

УДК 551.311.21:528.732

### О ПРОБЛЕМЕ МЕЛКОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Канд. техн. наук Б.С. Степанов  
А.Х. Хайдаров  
Р.К. Яфязова

*Приведены результаты критического анализа основных направлений мелкомасштабного картографирования селевой опасности. Дано определение селевой опасности и намечены перспективы развития мелкомасштабного картографирования селей.*

В 1996 году вышла из печати карта масштаба 1:1 000 000 "Селевая опасность территории Республики Казахстан". Карта была разработана в КазНИИ-МОСК и тиражирована по заказу Казселезащиты. Назначение карты - показать расположение селеопасных районов на территории Казахстана. Упомянутая карта явилась итогом многолетних исследований природы селевых явлений, их пространственного распределения, прогноза селевых явлений в условиях влияния человека на природные процессы.

Первая карта - схема селеопасных районов СССР масштаба 1:1 000 000, составленная И.О. Раушенбахом в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте и опубликованная в 1966 году, содержит сведения о селеопасных реках (водотоках) с установленным селевым режимом, которые на карте классифицированы по типам и генезису селей. Карта многоцветная, каждому типу соответствует определенный цвет изображения водотока, знак генезиса проставлен на реках (водотоках), где отмечались сели гляциального и сейсмического происхождения. Горные районы, по которым отсутствовали данные о селевой деятельности, на

карте-схеме не отражены. Фрагмент карты изображен на рис.1.

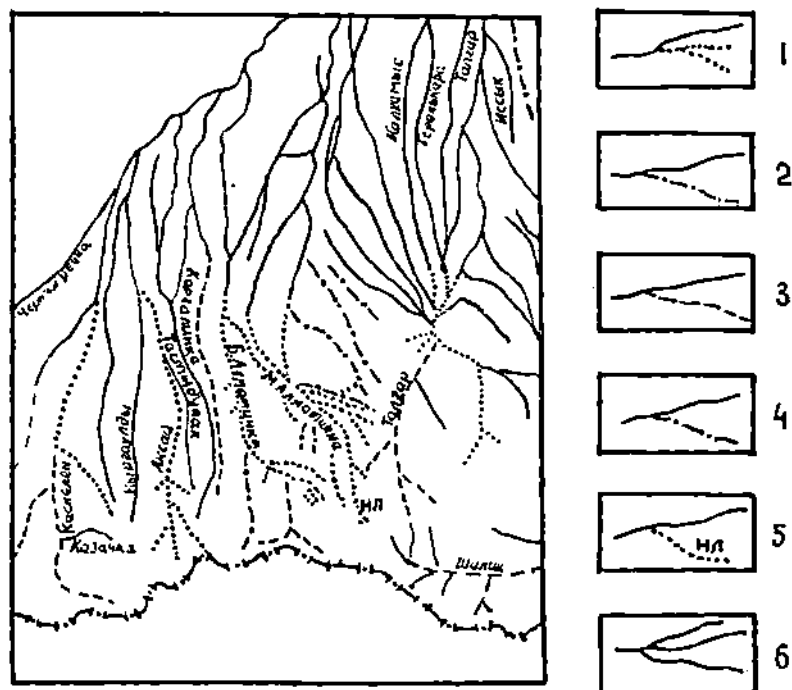


Рис.1. Фрагмент карты-схемы селеопасных районов СССР. Водотоки, по которым проходят преимущественно: 1-грязекаменные сели (красный цвет); 2-водокаменные сели (зеленый цвет); 3-сели неустановленного типа (черный цвет). Водотоки, на которых имеют место сели: 4-ливневые (без индекса); 5-неливневые; 6-прочие водотоки.

Существенный прогресс в изучении селевых явлений на территории бывшего СССР в последующее десятилетие создал предпосылки для районирования селеопасных территорий страны. Так, в схеме районирования В.Ф.Перова [4] при создании обзорной

карты селевых явлений "Карта селеопасных районов СССР" масштаба 1:8 000 000 в качестве главных характеристик использовались генетический тип селей, селевой режим, масштабы селевой деятельности [5]. Однако масштаб карты и существовавший на то время уровень изученности селей заставили В.Ф.Перова в качестве высших таксономических единиц районирования ограничиться зонами, регионами и областями. Территория СССР состояла из двух зон: теплой и холодной; зоны делились на регионы, выделение регионов основывалось на смене типов климатов в зонах. Разделение регионов на области базировалось на учете различий в характеристиках селевых потоков, густоте сети селевых русел, наборе генетических типов селей.

Степень селевой опасности определялась густотой сети селевых русел (рис.2) и характеризовалась четырьмя качественными градациями (значительная, средняя, слабая, потенциальная), отображаемых на карте соответствующим цветовым фоном. В качестве дополнительных критериев использовались: повторяемость селей и отрывочные сведения об объемах единовременных выносов твердой фазы, а также косвенные оценки: уклон речных русел, распространение и мощность рыхлых четвертичных отложений, неотектонические движения, величина и повторяемость суточных максимумов жидких осадков и др.

Недостатки обсуждаемых обзорных карт, являющиеся следствием, в основном, качественной оценки селеопасности территории, были учтены при разработке макета и легенды карты селевых районов СССР в масштабе 1:1 000 000, осуществленных под руководством Р.В.Хонина, а впоследствии В.П.Мочалова. Работа базировалась на исследованиях, проводившихся в системе Госкомгидромета в рамках темы по составлению кадастра и среднemasштабной карты селевых явлений на территории СССР.

Методика и используемая информация существенно отличались от таковых, применявшихся ранее при составлении аналогичных карт. В основу районирования были положены количественные характе-

ристики селевых очагов и селевых бассейнов, полученные в результате работ по составлению Каталога селевых явлений и среднемасштабной карты селевых бассейнов [9]. С помощью этой информации рассчитывались основные характеристики селевых потоков для территорий, по которым сведения о селепроявлениях отсутствовали. На картах селеопасных районов цветным фоном выделялись группы селевых бассейнов или крупные одиночные бассейны с различной степенью селевой опасности. Границы этих участков обозначались тонкой сплошной линией красного цвета.

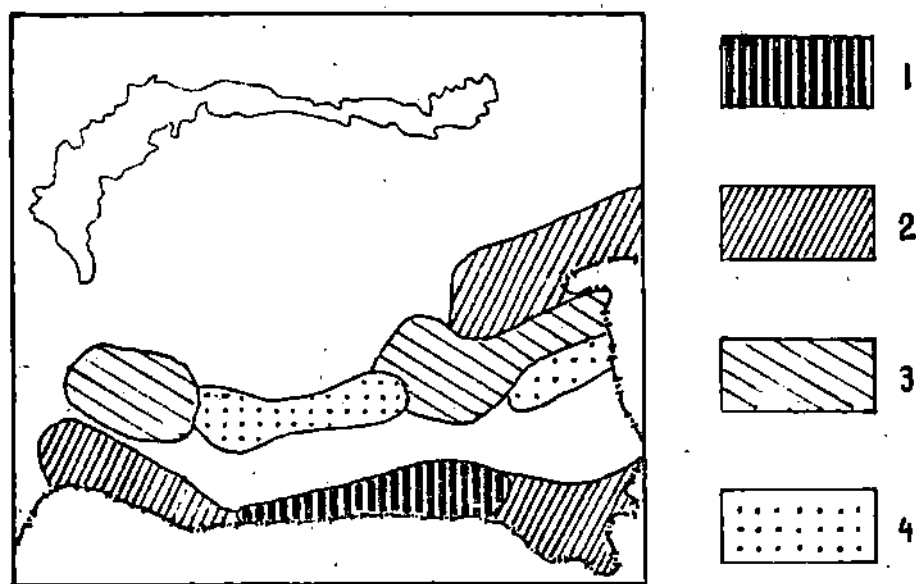


Рис. 2. Фрагмент карты "Селеопасные районы СССР". 1-значительная степень селеопасности, 2-средняя степень селеопасности, 3-слабая степень селеопасности, 4-потенциально селеопасные районы.

Во всех модификациях легенды районирование селевых бассейнов по категориям селеопасности производится по основным (длина очага, площадь

водосбора, максимальный объем и максимальный расход селя) и косвенным данным, часть из которых представлена в таблице. Показатели в табл. расположены в порядке предпочтительности их использования. Коэффициент фильтрации применяется при оценке селеопасности эродированных поверхностей (адыров).

В 1989 году вышла в свет "Карта фоновой оценки селеопасности территории Казахской ССР" (Колотилин Н.Ф., Медеуов А., Тюткова Н.А., Рындина В.Р., Попов Н.В.), масштаб 1:1 000 000, разработанная "На основе...типизации, учитывающей природные условия формирования селей, генетические, динамические и энергетические параметры наблюдаемых и прогнозируемых селепроявлений..." [2]. Территория подразделяется на пять категорий, каждая из которых имеет соответствующую окраску (рис.3). В пояснительной записке, прилагаемой к карте, подробно описаны рельеф, геологические и метеорологические условия селеобразования, состояние почвенного и растительного покрова, генетические и динамические характеристики селевых потоков, предлагаются наиболее эффективные, с точки зрения ее авторов, меры противоселевой защиты. Обсуждаемая карта построена по принципу выделения зон зарождения селей того или иного генезиса и мощности, и в этом качестве содержит весьма ценные сведения. К сожалению, карта не содержит информации о том, что именно представляет опасность в зонах зарождения, какая часть территории действительно опасна для хозяйственной деятельности. Карта не содержит информации и о том, какую опасность представляют сели на территориях, прилегающих к зонам зарождения. Сказанное можно проиллюстрировать на примере бассейна р.Саркан.

Верховья р.Саркан отнесены к зоне потенциально-высокой степени селеопасности. Среднегорная часть бассейна - к средней степени селеопасности, а низкогорье, представленное горами Кийрык-Куль с высотами около 2000 м, - к относительно слабой степени селеопасности.

Таблица

Параметры оценки степени селеопасности селевых бассейнов

Категория селевой опасности цвет	Тип селевого потока	Максимальный расход селя, $Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /с	Суточный слой осадков 1 % обеспеченности, ( $H_{1\%}$ , мм) или другие виды обводнения	Площадь водосбора, $S$ , км <sup>2</sup>
I Красный	грязекаменный	$\geq 1000$	ливневые дожди, про- рыв моренных емкостей	
	наносоводный	$\geq 250$	$\geq 80$	$\geq 100$
II Розовый	грязекаменный	1000-100	ливневые дожди, про- рыв моренных емкостей	
	наносоводный	250-100	80-60	100-50
III Коричне- вый	грязекаменный	100-10		
	наносоводный	100-10	60-40	50-10
IV Желтый	грязекаменный			
	наносоводный	$< 10$	$< 40$	$< 10$

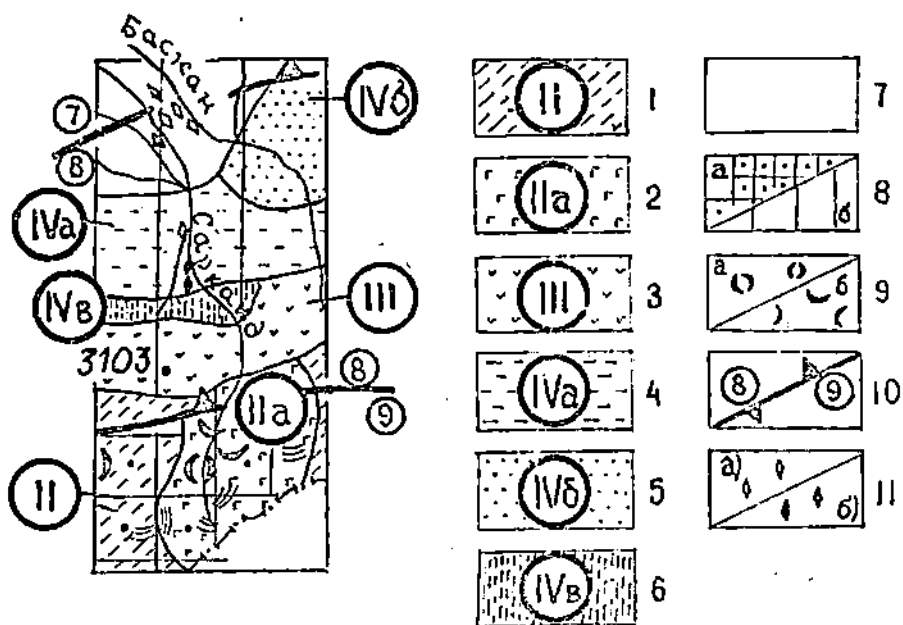


Рис. 3. Фрагмент карты фоновой оценки селеопасности территории Казахской ССР.

Категории селеопасности: 1-зона потенциально высокой степени селеопасности (желтый цвет); 2-то же, в стадии современной активизации (темно-желтый цвет); 3-зона средней степени селеопасности (светло-зеленый цвет). Зона относительно слабой степени селеопасности с преобладанием: 4-селевых паводков (сиреневый цвет); 5-водных паводков с повышенным твердым стоком (коричневый цвет); 6-эпизодических проявлений тальвежно-русловых выносов боковых логов (розовый цвет); 7-неселеопасная территория (бледно-зеленый цвет); 8-типы селей по характеру водного питания: а-гляциальные, б-дождевые; 9-характерные типы селевых очагов в стадии современной активизации: а-термокарстовые, ледникового питания; б-преимущественно склоновые и русловые ливневого и смешанного питания; 10-изосейсты и фоновая сейсмичность в баллах; 11-селевые отложения: а-современные, б-древние.

Территория г.Сарканд, расположенного на предгорной равнине, отнесена к неселеопасной, хотя на карте нанесены знаки древних и современных селевых отложений, выходящих далеко на равнину за пределы города.

Петрографический состав наиболее крупных валунов упомянутых отложений свидетельствует о том, что сели формировались в высокогорной зоне и, следовательно, вся территория долины р.Сарканд и конус ее выноса должны быть отнесены к высшей степени селевой опасности [8]. Однако принцип построения карты (выделение зон зарождения селей) не позволил ее авторам сделать это. Заметим, что конусы и шлейфы выноса на обсуждаемой карте также не отнесены к какой-либо категории селеопасности, хотя именно эти территории, наиболее благоприятные для хозяйственного освоения, подвержены воздействию селей.

Выделение зон формирования селей не дает представления о реальной степени селеопасности территории, в той же мере это относится к районированию, в основу которого положен принцип выделения селевых бассейнов.

Отнесение бассейнов к той или иной категории селевой опасности использовано при составлении макета карты масштаба 1:1 000 000 "Селевая опасность территории Республики Казахстан" [6].

При этом в описанную выше легенду [9] внесены следующие новации: разработана легенда, которая "...представляет собой регионально реализуемую классификацию". В ней селевые бассейны делятся на условия возникновения (гидрометеорологические, геологические и техногенные) селей, которые, в свою очередь, делятся на генезис водной составляющей селей - ледниковый, снеговой, сейсмический и вулканический. Генезис водной составляющей делится на селевые потоки... . Комментарии к такой "классификации" излишни.

Второе нововведение - закраска конусов выноса в черный цвет, причем определение присвоенной им категории селевой опасности - максимальной,



встречающейся в конкретном бассейне, с трудом можно найти в пятистраничной аннотации.

Третьим нововведением является механическое дробление селевых бассейнов с площадью более 100 км<sup>2</sup> на частные бассейны, что значительно осложняет чтение карты.

Карта селевой опасности территории Республики Казахстан, как это следует из прилагаемой к ней аннотации, "...предназначена для первичной количественной оценки степени риска и пространственного распределения селевых явлений различных генетических типов. ...Основными элементами специальной нагрузки карты районирования селевых бассейнов являются степень селевой опасности (определяется цветом)..." (рис.4). Толкование термина "селевая опасность" в аннотации и в отчете о НИР по созданию карты отсутствует, однако, как минимум, ответственному исполнителю вся территория, закрашенная тем или иным цветом, характеризующим степень селевой опасности, представляется враждебной для жизни и деятельности человека. Подтверждением тому является "информация", приводимая в аннотации. В ней утверждается, что в Джунгарском Алатау "...территория с первой степенью селевой опасности занимает 42,1 % площади района, со второй степенью - 15,3 % и третьей - 33,2 %".

Специалистам, однако, известно, что селевые явления в Казахстане, в основном, - русловые процессы. Суммарная площадь очагов селеформирования и селевых русел составляет незначительную долю (первые проценты) от общей площади горных территорий, несколько большую площадь занимают конусы выноса. Следовательно, разрушительное воздействие селей проявляется на относительно малых по площади территориях. Подавляющая часть площадей селевых бассейнов не подвержена опасности со стороны селей и используется в качестве пахотных земель и пастбищ, лесопосадок, под строительство жилых и производственных зданий, прокладки дорог, линии коммуникаций и электропередач, горнолыжных трасс.

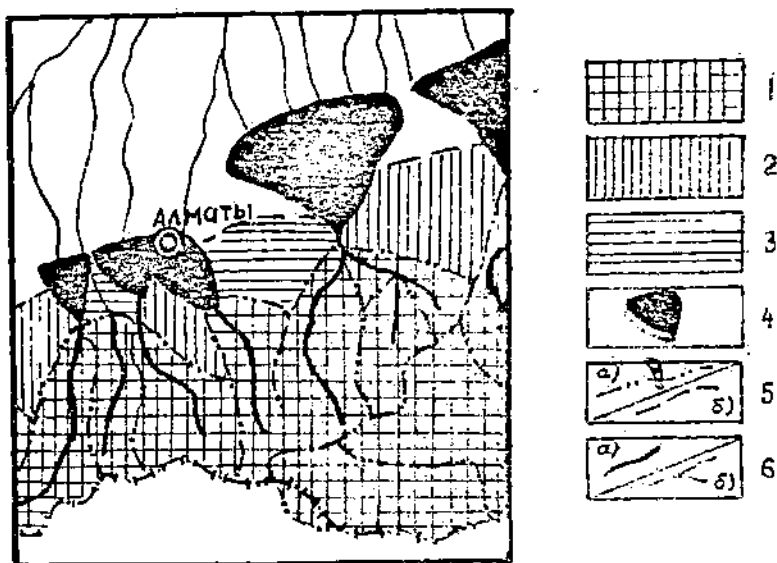


Рис. 4. Фрагмент карты селевой опасности Республики Казахстан [6]. 1-территория первой категории селеопасности (красный цвет), 2-территория второй категории селеопасности (розовый цвет), 3-территория третьей категории селеопасности (коричневый цвет), 4-конусы выноса (черный цвет), 5а-границы селевых бассейнов (в том числе по линии Государственной границы), 5б-границы селевых районов, 6а-грязекаменный сель (на оригинале показан пунктиром), 6б-гидрографическая сеть.

Вышесказанное необходимо настойчиво доводить до сознания потребителя. Он должен четко понимать, что территория, на которой формируются сели первой категории, может быть более благоприятной для хозяйственной и иной деятельности человека, нежели таковая, характеризующаяся третьей степенью селевой опасности.

Окрашивание территорий бассейнов, в которых формируются, движутся и останавливаются сели в соответствующие цвета, не являясь показателем селевой опасности закрашенных территорий, позволяет, в совокупности с дополнительной информацией, количественно оценить факторы, определяющие возможность формирования селей. В свою очередь, это делает возможным осуществление превентивных мероприятий, уменьшающих селевую опасность.

Закраска больших территорий тем или иным цветом, характеризующим степень селеопасности (без какого-либо разъяснения), характерна для разработанных к настоящему времени мелкомасштабных карт. Рекордным обобщением, вероятно, служит утверждение, что "В Европе основными селеопасными очагами являются приальпийские страны..., страны Балканского полуострова, Апенин, Пиренеев, Карпат" [10].

П.С.Непорожний [3] за показатель селеопасности принимал объем наносов, поступающих в среднем за один сель с  $1 \text{ км}^2$  площади бассейна. С.М.Флейшман [10] селеопасность бассейна связывал с единовременным объемом селевых выносов от одного селя и т.д.

По нашему мнению, под селевой опасностью следует понимать потенциальную возможность взаимодействия селей с объектами хозяйственной деятельности, влекущего за собой прямые и косвенные убытки и представляющего угрозу здоровью и жизни человека. К прямым убыткам относится ущерб, причиненный селевым потоком сооружениям и имуществу, а также ущерб, который может быть нанесен экзогенными процессами (оползнями, обвалами и т.д.), спровоцированными селевыми явлениями. К косвенным убыткам можно отнести: уменьшение реальной стоимости недвижимого имущества в районах, подверженных воздействию селей, потери в продуктивности сельскохозяйственных и лесных угодий, потери в промышленном производстве из-за нарушения селями транспортных связей, разрушения линий электропередач, газопроводов и т.д.; потери в налогообложении собственности, разрушенной селями.

Хозяйственная деятельность приводит к появлению селевой опасности в таких физико-географических условиях, в которых природные селевые явления не реализуются. В качестве примера можно привести катастрофу в пустыне Жаманкум, где неправильная эксплуатация накопителя бытовых стоков привела к образованию селя, объемом более 70 млн.м<sup>3</sup>. Ущерб, нанесенный селом, превысил 10 млн.руб., погибли люди.

Положение на карте хозяйственных объектов, способных спровоцировать селевые явления, известно, поэтому при картографировании необходимо конкретно указывать территорию, подверженную селевой опасности. Пример неправильного картографирования ситуации [6]: сотни квадратных километров пустыни в междуречье Каскелена и Курты без какого-либо обоснования отнесены к первой категории селеопасности.

Хозяйственная деятельность человека может оказывать и существенное влияние на селевые явления. В особой мере это относится к селезащитным мероприятиям. Строительство барражей, небольших плотин для перехвата паводков, возникающих при прорывах емкостей моренно-ледниковых комплексов, и, особенно, крупных селезадерживающих плотин способно практически полностью предотвратить селевые явления на значительной части территорий речных бассейнов. Так, плотина на р.Б.Алматинка, возведенная на выходе из гор, практически полностью обезопасила территорию, расположенную в ее нижнем бьефе. Это обстоятельство должно находить свое отражение на карте селевой опасности (рис.5). Опасной территорией на конусе выноса, при прохождении паводков, является лишь русло р.Б.Алматинки на участке: селезадерживающая плотина-оз.Сайран. Подобная ситуация сложилась на реках Узынкаргалы, Каскелен и Есик.

Строительство селезадерживающей плотины Медеу значительно снизило селевую опасность в долине р.М.Алматинки и на ее конусе выноса. Однако опасность, обусловленная селевой деятельностью

бассейнов притоков р.М.Алматинки, сохранилась в полной мере.

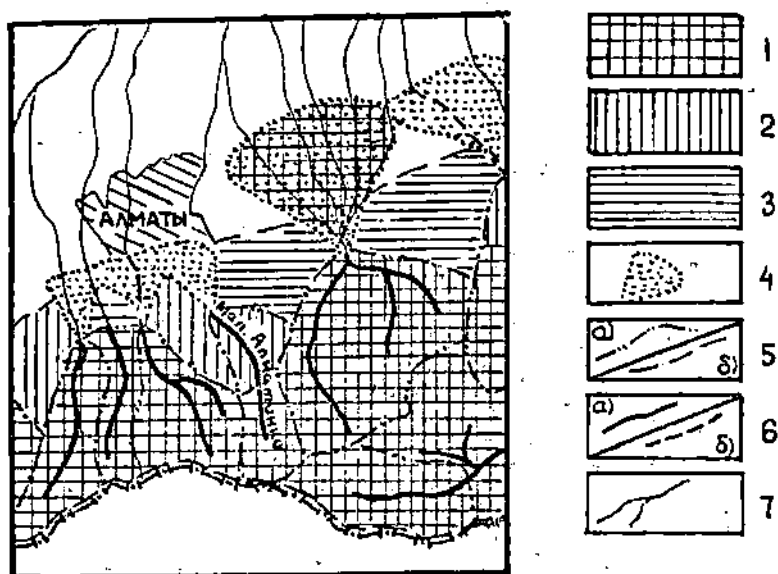


Рис. 5. Фрагмент карты селевой опасности территории Республики Казахстан [1]. 1-водосборы бассейнов первой категории селеопасности (красный цвет), 2-водосборы бассейнов второй категории селеопасности (розовый цвет), 3-водосборы бассейнов третьей категории селеопасности (зеленый цвет), 4-конусы выноса (незаштрихованные-зеленого цвета), 5а-границы селевых бассейнов, 5б-границы групп селевых бассейнов, 6а-селевые русла грязекаменных селей, 6б-пути прохождения постселевых паводков, 7-гидрографическая сеть.

Реальное состояние селевой опасности должно быть адекватно отражено при картографировании. Поэтому территориям, защищенным плотинами, целесообразно придавать соответствующую (например, зеленую) окраску, а конусам выноса на незащищенных территориях следует придать окраску, соот-

ветствующую той или иной степени селевой опасности. На конусе выноса необходимо отображать русла (каналы), по которым в ходе заполнения селехранилищ могут проходить паводки (грязевые сели) с характеристиками, не превышающими их пропускной способности.

Если безопасность территории конусов выноса по каким-либо причинам не обеспечивается селезащитными сооружениями в полной мере, конусам выноса придается окраска соответствующей категории селеопасности. Так, отсутствие защиты от селей Кимасара, Бутаковки и др. притоков р.М.Алматинки, расположенных ниже плотины Медеу, приводит к необходимости классифицировать территорию конуса выноса р.М.Алматинка и ее долину от конуса выноса до плотины как территорию второй категории селевой опасности. Однако, так как сели вышеупомянутых притоков р.М.Алматинка отлагают твердую составляющую до выхода на конус выноса, последний закрашен в зеленый цвет. Все это нашло отражение на карте, изданной в 1996 году [1].

Картографирование крупных селевых бассейнов должно осуществляться после обстоятельного анализа процессов, определяющих степень селевой опасности. Особое внимание следует уделять выявлению причин отложения твердой фазы селей, если таковое имеет место в пределах речного (селевого бассейна), а также генезиса конусов выноса, примыкающих к предгорной равнине. В наиболее простой ситуации мощные грязекаменные сели дождевого генезиса откладываются на конусе выноса, и поскольку в селеобразовании участвует весь сток, стокообразующие поверхности селевого бассейна окрашиваются в цвет соответствующей категории. Неправильный подход к оценке селевой опасности, например, в бассейне р.Турген, изложен в [6]. Несмотря на то, что мощные грязекаменные сели первой категории дождевого генезиса откладываются на конусе выноса, часть низкогорной зоны бассейна и большая часть правобережной стокообразующей поверхности бассейна р.Турген отнесены ко второй степени селеопаснос-

ти. Упомянутая территория принимает участие в формировании дождевых паводков, инициирующих сели первой категории и должна окрашиваться в цвет высшей категории селеопасности. В той же мере это относится к бассейнам рек Узынкаргалы, Баскан, Усек, Борохудзир и др. В пределах селевых бассейнов территория может характеризоваться различной степенью селевой опасности. Основанием для этого может быть практически полное отложение твердой фазы смесей в горных долинах, вызванное остановкой селей в пологих и широких долинах (в Казахстане подобные ситуации не наблюдаются), либо распадом селевых смесей, обусловленных смещением селей с мощными водными потоками, вследствие чего грязекаменные сели трансформируются в наносоводные потоки.

Наибольший ущерб наносят катастрофические сели, повторяющиеся один раз в 50-100 лет и, как выяснилось в последние годы, возможность их формирования в решающей мере определяется климатическими условиями [7]. Наиболее полная информация о масштабах селевых явлений, их повторяемости содержится в отложениях селей на конусах выноса, расположенных на выходе горных рек на предгорную равнину.

Изучение морфометрического строения конусов выноса позволяет определить их генезис, а стратиграфия - основные закономерности формирования селей в условиях изменяющегося климата [11].

Информационные возможности карт велики, но реализовать их в условиях существовавшей секретности не представлялось возможным. Так, в картографировании пределом деления площадей по тем или иным признакам считается площадь, близкая к  $1 \text{ мм}^2$ . Реально же возможности картографирования значительно ниже и ограничиваются, с одной стороны - приемлемой читаемостью карты, с другой - степенью деформации топографической основы, осуществляемой с целью дезинформации потенциальных противников государства. В условиях, когда последний фактор перестанет быть определяющим, вели-

чина минимальной площади, помимо удобства чтения, будет ограничиваться лишь температурной и временной стабильностью носителя, на котором нанесена картографическая основа. С большой степенью вероятности можно предположить, что даже на карту масштаба 1:1 000 000 станет возможным нанесение информации о месте положения очагов селеформирования, запасах рыхлообломочных пород, участвующих в селеобразовании, характеристиках стокообразующих поверхностей, площадях, наиболее благоприятных для той или иной хозяйственной деятельности, и другой информации, интересующей потребителей.

Использование карт селевой опасности позволит оптимизировать затраты на освоение и эксплуатацию горных и предгорных территорий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Издать карту М 1:1 000 000 "Селевая опасность территории Республики Казахстан": Отчет о хоздоговорной работе КазНИИМОСК; Отв.исполн. Б.С.Степанов. - Алматы, 1996. - 42 с.
2. Карта фоновой оценки селеопасности территории Казахской ССР: (Пояснительная записка) / Н.Ф.Колотилин, А.Медеуов, Н.А.Тюткова, В.Р.Рындина, Н.В.Попов. - Алма-Ата, 1989. - 41 с.
3. Непорожний П.С. Защита гидроэлектростанций от селевых потоков. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1947. - 164 с.
4. Перов В.Ф., Третьяков Р.В. Обзорные карты селевых явлений на примере составления "Карты селеопасных районов СССР", М 1:7 500 000 // Материалы научно-технического совещания по вопросам методики картирования селей: Тезисы докладов. - Тбилиси, 1974. - С. 6-7.
5. Селеопасные районы СССР / Под ред. С.М.Флейшмана и В.Ф.Перова. - М.: МГУ, 1976. - 293 с.
6. Составить карты селевой опасности по основным районам хозяйственного освоения Казахстана и разработать основы крупномасштабного картог-



- рафирования селевых явлений: Отчет о НИР (заключительный) КазНИИМОСК; Отв.исполн. Е.А.Таланов. - N ГР01930010167; Инв. N 0296РК00459. - Алматы, 1995. - 123 с.
7. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. О роли климата в селевой активности северного склона Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 4. - С. 46-59.
  8. Хайдаров А.Х., Фоминов С.В. Некоторые особенности формирования селей в бассейне р.Сарканд // Селевые потоки. - 1988. - N 10. - С. 155-161.
  9. Хонин Р.В. Методика составления обзорной карты селеопасных районов СССР // Селевые потоки. - 1980. - N 5. - С. 34-41.
  10. Флейшман С.М. Сели. - Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - 312 с.
  11. Яфязова Р.К. Особенности механизмов формирования конусов выноса горных рек // Гидрометеорология и экология. - 1996. - N 2. - С. 175-187.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

### СЕЛ ҚҰБЫЛЫСТАРЫН КІШІ МАСШТАБТЫ КАРТАҒА ТҮСІРУ МӘСЕЛЕСІНЕ

Техн. ф. канд. Б.С. Степанов  
А.Х. Хайдарова  
Р.К. Яфязова

Сел болу қауіптілігін кіші масштабты картаға түсірудің негізгі бағыттарын сын көзбен талдау нәтижесі көрсетілген. Сел қауіптілігінің анықтамасы берілген және селді кіші масштабтық картаға түсірудің даму болашағы белгіленген.