

УДК 551.311

Доктор геогр. наук    Б.С. Степанов \*  
Доктор техн. наук    Р.К. Яфязова

### СЕЛЕВЕДЕНИЕ – КАК НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

*СЕЛЬ, ПАРАДИГМА, ВОДНЫЙ ПОТОК, НАНОСЫ, КОНЦЕНТРАЦИЯ, ПЛОТНОСТЬ, ВЯЗКОСТЬ, ПЛАСТИЧНОСТЬ*

*К концу 20 века сложилось устойчивое представление, что гидротехника и гидрология («наука, занимающаяся изучением природных вод, явлений и процессов, в них протекающих, а также определяющих распространение вод по земной поверхности и в толще почво-грунтов и закономерностей, по которым эти явления и процессы развиваются» [8]), должны быть строго разграничены друг от друга. Каждая наука, каждая отрасль знания имеет общеинженерную целеустремленность, но внутри себя, в своих методах исследования, она должна идти своим путем, развиваясь по своей логике. В настоящее время вышесказанное в полной мере относится к гидрологии и селеведению.*

Сели во многом определяли жизнь и деятельность людей, живших в горных и предгорных районах. Однако на протяжении многих тысячелетий люди использовали накопленный опыт сосуществования с этим грозным природным явлением лишь при выборе места относительно безопасного проживания и хозяйственной деятельности.

По мере увеличения риска, обусловленного урбанизацией и активным вовлечением в хозяйственную деятельность территорий, подверженных воздействию селей, развивалась отрасль инженерного искусства, связанная с защитой от селей и их предупреждением. Увеличение эффективности противоселевых мероприятий требовало развития научных знаний о распространении селей, условиях их зарождения, трансформации характеристик селей и селевой массы, их взаимодействии с инженерными сооружениями, остановки в горных долинах, на конусах выноса и в селехранилищах.

Многогранность селевых явлений, их влияние на условия жизни и здоровье людей обусловило тот интерес, который был проявлен к изучению селей представителями различных научных направлений. В ходе проведенных исследований были получены результаты, которые позволили к

---

\* РГП «Казгидромет», г. Алматы

50...60-ым годам 20 века сформулировать селевую парадигму – совокупность фундаментальных научных установок, представлений и терминов, принимаемых и разделяемых научным сообществом и объединяющих большинство его членов и обеспечивающую преемственность развития науки и научного творчества.

В основе этой парадигмы лежали представления о том, что:  
объемный вес твердого компонента селевой массы больше чем у воды;  
максимальная концентрация твердого компонента селевой массы не может превышать 40 %;

плотность селей, формирующихся в результате взаимодействия водного потока с горными породами, вмещающими русло, не превышает  $1600 \text{ кг/м}^3$ ;

плотность селевой массы, образующейся в результате сдвига и разжижения грунтовых массивов, может достигать  $2400 \text{ кг/м}^3$ ;

плотность селевой массы однозначно зависит от угла наклона пути движения селя и т.д.

Наибольший вклад в развитие науки о селях в СССР внесли институты АН СССР, Академий наук Азербайджана, Армении, Грузии, Казахстана, Украины, научно-исследовательские институты Министерств геологии, гидротехники и мелиорации СССР и союзных Республик, научно-исследовательские институты Государственного комитета по гидрометеорологии СССР. Об этом свидетельствует и тот факт, что председателями Селевой комиссии при АН СССР многие годы были член-корреспондент АН СССР М.А. Великанов, заведующий отделом института географии АН СССР д.т.н., профессор М.Ф. Срибный, д.т.н., профессор МГУ С.М. Флейшман, заместитель директора по научной работе, заведующий отделом селей Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института д.т.н., профессор Ю.Б. Виноградов.

В начале 21 века произошел сдвиг селевой парадигмы, хотя некоторые ее положения возможно и не разделяются большинством сообщества, изучающего сели. Однако отсутствие публикаций с критикой положений новой парадигмы позволяет предполагать, что это «переходный период».

Основу новой парадигмы составляют следующие утверждения:

взаимодействие водного потока с расходом, превышающим критическое значение, на уклоне, превышающем критическое значение (в решающей мере определяемых гранулометрическим составом селеформирующих пород) с рыхлообломочными породами приводит (при достаточной длине пути движения) к образованию селевой массы, плотность которой ограничивается пределом ее текучести;

зависимость между плотностью селевой массы и уклоном пути движения селя неоднозначна;

динамика селей определяется плотностью и реологическими характеристиками селевой массы, уклоном пути движения селя, глубиной потока;

конусы выноса, примыкающие к выходу рек из гор (расположенных в средних широтах с континентальным климатом), несущих в настоящее время оледенение, образованы преимущественно отложениями селей;

в ледниковые эпохи селевая активность практически равна нулю, активизируется в межледниковые эпохи и многократно увеличивается (по сравнению со средним значением в голоцене) при увеличении температуры воздуха на 2...3 °С и более, по сравнению с климатом 20-го столетия и т.д. [10].

В 70...90-х годах 20 века ученые и инженеры СССР занимали передовые позиции в изучении природы селей, проектировании и проведении противоселевых мероприятий. В этот период времени были написаны и опубликованы статьи и монографии, обобщающие результаты научных исследований за период 1940...1960 гг. формирования науки о селях [5, 6, 9].

В связи с тем, что в формировании селей вода играет важную роль, изучение селей в системе Госкомгидромета СССР происходило в рамках проблем, решение которых вменялось Управлению гидрологии. На первой стадии развития науки о селях это представлялось логичным, поскольку считалось, что механизм образования селей, формировавшихся в результате взаимодействия сосредоточенного водного потока с рыхлообломочными породами, вмещающими русло, принципиально не отличается от транспорта наносов водным потоком, изучаемого гидрологией.

Гидрология, как учение о совокупности деятельности воды на поверхности Земли, появилась (отпочковавшись от гидротехники) в 20-х годах 20 века в Советском Союзе. Еще в начале прошлого века гидрология, как отдельная дисциплина, не преподавалась ни в одном из высших учебных заведений России и Европы, а сведения о гидрологии излагались в курсах ирригации, внутренних водных сообщений и т.д.

К середине 20 века сложилось устойчивое представление, что гидрология и «... гидротехника, как отрасль инженерного искусства, трактующего об использовании воды для культурных нужд человечества, должны быть строго разграничены друг от друга» [4]. Подчинение гидрологии гидротехнике или водному хозяйству представлялось М.А. Великанову «глубоко неверным». Каждая наука, каждая отрасль знания имеет общинженерную целеустремленность, но внутри себя, в своих методах исследования, она должна идти своим путем, развиваясь по своей логике.

В настоящее время вышесказанное в полной мере относится к гидрологии и селеведению. Селеведение изучает весь комплекс природных процессов, совокупность которых приводит к зарождению селей, их развитию и деградации. Упомянутые природные процессы нельзя вырвать из того географического ландшафта, в котором они происходят в данный момент времени. Следовательно, селеведение находится в цикле географических наук. Отсюда вытекает его тесная связь с географией, метеорологией и климатологией, гидрологией, гидрогеологией, геологией, геоморфологией, гляциологией, вулканологией, геокриологией, реологией, почвоведением и ботаникой, геодезией и картографией. Органическими составляющими селеведения являются геодезия и картография, физическое и математическое моделирование, теоретический анализ как вытекающий из обработки данных полевых наблюдений и лабораторных экспериментов, так и строящийся на основе фундаментальных законов физики.

Процессы выветривания горных пород, вопросы выпадения осадков, их инфильтрация в грунт, формирование поверхностного и подземного стока, захват и перенос водой твердых частиц, их аккумуляция – точки соприкосновения климатологии, гидрологии, гидрогеологии и геоморфологии. Процессы, связанные с питанием ледников, их движением и деградацией, переносом рыхлообломочных пород водными и воздушными потоками, образование поверхностных и подземных водоемов, их прорывом, формированием паводков и селей – результаты процессов, изучаемые климатологией, метеорологией, гидрологией, гляциологией, геокриологией, геологией и геоморфологией. Возникновение лахаров обусловлено проявлением геологических, геоморфологических, климатических, гидрологических, гляциологических факторов. Возможность образования водоснежных и водоледяных селей определяется геоморфологическими, климатическими, метеорологическими и гидрологическими факторами.

Исследования в области селеведения, проведенные за последние десятилетия в Казахстане, странах ближнего и дальнего зарубежья за последние 40 лет, коренным образом изменили существовавшие ранее представления об условиях зарождения, развития и деградации селей.

Выдающимся событием в истории селеведения явились результаты проведения искусственного воспроизведения селей в натуральном масштабе на Шамалганском полигоне Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института в 1972...1978 гг. «Искусственным» при воспроизведении селей было лишь рукотворное открытие затворов, приведшее к излиянию воды в естественный селевой очаг, образовавшийся в результате опорожнения водоема, возникшего при заполнении пони-

жения на морене вюрмского возраста, тальми водами. Судя по состоянию очага до проведения экспериментов по искусственному воспроизведению селей, его возраст не превышал 150...200 лет.

Впервые было доказано, что при взаимодействии сосредоточенного водного потока и углах наклона пути движения составляющих 13...18° формируется грязекаменный поток с максимальной плотностью около 2400 кг/м<sup>3</sup>. Во время экспериментов 1975 г. при максимальном расходе водного попуска 28 м<sup>3</sup>/с (первый попуск) максимальный расход селевой массы составил 430 м<sup>3</sup>/с.

Во время второго попуска, при максимальном расходе водного потока равном 15 м<sup>3</sup>/с, расход селя составил 320 м<sup>3</sup>/с [7].

Для проведения измерений характеристик селей была разработана и изготовлена бесконтактная аппаратура:

- двухчастотный доплеровский измеритель уровня и скорости селя;
- квантовый магнитный градиентометр для измерения плотности селевой массы;
- сейсмические измерители расхода селей.

На все приборы получены авторские свидетельства на изобретения СССР [1, 2, 3].

Результаты проведения экспериментов по искусственному воспроизведению селей, анализ прохождения селей в природных условиях, данные лабораторного моделирования позволили сделать вывод о неоднозначной зависимости плотности селевой массы от уклона пути движения селя (с учетом плотности и гранулометрического состава рыхлообломочных пород, принимающих участие в селеформировании, а также глубины потока) сделавшее возможным разработку методов расчета характеристик селей в различных геоморфологических условиях, а теоретический анализ неоднозначности – открыть явление скачкообразного изменения плотности селевой массы при движении селей на уклонах, превышающих критическое значение.

На результатах изучения геологических разрезов конусов выноса рек северного склона Иле Алатау (Заилийского Алатау) разработан геолого-геоморфологический метод определения генезиса конусов выноса, основы оценки селевого риска, позволяющий оценить относительную опасность селевых бассейнов с близкими факторами селеформирования. Разработана методология оценки селевого риска.

К настоящему времени определились три основных направления практического применения селеведения:

1. Выявление и описание пространственного положения территорий, подверженных воздействию селей, оценка селевой опасности на них в

условиях современного климата; разработка методологии оценки селевого риска и методов картирования селевого риска в условиях современного климата; оценка селевой опасности в условиях потепления климата и оценка риска на территориях, подлежащих освоению в ближайшее столетие;

2. Расчет характеристик селей, дающий представление об особенностях зарождения и формирования селей, а так же характерных значениях их параметров (объем и расход селей, реологические характеристики селевой массы и их зависимость от плотности селевой массы и гранулометрического состава твердого компонента; дальность прохождения селей); разработка методов управления движением и отложением селей;
3. Прогноз селей, предупреждающий население о селевой опасности и являющийся базовым элементом эффективного проектирования, строительства и эксплуатации противоселевых сооружений, поскольку представляет собой научное предвидение изменения селевой активности во времени и в пространстве.

Результаты исследований, выполненных в последние десятилетия, привели к выводу о том, что селевая масса обладает ярко выраженными вязкопластическими свойствами, характеристики которых зависят от концентрации, плотности, гранулометрического и минералогического состава, а также формы ее твердого компонента. Это практически полностью исключает возможность использования математических моделей, используемых при гидравлических расчетах и прогнозе селевых явлений. Сказанное относится и к проектированию, строительству и эксплуатации противоселевых сооружений, использованию при проектировании и проведении превентивных мероприятий по предотвращению селей, уменьшению ущерба, наносимого ими.

Всё возрастающие требования органов государственного управления, обусловленные осложнением и возрастанием запросов, связанных с обеспечением устойчивого развития страны в условиях потепления климата, могут быть удовлетворены лишь при полноценном развитии селеведения как науки, с разработкой всех ее проблем, даже тех, которые, казалось бы, в настоящий момент еще не имеют практического значения, но составляют необходимое звено в разрешении других, настоятельно важных вопросов. Селеведение перестало быть одним из разделов гидрологии и должно получить надлежащее место в системе точных естественных наук.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 539220 СССР, М. Кл.2 G 01 F 1/66. Способ измерения расхода водных, водных наносонесущих и селевых потоков в необорудованных рус-

- лах / Ю.Б. Виноградов, В.А. Красюков и Б.С. Степанов (СССР). – №2127532/10; Заявлено 17.04.75; Опубл. 15.12.76; Бюл. № 46.
2. А.с. 623136 СССР, М. Кл. 2 G 01 N 9/00. Способ измерения плотности селевых потоков / Б.С. Степанов и Т.С. Степанова (СССР) / – №2400770/18-25; Заявлено 23.08.76; Опубл. 05.09.78; Бюл. № 33.
  3. А.с. 698505 СССР, М. Кл. 2 G 01 S 9/04. Доплеровский измеритель дальности / Б.С. Степанов, В.М. Силлер, П.И. Коваленко и В.А. Красюков (СССР). – № 2585600/18-09; Заявлено 01.03.78.
  4. Великанов М.А. Гидрология суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1948. – 530 с.
  5. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. – 386 с.
  6. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 312 с.
  7. Хонин Р.В., Керемкулов В.А., Мочалов В.П. Третий эксперимент по Искусственному воспроизведению грязекаменного потока // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1977. – № 2. – С. 57-63.
  8. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 308 с.
  9. Шeko А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. – М.: Недра, 1980. – 296 с.
  10. Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации. – Алматы, 2007. – 158 с.

Поступила 4.09.2015

Геогр. ғылымд. докторы      Б.С. Степанов  
Техн. ғылымд. докторы      Р.К. Яфязова

### **СЕЛТАНУ – ЖАҢА ҒЫЛЫМИ БАҒЫТ**

*СЕЛ, ПАРАДИГМА, СУ АҒЫНЫ, ҮЙІНДІ, КОНЦЕНТРАЦИЯ, ТЫҒЫЗДЫҚ, ЖАБЫСҚЫҚТЫҚ, ИЛЕМДІЛІК*

*20 ғасырдың соңында «табиғи суларда өтетін құбылыстар мен процестерді, сонымен қатар жер бетімен және топырақ қабатында сулардың таралуы және осы құбылыстардың даму заңдылықтарын зерттейтін ғылым» селтану және гидрология туралы тұрақты түсінік қалыптасты [8], бірақ олар бір-бірінен қатаң түрде шектеулі қарастырылуы қажет. Әр ғылым, білімнің әр саласы өзінің ішінде жалпы инженерлік мақсатына ие, өз зерттеу әдістерінде өз логикасына сай олар өз жолымен жүру қажет. Қазіргі уақытта жағарыда айтылғандар гидрология мен селтануға қатысты мәселелер.*