

Н. В. ДУМИТРАШКО, В. С. ФЕДОРЕНКО

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СЕЛЕФОРМИРУЮЩИХ БАССЕЙНОВ

Оползневые и селевые процессы в горах нередко взаимно обусловлены, что увеличивает эффект их воздействия на склоны и русла речных долин и размеры причиняемых разрушений. Защита от этих и других склоновых процессов имеет государственное значение, что отражает принятое 7 марта 1978 г. постановление Совета Министров СССР «О мерах по улучшению защиты населенных пунктов, предприятий, других объектов и земель от селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов».

Участие оползневого процесса в селеформировании едва ли не повсеместно в горных районах. Оползни существенно влияют на характер, продолжительность и повторяемость селей. Сели обычно активизируют оползневую деятельность вследствие, например, подрезки оползней селевым потоком. Поэтому комплексному изучению оползней и селей в последние годы уделяется большое внимание. В 1977 г. вопрос обсуждался на симпозиуме в г. Черновцах, а еще раньше — в г. Душанбе (Геологические закономерности..., 1976; Геологические факторы..., 1976). Однако проблема оползне-селевых явлений требует дальнейших усилий по разработке методики их исследования и прогноза.

В возникновении и развитии оползне-селевых процессов большую роль помимо водной составляющей играют крутосклонный рельеф, обвалы, осыпи, курумы, солифлюкция, литологический состав горных пород, гидрогеологические условия, тектонические структуры и сейсмичность территории. Оползни и оползне-селевые потоки чаще всего возникают в толщах с чередованием алевролитов, глин, сланцев и песчаников, характерных для флишевых и флишоидных толщ. Наличие водоупорных горизонтов облегчает процессы смещения на оползневых склонах. Тектоническая трещиноватость, тектониты с глинками трения вдоль разломов способствуют выветриванию и сейсмо-гравитационным смещениям оползневых масс. Большое значение имеет и форма склонов: оползни начинаются преимущественно в основании высоких крутых прямых и выпуклых склонов и в их верхней части, больше обводняемой в связи с условиями высотной поясности и более подверженной воздействию землетрясений. При этом оползни нередко образуют запруды, при прорыве которых возникают сели.

Типы селей зависят и от геологических условий. Так, по данным исследований в Крыму и Карпатах А. И. Олиферов (1976) считает, что если в питании селей помимо оползневых масс участвуют продукты размыва русла и подмыва берегов, то образуются водно-щебенчатые или водно-грязевые сели, а при отсутствии руслового материала — несвязные грязе-каменные или грязевые сели; связные сели этого состава возникают лишь на отдельных участках.

По нашим данным, наиболее типичны следующие взаимосвязи между оползнями, осыпями и обвалами, с одной стороны, и селями — с другой, обусловленные особенностями поступления масс в зону селеформирования и их возобновляемостью (таблица).

Изучение оползней и селевых потоков должно включать ряд географических, геоморфологических, геологических, инженерно-геологических и геофизических методов исследования. К географическим методам относятся ландшафтно-географический, индикационно-геоботанический, гидрометеорологический и гидродинамический. Большие возможности для изучения склоновых процессов создает ландшафтно-географический метод. Он базируется на выявлении определенных сочетаний компонен-

Селеформирующие оползневые, осыпные и обвальные массы	Характеристика процесса селеформирования
Суммарный объем легко размываемых масс, вовлеченных в селеформирование за селевой период	Длительность прохождения селей
Общий объем и соотношение единовременно поставляемых твердой и глинистой составляющих	Тип и объем единовременного селевого выноса:
Максимальный единовременный объем легко размываемых масс:	а) максимальный, наиболее опасный селевой вынос;
а) суммарный по бассейну;	б) возможно образование катастрофического селя
б) локальный, возникающий при прорыве крупной или системы малых обвально-оползневых запруд	Изменчивость типов и объемов единовременных селевых выносов:
Неравномерное поступление и размыв селеформирующих масс	а) общее постоянство типов и объемов селевых выносов, т. е. сохранность режима селевой деятельности (при устойчивом режиме водной составляющей);
Возобновляемость активных селеформирующих запасов:	б) изменчивая повторяемость селей, их типов и объемов
а) быстрая при практически неограниченных общих запасах;	
б) медленная при ограниченных или прогрессивно убывающих общих запасах	

тов ландшафта — растительности, горных пород, форм рельефа, характерных для развития экзогенных процессов различного генезиса. При использовании ландшафтного метода для изучения склоновых процессов необходимо учитывать их тесную связь с высотной поясностью рельефа (Ермаков, 1957), климата, почвенного и растительного покрова.

Применение ландшафтного и других методов исследования облегчается дешифрированием аэрофото- и космических снимков, которые уточняют и ускоряют работы по картированию, районированию, типизации, количественной оценке и прогнозировании склоновых процессов.

Неоценимое значение будут иметь космические методы исследования прежде всего благодаря возможности непрерывно оценивать изменения синоптической обстановки (например, формирование запасов снега, снеготаяние и его темп, высыхание почвогрунтов на склонах весной и т. п.). Станет доступной мгновенная фиксация возникающих селевых очагов на больших территориях, включая труднодоступные зоны, что, несомненно, позволит выявить новые закономерности и существенно конкретизировать известные уже данные. Большое будущее в рассматриваемых аспектах за спутниками серии «Метеор» — «Природа», появляющимися над одной и той же географической точкой примерно в одно и то же время светового дня (т. е. работающими в одинаковых условиях освещения).

В последние годы для определения возраста отложений применяются методы индикационной геоботаники (лихенометрический, основанный на екорости прироста лишайников на обломках горных пород, принесенных селями, и дендрохронологический, связанный с подсчетом годичных колец деревьев, растущих на селевых конусах выноса). Эти методы могут использоваться и при изучении возраста и динамики оползневых явлений.

Гидрометеорологические методы учитывают синоптическую обстановку, раскрывают закономерности накопления водной составляющей во времени с учетом высотной и широтной климатической поясности. Они необходимы также при изучении режима и баланса увлажнения склонов, от которого зависит их устойчивость и интенсивность размыва накоплений. Разработан ряд качественных и количественных зависимо-

стей, характеризующих синоптическую обстановку, определяющую активизацию склоновых процессов, критические значения и режим осадков, вызывающих их катастрофические проявления. Имеется ряд эмпирических формул для расчета параметров жидкого и твердого стока селевых потоков. Однако нередко они дают лишь приблизительные данные по этим величинам, так как еще не полностью учитывают сложные особенности генезиса селей. Кроме того, сведения о ливневых осадках в некоторых районах схематичны, так как сеть плювиографов ограничена и не охватывает высокогорные районы.

Гидродинамические методы направлены на изучение закономерностей формирования селей разных механико-генетических типов и особенностей их движения с целью прогноза селеопасных зон и разработки мер борьбы с селями. Ввиду наибольшей сложности этих исследований они должны проводиться на типовых бассейнах. Результаты их изучения должны корректироваться по данным, получаемым в бассейнах-аналогах.

Большие перспективы в изучении динамики и реологических свойств селевых потоков даст их экспериментальное лабораторное изучение и моделирование. Эти методы были успешно использованы С. М. Флейшманом (1970), И. И. Херхеулидзе (1969) и др. Полученные по реологии дисперсных систем выводы дали возможность И. И. Херхеулидзе определить математическую зависимость предельного содержания твердой фазы в селевых потоках, необходимую для характеристики их динамики, реологических свойств и разработки методики прогнозирования селей. Заслуживает внимания экспериментальное крупномасштабное изучение факторов селеобразования, выполненное КазНИГМИ (Ю. Б. Виноградов), при котором получены новые данные о размываемости пород, движении и эродирующей роли селей.

Для изучения оползне-селевых бассейнов особенно важно совместное применение геологических (стратиграфо-литологических, включая изучение стратиграфии четвертичных отложений) и геоморфологических методов, направленное на познание динамики процессов и истории развития бассейнов.

Инженерно-геологическими методами типизируются склоны и оценивается их устойчивость, характеризуются свойства пород и их изменчивость, активные и резервные запасы твердой и глинистой составляющей. При этом полевые опыты по определению прочностных и деформационных свойств пород и их размываемости следует выполнять на участках, где наиболее вероятны деформации склонов, и при различном их обводнении, т. е. в сухие и влажные периоды года, или же при искусственном увлажнении пород.

Гидрогеологические методы должны учитывать сезонные изменения постоянного и временного подземного увлажнения склонов и влияние гидрогеологических факторов на их устойчивость.

Важнейшей задачей является полевое и экспериментальное изучение влияния древних и современных землетрясений. Определенный вклад в этот вопрос могут внести геоморфологические наблюдения. Для выявления признаков и критериев, по которым на устойчивых склонах можно определить участки, где впервые могут появиться оползни или обвалы, перспективны геофизические методы (сейсмометрические, микросейсмические, радиометрические). Наибольшие трудности в применении расчетных методов для оценки устойчивости склонов связаны с учетом гидродинамических эффектов, естественных напряжений и сейсмических сил.

Важны комплексные обследования оползне-селевых бассейнов. Они должны быть как систематическими, так и экстренными. Первые должны производиться в типичных селевых бассейнах в характерные (много- или маловодные) годы и сезоны года. При этом необходимы инструментальные работы, в том числе повторные фототеодолитные съемки, а также

крупномасштабные аэрофотосъемки (Федоренко, 1969). Ценность экстренных обследований не приходится доказывать.

Таким образом, методика изучения оползневых и селевых явлений представляет пока весьма сложную, во многом еще слабо разработанную проблему. Поэтому пока еще нельзя привести безукоризненного примера комплексного применения перечисленных методов при изучении селевых бассейнов. Можно лишь указать, что к этому весьма близки коллективы Проблемной лаборатории снежных лавин и селей географического факультета Московского государственного университета и Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института.

Серьезной проблемой остаются вопросы картирования районов, опасных в оползневом отношении. Необходимы унификация и разработка легенд комплексных карт, дальнейшая разработка методики районирования и типизации селевых бассейнов с учетом особенностей их формирования, масштабов и степени опасности селей для народного хозяйства. Целью картирования являются установление территорий с разной интенсивностью селей, оползней и других склоновых процессов и прогноз их развития, а также выработка рекомендаций по хозяйственному освоению территорий и мероприятиям, направленным на предупреждение стихийных процессов и борьбу с ними.

Комплексные карты могут оказаться перегруженными, трудно читаемыми. В этом случае детальная комплексная карта должна быть разделена на две или три (не больше) органически между собой связанные карты с единой легендой. Например, на первом листе могут быть показаны стратиграфо-литологические комплексы, древние и новейшие структуры, обводнение массивов пород и важнейшие геоморфологические элементы, т. е. среда формирования осыпей, оползней, селей и других склоновых процессов. На втором листе (лучше всего — прозрачном) изображаются сами осыпные, оползневые, селевые и другие формы, на третьем — дается оценка устойчивости склонов и их частей и прогноз селей. Региональные мелкомасштабные исследования оползней и селей должны сопровождаться составлением средне- и крупномасштабных карт на типичные участки. Опыт показывает, что при таком построении съемочных работ можно получить материалы, достаточные для первого этапа разработки генеральных схем инженерной защиты горных территорий.

Следует подчеркнуть, что значение и соотношение геолого-геоморфологических, гидрометеорологических и гидродинамических методов исследований будут различными на разных стадиях изучения территорий. То же можно сказать о соотношении полевых экспериментальных и лабораторных методов. На первых стадиях исследований ведущая роль принадлежит геоморфологическим, геологическим и гидрометеорологическим методам (в основном полевым), на завершающих — лабораторным работам, моделированию, расчетам.

Основное условие разработки количественных методов изучения и прогнозирования оползней и селей — стационарные исследования селевых и оползневых явлений. В системе Госкомитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды и Министерстве геологии СССР имеется немало наблюдательных станций, но гидрометеорологические и геодинимические процессы нередко изучаются на них без достаточной комплексности и взаимной связи. Необходимо составление типовых инструкций по проведению комплексных стационарных исследований селей, оползней и других склоновых процессов.

Прогнозирование селевых потоков еще слабо разработано в связи со сложностью этого явления и отсутствием специальной службы наблюдений. По данным синоптического прогноза ливней может быть произведено оповещение о селевой опасности примерно за одни сутки. Про-

странственный прогноз осуществляется по статистическим и историческим данным, а также методами аналогии при сопоставлении селевых бассейнов разной степени изученности. Большое значение при площадном прогнозе имеет изучение древних (четвертичных и позднелиниозных) склоновых отложений и анализ условий их образования как аналогов современных условий развития склоновых процессов. Важные данные для прогноза склоновых процессов дает дешифрирование начальных стадий их проявления на аэрофотоснимках.

В зависимости от степени изученности или стадии исследования следует различать ориентировочные прогнозы и прогнозы уточненные, которые дополняются контрольным методом — прогнозом по симптомам обвально-оползневых и селевых явлений. Ориентировочные прогнозы основываются преимущественно на данных геоморфологического и инженерно-геологического картирования, уточненные прогнозы, кроме того, на данных инженерно-геологического моделирования и расчетов, а также на результатах анализа методом природных аналогов главных и дополнительных признаков по каждой группе факторов. На любом этапе прогноза его результаты должны корректироваться путем повторного анализа природной обстановки района или участка.

Прогноз параметров жидкого и твердого селевого стока должен базироваться на данных стационарных исследований, так как при его осуществлении необходимо прогнозирование годовых величин удельных объемов твердого стока, расходов водотоков селевых бассейнов и синоптических условий. Кроме того, имеет существенное значение прогноз экономической эффективности селезащиты, а также оптимального стока, очистки и ремонта системы гидротехнических сооружений (Коджаспиров, 1970).

Таким образом, назрела необходимость на практике осуществить всестороннее (геолого-геоморфологическое, гидрометеорологическое и гидродинамическое) изучение селей. Оползневые селеформирующие бассейны — наиболее подходящий для этого объект. Только при творческом взаимодействии указанных научных направлений может быть успешно решена многогранная и сложная задача по составлению комплексных генеральных схем защиты территорий.

ЛИТЕРАТУРА

- Геологические закономерности развития оползней, обвалов и селевых потоков, вып. I и II (Мат. симпозиума, г. Душанбе, 22—26 сентября 1975 г.). Изд-во МГУ, 1976.
- Геологические факторы формирования оползней и селевых потоков и вопросы их оценки (Мат. симпозиума, г. Душанбе, 22—26 сентября 1975 г.), Изд-во МГУ, 1976.
- Ермаков А. В. Роль различных вертикальных зон в образовании селей. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 6, 1957.
- Коджаспиров К. А. Особенности физико-геологических условий, определяющих характер селевых процессов в Горном Крыму и возможные способы прогнозирования. Мат. научно-техн. совещ. по вопросам методики и прогноза селей, обвалов и оползней (тез. докл.). Душанбе, 1970.
- Олиферов А. Н. О роли оползней, обвалов и осыпей в формировании селей (на примере Крыма и Карпат). В сб. «Геологические факторы формирования оползней и селевых потоков и вопросы их оценки». Изд-во МГУ, 1976.
- Федоренко В. С. Значение и возможности методов стереофотограмметрии при различных видах инженерно-геологических исследований. «Вестн. МГУ. Сер. геол.», № 5, 1969.
- Флейшман С. М. Сели, Л., 1970.
- Херхеулидзе И. И. Расчеты основных характеристик селевых потоков. В сб. «Международный симпозиум по паводкам». Л., Гидрометеиздат, 1969.

Институт географии
АН СССР

Московский государственный
университет
Геологический факультет

Поступила в редакцию
27.VII.1978

Summary

A close connection is underlined existing between mudflows and landslides formation; various features and evolution of ground masses in terms of mud — flow processes; methods of complex studies are described in details including geological, hydro — geological, hydrological and landscape studies. An importance of remote sensing (space photographs etc.) is emphasized for landslides and mudflows studies as well as experiments. Mapping technique is recommended, and methods of stationary observations are proposed.

УДК 551.4(571.66)

Н. В. ЛУКИНА

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РЕЛЬЕФА БАССЕЙНА р. МУТНОВСКОЙ
(ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)**

Долина р. Мутновской является правым притоком р. Жировой, впадающей в бухту Жировую восточного (тихоокеанского) побережья Камчатки. Вместе с многочисленными притоками р. Мутновская эродировала, по-видимому, кальдеру древнего вулкана (так называемую Жировскую структуру), расположенную в 60—70 км к югу от г. Петропавловска-Камчатского между действующими вулканами Вилучинским и Мутновским. Гребни кальдеры располагаются на высотах от 800 до 1300 м над уровнем моря.

История развития рельефа бассейна р. Мутновской, изложенная ниже, базируется на представлениях о геологическом строении района (Геология СССР..., 1964, и др.) и ряде геоморфологических данных, полученных автором. В основных чертах она, по-видимому, является типичной для соседних районов Восточной Камчатки, в развитии рельефа которой выделяется несколько крупных этапов.

I этап — позднеолигоценово-миоценовый ($P_3-N_1^{1-2}$), характеризующийся накоплением терригенных и вулканогенных толщ в морском бассейне, возможно, в линейно-вытянутых морских прогибах, разделенных узкой зоной вулканических островов. Во второй половине этого этапа произошло внедрение интрузий, а в конце — поднятие территории.

II этап — предплиоценовый (N_1^3) (по И. К. Волчанской, 1965, — послесреднемиоценовый, по О. А. Брайцевой и др., 1970, — послесреднемиоценовый — допозднеплиоценовый). В это время формируется денудационный выровненный рельеф, несогласно срезающий миоценовые образования и типичный практически для всей территории Камчатки. Останцы этого рельефа в описываемом районе сохранились на левобережье р. Жировой и располагаются сейчас на высотах 800—850 м. Кроме того, представление о нем может быть получено по характеру контакта плиоценовых образований с миоценовыми. По подошве плиоценовых отложений вырисовывается пологорасчлененный рельеф с отметками от 450 до 750 м, имеющий форму чаши, с палеодолинами, частично унаследованными современной гидрографической сетью.

III этап — плиоцен-раннечетвертичный (N_2-Q_1), во время которого происходят отложение плиоценовых вулканогенных покровов и излияние раннечетвертичных плато-базальтов, сформировавших аккумулятивный вулканический рельеф, а в конце — образование кальдеры Жировской структуры.