{ мм}$$

БМС относятся к сложным динамическим системам неживой природы, в которых кроме потоков вещества и энергии существуют ещё и потоки информации. Поступающие в

* Стоит учесть, что это величина средней скорости, рассчитана для приустьевой части Щели, где из-за большой ширины днища поток значительно мелеет и продольный уклон весьма мал.

систему импульсы внешнего воздействия не ограничивают свое влияния только передачей энергии и вещества. Каждый импульс может по своему отразиться в системе. Переводя на конкретную ситуацию становится понятно, почему более продолжительные и обильные осадки не вызывали селей в Широкой Балке. Они передавали ей большее количество вещества и энергии, чем ливень 9 августа 2002 года, но форма подачи была такова, что система не реагировала на этот сигнал возникновением селевого потока. По-видимому, в формировании селя большую роль сыграла также интенсивность ливневых осадков, нежели предварительная увлажненность и, не в последнюю очередь, существующие здесь условия селеформирования (большие запасы рыхлого материала в днище и на склонах).

Сель в Широкой балке оказал существенное воздействие на все элементы структуры БМС Широкая Балка. Изменениям подверглось русло временного водотока, днище и склоны долины, растительность и антропогенные объекты, пляж и участок подводного склона. Претерпел преобразования профиль динамического равновесия главного водотока долины и его притоков, изменился рисунок береговой линии и др.

Глава 5. Оценка ливневой селеопасности береговых морфосистем Черноморского побережья России

Прогнозирование селевых явлений имеет большое научное и практическое значение. Имея возможность спрогнозировать селевую катастрофу, можно довести до минимума отрицательное воздействие селевых потоков, или вовсе предотвратить их. Мы ограничимся только пространственным прогнозом и оценкой параметров селевых потоков.

Существуют пространственные ограничения применения той или иной методики. Они обусловлены изменчивостью факторов, влияющих на формирования селей. Следовательно, предлагая определённые пути решения проблемы, необходимо строго очертить зону их применения. Выделим основные закономерности и особенности селеформирования на изучаемой территории: 1. Селевые потоки формируются в долинах малых рек и временных водотоков; 2. Основной причиной возникновения селей является выпадение аномального количества осадков во время сильного ливня и/или принесённых смерчем с моря. Последнее особенно важно, так как характерно исключительно для изучаемой территории; 3. Морфологические черты рельефа и особенности литологии пород создают предпосылки для быстрого поступления воды со склонов долин в русла и, соответственно, катастрофического подъёма уровня в водотоках при аномально высоком количестве одновременно выпадающих осадков; 4. Наличие мощного, плохо закреплённого чехла рыхлых отложений на склонах и в днищах долин водотоков способствует быстрому насыщению вод интенсивных паводков обломочным материалом и приобретению ими селевого характера (точнее преобразованию в

селевые потоки). 5. Активное хозяйственное освоение территории способствует распространению селевых явлений на территории.

Исследуемый район, в целом, однороден и в плане характеристик основных групп факторов селеформирования, а именно: 1. Климатические - регион относится к субтропической Черноморской климатической области; 2. Геологические – территория относится к Новороссийско-Лазаревской флишевой зоне; 3 Почвенно-грунтовые факторы – преобладают перегнойно-карбонатные почвы; 5. Деятельность человека – область активного хозяйственного и рекреационного освоения.

Здесь не упомянута одна группа факторов – геоморфологические. Именно они объясняют вариации параметров селей, которые могут возникнуть на Черноморском побережье в пределах изучаемых форм. В приведенной выше методике все прочие условия принимаются константами. Параметры селевого потока вычисляются по достаточно простой формуле. Наиболее важными элементами в ней являются количество выпавших осадков, определяющих расход, и морфология изучаемой долины, а именно её площадь, уклон дна и длина водотока, сильно влияющие на возможный расход селя.

Рассчитывать возможную ширину потока предлагается по формуле предложенной И.И.

Херхеулидзе:
$$B = 0,80 \frac{Q^{0.53}}{\sqrt[3]{i}}$$

Уровень селевого потока рассчитывается по формуле:
$$h_{cp} = \sqrt[3]{(Q/4,83\sqrt[4]{i} B)^2}$$

Проверка точности формулы на Широкой Балке показала небольшое расхождение результатов вычислений с натурными наблюдениями. Однако ошибка составила менее 30% (расчётные характеристики занижены), что является приемлемым результатом, если учитывать точность заложенных в основание методики формул. Погрешность необходимо иметь в виду при её дальнейшем использовании, особенно если это будет планирование противоселевых мероприятий.

Используя в качестве основы результаты вычислений, построены и визуально проанализированы гистограммы распределения ширины русла и высоты возможного селевого потока для каждого бассейна. Для учета обоих параметров при оценке селеопасности водотоков, составлена матрица, где по вертикали меняются значения ширины русла селевого потока, а по горизонтали – значения высоты. Возможные сочетания классов селеопасности водотоков исследуемой территории отображены в легенде карты. Каждое полученное сочетание определяет степень селеопасности: 11 – очень низкая, 12 – низкая, 22 – средняя, 33 – высокая, 44 – очень высокая. Итоговая карта оценки селеопасности водотоков Черноморского побережья Кавказа представлена на рисунке 4.

Карта оценки селеопасности водотоков Черноморского побережья России (на участке Новороссийск - Туапсе)

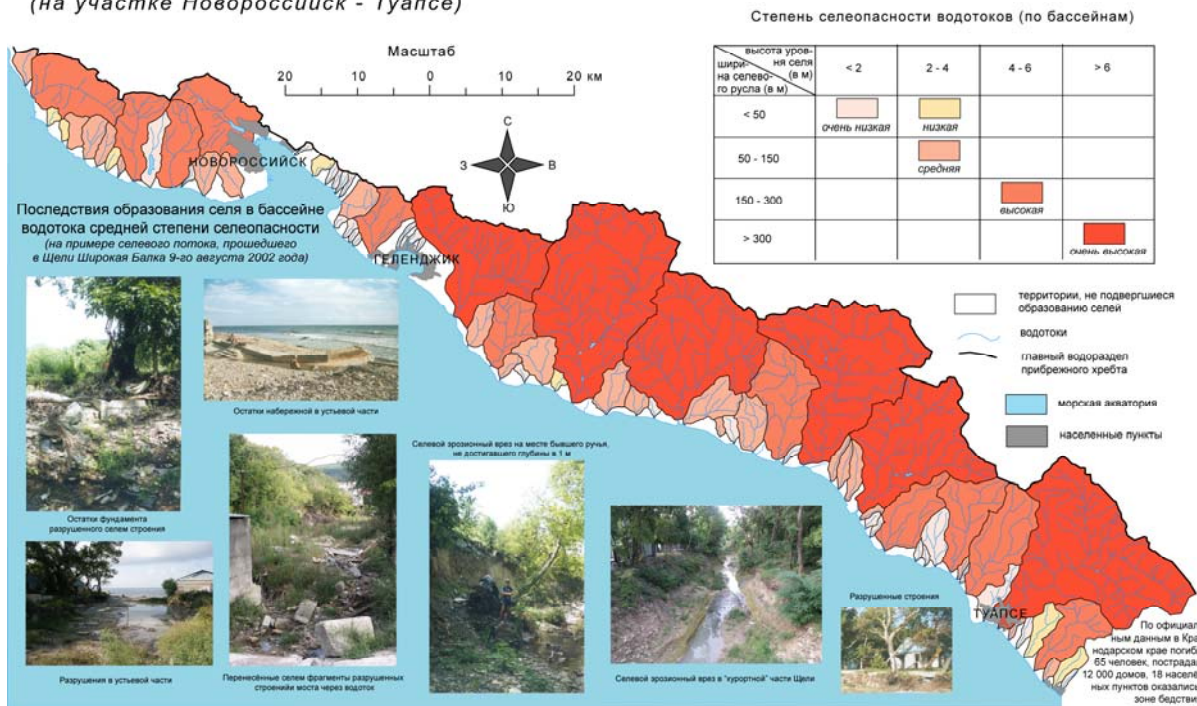


Рис. 5. Карта селеопасности Черноморского побережья Кавказа.

Заключение

Вопросу селеопасности Черноморского побережья России всегда уделялось особое внимание. Несмотря на то, что большую часть территории традиционно относят к слабо селеопасной, сели происходят здесь регулярно. При повышенной концентрации населения, особенно в летний период, даже небольшой по общим меркам, локальный ливневый селя может привести к гибели людей, то есть перейти в разряд природных катастроф. Проведенное исследование добавило новые знания в накопленную информацию по селям региона, показало возможность использования системного подхода при изучении и прогнозировании селей, а также затронуло ранее подробно не освящавшиеся, но важные черты условий и факторов селеформирования на побережье. Впервые с помощью геоморфологических методов исследования изучено феноменальное природное явление – селевой поток, спровоцированный обрушением морского водяного смерча на суше. Обобщая полученные результаты, выделим следующее:

1. Черноморское побережье России было и остается селеопасным регионом. Особенно опасны, с точки зрения возможности образования ливневых селей, БМС низких рангов, представленные выходящими к морю долинами водотоков 1-4 порядка. Мощным импульсом к образованию в них селевых потоков являются морские смерчи, способные приносить существенное количество осадков с моря на сушу и “разгружать” их в считанные минуты, вызывая обильные и экстремально интенсивные осадки (2 мм/мин.).

2. Для описания и изучения селеопасности побережья расширено понятие ливневый селя. Ливневым на данной территории следует называть также и такой селя, жидкая

составляющая которого полностью или частично принесена смерчем с моря. Именно такие ливневые сели представляют самую большую опасность на Черноморском побережье из-за их непредсказуемости и большой разрушительной силы.

3. Поскольку на сегодняшний день не существует надежно функционирующих методик прогноза смерчей и связанных с ними осадков подобной интенсивности, прогноз ливневых селей на основе метеорологических данных затруднителен. Геоморфологический же анализ прошедшего селя позволил приближенно оценить значения метеорологических факторов, вызвавших его формирование и дать прогнозные оценки событий 1%-ой обеспеченности.

4. Основным импульсом к возникновению селя в Широкой Балке стало выпадение жидких осадков экстремально высокой интенсивности за короткий интервал времени (около 20 мин.), часть из которых была принесена смерчем с моря. На основе данных полевых исследований рассчитаны основные параметры селя: ширина и глубина по долине, скорость, расход, время прохождения основной волны, твердый и жидкий сток и др. Сравнением жидкого стока и суммы зарегистрированных осадков получено количество осадков принесенных смерчем.

5. Прошедший сель вызвал изменения в БМС, которая, как и любая природная система стремиться к равновесию. Изменению подверглись почти все элементы структуры БМС – эрозионно-русовая сеть, днище долины, склоны и частично даже приводораздельные поверхности. Эти изменения вызвали активизацию механизмов саморегулирования системы, направленных на восстановление нарушенного баланса.

Для экстраполяции полученных в Широкой Балке результатов на другие участки побережья использована методическая база системного подхода. Берег рассмотрен как природная система, состоящая из нескольких подсистем более мелких рангов – береговых морфосистем, к которым относится и рассматриваемая в качестве эталонного участка долина Широкая Балка. Определена ее реакция как системы на внешний импульс. Используя системный подход и метод актуализма, выдвинуто предположение о возможности схожего реагирования БМС на соседних участках побережья. При этом доказывается незначительность изменений условий и факторов селеформирования на территории. Смерчи наблюдаются и способны выходить на берег на всем протяжении побережья, а катастрофа в Широкой Балке является самой разрушительной из ряда подобных катастроф, произошедших ранее в этом районе. С учетом полученного опыта можно прогнозировать не только параметры возможных селей, но и возможные изменения в рельефе.

6. На основе полученных результатов построена карта оценки селеопасности Черноморского побережья Кавказа. На ней показан прогноз ширины и уровня селевых потоков над днищем долин, являющихся БМС того же ранга, что и Широкая Балка. Важной особенностью карты является побассейновая оценка селеопасности. На ней отражены

региональные закономерности развития селевых явлений. Селевые бассейны типизированы по совокупности двух параметров – ширине и высоте подъёма уровня селевого потока над днищем долины. Очень высокой степенью опасности обладает большая часть водотоков 3-4 порядка, к самой низкой степени относятся, в основном, водотоки первого порядка. Карта может быть использована для составления генеральных схем инженерной защиты территории, обоснования систем противоселевых мероприятий, составления каталогов селевых бассейнов, районирования для целей прогноза и решения некоторых других задач.

Немаловажно, при работе над основной задачей, были сделаны некоторые выводы, имеющие значение для развития общих знаний о селевых процессах. Так, выяснилось, что селевой поток, прошедший 9 августа 2002 года в Широкой Балке, был во многом спровоцирован атмосферными осадками, принесёнными смерчем с моря. Селевые потоки, вызываемые подобным образом, пока не заняли места в разработанных на сегодняшний день классификациях. Возможно, в будущем они займут полагающуюся им ячейку.

В настоящее время задача прогнозирования селевых потоков ещё далека от решения. Поэтому полностью предотвратить возможный ущерб от катастрофических селей не представляется возможным и можно говорить только о его минимизации и предотвращении человеческих жертв. Мы искренне надеемся, что данная работа сделает свой вклад в развитие знаний о прогнозировании селей и поможет спасти человеческие жизни.

Список работ опубликованных по теме диссертации, в периодических изданиях рекомендованных ВАК

1. Баринов А.Ю. Геоморфологический анализ ливневой селеопасности береговых морфосистем Черноморского побережья Кавказа на примере щели Широкая Балка. // Геоморфология, 2009.

а также в следующих публикациях

2. Баринов А.Ю. Геоморфологический анализ ливневой селеопасности Черноморского побережья Кавказа в пределах береговых морфосистем. // Труды международной конференции "Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита". Пятигорск, Институт Севкавгипрорудхоз, 2008, стр. 59-61
3. Баринов А.Ю. Катастрофические процессы на побережье Чёрного моря (на примере селя, сошедшего в Щели Широкая Балка 9 августа 2002 г.) //Тезисы XII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных "Ломоносов - 2005". М.: Изд-во МГУ, 2005.
4. Баринов А.Ю. Оценка селеопасности водотоков черноморского побережья Кавказа. – Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: ГЕОС, 2007, с. 178-182.