

УДК 551.311.21

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЕВЕДЕНИЯ В ГИДРОМЕТСЛУЖБЕ КАЗАХСТАНА

Канд. техн. наук Б.С. Степанов
Е.П. Шевырталов

Описано становление и развитие науки о селях, сети наблюдений и оповещения о селевой опасности. Акцентируется внимание на важности экспериментального изучения природы селевых явлений, их прогнозирования с целью уменьшения ущерба, наносимого селями.

Защита населения и объектов хозяйственной деятельности от воздействия селей издавна являлась одной из первоочередных задач государственных органов Казахстана. Уже в начале 50-х годов нашего столетия в Казахском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте был организован отдел селевых потоков, приступивший к систематическому сбору и анализу данных о селевых потоках Казахстана, исследованию геоморфологических и гидрологических факторов формирования ливневого и твердого стока.

В течение первых десяти лет работы отдела была создана методологическая основа дальнейшего изучения селей, составной частью которой являлись рекогносцировочные авиаобследования селевых районов, методика определения характеристик селевых потоков путем обследования следов прошедших селей. Первые исследователи селей в КазНИГМИ (С.П. Кавецкий, И.П. Смирнов, М.П. Рыбкина, И.О. Раушенбах, В.Р. Рындина, Р.В. Хонин и др.) внесли большой вклад в изучение селевых явлений. Работавшие в труднодоступных горных районах в отсутствие транспортных средств, экипировки и надежной связи, они заслуживают самого высокого уважения и признания. Уже тогда руководителям отдела селей С.П. Кавецкому и И.П. Смирнову стало ясно, что проведение крупномасштабных экспериментов по воспроизведению искусственных селей - кратчайший и наиболее эффективный путь изучения природы селевых явлений. Однако господствовавшая в этот период времени в СССР концепция, согласно которой взаимодействие водных потоков с рыхлообломочными породами, вмещающими русла водотоков, не могло приводить к образованию селевой массы, обладающей большой плотностью, дезинформировала планирующие органы государства, проектировщиков селезащитных сооружений о реальной опасности хозяйственной деятельности на конусах выноса горных рек. Качественно

Второй этап в изучении селевых явлений связан с именем Ю.Б. Виноградова, руководившим отделом селей в 1964 - 1978 гг. Большой научный потенциал и целеустремленность Виноградова значительно интенсифицировали изучение процессов формирования селей, их распространения и, особенно, создание методов расчёта и прогноза грязекаменных селей.

В силу редкой повторяемости селевых явлений основным источником информации являлись следы прохождения селей и рассказы свидетелей катастроф, связанных с их прохождением. Однако, как это выяснилось впоследствии, далеко не всегда следы, оставленные селями, позволяют однозначно интерпретировать события, имеющие сложную физическую природу. В еще большей мере сказанное относится к свидетельствам очевидцев.

Насколько велико эмоциональное воздействие мощных селевых потоков на людей, можно судить по первому эксперименту по искусственному воспроизведению селей на Шамалганском полигоне (1972 г.). За его прохождением наблюдали специалисты, съехавшиеся на эксперимент практически из всех регионов бывшего СССР. Эксперимент проводился в яркий солнечный день, в заранее обусловленное время; наблюдатели находились на специально оборудованных площадках, расположенных в безопасной зоне. Несмотря на относительно небольшой расход - 100-120 м³/с (во время 3-го эксперимента в 1975 г. расход селя превышал 400 м³/с) мощный гул и грохот потока, окутанного грязевым туманом, из которого вылетали камни весом в десятки килограммов, сильная вибрация почвы и т.д. заставили отвести обслуживающий персонал на "запасные" позиции.

Сразу же после эксперимента была проведена экспертная оценка плотности селевой смеси. Разброс мнений специалистов оказался обескураживающим: от 1100 до 2500 кг/м³. Каждый из них видел то, что хотел, стереотипы, сформированные десятилетиями, не разбивались даже грязекаменными валами. Какая же информация может быть получена от людей, волей судьбы оказавшихся во власти стихии и единственным желанием которых является спасти ближних и уцелеть самим...

Решающую роль в понимании основных механизмов формирования селей сыграли эксперименты по воспроизведению искусственных селей на Шамалганском полигоне 1972-1978 гг. Этот полигон был возведен в 1970-1972 гг. силами отдела селей КазНИГМИ и СКБ завода Казгеофизприбор. Главными инженерными сооружениями полигона являлись плотина с системой затворов, позволяющих регулировать попуск воды из водохранилища, и комплекс измерительных устройств, предназначенных для измерения характеристик селей и селевой массы. Впервые в мировой практике изучения селей было показано, что водный попуск с расходом 27,5 м³/с может трансформиро-

ваться в сел с расходом в $430 \text{ м}^3/\text{с}$ при плотности селевой масс и $2250 \pm 100 \text{ кг/м}^3$!

Результаты экспериментов на Шамалганском полигоне позволили дать ответы на многие вопросы, волновавшие исследователей и проектировщиков селезащитных сооружений, стимулировали дальнейшее развитие теории селеформирования. Был сделан также принципиально важный вывод о том, что типовые различия присущи селевым процессам только при зарождении селевых потоков, а в дальнейшем, на стадии трансформации, процессы идентичны. Стало также очевидно, что прогресс в развитии методов расчета характеристик селей невозможен без существенного продвижения в изучении реологических свойств селевых смесей, поэтому в период 1975-1985 гг. основные усилия экспериментаторов отдела селей были направлены на выявление закономерностей изменения вязкости, пластичности и скорости распада селевых смесей от концентрации твердой фазы в последних, гранулометрического и минералогического составов твердой составляющей смесей. Успехи в развитии реологии селевых смесей связаны с именами Т.С. Степановой, Л.Н. Гавришиной, А.Х. Хайдарова, В.Е. Летяйкина, Н.М. Нестеркина и др. сотрудников отдела.

Было установлено, что с ростом концентрации твердой фазы смеси большая дисперсия размеров частиц способствует более плавному, по сравнению с монодисперсным составом, нарастанию значений вязкости и предельного напряжения сдвига смесей. Доказано, что именно архимедова сила и пластические свойства делают возможным движение плотных селей на относительно малых (доли, единицы градуса) уклонах. Создание реологических моделей селевых смесей позволило разработать физически обоснованные методы расчета скорости движения селей, уравнильной поверхности, образующейся при заполнении селехранилищ вязкопластическими смесями, разработать эффективные конструкции плотин, образующих селехранилища.

Результаты исследований в области реологии селевых смесей, кинематики и динамики селей послужили фундаментом, на котором разрабатывается теория существования селевых смесей. Несмотря на то, что упомянутая теория находится на начальной фазе развития, в ее рамках получены результаты, коренным образом изменившие существовавшие ранее представления о характере зависимости предельно возможной плотности селевой смеси от уклонов русла. Был открыт эффект скачкообразного изменения плотности селей, суть которого заключается в том, что предельная концентрация твердого вещества в потоке скачкообразно увеличивается при значениях уклона русла и расхода потока, превышающих критические для заданных: морфометрии русла, минералогического и гранулометрического составов твердой составляющей смеси, плотности последней. Явление

скачкообразного изменения плотности селевых смесей проявляется в ситуациях, когда зависимость между плотностью смесей и минимальным уклоном, на котором селевые смеси перемещаются без остановки и распада, имеют участки с отрицательным уклоном. Такие участки появляются в ситуациях, когда основная доля твердой составляющей движется в составе потока во взвешенном состоянии за счет энергии турбулентного перемешивания даже при объемных концентрациях твердой фазы, существенно превышающих 50 %. Обсуждаемая теория позволила разработать методы расчета кривых равновесного состояния селевых смесей, являющихся ключевым элементом в схемах расчета характеристик селей. Качественно новые представления о селевых явлениях были использованы при разработке "Рекомендации по проектированию противоселевых сооружений". Большой вклад в создание методов расчета характеристик селей внесли Ю.Б. Виноградов, Т.С. Степанова, В.П. Мочалов, Г.П. Елистратова, В.И. Лаптев и др.

Значительную часть тематики научно-исследовательских работ отдела в последние десятилетия составляло создание методов и методик прогноза селевой опасности. Несмотря на низкий уровень, а зачастую и отсутствие современных технических средств, обеспечивающих сбор, передачу и анализ информации о характеристиках селевых бассейнов в оперативном режиме, в области прогнозирования селей ливневого и гляциального генезисов достигнуты определенные успехи. Впервые о возможности прогнозирования селевой опасности в бассейнах рек северного склона Заилийского Алатау было сказано в работе Р.С. Голубова и В.Р. Рындиной. В дальнейшем прогнозированием селей гляциального генезиса занимались Ю.Б. Виноградов, Т.Л. Киренская, В.П. Мочалов. Разработке методов прогноза селей дождевого генезиса различной заблаговременности большое внимание уделяли Т.Л. Киренская, Н.А. Данилина, Г.К. Ветлицкая.

Углубленное изучение географии селевых явлений позволило установить высотные и широтные закономерности в распределении селевых бассейнов и их элементов и на этой основе, с учетом интересов пользователей картографической информации, разработать легенды карт селевой опасности различных масштабов. Карта селевой опасности территории Республики Казахстан масштаба 1:1000 000, разработанная в институте, была опубликована по заказу Казселезащиты Государственного комитета Республики Казахстан по чрезвычайным ситуациям в 1996 г. Впервые в практике картографирования селевых явлений на этой карте нашло отражение влияние деятельности человека на процессы переноса наносов из верхних ярусов накопления на относительно низкие ярусы. Вопросами картографирования селей в отделе селей занимались И.О. Раушенбах.

Р.В. Хонин, В.П. Мочалов, К.Л. Кузнецов, Е.Н. Калашникова, Л.В. Гончарова, А.Х. Хайдаров, Р.К. Яфязова и другие сотрудники.

Значительных успехов в последние десятилетия достигла селеметрия. Основными задачами созданной в 1974 г. селеметрической лаборатории были:

- разработка новых способов получения информации о селевых потоках и свойствах селевых смесей;
- моделирование селевых процессов;
- разработка и испытание селеметрической аппаратуры и новых систем оповещения о селевой опасности;
- проведение натурных и лабораторных экспериментов по изучению формирования, движения и остановки (распада) селевых смесей.

В первые годы существования селеметрической лаборатории ее сотрудники совместно с работниками СКБ завода Казгеофизприбор (В.А. Красюков, В.М. Силлер, В.П. Попов, П. Коваленко, М.Я. Новиков и др.) были разработаны оригинальные способы и приборы бесконтактного измерения характеристик селевых потоков, такие как доплеровский СВЧ-измеритель уровня и скорости, магнитометрический способ измерения плотности селей с использованием квантового магнитометра (Т.С. Степанова), сейсмический способ измерения расходов воды в горных реках и селевых потоков.

Первая опытная партия сейсмооповестителей селей была разработана под руководством В.А. Красюкова. Помехозащищенную систему кодирования и декодирования сигналов сейсмооповестителя создали сотрудники лаборатории НИИП Госкомгидромета под руководством С.Г. Муленко и В.П. Фролова. Ими же система переведена на новую элементную базу. В 1990-1991 гг. проведены присные испытания модернизированной системы оповещения о селевой опасности, впоследствии она успешно прошла производственные испытания в сетевых подразделениях Казгидромета.

Поистине гигантская работа по сбору полевых материалов была проделана Комплексной селевой экспедицией, входившей в состав отдела селей. Ее сотрудники совместно с научными работниками изучали различные аспекты селевой деятельности от Камчатки и Сахалина на востоке до Карпат на западе, от побережья Ледовитого океана на севере до границы с Афганистаном на юге.

Широчайшие диапазоны изменения морфометрических характеристик селевых бассейнов, их геологического строения, климата территорий, подверженных воздействию селей, позволили выявить основные закономерности формирования селей. В различные периоды существования экспедиции ею руководили В.И. Лаптев, В.А. Керемкулов, Ю.Ю. Козлов, Ю.А. Чистоедов, Е.П. Шевырталов. Важные в научном и практическом планах обобщения по результатам

работ экспедиции выполнены В.Н. Вардугиным, В.А. Керемкуловым, Р.В. Хониным.

В последние годы полевые исследования, выполненные в отделе селей (Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К.) позволили объяснить механизмы формирования конусов выноса основных рек северного склона Зайлийского Алатау, сложенных аллювиальными и пролювиальными отложениями, оценить роль климата в активности селевой деятельности. Доказано, что селевые отложения составляют более 80 % объема конусов, расположенных на предгорной равнине, а наибольшие объемы селевых выносов приходятся на нижний и средний антропоген. Установлена зависимость селевых выносов от морфометрических характеристик селевых бассейнов, площади их оледенения, слоя годовых осадков и геологического строения бассейнов. Выяснилось также, что понижение среднегодовой температуры на 2-3 °С, по сравнению с современной, приводит к практически полному прекращению селевой деятельности, а столь же незначительное увеличение - к резкому увеличению повторяемости селей дождевого генезиса и значительному, вследствие деградации оледенения, уменьшению селей гляциального генезиса.

Прогнозируемое изменение климата в предстоящем столетии может существенно повлиять на селевую активность в горных системах Казахстана, что потребует серьезного пересмотра стратегии и тактики борьбы с селевыми явлениями. Однако разработка перспективных планов и проектов защиты населения и территорий от воздействия селей сдерживается отсутствием средств на создание современных нормативных документов, регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию селезащитных сооружений. Это приводит к тому, что при осуществлении противоселевых мероприятий организации - исполнители подчас руководствуются не соображениями необходимости и целесообразности, а объемами финансирования, определяемыми директивными органами в волевом порядке, удобством проведения строительных работ и эксплуатации сооружений и т.д. Подобная практика приводила и неизбежно приведет к катастрофическим последствиям.

Для предупреждения населения Алматы о разрушительных селевых потоках еще в 30-е годы Казахское управление гидрометслужбы организовало службу предупреждения о селях. Эта служба функционировала только в бассейнах Большой и Малой Алматинки. Ее работа из-за отсутствия надежных средств связи была малоэффективной. В результате совершенствования средств оповещения, особенно радиосвязи, диапазон деятельности службы постоянно расширялся.

После Иссыкской селевой катастрофы в 1963 году возникла острая необходимость координации всех видов работ, связанных с наблюдением за селевыми потоками и оповещением населения о селевой опасности. В 1964 году специально организованное подразделе-

ние - Селевая гидрографическая партия, приступило к наблюдению за селевыми потоками на основных селеопасных реках Заилийского Алатау.

В 1965-1966 гг. в Казахстане проводились рекогносцировочные обследования для определения степени селевой опасности во всех горных районах. Только в 1967-1968 гг. в горах Заилийского Алатау были обследованы 128 озер ледниково-моренного комплекса. Материалы этих обследований вошли в каталог горных озер, и начиная с этого времени проводились регулярные наблюдения за состоянием этих озер. На наиболее прорывоопасных озерах (Богатырь, Тогузак, Акколь) были организованы информационные посты. Значительный вклад в изучение процессов селеформирования внесли сотрудники Алматинской селестоковой станции, организованной в 60-е годы.

В 1967 г. приступили к работе первые автоматические радиооповестители селей (РОС). В последующие годы в Заилийском Алатау была создана система оповещения о селевой опасности, включающая в себя радиооповестители селей, селевые стационары и информационные посты. В 80-е годы сеть автоматических оповестителей селей заработала в Джунгарском Алатау. Информация о формировании и прохождении селевых потоков с селевых стационаров, радиооповестителей селей и гидрологических постов поступает на диспетчерские пункты и затем передается всем заинтересованным организациям.

В 1995 г. служба наблюдений за селями и снежными лавинами (СНССЛ) объединила все селевые и снеголавинные подразделения Казгидромета. Основными задачами Службы наблюдений за селями и снежными лавинами являются:

- исследование снежного покрова и контроль снеголавинной обстановки;
- мониторинг гидрологических явлений на реках Алматинской области;
- обеспечение оперативной информацией о сложившейся и ожидаемой селевой и лавинной обстановке органов Государственного управления и населения;
- предупреждение о стихийных гидрометеорологических явлениях, в частности, о сходе снежных лавин, прохождении селевых потоков и водных паводков.

Служба наблюдений за селями и снежными лавинами располагает разветвленной наблюдательной сетью. В состав СНССЛ входят 2 снеголавинные станции, 3 снегомерных и 8 осадкомерных маршрутов, 29 гидрологических постов, 17 автоматических радиооповестителей селей, 4 диспетчерских пункта, селестоковая станция, ведущая наблюдения на двух селевых стационарах, расположенных непосредственно в зоне зарождения селевых потоков. Для оперативного анализа селевой и лавинной обстановки широко применяются аэровизу-

альные обследования селевых и лавинных очагов, озер моренно-ледникового комплекса.

Несмотря на сложности, связанные с финансированием, необходимо сохранить научный и производственный потенциал, функционирование которого позволяет сберечь государству средства, во много раз превышающие затраты на поддержание деятельности существующих подразделений.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Служба наблюдений за селями и снежными
лавидами Казгидромета

ҚАЗАҚСТАН ГИДРОМЕТ ҚЫЗМЕТІНДЕ СЕЛ ЖҰМЫСТАРЫ ДАМУЫНЫҢ НЕГІЗГІ КЕЗЕҢДЕРІ

Техн. ғ. канд Б.С. Степанов
Е.П. Шевырталов

Сел туралы ғылымының өркендеуі мен қалыптасуы, сел қауіпі туралы ескерту мен бақылау жүйесі сипатталған. Сел құбылыстары табиғатын эксперимент арқылы зерттеудің маңыздылығына және сел залалын азайту үшін оны болжау жасау керектігіне қатты көңіл қойылды.