РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РУКОВОДСТВО СЕЛЕСТОКОВЫМ СТАНЦИЯМ И ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ ПАРТИЯМ

Выпуск 1

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ СЕЛЕЙ

РД 52.30.238—89

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
МОСКВА · ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ — 1990

gost.e-ecolog.ru

Р У К О В О Д Я Щ И Й Д О К У М Е Н Т

Руководство
селестоковым станциям и
гидрографическим партиям
Выпуск I
Организация и проведение
работ по изучению селей

РД 52.30.238-90

Дата введения 01.04.91

Настоящее Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям (далее - Руководство) регламентирует деятельность селестоковых станций и гидрографических партий управлений по гидрометеорологии (УГМ) и научно-исследовательских учреждений (НИУ) Госкомгидромета СССР в рамках государственной системы организации и проведения работ по изучению селей. Руководство предназначено для инженерно-технического состава УГМ и НИУ Госкомгидромета СССР.

Руководство разработано на основании полевых и лабораторных методов определения и измерения характеристик селей и селевой смеси; нормативных документов по организации и проведению полевых наблюдений и работ в речных бассейнах с учетом накопленного опыта селевыми подразделениями за период, прошедший с момента издания Руководства по изучению селевых потоков (1976).

Требования к систематизации исходной информации, собираемой селевыми подразделениями, изложены в следующих нормативных документах:

I) методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Раздел I. Поверхностные воды. Выпуск 3. Составление и подготовка к печати изданий серии 2: Ежегодные данные . Часть 4. Ежегодные данные о селевых потоках;

© Госкомгидромет СССР, 1990 г.

2) методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Раздел I. Поверхностные воды. Выпуск I. Составление и подготовка к печати изданий серии I: Каталожные данные . Часть 4. Каталог селевых бассейнов и очагов на территории СССР;

3) методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Раздел I. Поверхностные воды. Выпуск 6. Подготовка первичных данных. Часть 4. Селевые потоки.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Хозяйственное освоение горных и предгорных территорий определяет необходимость глубокого и всестороннего изучения стихийных бедствий, к числу которых относятся селевые явления.

Сели, представляющие собой смесь воды и обломков горных пород, обладают внезапностью возникновения, относительно непродолжительным периодом существования, огромной разрушительной силой.

Советом Министров СССР и Государственным комитетом по науке и технике СССР принят ряд специальных постановлений, направленных на изучение селевых явлений, создание методов картографирования, расчета и прогноза характеристик селей, разработку рекомендаций по снижению селевой опасности и мероприятий по защите от них населенных пунктов, предприятий, земель. Названные вопросы могут быть решены на основе объективных данных, полученных путем выполнения на единых методических принципах системных исследований селевых явлений. В значительной мере этим требованиям отвечало действующее в Госкомгидромете СССР Руководство по изучению селевых потоков.

Накопленный на основании требований "Руководства по изучению селевых потоков" опыт проведения исследований селевых явлений, создание новых полевых и лабораторных методов определения характеристик селей и селевой смеси, создаваемая информационная система Государственного водного кадастра СССР (подраздел "Сели") привели к необходимости подготовки более полного и универсального "Руководства селестоковым станциям и гидрографическим партиям" в целе организации и проведения работ по изучению селей.

Селеведение – одна из молодых, находящихся в стадии становления, наук о Земле. Исследование сложной совокупности физических процессов, возникающих на земном шаре, составляет содержание геофизики в полном ее понимании. К числу геофизических дисциплин относится и селеведение, предметом изучения которого являются селевые явления. Селеведение изучает изменение во времени и в пространстве селевых явлений, причины возникновения и закономерности формирования на склонах и в руслах горных рек селей, свойства селевой смеси, а также взаимодействие селей с окружающей средой.

Изучая различные стороны селевых явлений, селеведение подходит к ним с разных точек зрения и тесным образом связано с рядом естественно-научных дисциплин, такими, как геоморфология, геология, грунтоведение, метеорология, гидрология, гляциология, мерзлотоведение, сейсмология, вулканология и т.д. Помимо связи с названными науками селеведение не менее тесно связано с целым рядом дисциплин прикладного и технического характера, а также с практической деятельностью многих проектных, строительных и эксплуатационных организаций, осуществляющих решение народнохозяйственных задач в горных и предгорных районах.

Сравнительно большое число вопросов, охватываемых селеведением, и различия в методах, применяемых для их решения, определили выделение в нем нескольких разделов, достаточно крупных по своему содержанию. Это прежде всего такие разделы, как пространственное распределение и картографирование селевых явлений, расчеты характеристик селей, прогнозы селевых явлений, селеметрия, защита населения и народнохозяйственных объектов от селей. Такое выделение внутри селеведения отдельных разделов определяется историческим ходом его развития и требованиями практики. В настоящее время далеко не все разделы селеведения получили одинаковое развитие.

Методы исследований, применяемые в селеведении, в значительной мере также являются присущими и другим естественным наукам.

Это прежде всего методы наблюдений, эксперимента и математического анализа.

Рациональное освоение горных территорий требует от селеведения создания объективных методов картографирования селей, обеспечения надежными методами расчета и прогноза проектных организаций и прогностических подразделений Госкомгидромета СССР, разработки научно обоснованных методов и способов защиты от селей. Данные о селевых явлениях учитываются при строительстве населенных пунктов, автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, гидротехнических и других сооружений в горных и предгорных районах.

Список использованных источников приведен в приложении I.

Перечень нормативных и нормативно-технических документов, на которые даны ссылки в данном Руководстве, приведен в "Информационных данных".

Термины и пояснения к ним приведены в приложении 2.

2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

2.I. Основные закономерности формирования селей

2.I.I. При определенных условиях сели могут возникать в любой горной стране. Мутьевые потоки, т.е. подводные сели, зарождаются на крутых океанических, морских и озерных склонах. Рельефообразующая роль селевых процессов чрезвычайно велика и по своим размерам сопоставима с выветриванием и оледенением.

2.I.2. Основными причинами возникновения селей являются: ливневые осадки, интенсивное снеготаяние, прорывы высокогорных

озер, опорожнение внутриморенных и внутриледниковых водоемов, извержения вулканов, землетрясения и т.д. Существенное влияние на возникновение селей могут оказывать различные виды хозяйственной деятельности человека.

2.I.3. Все специальные вопросы практического применения результатов селеведения могут быть успешно разрешены лишь на основе углубленного изучения основных общих закономерностей, установленных для горных районов, а также процессов, происходящих в атмосфере и в поверхностном слое земной коры.

В соответствии с этим задачи, стоящие перед селеведением, кратко сводятся к следующим:

I) установить основные факторы, приводящие к формированию селей, дать описание наблюдаемых процессов и притом не только с качественной стороны, но охарактеризовать их количественно;

2) найти правильное объяснение селевым явлениям и выявить законы формирования селей;

3) на основании найденных закономерностей разработать методы предвычисления развития процессов и их прогноза ;

4) применить найденные закономерности к решению проблемы защиты от селей и созданию методов их профилактики.

2.I.4. С морфологической точки зрения основным объектом изучения селеведения является селевой бассейн, состоящий из различных по составу и количеству элементов. Основная площадь селевого бассейна представлена различными стокообразующими поверхностями: степями, лугами, пашнями, садами, лесами, скалами, осыпями, современными и древними моренами, ледниками и т.д.

В отдельном селевом бассейне часто можно встретить не только несколько селевых очагов одного типа, но два или три типа селевых очагов. Например, в наиболее крупных селевых бассейнах Кавказа, Средней Азии, Южного Казахстана, Алтая, Саян выделены десятки, а иногда и сотни селевых рытвин. В районах современного и древнего оледенения в селевых бассейнах наряду с большим количеством селе-

вых рытвин располагается по нескольку селевых врезов, а иногда встречаются и очаги рассредоточенного селеобразования.

2.I.5. Распределение селевых рытвин и врезов подчиняется закономерностям высотной поясности. На крутых (более I5 °) склонах низкогорного и среднегорного пояса в основном распространены селевые рытвины, прорезающие задернованные или залесенные склоны, сложенные делювиально-элювиальными отложениями. В высокогорных поясах селевые рытвины приурочены к крутым (до 40 °) скальным склонам или межсклоновым образованиям, сложенным продуктами выветривания. Селевые рытвины отличаются небольшой протяженностью (длина, т.е. расстояние от водораздела или вершины селевой рытвины до ее устья, редко превышает 500–600 м), а их бассейны совпадают с таковыми притоков первого, реже второго порядка.

Площади бассейнов селевых рытвин находятся в диапазоне от 0,0I до 3,00 км^2. Толщина селеформирующих грунтов достигает I0 м. Объем грунта, выносимый за один сель из селевых очагов этого типа, обычно не превышает I0 тыс.м^3, но одновременное формирование их в большом количестве селевых рытвин может привести к катастрофическим селепроявлениям.

2.I.6. Селевые врезы, как правило, располагаются в высокогорных поясах на резких перегибах древнеморенных отложений и по своим размерам значительно превосходят селевые рытвины. Последнее обусловлено тем, что селевые врезы приурочены к бассейнам притоков второго, а иногда третьего или четвертого порядков. Продольные профили селевых врезов более плавные, чем у селевых рытвин.

В период формирования крупных селей и до того крутые борта селевых врезов становятся почти вертикальными, а затем постепенно приближаются к форме, соответствующей углу естественного откоса.

Максимальные глубины селевых врезов достигают 100 м и более. Длину селевых врезов однозначно определить трудно, так как она изменяется в зависимости от размеров селепроявлений и свойств селевой

смеси. Условно за длину селевого вреза можно принять расстояние от вершины селевого вреза до наиболее низко расположенного створа селевого русла с углом наклона равным 12 °. В последнем случае площади водосборов крупных селевых врезов равны 60 км^2 и более. Толщина селеформирующих грунтов изменяется от нескольких десятков до сотен метров. Объем грунта, выносимый из селевого вреза за один сель, может достигать 6 млн.м^3.

2.1.7. Очаги рассредоточенного селеобразования, как правило, приурочены к активным тектоническим разломам, а их появление обусловлено крупными землетрясениями. Поверхность селевых очагов этого типа представляет собой крутые, легко разрушаемые скальные породы с большим количеством эрозионных борозд, которые в результате интенсивного выветривания в межселевой период заполняются продуктами разрушения горных пород. Последние в процессе формирования селей обеспечивают их твердую составляющую. Размеры площадей селевых бассейнов и очагов рассредоточенного селеобразования, в них расположенных, сопоставимы между собой. Площади этих селевых очагов достигают 0,7 км^2 и редко больше, а площади селевых бассейнов - 2 км^2.

Средняя для очагов рассредоточенного селеобразования интенсивность прироста коры выветривания (селеформирующих грунтов) не превышает 0,025 м/год. Причем по мере увеличения толщины селеформирующих грунтов интенсивность роста коры выветривания резко замедляется. Грязевые сели в очагах этого типа формируются достаточно часто (иногда несколько раз в году), объемы их выносов редко превышают 7 тыс.м^3. Одновременно с появлением селевых очагов формируются наиболее крупные сели (обычно оползни-потоки), объемы которых могут достигать миллионов кубических метров.

2.1.8. Эродированные селевые бассейны распространены в низкогорных районах Кавказа, Средней Азии, Западного Саяна и т.д. В зависимости от гидрометеорологических условий и морфометрических характеристик селевых бассейнов в них могут формироваться либо грязевые, либо наносоводные сели.

2.I.8.I. Селевые бассейны, в которых формируются грязевые сели, сложены плотными суглинками с прослоями песка и гравия. Крутые склоны с углами наклона более 25 ^{o} изрезаны густой сетью микроручейков и эрозионных борозд. За межселевой период, который обычно составляет 20-25 лет, накапливается слой коры выветривания толщиной до 0,4 м. Максимальная интенсивность накопления коры выветривания в этих селевых бассейнах обычно не превышает 0,035 м/год. Площади эродированных бассейнов редко превышают 3 км^{2}. Объемы выносов грязевых селей редко достигают 60 тыс.м^{3}. В годы после прохождения крупных грязевых селей в этих бассейнах ощущается дефицит селеформирующих грунтов, что обусловливает возможность формирования наносоводных селей, объемы и максимальные расходы которых на порядок меньше грязевых селей.

2.I.8.2. Склоны эродированных селевых бассейнов, в которых формируются наносоводные сели и паводки, имеют углы наклона менее 25 ^{o}. Поверхность эродированных селевых бассейнов обычно покрыта изреженной травянистой или кустарниковой растительностью. Глубина коры выветривания достигает 2,0 м. Верхний слой коры выветривания толщиной 0,02 м представлен плотной коркой с большим содержанием щебня. Слабая проницаемость этой корки (инфильтрационный параметр составляет 0,05 мм/мин) обеспечивает формирование здесь поверхностного стока. Площади эродированных селевых бассейнов находятся в диапазоне от 0,0I до 6 км^{2}. Объемы выносов твердого материала наносоводными селями невелики и обычно не превышают нескольких тысяч кубических метров.

2.1.9. Плотность селевой смеси меняется в широких пределах: для наносоводных от II00 до 1800 кг/м^{3}, грязевых - от I400 до 2000 кг/м^{3}, грязекаменных - от I800 до 2500 кг/м^{3}. В наносоводных селях крупные фракции двигаются медленнее, чем мелкие, а в грязевых и грязекаменных потоках все фракции перемещаются примерно с одинаковой скоростью.

2.I.I0. Объемы выноса грязекаменной смеси наиболее крупных селей могут превышать 50 млн.м^3. Продолжительность формирования селя обычно составляет всего несколько часов. В последующие дни после прохождения селя могут наблюдаться в селевом бассейне еще несколько селей, но обычно меньшего размера. В крупных селевых очагах, например, таких,как Кумбельский селевой врез в Заилийском Алатау, после селя в течение нескольких лет наблюдаются постселевые явления.

2.I.II. Максимальные расходы селей могут достигать 60 тыс.м^3/с Причем отношение максимальных расходов селей к таковым водных паводков для отдельных створов может составлять более I00. При прочих равных условиях чем больше расход селя, тем с большей скоростью он движется. Скорость отдельных селевых валов потоков обычно не превышает I5 м/с.

Сели обычно проходят в виде большого количества селевых валов, высота которых нередко составляет I0–I5 м. Крупные селевые потоки обычно движутся по всей ширине горной долины, нередко преодолевая десятки километров. При выходе из гор происходит торможение селевого потока и отложение селевой смеси. Ширина селевых конусов выноса может достигать многих тысяч метров, в то время как ширина свежих селевых отложений на их поверхности редко достигает нескольких сотен метров.

2.I.I2. Сели вулканического и сейсмического происхождения могут возникать в течение круглого года. Сели ливневого и гляциального происхождения наблюдаются в теплый период года.

2.I.I2.I. Сели ливневого происхождения часто формируются одновременно в нескольких селевых бассейнах. При этом одним из определяющих условий формирования селей ливневого происхождения являются дождевые паводки с расходами, превышающими критические значения для соответствующих селевых очагов. Формирование паводков происходит в результате поверхностного или быстрого грунтового стокообра-

зования /I/. В обоих случаях селеформирование может быть обусловлено эрозионно-сдвиговым процессом, а в селевых бассейнах быстрого грунтового стокообразования, кроме того, и сдвигом насыщенной дождевой водой толщи грунта.

2.I.I2.2. Сели гляциального происхождения формируются, как правило, в одном селевом бассейне в результате аномально интенсивного таяния льда и снега, прорыва поверхностных или подземных водоемов гляциально-нивального пояса. Прорывы ледниковых вод, как отмечено в работе /2/, достаточно редки в отдельно взятом селевом бассейне, но для районов горного оледенения они - явление закономерное и повсеместное.

2.I.I3. Следует различать три типа селевых процессов: транспортный, эрозионно-сдвиговый и сдвиговый.

2.I.I3.I. Важнейшей особенностью транспортного селевого процесса является превышение энергии, отдаваемой водной составляющей твердой компоненте, над потенциальной энергией твердой фазы, переходящей в другие виды энергии при перемещении твердых частиц в составе селевого потока. Вследствие действия отрицательных обратных связей предельно возможная концентрация твердого вещества в селевой смеси при постоянных значениях водного расхода, гранулометрического состава и плотности твердой составляющей находится в прямой зависимости от крутизны русла.

Транспортный селевой процесс может иметь место в следующих ситуациях:

I) при интенсивном поверхностном обводнении рыхлообломочных грунтов, залегающих на уклонах меньше критических. Критический угол наклона массива селеформирующих грунтов обычно равен I0-I2°;

2) при поступлении в русла горных рек расходов воды, которые превышают бытовые и срывают или переформировывают самоотмостку;

3) вследствие частичного распада селевой смеси большой плотности при движении ее в руслах, имеющих малые уклоны;

4) в результате частичного распада селевой смеси, вызванного слиянием грязекаменных селей с водными потоками в руслах с малыми уклонами.

2.I.I3.2. Эрозионно-сдвиговый селевой процесс имеет место при взаимодействии сосредоточенного водного потока с рыхлообломочными породами при значениях уклона очага селеформирования и расхода водного или селевого потока, превышающих критические значения. Важнейшей особенностью эрозионно-сдвигового процесса является формирование селевой смеси большой плотности (более I800 кг/см^3).

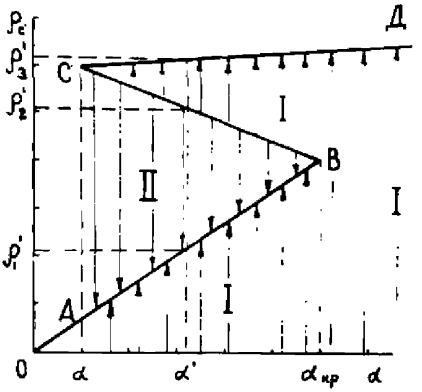
2.I.I3.3. Сдвиговый селевой процесс возникает при превышении сдвигающих сил над удерживающими вследствие изменения во времени физико-механических свойств рыхлообломочных пород, мощности и условий их залегания; важную роль в создании условий для сдвига может играть аномальное увлажнение рыхлообломочных пород.

2.I.I3.4. Рассмотренные типы селеформирования, несмотря на кажущуюся разнородность, являются звеньями единой цепи физических процессов, обусловливающих селевые явления в целом. Деление селевых явлений на три процесса существенно упрощает математическое описание концептуальных моделей формирования, движения и остановки (распада) селей. Однако при использовании этих моделей для практических расчетов всегда следует помнить о том, что приведенное выше деление весьма условно, ибо в реальных условиях мы имеем,как правило, дело с нестационарными процессами.

Селевому процессу присущи возможности обогащения селевой смеси твердой составляющей или, наоборот, ее частичного распада. Стабилизация процесса формирования селевой смеси является сложной функцией морфометрических характеристик пути движения селевого потока, его расхода, плотности селевой смеси, минералогического и гранулометрического составов ее твердой составляющей. Многофакторность селевых процессов приводит к тому, что на одном и том же участке в различных ситуациях может происходить увеличение расходов (объемов) селей и их уменьшение.

2.I.I3.5. Зависимость, определяющая возможность существования селевой смеси с заданной плотностью ρ_c на различных углах наклона селевого русла (далее - зависимость), приведена на черт.I.

Если плотность селевой смеси ρ'_3 и угол наклона селевого русла α' таковы, что точка с координатами ($\rho'_3\,\alpha'$) попадает в область I, то селевой процесс может развиваться и плотность селевой смеси увеличивается до значений, определяемых линией АВ или СД.



Черт. I. Зависимость между минимальным углом наклона русла (очага), при котором не происходит распад селевой смеси, и ее плотностью

Если плотность селевой смеси ρ'_2 и угол наклона селевого русла α' таковы, что точка с координатами ($\rho'_2\,\alpha'$) попадает в область II, то селевая смесь будет распадаться. Характеристики селя уменьшатся, а плотность селевой смеси определится значениями, лежащими на линии АВ.

Физический смысл приведенной зависимости заключается в следующем. При малых плотностях селевой смеси водный поток транспортирует твердую составляющую, причем суммарные энергетические затраты со стороны потока, затрачиваемые им на перемещение твердой составляющей, превышают вклад твердой составляющей в общий положительный энергетический баланс двухфазного потока. Плотность селевой смеси в этом случае увеличится. С увеличением угла наклона селевого русла происходит рост плотности селевой смеси (линия ОВ).

С возрастанием концентрации твердой составляющей в селевой

смеси возникает качественное изменение течения процесса: положительные обратные связи становятся преобладающими. Интегральная энергия, отдаваемая твердыми частицами потоку, превышает энергию, затраченную потоком на вовлечение их в движение. Для дальнейшего развития селевого процесса и увеличения плотности селевой смеси не требуется дополнительной энергии от водного потока, т.е. увеличения угла наклона селевого русла. Более того, выделяемой твердой составляющей энергии достаточно, чтобы селевой процесс не только не затухал, а развивался и при меньшем энергетическом вкладе воды, т.е. и на меньших углах наклона селевого русла (линия ВС). Описанный процесс будет продолжаться до тех пор, пока не наступит динамическое равновесие в фазовом составе селевой смеси, или до тех пор, пока на движение потока не начнут влиять силы, определяемые ростом вязкости и пластичности селевой смеси. Это произойдет при некоторых предельных значениях плотности селевой смеси (линия СД).

Естественно, что приведенная на черт.I зависимость не однозначна и ее вид в значительной мере зависит от гранулометрического и минералогического состава твердой фазы селевой смеси. Для некоторых грунтов, в которых содержится много глинисто-пылеватых частиц и мало крупных, приведенная функция однозначна, так как энергия селевого потока в этом случае в основном затрачивается на преодоление вязкопластического сопротивления, а не на взвешивание частиц. Неоднозначной упомянутая функция будет и в том случае, если в селеформирующих грунтах доля пылевато-глинистых фракций недостаточна.

Сказанное легко объясняет тот факт, что на одном и том же участке русла селевые потоки распадаются и отлагают основную часть твердой составляющей селевой смеси, например, точка с координатами (ρ_2' , d') попадает в область П зависимости, приведенной на черт.I. Другие селевые потоки, имеющие на подходе к этому же

самому участку большие значения плотности, не только не распадаются, а наоборот, развиваются и вовлекают в селевой процесс грунты, отложенные предыдущими селями (например, точка с координатами (δ_3', α') попадает в область I зависимости, приведенной на черт I.

2.2. Основные закономерности распространения селей

2.2.I. Селевые явления распространены во всех горных районах СССР. Наряду с горными районами селевые или подобные явления отмечены в холмистых и овражно-балочных районах равнинных территорий.

Распределение селевых явлений на территории СССР в определенной степени подчиняется закономерностям широтной зональности, а внутри горных районов и селевых бассейнов - высотной поясности. Чем крупнее селевой бассейн, тем более отчетливо прослеживается внутри него вертикальное распределение селевых очагов и стокообразующих поверхностей.

2.2.2. Период времени года, в течение которого возможно возникновение селей, т.е. селеопасный период, в целом уменьшается с юга на север и с увеличением высоты местности. Внутри этого периода вероятность возникновения селей неодинакова и обусловлена прежде всего особенностями гидрометеорологического режима.

2.2.3. Чаще всего сели формируются при выпадении аномально больших по слою или интенсивности жидких осадков. При дождевом обводнении, при прочих равных условиях, на размеры селепроявлений существенную роль оказывают, с одной стороны, предшествующее увлажнение и состояние почв и грунтов, слагающих стокообразующие поверхности, наличие или отсутствие на поверхности последних снежного покрова, а с другой - запасов селеформирующих грунтов в очагах.

2.2.4. Сели гляциального происхождения формируются в результате взаимодействия прорывных паводков с селеформирующими грунтами очагов. Прорыв гляциальных водоемов возможен после достижения определенного уровня насыщения водой моренно-ледникового комплекса, потери устойчивости грунтов перемычки, протаивания каналов стока и т.д., т.е. спустя некоторый отрезок времени после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°С.

2.2.5. Следует подчеркнуть и следующую тенденцию: с юга на север размеры селевых бассейнов, в равной степени как и размеры селепроявлений, заметно увеличиваются, а затем примерно с 43°с.ш. уменьшаются. Наиболее крупные селевые бассейны приурочены к районам современного горного оледенения Кавказа, Средней Азии, Сибири.

2.2.6. К числу селевых бассейнов, не подчиняющихся названным закономерностям, следует отнести те из них, в которых формируются сели сейсмического и вулканического происхождения, а также селевые бассейны с очагами рассредоточенного селеобразования, которые возникли в результате крупных землетрясений.

2.2.7. На Европейской территории СССР селевые явления отмечены на Кольском полуострове, Урале, в Карпатах, Крыму, в холмистых районах Украины и Молдавии, а также на Кавказе.

2.2.7.I. На Кольском полуострове в массивах Левозерских, Хибинских и Монче тундр в небольших по площади (обычно менее 6 км^2) селевых бассейнах формируются грязекаменные сели дождевого или смешанного (выпадение дождей на тающий снег) происхождения. Зарождение этих селей происходит в селевых рытвинах или врезах. Селевые рытвины в основном приурочены к бортам и днищам каров и цирков, представляющих собой следы прежних локальных оледенений. Селевые врезы располагаются на древнеморенных отложениях, толщина которых редко превышает I2 м.

Наносоводные и так называемые водоснежные сели формируются в селевых бассейнах, площадь которых достигает 25 км^2, а иногда и более. Причиной образования этих селей являются дожди, выпадающие нередко на тающий снег, а также прорывы временных озер, перемычки которых сложены лавинным или навеянным снегом. В пределах названных горных массивов известны случаи образования антропогенных селей.

2.2.7.2. В Уральских горах имеется несколько областей, где наиболее развиты селевые явления. В селевых бассейнах Полярного и Приполярного Урала формируются грязекаменные и наносоводные сели. Грязекаменные сели отличаются небольшими размерами и возникают в селевых рытвинах, приуроченных к скальным водосборам притоков первого порядка. Наиболее крупные селевые бассейны расположены на западных склонах Полярного и Приполярного Урала, где кроме селевых рытвин встречаются и небольшие селевые врезы. Существенная роль в формировании селей принадлежит дождям, выпадающим в период интенсивного снеготаяния. В руслах притоков второго, а иногда и третьего порядков проходят наносоводные сели.

На Северном, Среднем и Южном Урале селевые явления имеют значительно меньшее распространение; возникновение селей здесь также обусловлено выпадением интенсивных дождей в период снеготаяния. Количество селевых рытвин, приуроченных к скальным водосборам, значительно меньше, чем в названных районах, а селевые врезы почти полностью отсутствуют. Объемы грязекаменных селей обычно не превышают 8 тыс.м^3, а наносоводных - 500 тыс.м^3. В Уральских горах известны случаи формирования антропогенных селей.

2.2.7.3. В Карпатах грязекаменные сели формируются в пределах центральной части Скибовой и Полонинской зон, а также Раховского кристаллического массива. Наносоводные сели могут иметь место практически во всех бассейнах рек этого района. Грязекаменные се-

ли формируются в селевых бассейнах, площади которых обычно не превышают 2 км^2, а наносоводные - в бассейнах с площадями до 80 км^2. Основной причиной возникновения селей являются дожди со слоем более 40 мм в сутки. Объемы грязекаменных селей достигают 20 тыс.м^3, а максимальные расходы - 100 м^3/с. Выдающимся из числа известных является сель 8 июня 1969 г. в бассейне ручья Конусяк (хр.Горганы), размеры которого составили: максимальный расход около 600 м^3/с, объем селевой смеси порядка 80 тыс.м^3. Названный сель, очевидно, явился причиной сплошной рубки леса в данном бассейне, имевшей место в середине прошлого столетия. Таким образом, антропогенная деятельность, выражающаяся в нарушении растительного покрова, созданки отвалов горных пород, нерегламентированном выпасе скота и т.д., усиливает селевую деятельность.

2.2.7.4. В горных и предгорных районах Крыма формируются грязевые, грязекаменные и наносоводные сели. Селевые очаги приурочены к крутым, сильно эродированным и расчлененным склонам, сложенным флишевыми породами. Неотектонические движения и сравнительно высокая сейсмическая деятельность способствуют дальнейшему дроблению горных пород, накоплению делювиально-гравитационных отложений на бортах и в межсклоновых понижениях бассейнов притоков первого, второго и реже третьего порядков. Сели в Горном Крыму, как правило, наблюдаются летом в результате выпадения интенсивных ливней, обычно охватывающих ограниченные площади. Известны случаи селепроявлений и зимой при выпадении дождей на заснеженные склоны селевых бассейнов. Грязевые и грязекаменные сели формируются в селевых рытвинах с небольшими водосборными площадями и отличаются сравнительно малыми объемами селевых выносов, обычно менее 15 тыс.м^3. Наносоводные сели наблюдаются на реках, площади бассейнов которых достигают 50 км^2. Повторяемость грязекаменных селей составляет один раз в 10-15 лет, наносоводные сели наблюдаются чаще. Сели Крыма оказывают неблагоприятное воздействие на различ-

ные отрасли хозяйства - транспорт, агропромышленный комплекс, коммунальное хозяйство и т.п., что особенно усугубляется строительством в прирусловой зоне и в русле различных объектов (трубопроводов, мостовых переходов и т.п.), значительно снижающих пропускную способность русел и вызывающих разрушения и занесение промышленных площадок, населенных пунктов и т.п.

2.2.7.5. В овражно-балочных районах Украины и Молдавии (Приднепровье, Приднестровье) неоднократно проходили небольшие по размерам грязевые и грязекаменные сели ливневого генезиса. Такие явления отмечены в районе Каневской возвышенности, в г.Киеве (антропогенный сель в овраге Бабий Яр), в районе г.Григориополь и Вадул-Луй-Водэ на Днестре. На малых реках этого региона известны также случаи образования селеподобных явлений, возникающих в результате прорыва емкостей для сбора сточных вод, а также прудов.

2.2.7.6. К числу наиболее активных районов селевой деятельности на территории СССР относится горная территория Кавказа, состоящая из следующих крупных орографических единиц: Большого, Северного и Малого Кавказа. Здесь распространено большое количество крупных селевых бассейнов, площади которых достигают 200 км^2. В высокогорье (альпийский и субальпийский пояса) распространены селевые врезы и рытвины. Врезы приурочены к древнеморенным отложениям и характеризуются значительными запасами селеформирующих грунтов. В селевых рытвинах, приуроченных к скальным склонам, пополнение селеформирующих грунтов происходит за счет интенсивно протекающих процессов выветривания. Толщина слоя коры выветривания здесь редко превышает 2 м. Селевые врезы обычно приурочены к селевым бассейнам притоков второго и третьего порядков. Врезы продолжаются в виде селевых русел с крутым продольным профилем. Селевые конусы выноса боковых притоков нередко перегораживают русла рек более высокого порядка. Поступление твердого материа-

ла в селевые русла происходит с боковых притоков и за счет медленного перемещения грунтов прилегающих склонов. В низкогорном поясе распространены небольшие селевые рытвины, поверхность водосборов селевого очага которых задернована и часто покрыта кустарниковой или древесной растительностью. Роль селевых рытвин в общем балансе выносимого за пределы крупных селевых бассейнов твердого материала обычно несущественна.

Грязекаменные сели неоднократно отмечались в центральной, восточной и юго-восточной частях Большого Кавказа, в горах Малого Кавказа и в других районах. На Северном Кавказе сели формируются в высокогорных бассейнах рек Кубани и Терека и горах Дагестана. Наиболее крупные сели на южном склоне Главного Кавказского хребта обусловлены выпадением интенсивных дождей, а на северном - прорывом гляциальных озер и внутриледниковых водоемов. Объемы грязекаменных селей на южном склоне Главного Кавказского хребта достигают I млн.$м^3$, а на северном - 3 млн.$м^3$. На реках северного склона Центрального Кавказа и южного склона западной части Большого Кавказа грязекаменные сели имеют более редкую повторяемость и характеризуются небольшими размерами. В пределах Армянского нагорья даже на небольших по площади бассейнах наносоводные сели по своим размерам могут превышать грязекаменные.

В горных районах Кавказа помимо селей ливневого и гляциального происхождения формирование селей иногда может быть обусловлено катастрофическими землетрясениями, снеготаянием, выпадением дождей на поверхность ледников, прорывом водоемов нелединикового происхождения, а также хозяйственной деятельностью человека.

2.2.8. Крупной и наиболее активной областью развития селевых процессов в нашей стране является территория Средней Азии, южных и юго-восточных районов Казахстана. Здесь сосредоточены самые крупные селевые бассейны, площади которых достигают 400 $км^2$. Грязекаменные сели на этой территории формируются во всех высотных

поясах, однако, как и на Кавказе, наиболее крупные грязекаменные сели формируются в высокогорных районах в результате выпадения значительных по слою и продолжительности дождей или прорыва гляциальных озер и водоемов. Кратко рассмотрим основные характерные черты селеопасных районов Средней Азии и Казахстана.

2.2.8.1. В горной системе Копетдага и прилегающих гор формируются грязекаменные и наносоводные сели. Грязекаменные сели наблюдаются на небольших по площади бассейнах (обычно менее 10-12км^2) притоков первого и второго порядков, приуроченных к приводораздельным наиболее крутым частям хребтов. В пределах селевых бассейнов притоков более высоких порядков формируются наносоводные сели, которые и по размерам и частоте повторения превосходят грязекаменные сели. Водной составляющей селей является поверхностный дождевой сток, формирующийся в основном в апреле-мае. В результате интенсивно протекающих процессов выветривания, существенное влияние на которые оказывают условия аридного климата, на склонах селевых бассейнов происходит накопление селеформирующих грунтов. На склоне слой коры выветривания редко достигает 2 м, в селевых рытвинах толщина селеформирующих грунтов может достигать более 6 м. Повторяемость селей различна: наносоводные потоки могут формироваться по нескольку раз в году, а грязекаменные - один раз в 5-25 лет. Сели причиняют существенный материальный ущерб хозяйству Туркменской ССР. В последнее время катастрофические селепроявления были отмечены в 1962, 1963, 1972, 1976, 1982 гг. Наиболее селеактивной частью Копетдага является его западная часть, где объемы единичных селей могут превышать 50 тыс.м^3.

2.2.8.2. В горных системах Бадахшана, Восточного Памира, в Алайском и Заалайском хребтах, а также Северном Таджикистане встречаются все типы селевых очагов, отличительной особенностью которых являются значительные запасы селеформирующих грунтов. Причинами образования селей здесь могут служить дожди, выпадающие на таяний

снег, прорывы гляциальных и завальных озер, землетрясения, оползни. Между тем небольшие годовые суммы осадков обусловливают сравнительно редкую повторяемость и небольшие размеры дождевых селей. В высокогорных районах наиболее крупными являются гляциальные сели, объемы которых обычно превышают I млн.м^3.

2.2.8.3. В Гиссарском, Туркестанском и Зеравшанском хребтах с прилегающими низкогорьями наблюдаются сели различного типа. Наиболее крупные грязекаменные сели, формирование которых обусловлено интенсивными дождями, наблюдаются на южном склоне Гиссарского хребта и, в частности, в бассейне р.Варзоб. В данном районе, как и в сопредельных, известны случаи формирования и селей гляциального происхождения /2/.

2.2.8.4. К Западному Тянь-Шаню относятся хребты Каржантау, Угамский, Пскемский, Чаткальский, Кураминский, Сандалашский, Каратау и др., где сели различных типов возникают при выпадении ливней и реже гляциальном обводнении. В высокогорном поясе распространены селевые врезы, приуроченные к четвертичным ледниковым отложениям, а селевые рытвины встречаются во всех высотных поясах. Объемы селей достигают I млн.м^3.

2.2.8.5. Горное обрамление Ферганской долины характеризуется распространением различных по типу происхождений селей. В низкогорном поясе наносоводные и грязевые сели формируются в эродированных селевых бассейнах. Объемы наносоводных селей здесь редко превышают 300 тыс.м^3, а грязевых - 60 тыс.м^3. Несмотря на сравнительно небольшие размеры ядерных селей, они причиняют огромный материальный ущерб народному хозяйству. В среднегорном и высокогорном поясах Чаткальского, Кураминского, Ферганского и других хребтов, окружающих Ферганскую долину, распространены крупные селевые бассейны с большим количеством селевых очагов, в которых сравнительно редко (I раз в 40-50 лет) проходят грязекаменные сели объемом более I млн.м^3.

2.2.8.6. Известны случаи прохождения селей в горах Внутреннего Тянь-Шаня, однако они отличаются небольшими размерами: объемы выноса селевой смеси редко превышают 5 тыс.м^3. Сели формируются на южном склоне Кунгей-Алатау и на северном склоне Терскей Алатау, окружающих Иссык-Кульскую котловину. В среднегорном поясе на эродированных селевых бассейнах формируются небольшие наносоводные сели дождевого генезиса. В высокогорном поясе возникают сели дождевого и гляциального генезиса, объемы которых могут достигать I млн.м^3. За последние годы крупные грязекаменные сели отмечены в бассейнах рек Чок-Тал и Тон.

2.2.8.7. Наиболее крупные селевые бассейны распространены в Северном Тянь-Шане в таких хребтах, как Заилийский и Киргизский Алатау, а также в Джунгарском Алатау. Здесь весьма активны бассейны Малой и Большой Алматинок, Иссыка, Талгара, Аксая, Алаарчи, Аламедина, Аксу, Сарканда и др., где известны многочисленные случаи формирования грязекаменных селей дождевого и гляциального обводнения, объемы выноса которых достигают 6 млн.м^3. Во многих из этих районов максимальный суточный слой осадков I%-ной обеспеченности достигает 100 мм /I/.

2.2.8.8. Селевые явления отмечены также в Саур-Тарбагатае и в ряде бассейнов южной части Казахстанского Алтая.

Всего на территории Средней Азии и Казахстана почти за сто лет выявлено свыше 2000 селевых русел, по которым прошло около 6000 селей. Были годы, когда ливневые сели одновременно наблюдались в большом числе селевых бассейнов, расположенных в различных горных системах. Так, в 1921 и 1959 гг. во многих горных районах Средней Азии и Казахстана отмечены сотни селей различного типа и размеров.

2.2.9. В горах Алтая и Кузнецкого Алатау грязекаменные сели дождевого и гляциального обводнения возникают в высокогорном поясе.

Подавляющее большинство селевых очагов представлены рытвинами, приуроченными к скальным выходам приводоразцельных бассейнов. В среднегорном поясе обычно проходят наносоводные сели, вызванные выпадением дождей. Сели этого района характеризуются объемами выноса, достигающими 500 тыс.м^3, и сравнительно редкой повторяемостью (I раз в 25–30 лет).

2.2.I0. В Саяно-Тувинской горной области дождевые сели отмечены как в западных районах, где они возникают в высокогорном и сильно расчлененном низкогорном (например, плато Алаш) поясах, так и на востоке области – высокогорном и среднегорном поясах. Основной особенностью селевых рытвин, широко распространенных в этой области, являются ограниченные запасы селеформирующих грунтов и сравнительно небольшие объемы выноса селевой смеси. Однако при формировании селей одновременно в большинстве селевых рытвин того или иного селевого бассейна грязекаменные сели могут преодолевать десятки километров, а объемы выноса селевой смеси достигают сотен тысяч кубических метров. Так, в I962 г. в результате выпадения обильных дождей сели прошли по многим селевым руслам бассейна р.Тунки.

2.2.II. В горах Путорана и Бырранга формируются достаточно редко небольшие грязекаменные и наносоводные сели, обычно вызванные интенсивным весенним снеготаянием или выпадением дождей на тающий снег.

2.2.I2. Южное Прибайкалье относится к числу наиболее активных районов катастрофических селепроявлений Восточной Сибири и Дальнего Востока. Здесь формируются грязекаменные и наносоводные сели дождевого происхождения. Объемы грязекаменных селей могут достигать I50 тыс.м^3, а наносоводных – более I млн.м^3. Повторяемость катастрофических селей составляет I раз в I0–I5 лет.

2.2.I3. В Северном Прибайкалье наиболее селеопасным участком является часть Приморского хребта от поселка Култук до порта

Байкал. Объемы селей здесь обычно не превышают 10 тыс.м^3. В горных районах, прилегающих к Байкало-Амурской магистрали, формируются сели различного типа и генезиса. Здесь распространены сотни селевых бассейнов, размеры которых редко превышают 8-10 км^2. Наиболее крупные сели отмечены в Баргузинском, Северо-Муйском, Южно-Муйском, Кодарском и Удоканском хребтах. Обычно объемы селевых выносов не превышают 100 тыс.м^3. Основной причиной, вызывающей сели, являются крупные дожди, которые в условиях распространения многолетней мерзлоты нередко формируют поверхностный сток.

Наносоводные сели могут формироваться в селевых бассейнах, площади которых достигают 130 км^2. На восточном участке БАМа сели возникают в гольцовом поясе селевых бассейнов притоков первого и второго порядков Баджальского, Буреинского, Эзоп и др.

2.2.14. В горах Северо-Восточной Сибири известны случаи прохождения селей в бассейнах верхних притоков р.Колымы, а также в хребтах Сунтар-Хаята, Сетте-Дабан, Черского, Момского и других, расположенных вдоль побережья Охотского моря. Есть сведения о прохождении грязекаменных и наносоводных селей в хребтах Джагды, Джугджуре и Сихотэ-Алине. Сели возникают при выпадении интенсивных дождей или бурном снеготаянии. Объемы выносов селей невелики и обычно не превышают 7 тыс.м^3.

2.2.15. Селевые явления широко представлены и в крайних восточных районах страны, таких, как Сахалин и Камчатка. Последний представляет собой специфический селевой район, где формируются сели не только ливневого, но и вулканического происхождения, которые по своим размерам являются наиболее крупными из всех известных в нашей стране.

2.2.16. В результате сплошного дешифрирования аэрофотоснимков и рекогносцировочных аэровизуальных обследований выявлены

тысячи активных селевых бассейнов и установлены пока еще предварительные и далеко не полные закономерности распространения селей на территории нашей страны.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ СЕЛЕЙ

3.1. Общие требования

3.1.1. В Госкомгидромете СССР изучением селевых явлений занимаются специализированные станции, селевые и гидрографические партии. Первые проводят стационарные наблюдения за формированием и прохождением селей на постоянных объектах, вторые занимаются экспедиционными обследованиями.

3.1.2. При изучении селей в полевых условиях проводятся

1) рекогносцировочное обследование селевых бассейнов;

2) специализированное обследование селевых бассейнов;

3) ежегодное обследование контрольных селевых бассейнов;

4) наблюдения за условиями формирования и прохождения селей.

3.1.3. Селевые партии в своей деятельности опираются на сеть гидрометеорологических станций и постов, которые обязаны своевременно передавать информацию о прохождении селей в районе своей работы. О прохождении катастрофических селей УГМ обязаны немедленно телеграфно известить Госкомгидромет СССР, КазНИГМИ и ближайший региональный НИУ.

3.2. Рекогносцировочное обследование селевых бассейнов

3.2.1. Рекогносцировочные обследования селевых бассейнов подразделяются на аэровизуальные и наземные и проводятся для решения следующих задач:

1) сравнительной оценки масштабов селевой деятельности и селеопасности различных селевых бассейнов или районов;

2) определения селевых бассейнов, обладающих наибольшей активностью или угрожающих объектам народного хозяйства с целью проведения в них специализированных обследований;

3) выбора контрольных селевых бассейнов и объектов для проведения в них ежегодных обследований;

4) выявления наиболее удобных для посадки вертолетов, а также базирования полевых отрядов площадок;

5) уточнения результатов дешифрирования аэрофотоснимков.

3.2.2. Проведению рекогносцировочных обследований должны предшествовать сбор имеющихся сведений о прошедших селях по литературным и другим источникам и изучение картографических и аэрофотосъемочных материалов с целью предварительного выявления основных селевых объектов.

3.2.3. Аэровизуальные обследования могут проводиться с самолетов и вертолетов. Применение вертолета более целесообразно, так как скорость его полета меньше и он имеет большие возможности для маневрирования. Обследования проводятся по заранее намеченному маршруту, который наносится на карту. Участники аэровизуального обследования должны уметь быстро ориентироваться на местности и по карте. Во время полета над обследуемым районом обнаруженные и опознанные селевые объекты специальными внемасштабными знаками наносятся на топографическую карту, а различного рода сопутствующая информация записывается в блокнот или на магнитофон.

3.2.4. В период наземных обследований уточняются на местности все данные, полученные во время аэровизуального обследования, производится выбор пунктов наблюдений для проведения специализированных обследований или работ по изучению условий формирования селей. Материалы рекогносцировочных обследований яв-

ляются основой для составления программы специализированных обследований.

3.2.5. При обследовании зоны транзита и аккумуляции селей необходимо изображать на картах народнохозяйственные объекты, которым нанесен или может быть нанесен ущерб.

3.3. Специализированное обследование селевых бассейнов

3.3.1. Специализированное обследование селевых бассейнов производится с целью выявления условий формирования селей; установления характеристик прошедших селей; получения морфометрических характеристик селевых очагов, русел, полей и конусов выноса, селеопасных озер; физико-механических характеристик грунтов и грунтов селевых отложений.

3.3.2. Обследованию подлежат селевые бассейны, обладающие наибольшей активностью или угрожающие объектам народного хозяйства, а также бассейны, имеющие селеопасные озера.

3.3.3. При проведении специализированного обследования проводятся следующие виды работ:

1) определение характеристик прошедших селей и частоты их прохождения;

2) определение физико-механических характеристик селеформирующих грунтов и грунтов селевых отложений;

3) обследование селеопасных озер;

4) обследование эродированных селевых бассейнов.

3.3.4. Определение характеристик прошедших селей и частоты их прохождения является одним из основных видов работ при проведении специализированного обследования. Учитывая, что оценка характеристик селей по оставленным ими следам до настоящего времени служит почти единственным источником количественной информации о

селях, в обследуемом селевом бассейне производится поиск следов их прохождения. При этом определяются:

1) причины возникновения селя;

2) максимальный водный расход и объем водной составляющей селя. Для гляциальных селей - максимальный расход и объем прорывного паводка по следам(подразд. 8.2). Для ливневых селей - максимальные водные расходы притока по отдельным водотокам, впадающим в селевые русла, по которым прошли сели;

3) тип селя на различных участках селевого русла (подразд.4.2);

4) максимальные расходы селя в нескольких створах основного селевого русла (подразд.4.3);

5) объемы рыхлообломочного грунта, вовлеченного в селевой процесс и объемы отложений по длине селевого русла и на конусе выноса (подразд.4.5);

6) морфометрические характеристики селевых очагов, русел,полей и конусов выноса;

7) плотность селевой смеси (подразд.4.6);

8) физико-механические характеристики селеформирующих грунтов и грунтов селевых отложений (разд.7);

9) частота прохождения селей и границы зон, подверженных воздействию селей (разд.12).

Естественно, что чем меньше времени прошло с момента прохождения селя, тем более качественная и в более полном объеме будет получена информация.

3.3.5. Определение физико-механических характеристик селеформирующих грунтов и грунтов селевых отложений производится в соответствии с разд.7.

В селеформирующих грунтах проходят шурфы по обоим бортам селевого очага в верхней, средней и нижней частях его. При длине селевого русла более 500 м количество шурфов должно быть не менее четырех-пяти, при длине до 500 м - не менее двух-трех.

Шурфы на селевых полях и конусах выноса проходят в верхней, средней и нижней их части. При ширине селевого конуса выноса более 100 м в краевых его частях проходят мелкие шурфы глубиной до 1,0 м для отбора проб на определение гранулометрического состава (включая обломки до 100 мм). На двух-трех наиболее крупных селевых террасах проходят по одному шурфу.

3.3.6. Основной задачей обследования селеопасных озер является определение следующих характеристик:

1) морфометрических характеристик котловин и перемычек озер и батиметрических характеристик озера;

2) строения и состояния озерных перемычек;

3) путей и каналов стока воды из озера;

4) уровня максимального наполнения озер;

5) механизмов опорожнения озер;

6) характеристик ранее имевших место прорывных паводков.

На основании анализа названных данных делается вывод о степени селеопасности озер.

3.3.7. При обследовании эродированных селевых бассейнов определяют следующие характеристики:

1) физико-механические характеристики грунтов (разд.7);

2) морфометрические характеристики бассейнов притоков различного порядка (разд.8);

3) инфильтрационные характеристики почв и грунтов стокообразующих поверхностей (разд.9);

4) толщина рыхлого слоя грунта (п.10.8.1);

5) густота микроручейковой и гидрографической сети (п.10.8.2).

3.4. Ежегодное обследование контрольных селевых бассейнов

3.4.1. Целью обследования контрольных селевых бассейнов является получение массовой и надежной информации о ежегодных значе-

ниях максимальных расходов селей, об изменении объемов селеформирующих грунтов в очагах и толщины коры выветривания селевых эродированных бассейнов, об изменении характеристик и степени селеопасности озер и т.д.

3.4.2. В качестве контрольных выбирают репрезентативные селевые бассейны, равномерно расположенные по территории горных хребтов. К числу контрольных селевых бассейнов следует отнести и те, селевые потоки которых угрожают народнохозяйственным объектам.

Из числа контрольных селевых бассейнов в двух-трех производят ежегодные обследования на всех типах селевых объектов, для чего выбирают:

1) несколько контрольных створов, расположенных ниже основных селевых очагов, в транзитной зоне и перед селевым конусом выноса (п.3.4.3);

2) по одному селевому очагу каждого типа (врез, рытвина, очаг рассредоточенного селеобразования) (п.3.4.5);

3) два-три селеопасных озера (п.3.4.6);

4) один-два эродированных селевых бассейна (п.3.4.7).

В остальных контрольных селевых бассейнах выбирают по одному контрольному створу перед выходом на селевой конус выноса.

3.4.3. В контрольных створах производят определение максимальных расходов селей и паводков, прошедших за год, что позволяет накапливать информацию о повторяемости селей и их характеристиках.

Требования к участкам расположения створов и методика определения характеристик селей и паводков по следам их прохождения изложены в разд.4.

3.4.4. В створах, где проходят наносоводные сели, желательно установить максимальные рейки (на обоих берегах во всех трех поперечных профилях). Независимо от размеров максимальных расходов прошедших селей или паводков определение их характеристик в контрольных створах выполняют ежегодно.

3.4.5. В контрольных селевых очагах производят наблюдения за изменением объема селеформирующих грунтов. Для этого ежегодно осуществляется тахеометрическая съемка поперечных профилей.

Методика организации работ и определения изменения объема селеформирующих грунтов изложена в разд.8.

3.4.6. Наблюдения на контрольных селеопасных озерах производят для получения информации об изменении батиграфических характеристик озер, морфометрических характеристик озерных котловин, озерных перемычек и каналов стока, а также изменении степени их селеопасности.

3.4.7. В контрольных эродированных селевых бассейнах организуют наблюдения за изменением толщины рыхлого слоя грунта и густоты микроручейковой сети.

Методика производства работ по оценке изменения толщины рыхлого слоя грунта и густоты микроручейковой сети изложена в подразд.10.8.

3.5. Наблюдения за условиями формирования и прохождения селей

3.5.1. Условия формирования дождевого стока целесообразно изучать на элементарных водосборах с целью получения данных, необходимых для разработки методов расчета и прогноза водной составляющей селей ливневого происхождения.

В пределах селевого бассейна необходимо выбрать несколько водосборов селевого очага, отражающих особенности формирования стока на отдельных типах подстилающих поверхностей. При этом проводят наблюдения гидрометрические (подразд.10.2), метеорологические (подразд.10.3) за влажностью почв и грунтов (подразд.10.5), уровнем грунтовых вод (подразд.10.6), глубиной оттаивания почв и грунтов (подразд.10.4), а также определения инфильтрационных свойств, наименьшей влагоемкости и плотности почв и грунтов (подразд.10.7), толщины рыхлого слоя грунта и густоты микроручейковой сети (подразд.10.8).

Изучение условий формирования внутрипочвенного стока производится на водосборах селевого очага площадью до 10 км^2, а в случае формирования только поверхностного слоя - на водосборах площадью до 0,3 км^2.

По крупномасштабным картам, топографическим планам и аэрофотоснимкам определяют морфометрические характеристики водосбора селевого очага: площадь водосбора селевого очага, длину русла, густоту речной сети, средневзвешенный уклон русла и склонов. Кроме того, определяют площади основных типов подстилающих поверхностей.

3.5.2. Условия формирования гляциального стока изучают в моренно-ледниковых комплексах селевых бассейнов. Причинами формирования гляциальных селей чаще всего являются прорывы моренно-ледниковых озер или внутриледниковых и внутриморенных водоемов, а также аномально высокий сток воды с ледников.

В теплое время года на озерах проводят наблюдения за притоком воды, уровенным режимом, изменением по глубине температуры воды, составом и состоянием озерной перемычки, динамикой поверхностных и подземных каналов стока.

Изучение водного и теплового режима внутриледниковых и внутриморенных водоемов задача достаточно сложная и может быть реализована с помощью геофизических методов.

Косвенным признаком накопления воды в подземных водоемах может служить резкое нарушение связи между интенсивностями притока и оттока воды из моренно-ледникового комплекса. С этой целью ниже моренно-ледникового комплекса на участке выходов коренных пород следует организовать гидрометрический пост.

Причинами аномально высокого стока являются выпадение жидких осадков на поверхность ледников, высокие температуры воздуха, низкие значения отражательной способности поверхности ледников, извержение вулканов и т.д. Установив возможную причину аномально высокого стока с ледников, следует организовать соответствующий комплекс наблюдений.

В моренно-ледниковом комплексе необходимо проводить метеорологические наблюдения в течение всего периода работ.

3.5.3. Изучение условий формирования и движения грязекаменных селей производится путем организации стационарных наблюдений. Состав стационарных наблюдений существенно зависит от типов и характеристик селей, формирующихся в данном селевом бассейне.

При организации стационарных наблюдений в селевом бассейне проводятся:

1) специализированное обследование (подразд.3.3);

2) ежегодное обследование контрольных объектов (подразд.3.4);

3) выбор участков селевых русел для размещения селеизмерительных постов;

4) оборудование селеизмерительных постов и организация наблюдений за селями (п.3.5.4).

Сведения о глубине размыва и отложения в селевых очагах и руслах могут быть получены путем закладки цепных реперов. Такой репер представляет собой отрезок прочной цепи, прикрепленный к массивному якорю на дне шурфа, пройденного в селевом русле. Цепь вытягивается вертикально, и шурф заполняется вынутым грунтом. Репер привязывается в плановом отношении к реперам, расположенным вне досягаемости селей.

После прохождения селя вновь проходят шурф и производят измерения: расстояние от поверхности отложений до горизонтального отрезка цепи равно слою свежих отложений, а длина горизонтального отрезка цепи равна глубине размыва.

Организуются пункты наблюдений за влажностью селеформирующих грунтов. Наблюдения могут производиться термостатно-весовым способом или с использованием нейтронных индикаторов влажности.

В селевом бассейне в зависимости от задач исследований, а также его размеров организуется один или несколько селеизмерительных постов (далее - пост). Если необходимо организовать один пост, то

он устанавливается перед селевым конусом выноса; если два и более, то они устанавливаются ниже основных селевых очагов.

Пост состоит из основного и вспомогательного створов, которые необходимо размещать на прямолинейных участках скальных русел. При отсутствии последних необходимо построить селеизмерительное сооружение (железобетонный лоток, контрольное сечение и т.д.). Желательно, чтобы в конце участка расположения селеизмерительных створов уклон русла резко увеличивался или участок оканчивался водопадом. При строительстве железобетонных лотков необходимо предусмотреть их облицовку листовой сталью. Длина лотка должна быть не менее трехкратной его ширины. Расстояние между селеизмерительными створами должно быть не менее 50 м.

В районе основного селеизмерительного створа не менее чем на 3 м выше максимально возможного уровня селя сооружается гидрометрический мостик или люлечная переправа, необходимые для установки и обслуживания селеизмерительной аппаратуры.

Пост оборудуется рейками, самописцами, бесконтактными приборами и установками. В районе поста вне досягаемости селей устанавливаются на противоположных берегах геодезические репера и производится высотная привязка реек. Подготавливаются и оборудуются створы и площадки для запуска поплавков, измерения уровня и скорости, а также отбора проб селевой смеси.

На всех постах организуется освещение селеметрических створов, пунктов наблюдений и подходов к ним. Все посты обеспечиваются телефонной радиосвязью с диспетчерскими пунктами или бюро гидропрогнозов. В периоды возможного формирования селей производятся учащенные наблюдения за стоком воды.

3.5.4. Объем и виды работ при стационарном наблюдении за формированием и прохождением наносоводных селей зависят от их характеристик и условий формирования. В случае, когда наносоводные сели формируются на небольших по площади эродированных селевых бассейнах,

пост оборудуется в его замыкающем створе и дополняется обычным гидрометрическим сооружением. Ниже поста строится один или несколько отстойников. Кроме измерения расходов селя на посту производится отбор проб на мутность на входе и выходе из отстойника, а по окончании селя измеряется количество наносов в отстойнике. Полученные данные позволяют рассчитать среднюю плотность селя и изменение ее в период формирования селя.

В случае, когда невозможно построить отстойник емкостью, необходимой для задержания всего объема твердой составляющей, ограничиваются измерением максимальной плотности селя. Используя для этих целей систему отстойников, можно определить в период прохождения селя несколько значений плотности.

Организация наблюдений за прохождением наносоводных селей, обусловленных переформированием или срывом самоотмостки русла, производится аналогично организации наблюдений за прохождением грязекаменных селей (п.3.5.3).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЕЙ ПО ОСТАВЛЕННЫМ ИМИ СЛЕДАМ

4.1. Подготовка к полевым работам

Для получения полной и качественной информации все работы, связанные с определением характеристик селей, необходимо проводить сразу после их прохождения. В то же время проведению этих работ должен предшествовать сбор сведений о прошедших ранее селях по литературным источникам или данным специализированных обследований, изучение картографического и аэрофотометрического материала и анализ гидрометеорологического режима за период, предшествующий селю.

Полевым работам должно предшествовать аэровизуальное обследование селевого бассейна с целью оценки общих масштабов селепроявления, выявления очагов и русел, принявших основное участие в селе-

формировании, уточнении программы и объема работ, а также выбора путей подъезда и подхода к местам работ. Работы по определению характеристик селей по следам их прохождения проводятся на всем пути движения селя, включая селевой конус выноса. Если есть возможность, то наряду с характеристиками селей, определенными по меткам максимальных уровней, необходимо оценить и размеры селя по меткам исторических уровней.

Характеристиками селя являются:

1) тип,

2) максимальный расход,

3) скорость движения,

4) объем,

5) плотность.

4.2. О п р е д е л е н и е т и п а с е л я

4.2.1. При прохождении селей различных типов на бортах селевых русел остаются характерные метки наивысших уровней в виде границ селевых отложений или размытых участков, уничтоженного пустынного загара на поверхности скал, обмазок деревьев селевой смесью и т.д., как показано на черт.2,3.

4.2.2. Максимальные уровни наносоводных селей на заросших травой прирусловых склонах и террасах, как правило, отмечены сплошной или прерывистой каймой плавника, осевшим песком и небольшими камнями. На скалах следы уровней обычно не столь отчетливы и чаще всего сомнительны. На кустах и ветках деревьев, произрастающих в прирусловой части склона, часто остаются пучки травы с примесью плавника. Перемытые корневища, снятая кора до определенного уровня на кустах и стволах деревьев, находящихся под непосредственным воздействием наносоводного селя, позволяют достаточно надежно определить положение максимального уровня, как показано на черт.4.

К признакам прохождения наносоводного селя можно отнести наличие в русле террас, сложенных хорошо сортированными отложениями,



Черт. 2. Следы максимального уровня грязекаменного селя 8 сентября 1982 г. на жилом доме и деревьях (бассейн р.Сарканд)



Черт. 3. Следы грязевого селя в бассейне р. Каскелен, вызванного прорывом озера-накопителя сточных вод "Элитный" в январе 1988 г.



Черт. 4. Следы наносоводного потока в бассейне р.Каскелен, вызванного прорывом озера-накопителя сточных вод Каманкум в январе 1988 г.

Следует иметь в виду, что наносоводный сель может непосредственно следовать за грязевым или грязекаменным, а также иметь место в этом русле в другое время и оставить свои специфические следы наряду со следами другого типа.

4.2.3. К признакам прохождения грязекаменных и грязевых селей следует отнести несортированность отложений, перенос многотонных глыб, транспорт которых водным потоком невозможен. Грязекаменные сели при своем движении оставляют береговые селевые валы, состоящие из крупных камней, и селевые террасы. Берега, деревья, кусты, находившиеся под воздействием грязевых или грязекаменных селей, до определенного уровня оказываются обмазанными густой селевой смесью. Такие следы селя сохраняются довольно длительное время, особенно будучи защищенными от последующих дождей плотными кронами деревьев. Следует помнить, что тип селя по длине селевого русла может быть различным: так, грязекаменные потоки вследствие уменьшения уклона

могут распадаться и переходить в наносоводные, а затем на больших уклонах вновь превращаться в грязекаменные и т.д.

4.3. Определение максимального расхода селя

4.3.1. Максимальный расход селя ($Q_c)_{max}$ в кубических метрах в секунду вычисляют по формуле

$$(Q_c)_{max} = \bar{v}_c \bar{\omega}, \qquad (1)$$

где $\bar{v}_c$ - среднее значение скорости, м/с;

$\bar{\omega}$ - площадь поперечного сечения потока, $м^2$.

4.3.2. Правильный выбор расчетного участка является гарантией получения надежных данных для определения максимального расхода селя. Несоблюдение требований к расчетному участку может привести к ошибкам, измеряемым сотнями процентов. Количество расчетных участков назначается так, чтобы полностью описать изменение максимального расхода на всем пути движения селя.

Участки русел для оценки максимальных расходов прошедших селей выбираются с учетом следующих требований:

1) русло должно быть по возможности прямолинейным, однородным по ширине, уклону, шероховатости и недеформируемым;

2) длина участка равна не менее пятикратной ширине потока при максимальном уровне селя;

3) на широких участках русла, где движение селя осуществляется в виде практически разобщенных потоков и даже на разных уровнях, определение максимальных расходов недопустимо;

4) метки максимальных уровней селя на участке должны определяться уверенно и желательно на обоих берегах;

5) уклон на расчетном участке должен несколько превышать уклон селевого русла на смежных участках;

6) на участке и поблизости от него нежелательно иметь какие-либо сужения русла или различного рода препятствия.

Предполагается, что на участке, удовлетворяющем перечисленным выше условиям, селевые отложения не задерживаются.

На выбранном участке разбиваются три поперечных профиля, перпендикулярных направлению течения селевого потока. Продольный уклон между ними определяется по меткам максимальных уровней или урезу воды в период обследования.

Нивелировку профилей следует производить по характерным точкам с обязательной съемкой исторических и максимальных уровней обследуемого селя. Площади поперечного сечения профилей, определенные по меткам исторических уровней, не должны отклоняться от среднего значения более чем на 25%, а по меткам максимальных уровней обследуемого селя - не более чем на 10%. Значения ширины селевого потока (кратчайшее расстояние между соответствующими метками уровня на правом и левом берегах) на исследуемом участке не должны отличаться друг от друга более чем на 10%.

В дальнейших расчетах используются средние значения площади поперечного сечения и ширины потока.

4.4. О п р е д е л е н и е с к о р о с т и д в и ж е н и я с е л я

4.4.1. Скорость движения селя является сложной функцией его расхода, плотности селевой смеси, гранулометрического состава его твердой составляющей, морфометрии русла, геометрических характеристик потока. Расчет средней скорости наносоводного селя $\bar{v}$ в метрах в секунду производится по формуле В.В.Голубцова

$$\bar{v} = 4{,}5\,\bar{h}^{0{,}67} i^{0{,}17}, \qquad (2)$$

где $\bar{h}$ - средняя глубина потока, м;

i - продольный уклон русла на участке.

4.4.2. Поверхностная скорость грязекаменного селя $v_{пов}$ в метрах в секунду в наиболее общем случае определяется по формуле

$$v_{пов} = \frac{\mu_c R}{2\rho_c \ell^2} + \frac{2\ell^2}{3g\sin\alpha}\left[\left(\frac{\mu_0}{4\rho_c \ell^4} + \frac{g\sin\alpha}{\ell^2 R}\right)^{3/2} - \left(\frac{a\mu_c^2}{4\rho_0^2 \ell^4}\right)^{3/2}\right], \qquad (3)$$

где μ_c, μ_o – динамическая вязкость селевой смеси и воды соответственно Па·с ;

ρ_c, ρ_o – плотность селевой смеси и воды соответственно, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м^2/с;

R – гидравлический радиус, м;

ℓ – масштаб турбулентности, м.

Плотность, предельное напряжение сдвига и вязкость селевой смеси определяются согласно подразд.4.6; II.2; II.3 соответственно.

Масштаб турбулентности ℓ в метрах рассчитывается по формуле

$$\ell = \frac{\sqrt{(C d_{75})^2 + (0{,}32R)^2}}{3{,}2\left[\left(\frac{R}{\Delta}\right)^{1/6} - \left(\frac{\Delta}{R}\right)^{1/6} + 0{,}3\right]}, \qquad (4)$$

где C – объемная концентрация твердой составляющей в селевой смеси, определяемая в соответствии с подразд.4.6;

Δ – шероховатость русла, численно равная $d_{75} + 0{,}1\bar{h}$;

d_{75} – диаметр частиц 75%-й обеспеченности по полной кривой гранулометрического состава селеформирующих грунтов, м.

Соотношение между средней и поверхностной скоростью грязекаменного селя равно $\bar{v}_c = 0{,}8\, v_{пов}$.

4.4.3. Если селевая смесь не обладает вязкопластическими свойствами, то расчет скорости движения потока с достаточной для практики точностью может быть произведен по известным формулам

$$\bar{v}_c = 2{,}1 \frac{R}{\ell}\sqrt{R \sin\alpha}, \qquad (5)$$

$$\bar{v}_c = 4{,}83 \bar{h}^{0{,}5} (\sin\alpha)^{0{,}25}. \qquad (6)$$

Формула (6) предложена И.И.Херхеулидзе.

4.4.4. На отдельно стоящих деревьях или бортах русла в местах его плавного закругления остаются следы (замазки) селя, съемка ко-

торых позволяет ориентировочно определить значение скорости потока.

Следы селевых потоков на деревьях в виде заплесков селевой смеси, как показано на черт.3, представляют результат динамического воздействия потока на препятствие, и следовательно, скорость v в метрах в секунду рассчитывается по формуле

$$v = \sqrt{2g\Delta h/a}, \qquad (7)$$

где Δh - разность между отметками следов уровня (обмазки) в лобовой и тыловой части дерева - скоростной напор, м;

a - коэффициент, зависящий от свойств селевой смеси, в среднем равный 0,55.

4.4.5. Если уклон дна на закруглении русла менее 15^{0}, то средняя по вертикали продольная скорость $\bar{v}$ в метрах в секунду рассчитывается по формуле

$$\bar{v} = \sqrt{rg\cos J\Delta h_i/B}, \qquad (8)$$

где r - радиус кривизны закругления потока, м;

J - уклон наклона дна русла;

Δh_i - превышение между поверхностью потока на внутренней и внешней стороне изгиба русла, м;

B - проекция ширины потока, м.

Данные скорости заносятся в КС-I (приложение 3).

4.5. Определение объема селя

Объем селя определяется в зависимости от имеющейся информации различными способами и относится к конкретному створу селевого русла.

В результате повторного нивелирования по разбитой ранее системе поперечных профилей определяются объемы размыва или отложений по участкам селевого очага, селевого русла и селевого конуса выноса. Подсчитывается суммарный объем размывов (за вычетом отложений) выше каждого поперечного профиля и строится интегральная кривая

объемов размыва и отложений по длине селевого русла и селевого конуса выноса. Суммарный объем всех размывов грунтов должен совпадать с объемом всех отложений. Возможное несовпадение объясняется различиями в пористости и влажности селеформирующего грунта и селевых отложений или частичным выносом мелких фракций из отложений водными потоками за пределы селевого конуса выноса. По интегральной кривой объемов грунта определяется створ, выше которого суммарная величина объема размыва грунта (с учетом отложений) наибольшая. Для вышерасположенных створов объем селя V_c в кубических метрах в секунду вычисляется по формуле

$$V_c = V_в + V_т (1 - \varepsilon + \theta), \qquad (9)$$

где $V_в$ – объем водного паводка, м^3, сформировавший сель;

$V_т$ – суммарный объем размывов (за вычетом отложений) на всех участках русла выше створа, м^3;

ε, θ – пористость и объемная влажность селеформирующего грунта.

Значение пористости определяется по результатам проходки шурфов; значение влажности грунта θ необходимо рассчитывать, так как определение ее через несколько дней после прохождения селя может привести к большим ошибкам.

Объем водного паводка, обусловивший формирование гляциального селя, принимается равным объему прорывного паводка из селеопасного озера, а для ливневых селей этот объем должен быть рассчитан для каждого створа по имеющейся гидрометеорологической информации.

Для створов, расположенных ниже участка русла с максимальным объемом размывов, объем селя принимается равным суммарному объему размыва (с учетом отложений) на всех вышерасположенных участках или объему отложений (с учетом размывов) на нижележащих участках и определяется по интегральной кривой объемов грунта.

При отсутствии в селевом русле и на селевом конусе выноса системы заранее закрепленных поперечных профилей они приближенно могут

быть восстановлены на участках размыва по аналогии с очертаниями ненарушенных бортов селевого русла, а на участках отложений - шурфованием на всю глубину селевых отложений.

В случае отсутствия данных о суммарных объемах размыва грунтов выше створа (поперечника) за объем селя принимается объем отложений грунтов ниже этого поперечника (за вычетом размывов). В случае отсутствия данных по отложениям грунтов ниже створа объем селя принимается равным сумме объемов размыва выше створа. Последний случай встречается в селевых бассейнах, у которых конуса частично уходят в озеро или значительно размываются водными потоками.

При наличии сведений о ходе расходов на гидрометрическом посту объем наносоводного селя подсчитывается путем планиметрирования площади гидрографа селя.

Объем селя любого типа V_c в кубических метрах приближенно может быть определен по формуле

$$V_c = 0{,}5 (Q_c)_{max} T_c , \qquad (10)$$

где $(Q_c)_{max}$ - рассчитанный в соответствии с подразд.4.3 максимальный расход селя, $м^3/с$;

T_c - продолжительность селя, с.

Если сель полностью задержан селезащитным сооружением, то значение его объема определяется непосредственно по батиметрической кривой селехранилища.

4.6. Определение плотности селевой смеси

4.6.1. Плотность селевой смеси может быть определена путем сравнения форм образцов селевой смеси, приведенных к первоначальному состоянию, с естественными формами обмазки /3/ или балансовым методом, т.е. путем сопоставления объема, вовлеченного в селевой процесс грунта, с объемом воды, участвовавшим в этом процессе. Для определения плотности селевой смеси грязекаменных и грязевых селей применяются оба метода, для наносоводных - балансовый.



Черт. 5. Сравнение формы образца с естественной формой селевой смеси

4.6.2. Определение плотности селевой смеси первым методом производится на 3-5 участках по длине селевого русла следующим образом:

1) выбирается участок русла, на берегах которого сохранились селевые отложения в виде заплесков селевой смеси (черт.5);

2) в боковой части селевых отложений, не содержащих крупных включений, отбирается 3-5 образцов объемом от 5 до 7 $дм^3$;

3) грунт каждого образца разминается, помещается в сосуд и увлажняется при одновременном перемешивании. Увлажнение полученной селевой смеси производится до тех пор, пока ее плотность не окажется близкой к пределу текучести. Затем плотно закрытый сосуд с селевой смесью в таком состоянии оставляют не менее чем на 5 ч;

4) приготовленная селевая смесь тщательно перемешивается и помещается в выемку, из которой был извлечен образец грунта;

5) проводят вибрацию кончиками пальцев поверхность образца смеси до тех пор, пока не прекратятся какие-либо видимые изменения его формы;

6) сравнивается форма образца селевой смеси с естественной формой остановки селевой смеси (черт.5);

7) если формы отличаются, причем образец имеет большую высоту и крутизну, то это значит, что влажность образца селевой смеси не достигла истинного значения. В этом случае надо добавить в другой образец немного воды и повторить описанные выше операции 4-6;

8) когда совпадение форм будет достигнуто, из образца селевой смеси отбирается проба массой не менее 0,1 кг (исключая обломки более 5 мм);

9) проба взвешивается, а затем определяется (путем высушивания) находящееся в ней количество влаги;

10) сухая проба разминается и просеивается сквозь сито с отверстиями 1 мм;

11) взвешиваются фракции грунта размером крупнее 1 мм.

Взвешивания производятся на технических весах с точностью до 0,01 г. Результаты вычислений выражают с точностью до 0,1 г;

12) влажность селевой суспензии w_c' вычисляется по формуле

$$w_c' = \left(m_1 - m_2 - 0{,}04\, m_3\right) \Big/ \left(m_2 - m_3\right), \qquad (11)$$

где m_1, m_2 - масса пробы до и после высушивания, кг;

m_3 - масса фракций грунта размером менее 1 мм, кг.

13) производится определение полного гранулометрического состава селевых отложений (подразд.7.4);

14) вычисляется плотность селевой смеси ρ_c в килограммах в кубическом метре с учетом полного гранулометрического состава по формуле

$$\rho_c = \frac{1 + P_1 w_c' + P_2 w_k'}{\frac{1}{\rho_т} + \frac{P_1 w_c' + P_2 w_k'}{\rho_0}}, \qquad (12)$$

где P_1, P_2 - соответственно содержание частиц менее и более 1 мм по полной кривой гранулометрического состава селевых отложений (в долях от единицы);

w_c - влажность селевой суспензии;

$\rho_2 w_k$ - масса воды, необходимая для смачивания частиц размером более I мм;

ρ_o - плотность воды, кг/м^3.

I5) масса воды, необходимая для смачивания частиц размером более 1 мм, приближенно вычисляется при значении w_k = 0,0I. Более точно значение массы воды $\rho_2 w_k$ в килограммах определяется по формуле

$$\rho_2 w_k = \rho_o h_o S , \qquad (I3)$$

где h_o - толщина смачивающей пленки воды, равная 0,0I мм;

S - суммарная площадь частиц размером более I мм, м^2.

Величина S численно равна сумме

$$S = \sum_{i=1}^{n} \frac{3 m_i}{\rho_T R'_i} , \qquad (I4)$$

где m_i - масса частиц i -го интервала, кг;

ρ_T - плотность обломков размером более I мм, кг/м^3;

R'_i - радиус аппроксимирующего шара, принятый для i -го интервала равным I,3 R'_{min}, где R'_{min} - радиус минимальных частиц в i-м интервале, м;

n - число интервалов, на которое разбиваются гранулометрические кривые грунта.

4.6.3. Если отсутствуют условия для определения влажности образцов грунта и селевой суспензии путем взвешивания влажных и сухих образцов (например, нет термостата для сушки проб или весов, обеспечивающих точность взвешивания до 0,0I г),плотность селевой смеси может быть определена следующим образом:

I) выполняются операции I-2 аналогично изложенному в предыдущем способе;

2) грунт каждого образца разминается, просеивается через сито с отверстиями 1 мм. Взвешивается грунт с размером фракции более I мм и менее I мм. Затем весь грунт помещается в сосуд и увлажняет-

ся до тех пор, пока плотность селевой смеси не окажется близкой к пределу ее текучести. Количество добавляемой в грунт воды измеряется. Плотно закрытый сосуд с селевой смесью в таком состоянии оставляют не менее чем на 5 ч;

3) рассчитывается содержание фракций P_1 в процентах размером менее I мм в сухом грунте

$$P_1 = \frac{m_1(1-w_c^*)}{m_1(1-w_c^*)+m_2(1-w_k^*)}, \qquad (15)$$

где m_1 и m_2 - масса грунта, кг, соответственно размером фракций менее и более I мм;

w_c^* - влажность селевой суспензии, вычисляемая по формуле (20);

w_k^* - влажность грунта размером фракций более I мм, принимаемая равной 0,04;

4) выполняются операции перечислений 4-7 аналогично изложенному в предыдущем способе. При выполнении операции 4 определяется масса и объем селевой смеси, помещаемой в выемку. Масса селевой смеси m_3 определяется путем взвешивания ее на весах с точностью не менее 50 г. Объем селевой смеси V_3 определяется путем помещения ее в заранее протарированный сосуд емкостью не менее I0 л. На основании этих данных определяется плотность селевой смеси ρ_c' в килограммах в кубическом метре

$$\rho_c' = \frac{m_3}{V_3}; \qquad (16)$$

5) рассчитывается объемная концентрация твердой составляющей в селевой смеси C:

$$C = \frac{\rho_c' - \rho_0}{\rho_T - \rho_0}, \qquad (17)$$

где ρ_c', ρ_0, ρ_T - соответственно плотность селевой смеси, воды и минеральной части грунта, кг/м^3;

6) вычисляется влажность грунта w_r^* в долях единицы, который отбирается для приготовления селевой смеси

$$w_г^{\%} = \frac{m_з - m_з C - m_ч}{m_з C}, \qquad (18)$$

где $m_з$ – масса селевой смеси, кг;

$m_ч$ – количество воды, добавленное в грунт при приготовлении селевой смеси, кг;

7) рассчитывается весовая концентрация твердой составляющей в селевой смеси $P_т$ в процентах

$$P_т = \frac{C \rho_т}{\rho_с}; \qquad (19)$$

8) вычисляется влажность селевой суспензии $w_с^{\%}$:

$$w_с^{\%} = \frac{1 - P_т}{1 - P_1 P_т}, \qquad (20)$$

где P_1 – содержание фракций менее I мм в грунте, который использовался для приготовления образцов согласно изложенным выше операциям I,2;

9) вычисляется плотность селевой смеси с учетом полного гранулометрического состава по формуле (I2). Значение $w_к^{\%}$ принимается равным 0,0I.

4.6.4. Аналогичные определения плотности селевой смеси следует провощить и в случае, если селевая смесь в виде налипших грунтовых масс остается на ветвях, уцелевших по берегам деревьев. При этом в смесь, полученную при добавлении воды в собранные образцы, при быстром перемешивании опускается ветка. Форма обмазки веток исследуемой смесью сравнивается с естественной(черт.6).

В случае совпадения форм обмазки производится определение плотности одним из способов, изложенных выше.

4.6.5. Значение плотности селевой смеси среднее за весь период селевого процесса $\bar{\rho}_с$ в килограммах в кубическом метре вычисляятся по формуле

$$\bar{\rho}_с = \frac{\rho_с V_в + \rho_т V_т (1 - \varepsilon) + \rho_в V_т \theta}{V_в + V_т (1 - \varepsilon + \theta)}, \qquad (21)$$



Черт. 6. Сравнение формы обмазки веток исследуемой селевой смесью с естественной формой:
1 - ветка, обмазанная селевой смесью, 2 - ветка, обмазанная исследуемой селевой смесью

где

$V_в, V_т$ - соответственно объемы водного паводка и грунта, вовлеченного в селевой процесс, определяемые аналогично изложенному в подразд.4.5;

$\mathcal{E}, \Theta, \rho_т$ - соответственно пористость, влажность и плотность минеральной части селеформирующего грунта.

5. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЛЕЙ

5.1. Состояние исследований в области селеметрии

Современное состояние селеметрии позволяет измерять такие характеристики селя, как скорость, уровень, расход, плотность. Традиционные способы измерения этих характеристик, заимствованные из гидрометрии и основанные на использовании поплавков, специальных реек или самописцев уровня, отбора проб селевой смеси сосудами, имеют ограниченные возможности практического применения.

В последние годы КазНИГМИ совместно с научно-производственным объединением Мингео СССР разработали новые бесконтактные приборы для измерения характеристик селей. Завершены научно-исследовательские работы по созданию доплеровского измерителя скорости и уровня селя, сейсмического измерителя расхода селей и сейсмического оповестителя селя. Два последних прибора прошли конструкторскую разработку, а сейсмический оповеститель селя после проведенных испытаний рекомендован к серийному выпуску.

Опытные образцы названных приборов прошли испытание на Чемолганском полигоне КазНИГМИ в процессе искусственного воспроизведения селей и позволили получить в 1972-1978 гг. ценную количественную информацию о характеристиках нескольких селей.

Кроме того, на Чемолганском полигоне использовались фото- и киносъемка для определения характеристик селей, а также магнитометрический способ определения плотности селевой смеси.

Ниже рассмотрены методы и способы измерения характеристик селей, которые при соответствующем оснащении техническими средствами могут быть использованы селевыми подразделениями при изучении селей.

5.2. Способы измерения скорости селя

5.2.1. Измерение поверхностной скорости селей осуществляется с помощью поплавков или портативного прибора "Электроника", а кос-

венная оценка скорости селей может быть выполнена по материалам кино- и фотосъемки.

5.2.I.I. Поверхностная скорость селя измеряется следующим образом. На относительно прямолинейном участке русла (очага) разбивают два створа, расположенные один от другого на расстоянии не менее чем 50 м. Регистрируют с точностью до 0,I с время прохождения поплавков между двумя створами. Отношение расстояния к времени перемещения поплавка между створами численно равно поверхностной скорости селя. В качестве поплавков могут быть использованы крупные, хорошо различимые предметы (стволы деревьев, отдельные камни и т.д.), переносимые селем.

Поплавки могут быть изготовлены заранее и помещены выше верхнего створа. Изготавливают поплавки из материала, объемная масса которого меньше плотности селевой смеси. Размеры поплавков должны превышать 0,3 × 0,3 × 0,3 м.

Данные измерения поверхностной скорости селя заносятся в книжку КС-1 (приложение 3).

5.2.I.2. Измерение поверхностной скорости селей может производиться портативным прибором "Электроника", разработанным отечественной промышленностью для дистанционного измерения скорости автомобилей. Прибор устанавливается на берегу на безопасном расстоянии от селевого русла. Измеряется угол α между направлениями излучения радиоволн и движения селя. Показания прибора умножаются на коэффициент, равный $\frac{1}{\cos\alpha}$.

Технические характеристики и правила эксплуатации изложены в прилагаемой к прибору инструкции.

5.2.I.3. Определение скорости селя может производиться с помощью киносъемки. Для этого местоположение поперечного селеметрического створа закрепляется на местности реперами, расположенными на разных уровнях в селевом русле выше максимально возможного уровня селя. Над серединой русла на высоте, обеспечивающей попадание в кадр реперов, размещается кинокамера, при этом ее оптическая ось

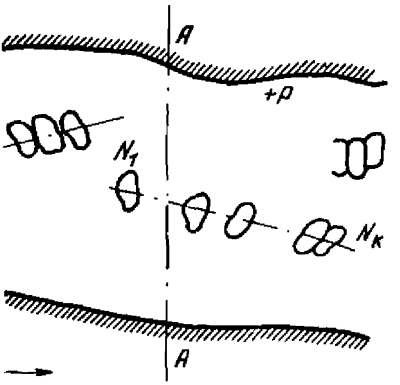
должна быть перпендикулярна дну русла. Кинокамера должна быть закреплена неподвижно с помощью системы тросов или на конце выносной металлической стрелы.

В поле зрения камеры помещаются часы с секундной стрелкой или электрическая лампочка, включение и выключение которой осуществляется с берега в фиксированные моменты времени. Это позволяет производить привязку отдельных кадров к времени их съемки и определять скорость съемки. Для обеспечения необходимой глубины резкости изображения часов (лампочки) и поверхности селя используют короткофокусные объективы.

Производится предварительная киносъемка селевого русла до прохождения селя с целью определения масштаба съемки при различных возможных его уровнях. При прохождении селя киносъемка производится непрерывно или периодически в моменты резкого изменения уровня. Моменты включения и выключения кинокамеры фиксируются.

Определение скорости селя по материалам киносъемки производится в следующей последовательности:

I) проецируя изображение селевого русла на по-кадровом проекторе или звукомонтажном столе, производят определение масштаба съемки для различных значений уровня. Масштаб съемки равен отношению расстояния между реперами, находящимися на одном уровне на снимке, к расстоянию между ними на местности (черт.7);



Черт. 7. К определению скорости селя с помощью киносъемки

2) проецируя изображение поверхности селя, выбирают четко различимые объекты (крупные обломки, стволы деревьев и т.д.) и прослеживают пути их перемещения за соответствующие отрезки времени;

3) используя сведения об уровне селя и масштабе съемки его поверхности, вычисляют путь (в метрах), пройденный объектом за расчетный интервал времени (в секундах);

4) вычисляют скорость передвижения объекта как частное от деления пути на время;

5) средняя поверхностная скорость селя принимается равной среднему значению скорости перемещения нескольких объектов (не менее 5) при незначительном изменении уровня и других характеристик потока.

Аналогично определяется скорость селя при различных его уровнях.

Погрешность измерения скорости селя этим методом составляет от 7 до 15%.

5.3. Способы измерения уровня селя

5.3.1. Измерение уровня селя производится на селеизмерительном посту традиционными, широко применяемыми в гидрометрии способами, с помощью реек, самописцев уровня и т.д. Для этих же целей могут быть использованы доплеровский измеритель уровня /3/, а также материалы кино- и фотосъемки.

Рейка селеизмерительного поста должна быть защищена от непосредственного воздействия селя и иметь хорошо различимые рельефные деления. Металлические рейки запрессовываются заподлицо в борта селевого русла. Кроме того, рейки могут быть нарисованы масляной краской на скальных бортах селевого русла. Желательно организовать подачу чистой воды на поверхность реек для смыва с них селевой смеси в период прохождения селя.

5.3.2. На участках селевого русла с крутыми берегами возможна организация передаточных селеизмерительных постов. Такой пост состоит из металлической стрелы, укрепленной горизонтально на сваях, забетонированных в берег. Вынос стрелы в сторону русла должен быть таким, чтобы обеспечить измерение самых низких уровней. На стреле горизонтально закрепляется рейка. На конце стрелы укрепляется блок, через который пропускается размеченный трос с грузом. Для измерения уровня груз опускается до соприкосновения с поверхностью селя и производится отсчет по рейке против соответствующей метки троса. Затем отсчеты пересчитываются в уровни.

Все рейки должны иметь высотную привязку к реперу, устанавливаемому вне досягаемости селя. Регистрировать уровень необходимо как можно чаще. Если пост оснащен самописцем уровня воды "Валдай", то необходимо периодически очищать лимниграфный колодец от осевших в нем наносов.

5.3.3. Определение уровня селя может быть произведено с помощью киносъемки. Подготовка кинокамеры к работе и киносъемка производятся так же как при измерении скоростей селей (п.5.2.1.3).

Обработка результатов киносъемки производится в следующей последовательности:

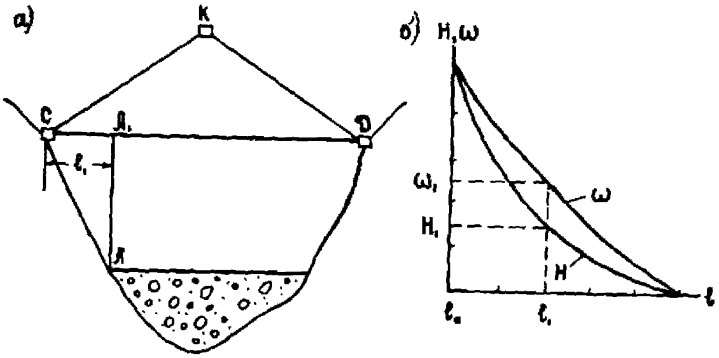
I) по результатам нивелировки поперечного сечения русла строится зависимость глубины селя H и площади его поперечного сечения ω от расстояния ℓ, измеренных по линии CD между репером C и урезом поверхности селя А. Зависимости $H=f(\ell)$; $\omega=f(\ell)$ представлены на черт.8;

2) проецируя изображение поверхности селя, измеряют на экране расстояние между реперами C и D;

3) используя данные нивелировки поперечного сечения русла, определяют масштаб, в котором линия CD изображена на экране;

4) определяют расстояние ℓ в метрах от репера до уреза поверхности селя в различные моменты времени;

5) по значениям полученных расстояний, используя ранее построенные зависимости $H=f(\ell)$ и $\omega=f(\ell)$, определяют глубину потока и площадь поперечного сечения селя.



Черт. 8. К определению уровня селя кино- и фотометодом: а - поперечное сечение русла, б - зависимость H и ω от ℓ

5.3.4. *Для этих же целей можно использовать фотосъемку.* Предварительно необходимо оборудовать фотоаппарат устройством для перемотки пленки и нажатия спусковой кнопки затвора с берега. Установку фотоаппарата, съемку и обработку результатов измерений производят аналогично вышеизложенному. Время экспонирования устанавливается наибольшим при условии получения на снимке четкого изображения реперов и бортов русла. В связи с тем что за время экспонирования сель проходит некоторое расстояние, изображение его поверхности на снимке окажется размытым. Это позволяет достаточно четко определить линию уреза поверхности селя, а следовательно, его глубину и площадь живого сечения.

5.3.5. Для получения пар стереоснимков фотографирование поверхности селя следует производить двумя фотоаппаратами. Время экспонирования при этом выбирается минимально возможным при условии получения четкого изображения. Линия уреза поверхности селя определяется при рассматривании снимков в стереоскоп.

5.3.6. Для уменьшения ошибок в определении глубины селя целесообразно использовать линию уреза поверхности селя по обоим берегам, а зависимости $H=f(l)$ и $\omega=f(l)$ строить для обоих реперов C и D.

Полученные значения глубины и площади живого сечения русла осредняются. Данные измерения уровней селя заносят в книжку КС-I (приложение 3).

5.4. Методы измерения расхода селя

5.4.I. В заранее оборудованных селеметрических створах измерение расходов селей может быть выполнено путем определения скорость-площадь или сейсмическим методом.

5.4.2. Наиболее распространенным методом измерения расходов селя является определение скорость-площадь. Измерение уровней и поверхностных скоростей селя производят как можно чаще.

Расход селя Q_c в кубических метрах в секунду определяется по формуле

$$Q_c = v_{пов}\ w\ K, \qquad (22)$$

где $v_{пов}$ - поверхностная скорость селя, определяемая в соответствии с рекомендациями подразд.5.2,м/с;

w - площадь живого сечения, соответствующая определенному уровню потока, м/с;

K - эмпирический коэффициент.

5.4.3. Сейсмический метод измерения расходов селей основан на преобразовании и регистрации сейсмических колебаний, возбуждаемых во вмещающих сель горных породах при его движении. Этот способ реализуется с помощью двух приборов: сейсмического измерителя расхода селя и сейсмического оповестителя селя.

5.4.4. Принцип работы сейсмического измерителя расхода селя заключается в следующем. Сейсмоприемник, установленный на берегу

русла, преобразует сейсмические колебания в электрические сигналы, которые по кабелю передаются в электронный блок. Здесь сигнал усиливается входным усилителем, ограничивается по частоте фильтрами верхних и нижних частот, аттенюатор ослабляет сигнал на 0; 20; 40; 60 дБ. Далее напряжение детектируется, преобразуется в ток и подается на микроамперметр. Переключатель масштаба микроамперметра позволяет удвоить количество шкал измерения. Большой динамический диапазон устройства позволяет определять расходы от 0,1 до 10 тыс.$м^3/с$.

При организации селеметрического створа производится выбор места установки сейсмического измерительного преобразователя. Для этого лучше всего произвести измерение сейсмосигнала в нескольких точках, расположенных от границы потока на 10; 20; 30; 40; 50 м и вдоль центрального поперечника; отсчет берется непосредственно в делениях шкалы индикатора. По результатам измерения строится кривая затухания, по которой определяется место установки сейсмоприемника.

Калибровка прибора производится один раз при определении расхода воды с помощью известных в гидрометрии средств для измерения скорости и уровня воды методом скорость-площадь. При измерении расхода селей калибровка производится снова по наиболее характерной точке гидрографа селя; значение расхода в этой точке рассчитывается методом скорость-площадь по данным об уровне и скорости, полученным одним из изложенных выше способов.

Сейсмический способ определения расходов селей и воды описан в работе /4/.

5.4.5. Сейсмический оповеститель селя предназначен для автоматического оповещения о прохождении селя и передачи его основных характеристик - расхода и скорости. В состав сейсмического оповестителя входят передающий и приемный (диспетчерский) пункты. Передающий пункт включает три сейсмических измерительных преобразователя с местными линиями связи, электронный блок, две

радиостанции и батарею аккумуляторов на 12 В. Сейсмосигналы, поступающие от первого и третьего сейсмоприемников, анализируются в электронном блоке; в случае опознания селя автоматически включаются радиостанции, передавая сигнал селевой опасности; одновременно включаются регистраторы, записывающие сейсмосигналы с первого и второго измерительных преобразователей, размещенных вдоль русла на расстоянии около 100 м. Анализ этих сигналов с последующим расчетом их взаимно корреляционной функции позволяет определить среднюю скорость продвижения селя на данном участке русла, а предварительная тарировка сигналов первого измерительного преобразователя позволяет определить расход селя. Установка измерительных преобразователей на безопасном расстоянии от русла исключает возможность их разрушения и обеспечивает потребителя важной информацией о возникновении селя и его параметрах на протяжении всего периода селеформирования.

Функциональная схема системы и логика ее деятельности описаны в работе /4/.

5.5. Способы измерения плотности селя

5.5.1. Определение плотности грязекаменных селей осуществляется путем отбора проб селевой смеси или магнитометрическим способом. Отбор проб селевой смеси производится протарированными сосудами. Так как в пробе обычно отсутствуют крупные обломки, необходимо пересчитать полученное значение плотности на полный гранулометрический состав селеформирующего грунта (подразд.4.6).

Значение плотности наносоводных селей легко получить по данным наблюдений за взвешенными и влекомыми наносами, методы измерения которых изложены в курсах гидрометрии. Среднее значение плотности этих селей может быть получено также с помощью отстойников (подразд.3.5).

5.5.2. Магнитометрический способ определения плотности

селя заключается в следующем. Селевая смесь в результате намагничивания полем Земли создает в окружающем ее пространстве магнитную аномалию, характеристики которой определяются геометрией потока и значениями магнитной восприимчивости смеси. Эта величина в свою очередь зависит от минералогического состава горных пород, представляющих твердую фазу селя, и концентрации последней. Определение значений плотности селей по данным магнитных измерений сводится к выполнению следующих этапов:

1) вычисление средних значений магнитной восприимчивости селеформирующих грунтов;

2) оценка ожидаемых значений магнитного поля в заданном створе при различных уровнях заполнения русла твердым материалом;

3) измерение уровня потока в селеметрическом створе;

4) измерение индукции аномального магнитного поля, вызванного селем;

5) интерпретация полученной аномалии и расчет плотности селя.

Возможность применения этого способа устанавливается после исследования магнитной восприимчивости селеформирующих грунтов и ограничивается значением $100 \cdot 10^{-6}$ ед.СГС /7/.

Реализация способа осуществляется с помощью серийно выпускаемого высокоточного квантового дифференциального магнитометра ЮМ-8 /5/.

При применении магнитометрического способа измерения плотности селя дополнительным требованием к селеметрическому створу является то, что направление участка русла не должно отклоняться от меридионального более чем на 30°.

Основной датчик магнитометра устанавливают над серединой русла на высоте, превышающей максимально возможный уровень селя не менее чем на 2 м. Второй датчик устанавливают на берегу, вне зоны действия селя.

Производят топографическую съемку выбранного измерительного участка и поперечника с указанием точек установки датчиков. Определяют направление русла относительно географического меридиана A_r.

Среднюю магнитную восприимчивость грунтов $\bar{\varkappa}$ вычисляют по формуле

$$\bar{\varkappa} = \bar{\varkappa}_{\leqslant 1} P_{\leqslant 1} + \bar{\varkappa}_{>1} P_{>1} , \qquad (23)$$

где $\bar{\varkappa}_{\leqslant 1}, \bar{\varkappa}_{>1}$ - средние значения магнитной восприимчивости соответственно мелкозема и крупных обломков;

$P_{\leqslant 1}, P_{>1}$ - содержание мелкозема и крупных обломков по полной кривой гранулометрического состава селеформирующих грунтов, %.

Величины $\bar{\varkappa}_{\leqslant 1}$ и $\bar{\varkappa}_{>1}$ находят как среднее значение из 8-10 проб мелкозема по 0,5-0,1 $дм^3$ без учета пористости, взятых с различных участков селевого бассейна (очаг, русло, селевая терраса), и медианное значение магнитной восприимчивости 400-500 образцов крупных обломков. Измерение магнитной восприимчивости образцов и проб производится измерителем магнитной восприимчивости ИМВ-2.

Оценивают ожидаемую магнитную аномалию Z от твердого тела, условно заполняющего русло при 5-6 задаваемых уровнях h_i и строят график зависимости $Z_T = f(h_i)$. Расчет аномалии проводят для каждой элементарной призмы Z_{Ti} в амперах в метре, на которые разбивается задаваемое твердое тело, по формулам

$$Z_{Ti} = Z_{Bi} \sin I + H_{Bi} \cos A \cos I , \qquad (24)$$

$$Z_{Bi} = 2J\left(arctg\frac{h_1}{x_1} - arctg\frac{h_1}{x_2} - arctg\frac{h_2}{x_1} + arctg\frac{h_2}{x_1}\right)_i , \qquad (25)$$

$$H_{Bi} = 2J\ell n\left(\frac{z_2 z_3}{z_1 z_4}\right)_i , \qquad (26)$$

где Z_{Bi}, H_{Bi} - вертикальная и горизонтальная составляю-

щие аномального поля при вертикальном намагничивании, А/м;

i - номер призмы;

J - интенсивность намагниченности пород, равная $J = \bar{\varkappa} T_o$;

T_o - модуль нормального поля Земли;

I - угол наклонения нормального поля Земли в данном районе, находится из условия

$$tg\, I = \frac{Z_o}{H_o} , \qquad (27)$$

где Z_o, H_o - элементы геомагнитного поля, их значения приведены в соответствующих таблицах /6/ или находятся по картам нормального геомагнитного поля территории СССР ближайшей геомагнитной эпохи /7/ ;

$z_1, z_2, z_3, z_4, x_1, x_2, h_2$ - геометрические параметры, определяющие размеры и положение каждой элементарной призмы относительно точки наблюдения P при заданном уровне заполнения русла h_1 (черт.9), находятся по материалам съемки поперечного профиля;

A - магнитный азимут профиля наблюдения (ось Ox) равен $A = 90^\circ \pm A_M$, где A_M - магнитный азимут русла - равен $A_M = A_r \pm D$, D - магнитное склонение-согласно инструкции по магниторазведке.

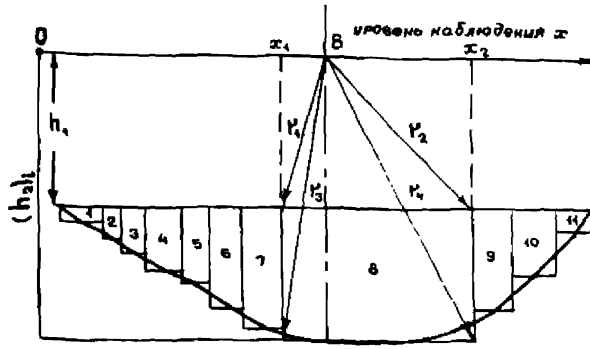
В последних двух равенствах при отклонении направления русла на восток от географического меридиана берется знак плюс и соответственно минус, а при отклонении на запад напротив - знак минус и соответственно плюс (черт.10).

Рассчитывается аномальное магнитное поле в точке наблюдения Z_T в ед.СГС от всего задаваемого уровнем h твердого тела

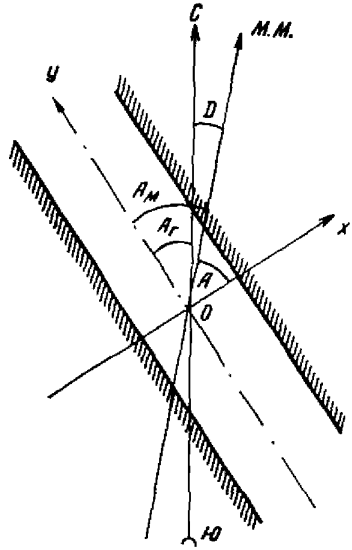
$$Z_T = \sum_{i=1}^{m} Z_{Ti} . \qquad (28)$$

Расчет повторяется для следующего значения уровня заполнения и т.д. По результатам расчета строится график $Z_T = f(h_1)$

Уровень селя измеряется одним из рекомендованных выше способов (п.5.3).



Черт. 9. Профиль селевого потока



Черт. IO. К определению магнитного азимута профиля наблюдения

Дифференциальный магнитометр КМ-8 измеряет модуль приращения вектора геомагнитного поля $(\Delta T)_c$. При работе с квантовым магнитометром следует выполнять правила, изложенные в инструкции по эксплуатации, прилагаемой к прибору. Величина $(\Delta T)_c$

для случая измерения аномалии от селевых потоков отличается от модуля вертикальной составляющей аномального поля Z_c лишь постоянным множителем

$$(\Delta T)_c = Z_c \sin I \quad при\ A_r < 30^\circ. \qquad (29)$$

При $A_r > 30^\circ$ в результате расчета вносится поправка /8/.

По результатам измерения ΔT и пересчета в Z_c строится график функции Z_c от времени t.

Отношение величин Z_c к $Z_т$, снятое с графика $Z_т = f(h_1)$ для фактического уровня селя в любой момент времени, дает концентрацию твердого вещества в потоке. Следовательно, плотность селевой смеси равна

$$\bar{\rho}_c = \bar{\rho}_т\left(\frac{Z_c}{Z_т}\right) + \rho_0\left(1 - \frac{Z_c}{Z_т}\right). \qquad (30)$$

В указанной работе /8/ методика определения плотности селей с помощью магнитных измерений изложена более подробно, дается также методика оценки основной среднеквадратической погрешности. Полученные в результате измерений данные заносятся в книжку КС-6 (приложение 4).

6. ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

6.1. Задачи дешифрирования аэрофотоснимков

При помощи дешифрирования аэрофотоснимков решаются следующие задачи:

1) изучение географического распространения селевых бассейнов и их элементов на той или иной горной территории;

2) получение количественной информации о морфометрических ха-

рактеристиках селевых бассейнов и их элементов, а также подстилающих поверхностях;

3) выявление частоты повторения селей, возникновение или исчезновение селевых очагов;

4) выбор репрезентативных объектов для организации и проведения специализированных обследований и наблюдений за условиями формирования паводков и селей.

Информация, получаемая в результате решения названных задач, используется в научных исследованиях (разработка и усовершенствование методов картографирования, расчета, прогноза и моделирования селей) и практической деятельности (размещение народнохозяйственных объектов в селевых бассейнах; организация мероприятий по защите населения и народнохозяйственных объектов от селей и т.д.).

6.2. Методы дешифрирования

Дешифрирование аэрофотоматериалов заключается в обнаружении, распознавании и определении характеристик селевых бассейнов и объектов по фотоизображениям. При дешифрировании для целей селеведения обычно используют следующие виды черно-белых аэрофотоматериалов: плановые и перспективные аэрофотоснимки, репродукции накидного монтажа, фотосхемы и фотопланы. Различают четыре метода дешифрирования аэрофотоматериалов: полевой, аэровизуальный, камеральный и комбинированный, изложенные в /9/, а также в Инструкции по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов в масштабах 1:10000 и 1:25000 для целей землеустройства, государственного учета земель и земельного кадастра и Руководстве по дешифрированию аэрофотоснимков при топографической съемке и обновлении планов масштабов 1:2000 и 1:5000. Последовательность выполнения работ, принципы и методы дешифрирования селевых бассейнов и их элементов по существу мало чем отличаются от таковых при дешифрировании специальных объектов в геологических, геоморфологических, гидрологических исследованиях /10,11,12/, а также Инструкции по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов в

масштабах I:I0000 и I:25000 для целей землеустройства, государственного учета земель и земельного кадастра.

6.2.I. Полевой метод дешифрирования аэрофотоснимков предусматривает выполнение работ непосредственно в одном или нескольких селевых бассейнах. В результате полевого дешифрирования могут быть вскрыты основные детали селевых элементов, в том числе и не изображенные на снимке.

6.2.2. Аэровизуальный метод дешифрирования аэрофотоснимков заключается в распознавании изображений селевых элементов с самолета или вертолета (п.3.2). Аэровизуальный метод состоит из рекогносцировочных и контрольных наблюдений.

6.2.2.I. Рекогносцировочные наблюдения проводятся на начальной стадии дешифрирования аэрофотоснимков и заключаются в облете хорошо знакомых по наземным обследованиям селевых бассейнов. В этом случае обнаружение и распознавание селевых элементов производится однозначно. С приобретением опыта в ориентировании основной задачей рекогносцировочных наблюдений остается изучение пространственного распространения селевых бассейнов и их элементов. Полученная при этом информация значительно облегчает в последующем процесс камерального дешифрирования.

6.2.2.2. Контрольные аэровизуальные наблюдения проводятся на ограниченном числе репрезентативных селевых бассейнов с целью уточнения результатов дешифрирования, так как зачастую плановые аэрофотоснимки горной местности недостаточно отражают детали рельефа.

6.2.3. Камеральный метод дешифрирования аэрофотоснимков позволяет распознавать селевые бассейны и элементы (без посещения поля) путем изучения фотоизображений. Основой при этом методе дешифрирования служат демаскирующие признаки объектов, определенным образом изображающиеся на снимке /I0/.

6.2.4. Комбинированный метод дешифрирования аэрофотоснимков

заключается прежде всего в распознавании объектов в камеральных условиях, а в поле или полете распознаются те детали селевых бассейнов, которые невозможно вскрыть камерально.

6.3. Погрешность опознавания элементов селевых бассейнов

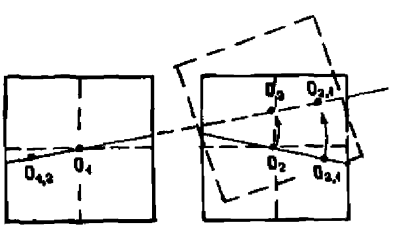
Погрешность опознавания элементов селевых бассейнов относительно точек съемочного обоснования в масштабе снимка, фотосхемы или фотоплана для селевых очагов, русел, кромок бортов очагов и селевых террас не должна превышать 1,5 мм. При неясно выраженных элементах, таких, как селевые валы, поля и селевые конусы выносов, погрешность опознавания может достигать 2,5 мм.

6.4. Дешифрирование селевых бассейнов и их элементов

Элементы селевых бассейнов дешифрируют, если их размеры в масштабе аэрофотоснимка, фотосхемы или фотоплана для линейных размеров селевых очагов и гидрографической сети составляют 2 мм и для площадей селевых конусов выноса, контуров отдельных типов подстилающих поверхностей – 3,0 мм^2.

Дешифрирование селевых бассейнов и их элементов выполняют с помощью стереоскопического изучения снимков следующим образом:

1) на каждом из соответствующей стереопары снимков с целью определения геометрического центра через противоположные координатные точки проводят взаимно перпендикулярные линии согласно черт.11;



Черт. II. Схема совмещения стереопар аэрофотоснимков

2) с целью определения начального направления на снимках отмечают точки $O_{I,2}$ и $O_{2,I}$, соответствующие центрам O_2 и O_I. Точки O_I, $O_{I,2}$ и $O_{2,I}$, O_2 соединяют соответствующими прямыми;

3) снимки, составляющие стереопару, устанавливают под стереоскоп так, чтобы перекрывающиеся части были обращены одна к другой;

4) левый снимок закрепляют на столе, а правый перемещают по линии $O_{2,I}$ и O_2 до тех пор, пока последняя не попадет в плоскость O_I, $O_{I,2}$ и будет достигнут стереографический эффект;

5) по стереомодели изучают селевые бассейны и их элементы;

6) на правом снимке цветной тушью вычерчивают дешифрированные селевые бассейны и их элементы;

7) затем выделенные селевые бассейны и их элементы переносят с аэрофотоснимка на топографические карты.

6.5. Выявление на аэрофотоизображениях селевых бассейнов

6.5.1. Для дешифрирования аэрофотоизображения селевых бассейнов и их элементов обычно используются материалы аэрофотосъемки, произведенной специализированными предприятиями. При подборе имеющихся аэрофотоснимков и оформлении заявок на их изготовление исходят из требований полноты качества и достоверности информации, получаемой при их дешифрировании.

Масштаб заказываемых аэрофотоснимков должен не менее чем в два раза превышать масштаб рабочей топоосновы. Наиболее приемлемым масштабом снимков следует считать 1:25000. Для детального изучения селевых объектов и производства измерений по контактным отпечаткам целесообразно использовать снимки масштаба 1:15000 - 1:10000 и крупнее.

Аэрофотоизображение селевых бассейнов дешифрируется с применением стереоскопов и луп с различной кратностью увеличения. Рассматривая в стереоскоп смежные пары аэрофотоснимков, можно изучать пространственные соотношения между различными форма-

ми местности. На аэрофотоснимке объекты преимущественно опознаются по тем свойствам, которые фиксируются при аэрофотографировании или наблюдаются визуально при облетах местности. Эти свойства названы прямыми признаками дешифрирования. Последние могут быть различными для одних и тех же объектов в зависимости от их состояния в момент съемки, что связанс с изменением их спектрально-отражательных свойств. Косвенные признаки дешифрирования обычно указывают на наличие объекта или его характеристику, не изображаемых на снимках и не определяемых по прямым признакам (например, затененный или залесенный участок ложбины; водный поток, протекающий среди крупных обломков; геологическое строение местности). В некоторых случаях использование этих признаков способствует устранению многозначности или неопределенности прямых признаков дешифрирования.

При дешифрировании селевых очагов по их аэрофотоизображению на контактных отпечатках можно по формам рельефа и косвенным признакам дешифрирования достаточно достоверно определить происхождение рыхлообломочных образований. Происхождение в какой-то мере отражает физико-механические свойства дисперсных грунтов. Крепость пород и устойчивость их к процессам выветривания позволяют в первом приближении определить их состав, который фиксируется в прямых признаках условиями залегания и строения горных пород. По характеру распределения и приближенному составу растительного покрова, выклиниванию грунтовых вод и формам рельефа представляется возможным проводить выявление общих закономерностей обводнения селевых очагов.

В практической работе основные стадии дешифрирования - обнаружение, опознавание и интерпретация - неразрывно связаны друг с другом. В разные периоды работы переход от дешифрирования одного объекта к другому может происходить в несколько этапов с возвращением к ранее опознанным и интерпретированным объектам. Обычно дешифрирование аэрофотоснимков проводится в несколько этапов, из ко-

торых основными являются общее изучение местности, сплошное дешифрирование и окончательная оценка исследуемых объектов.

6.5.2. При дешифрировании аэрофотоснимков с целью выявления селевых очагов изучаемые объекты целесообразно рассматривать как компоненты географического ландшафта, подчиняющиеся общим закономерностям его строения. Исходя из вышеизложенного, для более уверенного опознавания селевых очагов необходимо знать связанные с ними ландшафтные индикаторы.

На результатах изучения ландшафтов, с точки зрения их индикаторных свойств, основана экстраполяция признаков дешифрирования природных объектов. Эти признаки, выявленные на характерных (ключевых) участках, распространяются лишь на однотипные местности с учетом их региональных особенностей. На границах ландшафтов появляются сложные формы селевых очагов, сочетающие в своем облике разнотипные черты.

Границы ландшафтных поясов в горных системах, находящихся в различных климатических зонах, как известно, имеют не одинаковые высотные отметки. Распространение селевых очагов в высокогорном поясе является достаточно устойчивым ландшафтным признаком дешифрирования. Расположение селевых очагов в среднегорном и низкогорном поясах обычно обусловлено либо климатическими особенностями горной системы, либо спецификой геологического строения, тектоническими движениями и сейсмическими явлениями, либо нарушением экологического равновесия в результате внешних воздействий (например, лесные пожары, сплошные вырубки леса).

6.5.2.1. В пределах нивального и субнивального ландшафтов сочетания денудационных форм рельефа с аккумулятивными образуют на аэрофотоснимках пестрый неоднородный рисунок аэрофотоизображения поверхности с резкими тональными контрастами. Последние обусловлены типичными альпийскими формами рельефа с зубчатыми водораздельными гребнями, сложной структурой выходов коренных пород серого, темно-серого до черного тонов фотоизображения, точечной структу-

рой поверхностей осыпей, отличающихся светло-серыми и серыми тонами. На этом фоне резко выделяются светлые пятна снежников и ледников, характеризующиеся относительной однородностью фотоизображения (черт.I2).

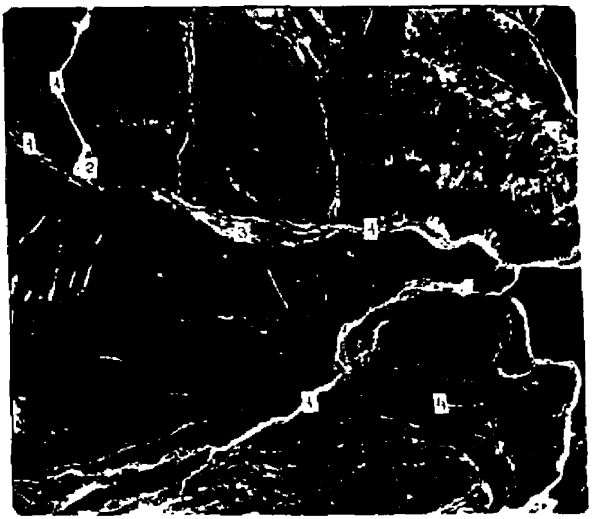


Черт. I2. Моренно-ледниковый комплекс:
I - скалы, 2 - ледник, 3 - осыпи, 4 - погребенный под мореной лед, 5 - грот, 6 - озера, 7 - снежники, 8 - современная морена

6.5.2.2. Современные морены опознаются на концентрически-полосчатой неоднородной структуре рисунка светло-серого тона фотоизображения. Особенности строения их рельефа лучше всего воспринимаются при рассматривании аэрофотоснимков под стереоскопом. При этом на неровной грядово-бугристой поверхности морен хорошо выделяются термокарстовые провалы, воронки, озера, участки повышенной фильтрации и выклинивания внутриморенных вод.

6.5.2.3. Каменные глетчеры, существующие самостоятельно, или чаще всего примыкающие к современным моренам, несколько отличаются от последних характерным рисунком аэрофотоизображения, образованным сравнительно равномерным чередованием валов и ложбин дуго-

образной формы (черт.13). Обычно дуги валов ориентированы выпуклой стороной вниз по течению. В некоторых случаях каменные глетчеры достаточно далеко проникают в пределы нижерасположенных ландшафтов. При этом их поверхность обычно зарастает типичной для данного



Черт. 13. Каменный глетчер:
1 - селевое русло, 2 - конус выноса, 3 - селевое поле выноса, 4 - каменный глетчер

пояса гор растительностью. Как правило, последняя почти отсутствует на внешних по движению откосах валов и фронтальных уступах каменных глетчеров. Аналогичный вид на снимках имеют и типичные курумы.

6.5.2.4. Аэрофотоизображение древних морен резко отличается от современных гляциальных отложений более темным фототоном, беспорядочно пятнистой кружевной структурой рисунка, образованной холмисто-западинным моренным рельефом. Последний уверенно опознается при изучении стереомодели местности. Приграничные участки древних морен хорошо определяются при рассматривании снимков в стереоскоп по характерным береговым валам, образующим единичный

или сдвоенный ступенеобразный перегиб поверхности у подножия склонов.

Для высокогорных ландшафтов (нивального, субнивального и альпийского) типично широкое распространение различных осыпей, перемежающихся со скальными обнажениями. Последние, в зависимости от петрографического состава и особенностей сложения, имеют различный рисунок и тональность аэрофотоизображения.

6.5.2.5. Аэрофотоизображения скальных поверхностей, сложенных эффузивными, интрузивными, метаморфическими и осадочными породами, характеризуются различными оттенками и структурой серого, темно-серого до черного фототонов. В специфических случаях они существенно отличаются друг от друга.

6.5.2.6. Эффузивные породы на снимках чаще всего отображаются как типичный скальный рельеф со слабым расчленением поверхности, фототон которой зависит от состава пород. Поверхность гранитных массивов обычно бывает испещрена сетью тонких трещин, среди которых часто можно проследить определенную упорядоченность и расчленение на отдельные блоки, разделенные скальными коридорами (кулуарами).

6.5.2.7. Для аэрофотоизображения метаморфических пород чаще всего бывает характерен остроскальный рельеф с наложенной сланцеватостью или кливажем, ориентированным иначе, чем первичная слоистость. Осадочные породы отличаются от вышеприведенных большим разнообразием условий залегания, которые достаточно заметно отражаются в рисунке аэрофотоизображения.

6.5.2.8. Субальпийский ландшафт чаще всего характеризуется значительной вертикальной расчлененностью. В его пределах по долинам основных рек и их крупных притоков бывают развиты верхнечетвертичные гляциальные отложения с реликтами древнего оледенения (троги, морены). Более ранние гляциальные образования обычно бывают представлены отдельными фрагментами и сравнительно слабо выражены в рельефе.

6.5.2.9. В среднегорье имеет широкое распространение древесно-кустарниковая растительность, так как в этой зоне гор чаще всего выпадает максимальное количество жидких осадков. На аэрофотоснимках такой ландшафт дешифрируется по неоднородному рисунку фотоизображения, обусловленному расплывчатой структурой лугово-степной растительности светло-серого и серого тонов и зернистой структурой хвойных лесов от темно-серого до черного фототонов, сочетающихся с ветвистым рисунком постоянной и временной гидрографической сети, а также разнообразным пятнистым изображением смешанных лесов и кустарников (черт.14).



Черт. I4. Фрагмент селевого бассейна:
I - селевые рытвины, 2 - конусы выноса, 3 - скалы, 4 - задернованные поверхности, 5 - массивы хвойного леса

6.5.2.I0. Низкогорья чаще всего характеризуются сравнительно невысокими гребнями и относительно мягкими формами водоразделов. Растительность, в зависимости от климатических зон, представлена

либо степными или полустепными сообществами, либо смешанным или лиственным лесом и кустарниками. В пределах низкогорий при выходе селевых русел на предгорную или межгорную равнины происходит аккумуляция селевой смеси. Для таких участков характерны типичные аэрофотоизображения конусов выноса селей.

6.5.3. Характерными признаками селевых русел является наличие несортированных отложений в виде гряд и валов, сложенных крупными валунами. При этом наблюдается ярко выраженная деформация бортов русел и их значительные углубления на участках с углами наклона обычно более 6^{0}, существенные расширения поймы в виде своеобразных полей выноса, а также нагромождения валунов на внешней дуге поворотов селевых русел.

На среднемасштабных снимках селевые русла отчетливо выделяются как четкие полосы светлого или очень светлого тона точечной структуры аэрофотоизображения, прорезающие более темный фон покрытых растительностью склонов и надпойменных участков. Селевые русла временных водотоков, которые не подвержены переформированию сезонными паводками и бытовым стоком, обычно легче опознаются на аэрофотоснимках, так как они достаточно длительное время сохраняют свой специфический облик. К тому же повторяемость более мелких селепроявлений обычно выше по сравнению с крупными. Чаще всего селевые русла временных водотоков имеют форму корытообразных лотков и желобов, врезанных в дно частых водосборов и ложбин. Более мелкие селевые русла прорезают вогнутые склоны, что достаточно характерно для альпийских и субальпийских ландшафтов. Границы селевых русел на аэрофотоснимках определяются тем четче, чем крупнее был селевой поток и чем свежее оставленные им следы. Аэрофотоизображение верхних участков селевых русел, на которых продолжается вовлечение рыхлообломочного материала в грязекаменный поток, обычно имеет характерные фестонообразные очертания, связанные с обрушениями их бортов с поверхностными срывами.

Береговые селевые валы, представляющие собой вытянутые вдоль

селевых русел нагромождения крупных валунов, достаточно уверенно опознаются на снимках масштаба 1:25000. На крупномасштабных аэрофотоснимках видно, что валуны чаще всего ориентированы длинной осью вдоль валов, т.е. по направлению течения. Поля выноса чаще всего сложены валунами и имеют светло-серый тон и точечно-зернистую структуру аэрофотоизображения.

На всем протяжении селевых русел отмечается резкое несоответствие их размеров с бытовыми расходами протекающих в них водотоков. Это несоответствие связано с превышением на несколько порядков максимальных расходов грязекаменных потоков над паводочными.

Одним из существенных элементов селевых русел, по которым проходят грязекаменные или грязевые потоки, является наличие многочисленных, часто коротких террас, сложенных селевыми отложениями, которые обычно имеют плоские поверхности с относительно небольшим количеством крупных валунов. Чаще всего террасы располагаются на нескольких уровнях, соответствующих различным селям высокой плотности или резким колебаниям уровня одного потока. На аэрофотоснимках селевые террасы свежих отложений выглядят как узкие светлые или очень светлые полосы с резкой тенью обрыва и точечной структурой фотоизображения. Более древние селевые террасы, покрытые растительностью, отличаются от окружающей местности только структурой рисунка.

Селевые поля выноса образуются в местах существенных расширений горных долин. На снимках они опознаются как относительно плоские поверхности светло-серого или серого тона фотоизображения, который зависит от возраста отложений и степени покрытия их растительностью. Рельеф полей выноса часто характеризуется наличием продольных гряд, нагромождений валунов, отложений грязекаменных потоков в виде своеобразных "языков" или застывших волн, а также старыми руслами, временными и постоянными водотоками. Обычно поля выноса отличаются меньшим уклоном, чем прорезающие их русла рек. Протяженность таких полей может достигать 4 км и зависит от морфологии ущелья.

Селевые русла наносоводных потоков отличаются от перечисленных сортированностью отложений обломочного материала, более плоским профилем дна долины, отсутствием нагромождений и валов крупных валунов, а также языкообразных затеков селевой смеси. Поля выноса таких селей характеризуются на снимке более плоской поверхностью с многочисленными светлыми веерообразными линиями, представляющими сравнительно неглубокие сухие русла.

6.5.4. Селевые конусы выноса, как правило, формируются в местах впадения селевых русел в водотоки высших порядков или при выходе последних на предгорную долину. Чаще всего характерный рисунок таких образований, особенно в предгорных долинах, бывает нарушен в результате хозяйственной деятельности человека. Селевые конусы выноса боковых притоков имеют более ярко выраженные черты и отличаются от аналогичных форм рельефа гравитационного происхождения несортированностью рыхлообломочного материала. Лавинные конусы выноса обычно совмещаются с селевыми и практически не поддаются выделению в самостоятельные образования. Структура фотоизображения этих конусов обычно полосчато-веерообразная, тон светлый, границы четко очерчены. Чаще всего селевые конусы выноса грязекаменных потоков пересекаются одним или несколькими постоянными водотоками, по которым осуществляется сброс бытовых и паводковых расходов в основное русло. Иногда их поверхность прорезается селевыми руслами. Часто на селевых конусах выноса наблюдаются остановившиеся "головы" грязекаменных потоков в виде выпуклых "языков", которые хорошо опознаются на средне- и крупномасштабных аэрофотоснимках.

Поросшие разнообразной растительностью селевые конусы выноса селей высокой плотности обычно имеют на фотоснимке сравнительно слабо различимую продольную полосчатость, которая образуется тенями разновозрастных селевых отложений и произрастающим на них разновеликим древесно-кустарниковым покровом.

В случаях неоднозначного определения происхождения аналогичных образований необходимо более внимательно изучать их стерео-

скопическое аэрофотоизображение. Так, селевые конусы выноса грязекаменных потоков имеют более выпуклый поперечный профиль по сравнению с относительно более плоскими конусами выноса наносоводных селей. Конусам выноса наносоводных селей присуща менее выраженная, чем у гравитационных образований, сортированность отложений, более равномерная мелкоструйчатая полосчатость на фотоизображениях.

6.5.5. Селевые врезы характеризуются достаточно ярко выраженными морфологическими признаками. Чаще всего они формируются на уступах верхнечетвертичного моренного рельефа, распространенного в пределах альпийского и субальпийского ландшафтов. Кроме гляциальных образований селевые врезы могут формироваться на аккумулятивном рельефе иного генезиса, например, вулканическом, оползневом и обвальном. В стадии зрелости селевые врезы представляют собой крупные морфологические образования, глубина которых более 100 м. На аэрофотоснимках они опознаются по характерному вытянутому вдоль склона оврагообразному углублению светлого тона, находящемуся на сером фоне задернованных морен. Обычно такие очаги имеют четкие, извилистые, не параллельные бровки обрывов. Верховья очага часто имеют остроугольную форму, иногда с двойным или тройным разветвлением. Относительно молодым образованиям иногда присущи расширяющиеся верховья. Такие псевдооползневые формы в некоторых случаях могут достигать значительных размеров. Их аэрофотоизображение часто имеет форму полумесяца или образует более сложный рисунок типа лепестков.

При стереоскопическом изучении аэрофотоснимков на бортах крупных селевых очагов ясно просматриваются мелкие эрозионные селевые рытвины и разделяющие их острые гребешки, образованные в результате размыва или сдвига консолидированных гляциальных отложений. Обычно их аэрофотоизображение имеет очень светлый тон на освещенных участках врезов и светло-серый в их теневых частях с характерной точечной структурой рисунка. Придонная часть крупных селевых врезов часто бывает выполнена переотложенными моренными грунтами.

Поперечный профиль сравнительно недавно сформировавшихся селевых врезов имеет V -образную или U -образную (корытообразную) форму с небольшим развалом бортов на кромке обрыва. Склоны последних часто не имеют эрозионных борозд.

Некоторые формы селевых врезов образуют достаточно сложную разветвленную систему, обусловленную особенностями геоморфологического строения морен, их мощностью и гидрогеологическими условиями обводнения. Обычно на снимках такие очаги имеют дендритовидный рисунок и хорошо выделяются светлым тоном фотоизображения на сером фоне покрытых луговой растительностью древнеморенных отложений. Поперечный профиль таких селевых врезов, как и одиночных образований, зависит от их размеров и возраста.

Достаточно надежными признаками опознавания участков вероятного развития очагов гляциального обводнения можно считать следующие:

1) наличие высоких (до 200 м) и крутых (более 10°) фронтальных уступов, ригелей и конфлюэнтных ступеней;

2) развитие эрозионных борозд и врезов, указывающих на формирование талого массива в мерзлых породах уступов морен;

3) наличие системы тальвегов на моренных уступах со следами выклинивания и сосредоточенной фильтрации ледниковых вод;

4) расколы мерзлого грунта морены и погребенного льда, показывающие участки деформации фронтального уступа морены;

5) активное развитие солифлюкции и грунтовых сплывов на уступах морен.

6.5.6. Селевые рытвины обычно располагаются на крутых (обычно более 20°) склонах, сложенных закрепленными и незакрепленными элювиально-делювиальными отложениями. На снимках такие склоны в зависимости от степени развития древнего покрова, кустарниковой и лесной растительности имеют серый и темно-серый до черного тон фотоизображения. Общий рисунок склонов достаточно однообразный с зернистой расплывчато-пятнистой структурой. Часто такие поверхности прерываются выходами коренных пород, которые на аэрофотоснимках

выглядят как линейные рассеченные структуры серого, темно-серого и почти черного тонов изображения.

Селевые рытвины в залесенных ложбинах, широко распространенные в горах с избыточным увлажнением, не во всех случаях имеют однозначные признаки дешифрирования. Последнее связано с существенной маскировкой элементов рельефа и селевых объектов лесным покровом и падающими от него тенями. Для уверенного дешифрирования в условиях сплошного облесения склонов необходимо применять метод аналогов, сравнивая однотипные селевые объекты с различным проективным покрытием древесно-кустарниковой растительности. При использовании морфологического анализа рельефа селевых очагов существенное значение имеет контроль его результатов по наличию селевых отложений различного возраста.

Признаками дешифрирования селевых рытвин со следами селепроявлений на залесенных склонах можно считать:

1) заметную деформацию бортов селевых очагов в виде обрушений и оползаний склонов и связанного с ними уничтожения деревьев;

2) динамическое воздействие на лес селевой смеси, приведшее к высыханию отдельных стволов или лесоповаду;

3) погребение растительности под отложениями грязевых и грязекаменных потоков.

Обнаженные склоны, сложенные незакрепленными элювиально-делювиальными отложениями, на снимках имеют более светлый тон фотоизображения с разреженной полосчатой структурой рисунка, образованного бороздами, лотками и ложбинами. Последние могут быть селевого и гравитационного происхождения. У подножия склонов осыпи чаще всего заканчиваются слабовыпуклыми шлейфами конуса, существенно отличающимися от селевых конусов выноса грязекаменных потоков более мягкими формами и сортированностью отложений.

Селевые рытвины на снимке выделяются на фоне склонов как ярко выраженные в рельефе светлые или светло-серые борозды, напоминающие слаборасчлененную овражную сеть. Обычно они имеют четкие,

относительно малоизвилистые и достаточно параллельные друг другу бровки обрывов. Поперечный профиль борозд селевых рытвин на стереомодели местности имеет форму, близкую к V -образной и реже U -образной, которая чаще всего встречается у более крупных форм селевых очагов. В нижних частях селевых рытвин в некоторых случаях наблюдаются типичные для селевых русел береговые валы. Сливаясь в одну сравнительно прямолинейную или с пологими поворотами ложбину, селевые очаги описываемого типа чаще всего образуют единую систему веерообразной формы. Крупные селевые рытвины своим обликом напоминают селевые врезы, от которых отличаются лишь продольным профилем. Обычно у первых такой профиль имеет экспоненциальную форму с максимальными углами наклона более 20°.

Профиль селевых врезов более пологий, чем у селевых рытвин. Если вершины селевых рытвин отстоят от водораздела на несколько десятков, реже сотен метров, то вершины селевых врезов находятся на расстоянии нескольких километров от водораздела.

Селевые рытвины, в которых сравнительно недавно сформировались грязекаменные потоки, отличаются на снимках более яркими морфологическими чертами. Так, их ложбины и кулуары имеют светлый или очень светлый фототон и более рельефный рисунок. В селевых руслах этих селевых очагов достаточно уверенно опознаются характерные следы высокоплотных селей.

Селевые рытвины с редкой повторяемостью селевых явлений имеют менее типичные признаки дешифрирования. Часто они бывают настолько перегружены рыхлообломочным материалом, что начинают терять специфические черты селевых очагов. В таких случаях необходим контроль основных объектов по признакам дешифрирования селевых русел и селевых конусов выноса независимо от их возраста, так как при сравнительно редкой повторяемости селевых явлений и благоприятных предпосылках произрастания древесно-кустарникового покрова впечатление древности отложений существенно усиливается.

К числу селевых рытвин относятся также участки рельефа, име-

щие веерообразную форму расположения ложбин в скальном кулуаре. Разновидность этих селевых рытвин характеризуется тем, что они обычно приурочены к тектоническим разломам и трещинам, их оперяющим. На аэрофотоснимках селевые очаги имеют большой спектр фототонов - от светлого до черного. Рисунок их аэрофотоизображения характеризуется более изрезанной, по сравнению с типичными селевыми рытвинами, и рельефной формой водосборной воронки.



Черт. I5. Фрагмент селевого бассейна:
I - очаги рассредоточенного селеобразования, 2 - селевые рытвины, 3 - селевые русла

6.5.7. Очаги рассредоточенного селеобразования выделяются среди других своим ярким индивидуальным обликом. Обычно они имеют вид локальных углублений в склонах, как бы воронок или вогнутых поверхностей срывов. На аэрофотоснимках селевые очаги выделяются как очень светлые или светлые пятна с резким яркостным контрастом и четкими извилистыми границами, отделяющими их от серого или тем-

но-серого фона склонов, поросших разнообразной растительностью (черт.I5). Форма очагов рассредоточенного селеобразования (ОРС) в плане может быть циркообразной или относительно вытянутой, или напоминать несколько широких цветочных лепестков.

Поверхность ОРС обычно представлена сильно эродированными склонами, являющимися активной корой выветривания с интенсивно протекающими процессами денудации. Поэтому такие склоны прорезаны многочисленными ложбинами и кулуарами, разделенными разнообразными гребнями и межкулуарными пространствами. На аэрофотоснимках их поверхность имеет линейно-струйчатую структуру рисунка, образованного собственными и падающими тенями положительных и отрицательных форм рельефа. В случае формирования ОРС в толщах конгломератов их аэрофотоизображение отличается рябоватым рисунком поверхности, особенно явным на крупномасштабных снимках.

Ниже очагов рассредоточенного селеобразования на аэрофотоснимках наблюдаются четко выраженные селевые русла и поля отложений грязекаменных потоков. Часто в местах впадения таких русел в основную реку или ее приток формируются типичные селевые конусы выноса. Из-за большой повторяемости селепроявлений селевые объекты, как правило, хорошо выражены в рельефе и обычно имеют светлый или очень светлый тон фотоизображения.

Селевые очаги этого типа наиболее тесно связаны с крупными тектоническими разломами и современной сейсмической активностью. Сравнительно немногие аналогичные им образования типа поверхностных срывов, оползней, обвалов в скальных и полускальных грунтах и оползневых цирков обычно не имеют развитой сети борозд, а ниже таких образований отсутствуют селевые русла.

6.5.8. Эродированные селевые бассейны широко распространены в низкогорном поясе Средней Азии и приурочены к сильно расчлененному, крутосклонному рельефу. Размеры селевых бассейнов, которые дешифрируются на снимках, зависят не только от масштаба аэрофотоснимка, но и от окраски и альбедо поверхности. Чем интенсивней

в данном районе протекают селевые процессы, тем более густая микроручейковая сеть формируется на склонах и тем меньше размеры площадей частных бассейнов.

Тип снимка является важным, но чрезвычайно изменчивым признаком. При дешифрировании селевых русел существенное значение имеет тональная разница между изображением и окружающим фоном. Лучше распознаются русла более высокого порядка, так как различия между тональностью русла и окружающим фоном растут по мере увеличения размеров русла.

Селевые конусы выноса как внутри аэродированного бассейна, так и за его пределами различаются четко. Внутри бассейна селевые конусы выноса имеют светлую, а за пределами - темную окраску (черт.I6).



Черт. I6. Эродированные селевые бассейны низкогорного пояса Средней Азии

Наибольшая антропогенная нагрузка приходится на низкогорный пояс. Здесь можно встретить селехранилища и селезащитительные сооружения, каналы, сельскохозяйственные поля, лесополосы, хозяйст-

венные постройки, которые уверенно дешифрируются на крупномасштабных снимках.

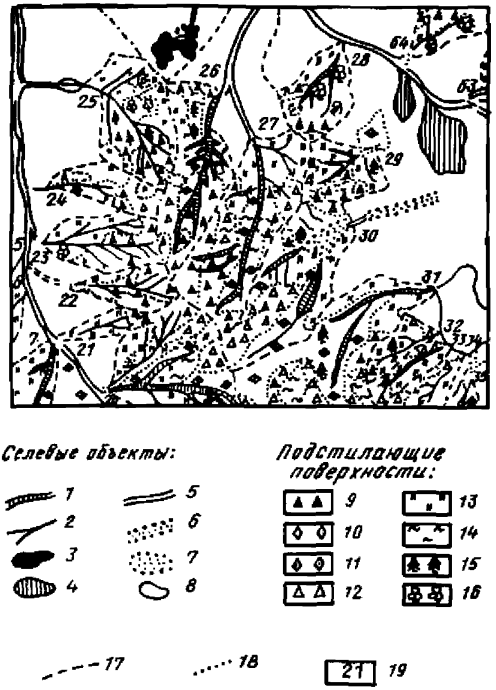
6.6. Оформление результатов дешифрирования селевых объектов

Контуры опознанных и интерпретированных селевых объектов наносятся на топографический планшет масштаба I:I00000 или крупнее, который служит рабочей картой селевых очагов и подстилающих поверхностей. При нанесении на топооснову результатов дешифрирования селевых бассейнов и очагов чаще всего используется метод подобия рельефа на картах и аэрофотоснимках. Следуя идентичным на аэрофотоснимках и топографической карте формам рельефа и гидрографической сети, производится рисовка контуров и элементов селевых объектов. При этом на рабочей карте обозначаются: все типы селевых очагов и их водосборы, селевые русла, поля и селевые конусы выносов грязевых и грязекаменных потоков, селевые русля и отложения. В случае более детальных исследований в пределах селевых бассейнов, как и на приведенном рисунке, выделяются контуры основных подстилающих поверхностей.

При картографировании в масштабах не крупнее I:25000 метод подобия рельефа вполне обеспечивает необходимую точность. Последняя, как правило, существенно зависит от квалификации дешифровщика и составляет не более 0,5 мм на рабочей карте. С увеличением масштаба картографирования представляется целесообразным проводить непосредственные измерения на аэрофотоснимках, которые осуществляются с помощью параллактической пластины или параллаксометра и стереоскопа, или стереокомпаратора.

Топографическая основа с нанесенными на нее контурами селевых объектов, является рабочей картой (черт.I7) и служит основным источником информации для получения морфометрических характеристик селевых очагов. Наряду с ней используются и результаты измерений по аэрофотоснимкам. Однако при этом последние должны быть транс-

формированными и иметь репрезентативную полевую геодезическую привязку, которая необходима для перехода от координат стереомодели местности (машинных координат) к истинным. Подробно о стереоизмерениях изложено в работах /I0, I3/.



Черт. I7. Образец рабочей карты селевых очагов и подстилающих поверхностей:
I - селевые врезы, 2 - селевые рытвины, 3 - очаги рассредоточенного селеобразования, 4 - эродированные селевые бассейны, 5 - селевые русла, 6 - поля выноса селевых отложений, 7 - конусы выноса, 8 - озера, 9 - выходы коренных пород, I0 - современные морены, II - четвертичные (древние) морены, I2 - незадернованные элювиально-делювиальные и гравитационные отложения, I3 - задернованные элювиально-делювиальные отложения, I4 - стланник, I5 - массивы хвойного леса, I6 - массивы лиственного леса, I7 - водоразделы, I8 - границы подстилающих поверхностей, I9 - номер очага

Рабочие карты наряду с морфометрической информацией о селевых бассейнах и их элементах являются основой для составления различных по масштабу специальных карт селеактивных районов СССР.

6.7. Дешифрирование космических снимков

Развитие космонавтики и современный достаточно совершенный уровень фотографирования поверхности Земли из космоса позволяют получать надежную информацию для решения целого ряда вопросов селеведения. Особенностью космических фотоснимков является высокая степень генерализации фотоизображений, позволяющая рассматривать на одном снимке большое число селевых объектов; выявлять территориальное распределение и определять количественные характеристики селевых бассейнов и их элементов; производить картографирование селевых явлений.

Для получения информации о селевых явлениях могут быть использованы черно-белые, цветные и спектрозональные снимки. Применение для дешифрирования селевых явлений цветных снимков более предпочтительно, так как эти виды съемки обеспечивают получение фотоизображений в н туральных цветах, что позволяет однозначно распознавать объекты. Однако цветные снимки пока еще не получили широкого распространения.

Дешифрирование космических снимков осуществляется на той же методической основе, что и дешифрирование аэрофотоснимков (подразд.6.5). Техническая обработка космических снимков позволяет получать фотопланы, на которые могут быть нанесены: селевые бассейны, селевые русла, селевые конусы выноса, селеопасные озера, крупные селевые очаги, стокообразующие поверхности.

Анализ информации, получаемой с космических снимков, позволяет /I4,I5/ выделить определенные уровни генерализации, являющиеся основой для решения тех или иных задач.

Различают:

I) детальный уровень - снимки масштаба I:I00000 и крупнее;

2) локальный уровень - снимки масштаба I:I000000 и крупнее;

3) региональный уровень - снимки масштаба I:I0000000 и крупнее;

4) глобальный уровень – снимки мельче масштаба I:I0000000.

Каждый масштабный ряд космических снимков характеризуется определенной информативностью и поэтому в зависимости от уровня генерализации снимков изменяются и методические приемы дешифрирования /I3/. Если на крупномасштабных снимках выделяются частные характеристики селевого бассейна, то с уменьшением масштаба снимков выявляются только пространственные взаимосвязи между селевыми явлениями и физико-географическими условиями.

Дешифровочные признаки природных объектов на космических снимках те же, что и на аэрофотоснимках: размеры, форма, тон, структура, рисунок, цвет фотоизображения. Однако в зависимости от масштаба одинаковые контуры имеют различный фотофизиономический облик и отображают ту информацию, выражением какого масштаба они являются. Так, если селевые конусы выноса на аэрофотоснимке выделяются по морфологическим признакам, т.е. снимки позволяют выделить русловые валы, участки переотложения материала, разрушения, то на космическом снимке основным дешифровочным признаком этого контура является рисунок фотоизображения. На среднемасштабных космических снимках они выделяются ленточным рисунком и светлым фототоном в виде языков, вытянутых по уклону в направлении от гор на предгорную равнину. Целостное изображение зоны разгрузки селевого потока позволяет определить реальные границы возможного выброса селевой смеси, так как чаще всего после прохождения крупных селей остаются следы, которые достаточно четко дешифрируются.

Благодаря обзорности территории просматриваются все абрисы жилых коммуникаций, а также объемно-пространственная структура всего ландшафта, что позволяет судить о возможных последствиях селевого потока, так как космические снимки несут свежую информацию об использовании территорий, что позволяет производить полную инвентаризацию земель, подверженных воздействию селевых потоков. Использование спектрозональных и цветных снимков позволяет судить о возрастных различиях селевых отложений, которые прослеживаются

из-за последовательного зарастания селевых конусов выноса различными типами растительности, а следовательно, имеют разный фототон.

На снимках достаточно хорошо прослеживаются линии главных неотектонических структур, являющихся зонами приуроченности селевых очагов. В силу обзорности материала они объективно устанавливают эту взаимосвязь.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕЛЕФОРМИРУЮЩИХ ГРУНТОВ И ГРУНТОВ СЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

7.1. Общие требования

В целях изучения физико-механических свойств грунтов и выявления пространственной и временной изменчивости этих свойств отбираются пробы грунтов в селевых очагах, из отложений селевых валов, террас, конусов и полей выноса, из микроформ рельефа, образованных селевой смесью (селевая смесь, налипшая на борта русла), а также со стволов и ветвей деревьев.

Количество образцов и масса или объем образцов, отбираемых из однородного по структуре и генезису слоя грунта, устанавливается программой работ на производство специализированных исследований. Общий объем образцов должен быть достаточным для проведения необходимого комплекса лабораторных исследований и контрольных определений. Время, необходимое на производство определений физико-механических свойств грунтов, рассчитывается согласно РД 52.30.132.

7.2. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

7.2.1. При отборе, упаковке, транспортировании и хранении образцов следует руководствоваться ГОСТ 12071.

Пробы отбираются из шурфов, расчисток, котлованов, естественных обнажений грунтов с помощью ножа, лопаты и др.

7.2.2. Отбор образцов на определение природной влажности производится в металлические коррозионно-стойкие или пластмассовые банки с герметически закрывающимися крышками. Удобно пользоваться специальными пронумерованными алюминиевыми бюксами, которые должны быть заранее высушены и взвешены. Бюкс с образцом заклеивается по периметру соприкосновения корпуса с крышкой клейкой лентой для герметизации и исключения случайного раскрытия бюкс.

При отборе проб необходимо соблюдать следующие правила:

1) проба должна быть характерной для того слоя, из которого она взята, не содержать случайных и загрязняющих примесей;

2) сведения об отобранных образцах заносятся в книжку КС-2 (приложение 5).

7.2.3. Отбор образцов на гранулометрический анализ, плотность минеральной части грунта и пределы пластичности не требуют сохранения природной влажности и производится в матерчатые мешочки из плотной ткани. Они должны иметь завязки из тесьмы или крепкого шпагата. Обычно применяются мешочки следующих размеров, в зависимости от массы проб: 6-12 см, 10-20 см, 20-30 см. При упаковке проб в мешочки нужно применять дополнительно плотную бумажную или полиэтиленовую прокладку для исключения потерь мелких фракций через ткань.

Каждая проба должна быть немедленно упакована, снабжена этикеткой, на которой указывается: наименование организации; название или номер отряда; индекс селевого бассейна; название выработки и ее номер; номер образца грунта; глубина отбора образца грунта; дата отбора образца; должность, фамилия, имя и отчество лица, проводившего отбор образца.

Этикетки должны заполняться четко простым графитовым карандашом, исключающим возможность обесцвечивания или расплывания за-

писи. Этикетка заворачивается в кальку и вкладывается в мешочек, на котором надписывается номер образца и номер выработки.

7.2.4. Упакованные образцы грунта нарушенного сложения, для которых требуется сохранение природной влажности, хранятся при температуре не ниже 2 и не выше 20°С и относительной влажности воздуха 50-60% не более двух суток с момента отбора образцов.

7.2.5. Образцы грунта, предназначенные для транспортирования на значительные расстояния, необходимо упаковывать в ящики, обеспечивающие их сохранность от механических повреждений. Под верхнюю крышку ящика следует положить завернутый в кальку список образцов со сведениями, указанными в этикетке.

7.3. Проходка шурфов

Одним из основных методов опробования грунтов селевых объектов является проходка шурфов. При проходке шурфов определяются: гранулометрический и петрографический состав грунта, плотность (объемная масса) и плотность обломков различных петрографических типов пород, изучается литологическое строение, структурно-текстурные особенности и мощность селеформирующих грунтов и отложений селей. Проходка шурфов сопровождается тщательной документацией, в которой указывается: формы и петрографический состав обломков и их взаимное положение, характер и количество заполнителя, наличие пор, степень влажности, наличие льда /16/.

Количество и местоположение шурфов определяется программой работ и уточняется в ходе рекогносцировки на местности.

В процессе изучения селевых отложений шурфы проходят в селевых руслах, террасах, в верхней, средней и нижней частях селевых конусов и полей выноса в неперемытых послеселевыми паводками отложений или, напротив, в перемытых - в зависимости от задач исследования. Причем не менее половины всех шурфов должно быть заложено в селеформирующих грунтах.

Исследуя отложения на селевых конусах выноса пробами, нужно

охарактеризовать продольный и поперечный профили селевого конуса выноса, для чего кроме основных шурфов закладывают закопушки (до 0,6 м глубиной).

Глубина шурфов определяется задачами исследований. При проведении специализированных обследований обычно проходку шурфов производят на глубину не менее I,5 м.

Если производится определение полного гранулометрического состава грунтов, включающее в себя метод накидной сетки, и шурф проходится в одной из ячеек этой сетки, то удобнее применять поперечное сечение шурфа IxI м.

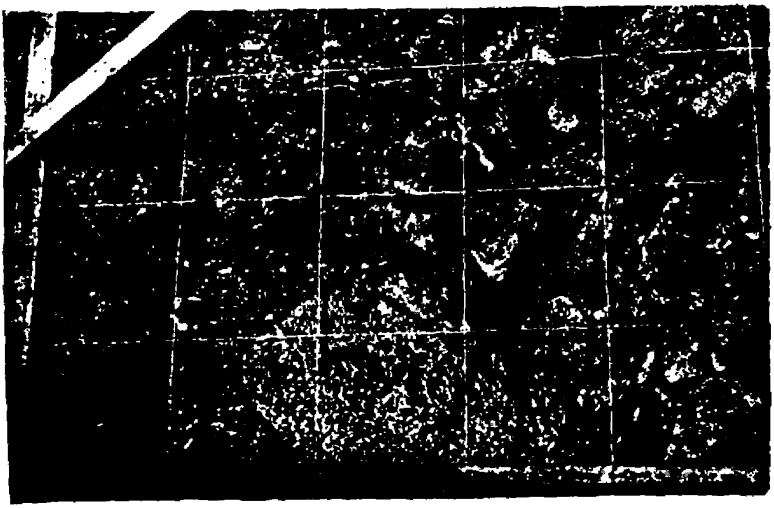
Место заложения шурфа выбирается по возможности горизонтальным, без резко выступающих крупных обломков. При необходимости производится расчистка и планировка площадки. На площадке должно быть предусмотрено место для хранения и обработки вынутого из шурфа грунта, установки весов. При проходке шурфов в неустойчивых грунтах следует применять направляющую раму, которая изготавливается из досок или брусьев. Внутренние размеры поперечного сечения рамы должны соответствовать размерам шурфа в проходке, а концы рамы выступать за пределы устья шурфа не менее чем на 0,5 м. Рама должна быть установлена горизонтально, чтобы избежать перекоса шурфа (что особенно важно при определении его объема), закреплена кольями или камнями от перемещений или заглубления в грунт. Рама страхует устье шурфа от обрушений во время работ.

7.4. Определение гранулометрического состава грунтов

7.4.I. Гранулометрический состав крупнообломочных грунтов определяется последовательно следующими методами: накидной сетки или фотометодом, грохочения, ситовым, пипеточным.

7.4.2. Метод накидной сетки применяется для определения в грунтах содержания обломков крупнее 200 мм на слабо наклонных участках. Площадки для этого метода располагаются в местах про-

ходки шурфов или в непосредственной близости от них. Площадка должна иметь размеры 5х5 м с таким расчетом, чтобы самый крупный обломок занимал не более 2% ее площади, а обломки распределялись равномерно на площадке (черт.I8).



Черт. I8. Накидная сетка с ячейками IxI м

При использовании метода накидной сетки необходимо следующее оборудование: веревочная или проволочная сетка размером 5х5 м с ячейками IxI м; шаблон размером IxI м с ячейками I00xI00 мм (рамка шаблона изготавливается из дюралевого уголка или деревянных брусков, а сетка, образующая ячейки, из капронового шнура или лески); планшет; миллиметровка и карандаши.

Последовательность операции при работе следующая:

I) сетку туго натягивают на выбранной площадке и закрепляют камнями, кольями или привязывают к деревьям;

2) поочередно накладывая шаблон на ячейки сетки, производят зарисовку обломков грунта крупнее 200 мм на миллиметровой бумаге в масштабе I:20 или I:I0, сохраняя при этом форму, размер и ориен-

тировку обломков. Для отнесения обломков к той или иной фракции пунктиром отмечают предполагаемые границы обломков, не выходящие на поверхность отложений. Другим типом пунктира отмечают периметр выхода обломка на поверхность отложений, если выступающая часть обломка в плане перекрывает этот периметр. Затем подсчитываются площади, которые занимают обломки следующих гранулометрических фракций, мм: более 5000; от 5000 до 2000; от 2000 до 1000; от 1000 до 500; от 500 до 200; менее 200.

Учитываются только площади сечения обломков, пересекаемые дневной поверхностью. Одновременно в пределах каждой фракции производится разделение обломков породы по петрографическому типу и определяется окатанность по шкале Хабакова.

Если допустить, что обломки разного размера распределены в массиве равномерно (а типичные участки должны выбираться именно по этому принципу), то дальнейшая обработка результатов в соответствии с /17/ ведется в следующей последовательности:

1) определяется масса обломков каждого петрографического типа пород i гранулометрической фракции ($M_{1i}, M_{2i}, \ldots, M_{ni}$) в килограммах по формуле

$$M_{1i} = S_{1i}\rho_1 \; ; \; M_{2i} = S_{2i}\rho_2 \; ; \ldots ; \; M_{ni} = S_n \rho_n \; ; \quad (31)$$

где S_{1i}, S_{2i}, S_{ni} - площади, занятые i -й фракцией, $м^2$;

ρ_1, ρ_2, ρ_n - плотности (объемные массы) различных петрографических типов пород, определяемые методом гидростатического взвешивания, $кг/м^3$ (п.7.5.3);

2) рассчитывается масса обломков данной гранулометрической фракции, включая обломки всех петрографических типов пород по формуле

$$M_i = M_{1i} + M_{2i} + \ldots M_{ni} \; ; \quad (32)$$

3) вычисляется масса обломков размером менее 200 мм ($M_{<200}$)

в килограммах по формуле

$$M_{<200} = S_{<200}\ \rho_{<200}\ , \qquad (33)$$

где $S_{<200}$ - площадь, занимаемая обломками менее 200 мм, $м^2$;

$\rho_{<200}$ - плотность влажной породы после удаления из нее обломков размером более 200 мм, вычисляемая в соответствии с п.7.5.4, $кг/м^3$;

4) вычисляется процентное содержание обломков i-й гранулометрической фракции P_i по формуле

$$P_i = \frac{M_i}{M_{<200} + M_{>200}}\ 100\%\ , \qquad (34)$$

где $M_{<200}$ - масса обломков размером менее 200 мм, кг;

$M_{>200}$ - масса обломков всех фракций размером более 200 мм, кг.

7.4.3. Фотометод позволяет установить закономерности распределения крупных обломков в рыхлообломочных грунтах на крутых обнажениях (черт.19), где метод накидной сетки неприменим. Им можно пользоваться и для съемки горизонтальных площадок, когда нет возможности применить метод накидной сетки, а также в качестве контрольного при применении сетки. Для съемки горизонтальных площадок удобно воспользоваться простым приспособлением, состоящим из наклонного легкого разборного шеста длиной 6 м с опорной доской на шарнирном соединении и крепления для фотоаппарата на верхнем конце шеста.

При фотографировании площадок следует выполнять следующие требования:

1) задняя крышка фотоаппарата должна быть параллельна снимаемой поверхности;

2) выбранная площадка ограничивается по углам или периметру хорошо различимыми на фотографии знаками; при необходимости обломки очищаются от налипшего мелкозема или подкрашиваются для получения контрастного изображения на фотоснимке;

3) для масштаба в центре площадки помещается рейка с четкими делениями.



Черт. I9. Фотография левого борта селевого вреза в бассейне р.Малая Алматинка (абсолютная высота 2800 м) для определения гранулометрического состава

Размер выделенных обломков для отнесения их к той или иной фракции определяется с помощью шаблона, изготовленного из фотопленки без эмульсионного слоя с концентрическими окружностями, соответствующими размерам выделяемых фракций (5000, 2000, I000, 500, 200 мм) с учетом масштаба снимка.

Площадь каждого выделенного обломка измеряется с помощью палетки. Палетка изготавливается из фотопленки, на которой тонкой иглой наносятся мелкие отверстия (точки) по системе равносторонних треугольников со стороной, равной I мм. Каждый выделяемый обломок на фотоснимке, отпечатанном на матовой бумаге, обводится твердым карандашом или иглой, затем определяется его размер шаблоном для отнесения к той или иной фракции. Площадь S определяется с помощью палетки по формуле

$$S = 0{,}866\, n d^2, \qquad (35)$$

где n - количество точек внутри контура,

d - расстояние между точками.

В дальнейшем суммируются площади всех обломков, принадлежащих к одной и той же фракции. Вычисляется вся площадь снимка и площадь, занятая фракциями менее 200 мм. Дальнейшие вычисления аналогичны описанным для метода накидной сетки (п.7.4.2).

Основной петрографический тип обломков должен быть заранее определен в поле при фотографировании.

Фотометод позволяет анализировать значительные по площади обнажения пород, включающие очень крупные обломки, при сравнительно небольших затратах труда в полевых условиях.

Если на обнажениях пород, а следовательно, и на фотоснимке встречаются очень крупные обломки, которые при выделении в отдельную фракцию составляют более 2% площади, то они не выделяются в отдельную фракцию (принимаются за индивидуальные объекты) и включаются при обработке материалов в близлежащую меньшую фракцию.

7.4.4. Метод грохочения применяется при определении процентного содержания обломков фракции от 200 до 100, от 100 до 50, от 50 до 20, менее 20 мм. Для этого проходится шурф такого объема, чтобы масса самого крупного обломка была не более 5% массы всего грунта, вынутого из него. Обломки крупнее 200 мм должны ис-

ключаться из общей массы грунта шурфа, а их объем – из объема шурфа. Объем обломков крупнее 200 мм определяется путем деления их массы на плотность.

Плотность обломков принимается равной плотности более мелких обломков этого же петрографического типа, определяемой в соответствии с п.7.5.2.

Все записи при проходке шурфов и результаты предварительных расчетов заносятся в книжку КС-2.

Рассчитывается процентное содержание обломков каждой фракции P_i. Сумма P_i должна равняться 100%.

Весь грунт, прошедший через сито 20 мм, тщательно перемешивают, применяя способ кольца и конуса, который заключается в следующем: грунт насыпается конусом на площадке, затем этот конус разворачивают в диск с помощью доски, вращаемой вокруг оси конуса. Когда доска дойдет до основания конуса, перемешанный грунт расположится в виде кольца, из которого снова набрасывается центральный конус, и т.д. Затем пробу сокращают методом квартования до 2 кг и упаковывают для дальнейшего лабораторного анализа (п.7.4.5) и определения свойств селевой смеси (разд.II). Лабораторные определения гранулометрического состава выполняются согласно ГОСТ 12536.

На обломках более 20 мм иногда налипает мелкозем (фракции менее 2 мм), количество которого зависит от влажности, гранулометрического и минералогического состава грунта. Для определения процентного содержания налипшего на обломки мелкозема необходимо из фракции от 20 до 50 мм отобрать 3 пробы массой от 15 до 20 кг каждая и взвесить. Обломки каждой пробы промывают в ведре с помощью малярной кисти. Отмытые от мелкозема обломки высушивают до воздушно-сухого состояния, разделяют на петрографические типы, определяют степень их окатанности (подразд.7.9), влажность и плотность (п.7.5.2). Оставшуюся в ведре (после промывания) про-

бу мелкозема с водой высушивают до воздушно-сухого состояния и отправляют на гранулометрический анализ в лабораторию.

Содержание мелкозема на обломках i - й фракции P_{mi} в процентах определяется по формуле

$$P_{mi} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100\%, \qquad (36)$$

где M_1 - масса обломков с налипшим мелкоземом, кг;

M_2 - масса отмытых от мелкозема обломков, кг.

Вычисляется среднее из 3 проб процентное содержание налипшего мелкозема на обломках для введения поправки (п.7.4.5). Если на обломках от 20 до 50 мм окажется более 10% мелкозема, то аналогично определяется его содержание на обломках фракции от 50 до 100 и от 100 до 200 мм, в противном случае поправки не вводятся.

Содержание частиц меньше 20 мм в пробах грунта, отобранных при проведении грохочения, определяется в специализированных лабораториях. Применяя ситовый, фракционный и пипеточный методы, определяется процентное содержание частиц фракций менее 20 мм, а именно: P''_{20-10}; P''_{10-5}; P''_{5-2}; P''_{2-1}; $P''_{1-0,5}$; $P''_{0,5-0,2}$; $P''_{0,2-0,1}$; $P''_{0,1-0,05}$; $P''_{0,05-0,01}$; $P''_{0,01-0,005}$; $P''_{0,005-0,001}$; $P''_{<0,001}$.

Сумма всех фракций P''_i должна равняться 100%.

7.4.5. Полный гранулометрический состав грунта определяется пересчетом результатов определения процентного содержания обломков, полученных методом сетки (фотометодом) P_i, методом грохочения P'_i, лабораторными методами P''_i по формуле

$$P = P_{>5000} + \ldots + P_{500-200} + 10^{-2} P'_{200-100} P_{<200} + \ldots + 10^{-2} P'_{50-20} P_{<200} + 10^{-4} P''_{20-10} P_{<200} P'_{<20} + \ldots + 10^{-4} P''_{<0,001} P_{<200} P'_{<200}, \qquad (37)$$

где $P_{<200}$ - определяется по формуле (34) - процентное содержание обломков менее 200 мм, полученное методом накидной сетки (фотометодом);

$P'_{<20}$ – процентное содержание фракций менее 20 мм, полученное методом грохочения. При этом P должно быть 100%.

Результаты вычислений представляются в виде таблицы.

Поскольку выше производился пересчет процентного содержания фракций менее 20 мм (P''), определенного в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 12536 для абсолютно сухого грунта, в процентное содержание фракций более 20 мм (P', P), определенного для влажного грунта в естественном залегании, то, следовательно, в результате пересчета получены данные о полном гранулометрическом составе влажного грунта.

Содержание мелкозема, т.е. фракций менее 2 мм, оказывается в этом случае завышенным на некоторую величину ΔP , так как мелкозем является наиболее влагоемкой частью грунта.

В то же время влажность обломков фракций от 2 до 200 мм окажется заниженной на ту же величину ΔP , так как их влажность значительно меньше влажности мелкозема и обычно составляет от 1 до 2%.

Величина суммарной поправки к гранулометрическому составу на влажность при приведении всего грунта к абсолютно сухому состоянию ΔP рассчитывается по формуле

$$\Delta P = 0{,}01\left(P_м w_м - P_к w_к\right), \qquad (38)$$

где $P_м$, $P_к$ – соответственно содержание мелкозема (<2 мм) и обломков (>2 мм) в общем гранулометрическом составе, %;

$w_м$, $w_к$ – влажность соответственно мелкозема и обломков, в долях от единицы (п.7.4.4).

Поправки к фракциям мелкозема (<2 мм) $\Delta P_{мi}$ и обломков (>2 мм) $\Delta P_{кi}$ в процентах определяется по формулам

$$\Delta P_{мi} = \Delta P \frac{P_i}{P_м}; \quad \Delta P_{кi} = \Delta P \frac{P_i}{P_к}, \qquad (39)$$

где P_i – содержание данной фракции в полном гранулометрическом составе грунта, % ;

$P_м$, $P_к$ – соответственно содержание мелкозема (< 2 мм) и обломков (> 2 мм) в полном гранулометрическом составе грунта, %.

Поправки вводятся со знаком минус для фракций < 2 мм и со знаком плюс для фракций от 2 до 200 мм.

Для учета налипшего на обломках от 20 до 200 мм мелкозема (п.7.4.4) вводится поправка на содержание мелкозема на обломках i – й фракции ΔP_i в процентах, которая определяется по формуле

$$\Delta P_i = 0{,}01\, P_i P_{мi} , \qquad (40)$$

где P_i – содержание данной фракции в пересчитанном гранулометрическом составе, %;

$P_{мi}$ – процентное содержание мелкозема этой фракции на обломках (п.7.4.4).

Эти поправки вводятся с отрицательным знаком.

Сумма поправок за счет налипшего мелкозема $\Sigma \Delta P_i$ соответствует уменьшению содержания крупных обломков от 200 до 20 мм в общем гранулометрическом составе грунта. Следовательно, эту же сумму $\Sigma \Delta P_i$ следует распределить пропорционально содержанию каждой фракции, выделенной в составе смытого мелкозема, что будет соответствовать увеличению содержания мелкозема в общем гранулометрическом составе грунта. Определение поправки к данной фракции Δq_i в килограммах определяется по формуле

$$\Delta q_i = 0{,}01 \Sigma \Delta P_i q_i , \qquad (41)$$

где q_i – содержание данной фракции в составе смытого мелкозема, %;

$\Sigma \Delta P_i$ – общее количество мелкозема, налипшего на обломки, кг. Поправка вводится с положительным знаком.

Экспериментальными работами установлено, что гранулометриче-

ский состав частиц, смываемых с обломков, значительно отличается от гранулометрического состава мелкозема в общей массе грунта, особенно в тонкодисперсной части (более 90% составляют фракции менее 0,5 мм). Поэтому поправки с положительным знаком вводятся во фракции менее 0,5 мм, т.е. сумма фракций лабораторного анализа смытого мелкозема для введения поправок принимается за 100%.

Поскольку на обломках крупнее 200 мм налипает менее 10 % мелкозема, поправки с отрицательным знаком распределяются между фракциями 200-100, 100-50 и 50-20 мм.

Результаты определений записываются в книжку КС_2 (приложение 5).

7.5. Определение плотности грунтов

7.5.1. При характеристике грунтов различают несколько понятий плотности: плотность частиц грунта $\rho_т$, плотность (объемная масса) обломков $\rho_к$, плотность (объемная масса) влажного грунта ρ, плотность (объемная масса) сухого грунта $\rho_{ск}$.

7.5.2. Плотность частиц грунта $\rho_т$ определяется в лаборатории пикнометрическим методом /18/ согласно ГОСТ 5180 из образцов, сдаваемых на определение гранулометрического состава грунта.

7.5.3. Плотность обломков (фракций крупнее 2 мм) определяется методом гидростатического взвешивания согласно ГОСТ 5180.

Определив массу обломка в воздушной среде M и в воде M_1, определяют плотность породы $\rho_к$ в килограммах в кубическом метре по формуле

$$\rho_к = \frac{M\rho_0}{(M-M_1)}. \qquad (42)$$

Если обломки пород имеют большую пористость или размокают в воде (набухают), то после определения массы обломка в воздушной среде M его парафинируют, вновь взвешивают M_2, затем взвешивают в воде M_1. Плотность породы $\rho_к$ в килограммах в куби-

ческом метре определяют по формуле

$$\rho_к = \frac{M\rho_o}{(M_2-M_1)-(M_2-M)\frac{\rho_o}{\rho_п}}, \qquad (43)$$

где $\rho_п$ - плотность парафина, равная 900 кг/м^3;

ρ_o - плотность воды, кг/м^3.

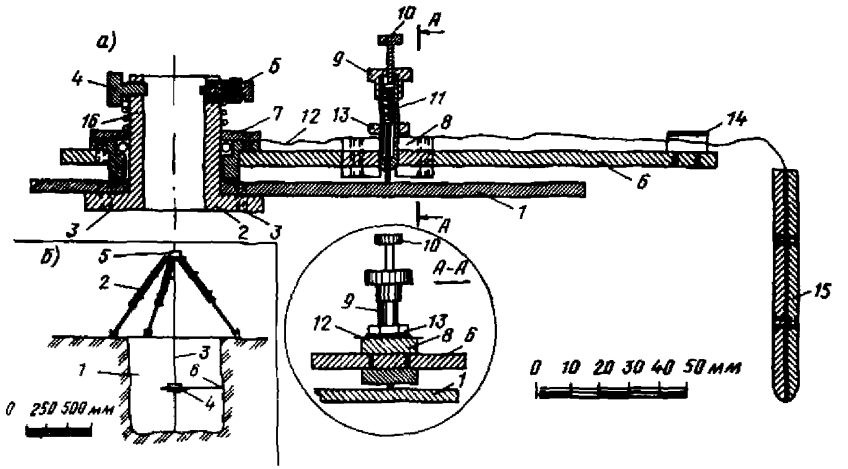
Для каждого петрографического типа пород производится не менее 10 определений. При необходимости вычисляют средневзвешенную плотность обломков, учитывая процентное содержание каждого петрографического типа пород.

7.5.4. Плотность влажного грунта может быть измерена объемно-весовым и радиоизотопным методами.

Объемно-весовой метод наиболее точен, но трудоемок. На заранее выбранной площадке проходится шурф, вынимаемый грунт взвешивается на весах, точность которых не более 0,05 кг. Для определения объема вынутого грунта измеряется объем шурфа. Наиболее точные результаты получаются при помещении в шурф резиновой оболочки радиозонда марки 200 или 100 и заполнении ее измеряемым количеством воды. Менее точно - при применении мерного ящика с засыпкой промежутков между стенками ящика и шурфа известным объемом мелкого песка. Можно провести и тщательный обмер сложной геометрической фигуры шурфа с помощью шурфометра.

Шурфометр, разработанный в КазНИГМИ, рассчитан на измерение объема шурфа округлой формы диаметром 120 см и глубиной до 200 см. Основные части шурфометра и установка его в шурфе показаны на черт.20б. Над шурфом (1) устанавливается штатив (2), в который вставляется направляющая штанга (3), имеющая по длине отверстия с шагом 100 мм для фиксации планшета (4). Нижний конец штанги устанавливается в центр шурфа, верхний зажимается струбциной (5). На планшет накладывается бумажный диск с радиальным разрезом и закрепляется прищепками. Обведя наконечником растягивающегося элемента (6) периметр шурфа, снимем его копию в не-

котором масштабное. Перемещая планшет по штанге, получим набор сечений шурфа. Тарировочное сечение, соответствующее площади I м^2, определим обведя наконечником круг радиусом 56,5 см. Вырезав по контуру полученные сечения, взвесим их на технических весах. Найдем среднюю массу из всех сечений. Зная массу тарировочного сечения, с помощью простой пропорции находим площадь, соответствующую средней массе, умножив которую на глубину шурфа, установим его объем.



Черт. 20. Шурфометр А.Х. Хайдарова:
а – исполнительный орган, б – основные части в рабочем положении

Устройство планшета показано на черт.20а. Диск из оргстекла (I) крепится к втулке (2) с помощью болтов (3). Винт (4) и стопор (5) в корпусе втулки служат для фиксации планшета на штанге. Исполнительный орган состоит из планки (6), вращающейся вокруг втулки (2) с помощью подшипника (7), с фланцем которого планка соединена с болтами. Вдоль продольной прорези в планке ходит каретка (8) с грифеледержателем (9). Нажим грифеля регулируется винтом (IO) через пружину (II). В качестве растягивающегося элемента применена резина эластичного бинта с рабочим отрез-

ком 285 мм (I2). Одним концом резина крепится между крышкой и корпусом подшипника с помощью винтов и клея ПВА. Через 40 мм резина гайкой (I3) крепится к каретке (8) через шайбу, затем проходит через направляющую (I4) и заканчивается наконечником (I5). Исполнительный орган прижимается к планшету пружиной (I6). Втулка, корпус подшипника и направляющая штанга сделаны из дюралюминия.

Разделив массу грунта на его объем, получают плотность влажного грунта в естественном залегании.

Реализация методов радиоизотопного определения объемного веса (плотности) производится согласно ГОСТ 23061.

Плотность влажного грунта в естественном залегании при исключении обломков, превышающих заданную величину, может быть определена для рыхлообломочной породы, сложенной частицами, имеющими размеры меньше любой данной величины, и названа функциональной плотностью. Функциональная плотность $\rho_{<i}$ в килограммах в кубическом метре рассчитывается (при удалении обломков, превышающих своими размерами заданную величину) по формуле

$$\rho_{<i} = \frac{M - M_{>i}}{W - \frac{M_{>i}}{\rho'_к}}, \qquad (44)$$

где M – общая масса грунта, вынутого из шурфа, кг;

$M_{>i}$ – масса обломков размером более i, кг;

W – объем шурфа, $м^3$;

$\rho'_к$ – средневзвешенная плотность обломков, $кг/м^3$.

С учетом полного гранулометрического состава плотность грунта в состоянии природной влажности оценивается ρ в килограммах в кубическом метре (по данным гранулометрического анализа крупнообломочных фракций (п.7.4.3) и определения плотности грунта с фракциями менее 200 мм) по формуле

$$\rho = \rho_{<200} \frac{S_{<200}}{S_\Sigma} + \rho'_к \frac{S_{>200}}{S_\Sigma}, \qquad (45)$$

где $S_{<200}$, $S_{>200}$, S_{Σ} – соответственно площади на снимке, занимаемые фракциями менее 200 мм, более 200 мм и сумма их площадей, $м^2$;

$\rho_{<200}$ – плотность обломков грунта размером менее 200 мм, $кг/м^3$.

Плотность скелета грунта $\rho_{ск}$ в килограммах в кубическом метре в естественном залегании определяется по формуле

$$\rho_{ск} = \frac{\rho}{1+w}, \qquad (46)$$

где ρ – плотность влажного грунта, $кг/м^3$;

w – влажность грунта в долях единицы.

Результаты определений записываются в книжку КС-2.

7.6. Определение коэффициента пористости грунтов

Коэффициент пористости n – отношение объема пор к объему твердых частиц грунта, выраженное в долях единицы, определяется по формуле

$$n = \frac{\rho_т - \rho_{ск}}{\rho_{ск}}, \qquad (47)$$

где $\rho_т$ – плотность частиц грунта, $кг/м^3$;

$\rho_{ск}$ – плотность грунта, $кг/м^3$.

7.7. Определение влажности рыхлообломочных грунтов

Образцы грунта на определение влажности отбираются в бюксы в процессе проходки шурфа (подразд.7.3). В рыхлообломочных породах необходимо измерять влажность: мелкозема $w_м$, крупных обломков $w_к$ и общую или валовую $w_в$. С каждого интервала глубины отбирается по два образца на определение влажности мелкозема; содержание обломков более 2 мм в них должно быть минимальным. Бюксы закрывают крышками и заклеивают лейкопластырем. Одновременно отбираются обломки на определение влажности (не менее 10 обломков

из каждого петрографического типа). Обломки также помещают в бюксы.

Все заполненные бюксы взвешиваются в тот же день, желательно сразу после отбора. Влажность образцов определяется термостатно-весовым методом. Температура высушиваемых образцов находится в диапазоне от 103 до 107°С, время сушки - не менее 4-8 ч согласно ГОСТ 5180. Влажность грунта w в процентах вычисляется по формуле

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100\% , \qquad (48)$$

где m - масса стаканчика с крышкой, г;

m_0 - масса высушенного грунта с массой стаканчика с крышкой, г;

m_1 - масса влажного грунта с массой стаканчика с крышкой, г.

Для крупных обломков вычисляется среднеарифметическое значение влажности по каждому петрографическому типу пород.

Пробы для определения влажности мелкозема после просушивания взвешивают, размачивают в воде и просеивают через 2 мм сито. Обломки крупнее 2 мм просушивают в термостате, после чего определяют их содержание в первоначальной сухой пробе $P_{>2}$. Влажность мелкозема $w_м$ в процентах определяется по формуле

$$w_м = \frac{w_{<2} - P_{>2}\, w_к}{1 - P_{>2}} , \qquad (49)$$

где $w_{<2}$ - влажность лабораторного образца до просеивания, %;

$P_{>2}$ - содержание обломков более 2 мм в долях единицы.

Общая влажность (валовая) $w_б$ в процентах рассчитывается по формуле

$$w_б = w_м P_м + w_к P_{>2} , \qquad (50)$$

где $P_м$, $P_{>2}$ – содержание соответственно мелкозема и обломков крупнее 2 мм в общем гранулометрическом составе породы в долях единицы.

Объемная валовая влажность измеряется с помощью нейтронных индикаторов влажности согласно ГОСТ 24181.

7.8. Определение водоудерживающей способности рыхлообломочных грунтов

Водоудерживающая способность грунтов соответствует ее влажности после насыщения водой и истекания избытка воды в условиях отсутствия испарения и подпитывания влагой со стороны. Достаточно надежным способом определения водоудерживающей способности рыхлообломочной породы является способ увлажняемых площадок.

Типичная площадка сильно увлажняется на глубину не менее 1 м и покрывается полиэтиленовой пленкой, придавливаемой камнями. Через 1–2 ч на площадке проходят 1–2 шурфа глубиной до 0,7 м и способом, описанным в подразд.7.7, определяют значения влажности $w_м$, $w_к$, $w_в$.

7.9. Определение процентного содержания обломков разного петрографического состава, степени их окатанности

Промытые обломки в процессе грохочения (п.7.4.4) разделяют на петрографические типы и определяют их процентное содержание по весу (или по количеству обломков), что необходимо при расчете средневзвешенной влажности и плотности обломков. Окатанность обломков определяют по шкале Хабакова /18/. Данные по окатанности обломков необходимы для расчета гранулометрического состава селевой смеси при движении ее по руслу.

Средняя окатанность $\theta_к$ в процентах обломков одной фракции определяется по формуле

$$\Theta_к = \frac{(0\ n_0 + 1\ n_1 + 2\ n_2 + 3 n_3 + 4\ n_4)\ 25\%}{\Sigma n}, \quad (5I)$$

где n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 – количество обломков с баллом окатанности 0,I,2,3,4;

Σ_n – общее количество обломков.

Окатанность обломков оценивается согласно табл.I.

Таблица I

Шкала Хабакова

Характеристика окатанности	Оценка в баллах
Совершенно неокатанные обломки с острыми, режущими углами и ребрами	0
Обломки со слегка окатанными углами и ребрами	I
Галька и валуны со слегка сглаженными ребрами, в очертаниях которых еще заметны прямолинейные отрезки	2
Галька и валуны хорошо окатанные, но иногда встречаются следы первоначальной формы	3
Галька и валуны с равномерно и одинаково окатанными поверхностями	4

7.I0. Определение пластичных свойств мелкозема

Определение пределов пластичности производится в специальных лабораториях из проб грунта, отобранного при грохочении (п.7.4.4).

7.II. Нормы времени на определение физико-механических свойств грунтов

Приведенные в РД 52.30.I32 единые нормы времени обязательны для УГМ и НИУ Госкомгидромета СССР при выполнении работ по опре-

делению физико-механических свойств грунтов селевых бассейнов как в полевых, так и в камеральных условиях.

8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

8.1. Общие требования

Основными видами геодезических и топографических работ, проводимых при обследовании селевых бассейнов, является топографическая съемка объектов, разбивка и нивелирование поперечных профилей и гидрографическая съемка селеопасных озер. Названные виды работ проводятся в соответствии с /19/, а также Инструкцией по топографическим съемкам в масштабах 1:10000 и 1:25000; Руководством по обновлению топографических карт; Руководством по редактированию топографических крупномасштабных карт и планов.

Опорная сеть на местности закрепляется реперами на устойчивых элементах рельефа с таким расчетом, чтобы в последующем была обеспечена возможность повторной съемки элементов селевых бассейнов.

Перед производством съемочных работ необходимо ознакомиться с имеющимися по изучаемому району картографическими и аэрофотосъемочными материалами. С топографической карты изучаемого селевого бассейна необходимо сделать копию. Аэрофотоснимки подбираются с таким расчетом, чтобы изучаемый объект находился преимущественно в центральных частях снимков. Отобранный материал используется при топорекогносцировочных и топогеодезических работах, дополняя составляемые в поле абрисы съемки, ходов и профилей. На копии фрагмента карты отмечаются основные точки тахеометрического хода, опорные точки продольного и поперечных профилей, реечные точки на характерных перегибах рельефа. На аэрофотоснимках отмечаются контурные точки исследуемых объектов, выполняющие роль опознавательных знаков при привязке на плане съемки контуров и горизонталей рельефа.

8.2. Топографическая съемка селевых объектов

Съемки крупных масштабов (1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500) селевых бассейнов или их элементов необходимы для обоснования топографической основы проектирования, строительства и эксплуатации различного рода сооружений, детального изучения геоморфологического строения бассейнов, получения набора морфометрических характеристик, необходимых для создания новых и усовершенствования существующих моделей селеформирования. Полевые работы производятся согласно требованиям, изложенным в /19,20/, а также в Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Для составления крупномасштабного плана селевого объекта производится специальная тахеометрическая, фототеодолитная, мензуальная или комбинированная съемка. В условиях труднодоступного рельефа предпочтительнее производить фототеодолитную съемку. Производство последней обычно заказывается специализированным геодезическим и изыскательским учреждениям.

Специальная топографическая съемка, наряду с получением подробной информации о рельефе местности, обеспечивает изображение на плане геоморфологической, инженерно-геологической и почвенно-ботанической ситуации, используемой для определения основных характеристик селевых объектов и типов подстилающих поверхностей. Кроме того, съемкой охватываются продольные и поперечные профили селевых отложений в бассейнах и на конусах выноса, а также селехранилищах. Масштаб специальной съемки назначается в зависимости от размеров объекта и детальности его изучения.

Перед съемкой селевого объекта проводится рекогносцировка района, в процессе которой дополняются имеющиеся о нем сведения, намечаются и закрепляются точки съемочного обоснования системы поперечных профилей. Расположение пунктов сети обоснования долж-

но обеспечить возможность проведения топографической съемки любого участка объекта.

Выполнение съемки производится с опорных точек системы поперечных профилей, а сама съемка сводится к набору топографической информации между поперечниками. Сравнительно небольшие труднодоступные участки селевых объектов оконтуриваются съемочными точками и фотографируются. При вычерчивании планов высотные отметки внутри таких участков получают методом интерполяции, а детали рельефа наносятся по данным фотосъемки.

Более протяженные труднодоступные участки и недоступные части селевых объектов снимаются методом засечек с трех точек отдаленного базиса, связанного тахеометрическим ходом с системой поперечных профилей. Базис располагают на доступной части склона, обращенного к селевому объекту. Расстояние между крайними теодолитными стоянками базиса должно быть близким расстоянию до наиболее удаленных точек засечек. В процессе съемки все точки отмечаются на увеличенной выкопировке селевого бассейна или на подробном абрисе; при этом производится панорамное фотографирование селевого объекта и его наиболее характерных участков.

8.2.1.Тригонометрическое нивелирование поперечных профилей, разбитых в неглубоких селевых руслах, на полях и конусах выноса, производится с одного из основных реперов профиля. При необходимости нивелирование производится с переходной точки.

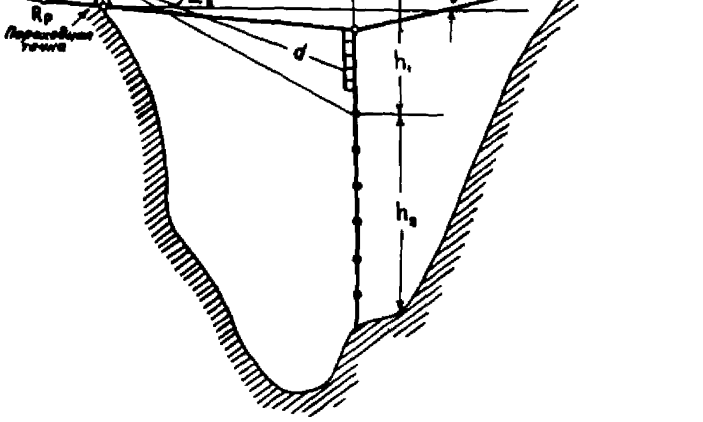
Порядок производства измерений при тригонометрическом нивелировании аналогичен тахеометрической съемке. При этом отсчеты производятся только по вертикальному кругу теодолита.

При проведении тригонометрического нивелирования поперечных профилей глубоких селевых очагов и русел появляется необходимость в дополнительной точке стоянки теодолита на дне селевого вреза. Однако привязка такой стоянки затруднена из-за недопустимо большой величины вертикального угла. Поэтому нивелирование верхней и нижней части поперечного профиля целесообразно проводить раздельно.

Работы производятся следующим образом. Снимается верхняя часть профиля (выше кромки обрыва), далее через дополнительную (переходную) точку, расположенную у края обрыва, направление профиля переносится на дно селевого вреза, где фиксируется двумя колышками. Один из колышков используется в качестве точки стоянки теодолита, а второй служит для контроля направления профиля, которое определяется по вехе, установленной на переходной точке у края обрыва.

Планово-высотная привязка теодолитной стоянки на дне селевого вреза производится с помощью дополнительного тахеометрического хода, который увязывается с основным ходом в нижней и верхней части вреза.

В случаях, когда съемку селевого вреза затруднительно производить традиционными способами, применяется метод, разработанный в КазНИГМИ (черт.21).



Черт. 21. Схема теодолитной съемки в глубоких селевых руслах и очагах

Для производства измерений через селевой врез перебрасывается тонкий несущий трос, который закрепляется над реперами или пи-

кетами в створе поперечного профиля. По несущему тросу свободно передвигается двойной блок с подвешенной к нему рейкой. С помощью дополнительных оттяжек с противоположных берегов селевого вреза эта система перемещается вдоль несущего троса. Через второй блок пропускается тонкий мерный трос с грузом на конце, которым измеряется глубина вреза h_2. Расстояние до рейки $\mathcal{D}$ и отрицательное превышение верхней метки мерного троса h_1 измеряются с помощью теодолита, установленного на репере или переходной точке в створе поперечника.

Для измерения глубины селевого вреза в каждой характерной точке поперечного профиля опускается груз на мерном тросе до его соприкосновения с грунтом. Число меток на мерном тросе подсчитывается с помощью зрительной трубы теодолита. Для производства работ необходимы четыре человека: первый производит тахеометрические измерения, второй ведет запись, третий и четвертый управляют системой блок - рейка - мерный трос.

Для определения расстояния до промеряемой вертикали $\mathcal{D}$ измеряется дальномерное расстояние до рейки и вертикальный угол, который отсчитывается от отметки высоты инструмента на рейке,

$$\mathcal{D} = d \cos^2 \alpha . \qquad (52)$$

Превышение верхней метки на мерном тросе h_1 определяется по уравнению

$$h_1 = \mathcal{D} \operatorname{tg} \alpha_2 , \qquad (53)$$

где α_2 - вертикальный угол на верхнюю метку мерного троса.

Расстояние от верхней метки мерного троса до дна селевого вреза определяется как произведение количества меток n на их цену деления k.

Глубина вреза h определяется по выражению

$$h = h_2 + (h_1 - i) . \qquad (54)$$

В случаях, когда с основного репера поперечного профиля не видно рейки на тросе и невозможно подсчитать количество делений на мерном тросе, теодолит устанавливается в створе поперечника на переходной точке. Расстояние до последней и ее превышение определяются тахеометрическим способом.

Нивелирование поперечных профилей в узких селевых руслах шириной до 20 м целесообразно заменить измерения глубины русла. В бортах селевого русла по доступной высоте, превышающей максимальные уровни селей, закрепляются два репера. Высотное и плановое положение реперов определяется при проведении тахеометрической съемки.

Измерения глубины селевого русла по поперечному профилю производятся от натянутого между реперами разметочного троса с помощью рейки, длина которой должна быть равна или больше расстояния от троса до самой низкой точки профиля. Расстояния по горизонтали до характерных точек профиля измеряются по разметочному тросу от одного из реперов, положение которого отмечается на топоплане.

8.2.2 Для составления крупномасштабного плана селеопасного озера производится гидрографическая съемка, а также тахеометрическая, фототеодолитная или мензульная съемка озерной котловины и перемычки. Съемка озерной котловины производится до отметок, расположенных выше наиболее пониженной части озерной перемычки. В случае наличия нескольких близко расположенных озер производится также съемка перемычек между ними. Съемка внешнего откоса озерной перемычки производится до отметок, соответствующих максимальной глубине озера.

На план наносятся максимальные исторические уровни наполнения озера, каналы поверхностного перелива (в том числе ранее существовавшие), гроты, через которые происходит опорожнение озера места выхода на дневную поверхность вод, фильтрующихся из озера, отмечаются границы ледников и участки обнаженного льда морены.

8.3. Картографическое оформление топогеодезических работ

Результаты топогеодезических измерений селевых объектов обрабатываются и оформляются в виде специальных крупномасштабных планов и карт /21/, а также графиков продольных и поперечных профилей, которые прилагаются к техническим отчетам селевых партий и станций.

Масштаб топоплана выбирается в зависимости от размеров изображаемого объекта, но не менее 1:10000, с таким расчетом, чтобы топографическое изображение селевого объекта помещалось в пределах стандартного планшета (55х55 см). Сечение рельефа горизонталями выбирается в зависимости от масштаба плана, особенностей строения рельефа и детальности съемки. Проведение горизонталей обязательно на всех элементах рельефа, включая скалы, обрывы, осыпи и т.д. Допускается разрядка сплошных горизонталей между кратными (утолщенными) горизонталями на крутых склонах и откосах обрывов.

На топопланах селевых водосборов обозначаются основные типы подстилающих (стокообразующих) поверхностей: высокогорные пустыни, пустыни и полупустыни предгорий, степи, лиственные и хвойные леса, луговая растительность лесного пояса, альпийские и субальпийские луга, древние и современные морены, выходы скальных пород, ледники, каменные глетчеры, отложения селей и т.д. Изображение этих поверхностей производится условными топографическими знаками.

На топопланах селевых объектов указываются участки определения инфильтрационных параметров, места взятия проб грунта для определения его физико-механических свойств, места отбора проб на влажность, местоположение поперечных профилей и т.д.

При рисовке рельефа необходимо отражать его морфологические особенности. Следует избегать правильных геометрических изгибов горизонталей, получающихся при интерполяции высотных отметок. Для этого необходимо использовать аэрофотоснимки и получаемую по ним

стереомодель местности. В таком случае рисунок горизонталей будет больше приближен к естественному контуру.

По данным геодезических измерений строятся продольные и поперечные профили.

Продольный профиль строится для всего селевого бассейна, включая селевой очаг, селевое русло и селевой конус выноса. На профиле отмечаются участки размывов и отложений грунта в русле, транзитная зона селевого русла, выделяются границы полей и селевых конусов выноса, места разбивки поперечных профилей и их номера.

Поперечные профили строятся для всех створов нивелирования с указанием их номера. На профилях отмечаются: граница селевых отложений на бортах селевого русла, селевые валы и террасы. На поперечных профилях селевых полей и селевых конусов выноса отмечаются границы разновозрастных отложений и начало устойчивого берега, не подверженного воздействию селей.

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ И ГРУНТОВ

9.1. Общие положения

Сведения об инфильтрационной способности поверхности селевых бассейнов необходимы для расчета и прогноза гидрографов и характеристик дождевых паводков.

Средняя интенсивность инфильтрации на склоне в каждый момент времени при данной интенсивности дождя f_i в миллиметрах в минуту может быть рассчитана по формуле Виноградова /I/

$$f_i = f_0\left[1 - \exp(-i/f_0)\right], \qquad (55)$$

где i – интенсивность дождя, мм/мин;

f_o – инфильтрационный параметр, определяемый как максимально возможная интенсивность инфильтрации при неограниченном поступлении на склон воды и численно равный коэффициенту фильтрации.

Величины инфильтрационного параметра f_o колеблются в значительной степени в зависимости от типа почвы или грунта и состояния их поверхности. При оценке инфильтрационного параметра могут быть использованы четыре принципиально различных способа:

1) анализ материалов наблюдений за стокообразующими осадками и ливневым стоком;

2) искусственного дождевания малых стоковых площадок;

3) искусственного дождевания элементарных водосборов;

4) заливаемых площадок.

Первый способ связан с организацией и проведением стационарных наблюдений, а также с серьезным специальным гидрологическим анализом. Три последних способа могут быть широко использованы при массовых экспедиционных обследованиях. Результаты опытов при правильной интерпретации последних идентичны. На крутых склонах целесообразней пользоваться способами искусственного дождевания.

Измерения инфильтрационного параметра f_o должны сопровождаться параллельным определением наименьшей влагоемкости и плотности почв и грунтов, а на элементарных водосборах и определением плотности суспензии и гранулометрического состава грунтов.

9.2. Выбор экспериментальных площадок и элементарных водосборов

По материалам аэрофотосъемки, почвенно-эрозионным или почвенно-ботаническим картам, архивным и литературным источникам, а также результатам рекогносцировочных обследований производится выделение основных стокообразующих поверхностей на исследуемой территории.

Для каждого типа стокообразующих поверхностей выбирают один-два экспериментальных участка (размером 50х50 м) и один элементарный водосбор площадью от 500 до 800 $м^2$, которые по своему характеру не должны отличаться от окружающей местности. Перед началом опытов производится краткое описание основных характеристик участков и элементарных водосборов по форме, приведенной в книжке КС-3 (приложение 6).

В пределах каждого участка выбирается от 3 до 5 экспериментальных площадок для измерения инфильтрации и 3 площадки для определения плотности и наименьшей влагоемкости почвы и грунта. Определение плотности и наименьшей влагоемкости почв и грунтов элементарных водосборов производится не менее чем в пяти точках (по две точки на противоположных склонах и одна в верхней приводораздельной части водосбора).

9.3. Способ искусственного дождевания малых стоковых площадок

Для определения f_0 в горных условиях с помощью способа искусственного дождевания целесообразно использовать малые модели дождевальных установок с площадью орошения 0,5х0,5 или I,0xI,0 м. Различные типы установок описаны в работе /22/; изготовлены они могут быть достаточно легко.

Увлажненная дождевальная площадка с трех сторон ограждается металлическими пластинами, которые врезаются в почву на глубину до I5 см и возвышаются над поверхностью земли на высоту до I0 см. С нижней стороны площадки устанавливается металлический водосборный лоток. Последний снабжен зубом высотой I5 см, Лоток заделывается заподлицо с поверхностью почвы. Зазоры между пластинами и почвой промазываются увлажненной глиной. Дождевальная рама должна находиться на высоте около 50 см от поверхности площадки.

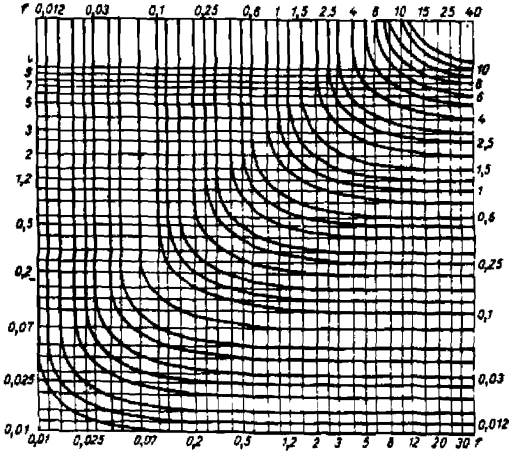
В целях предотвращения случайного разбрызгивания воды площадка ограждается полиэтиленовой пленкой. Это ограждение одно-

временно служит и ветровой защитой. После установки прибора в течение I5 мин производится дождевание площадки, затем по истечении 20-минутного интервала времени измеряется инфильтрационный параметр. Сам опыт длится до 35 мин.

Питающее устройство установки должно обеспечивать постоянную интенсивность дождевания в течение всего опыта. Эта интенсивность должна подбираться из расчета $i \geqslant f_0$. Стекающая с площадки вода по приемному лотку поступает в мерный сосуд. Учет стока производится объемным способом за три пятиминутных интервала времени.

Результаты измерений заносятся в книжку КС-3.

Определение инфильтрационного параметра f_0 удобно вести с помощью номограммы, представленной на черт.22, полученной на основании уравнения, приведенного в начале данного раздела.



Черт. 22. Номограмма для определения f_0

Так, соответствующим парам значений интенсивности дождя и инфильтрации дождя и инфильтрации, как показано в книжке КС-3, отвечают следующие величины инфильтрационного параметра, снятые

с номограммы (черт.22): 0,53; 0,49; 0,52 мм/мин. Среднее из трех значений f_o составляет 0,51 мм/мин.

На тех участках, где производились инфильтрационные эксперименты с двухкратной повторностью, определяют плотность почвы в сухом состоянии (с помощью объемного бура или нейтронного плотномера).

По окончании дождевания площадку покрывают полиэтиленовой пленкой для предохранения почвы от потерь влаги на испарение. Через 6-8 ч отбирают пробы на влажность с целью определения наименьшей влагоемкости на глубинах от 0 до 5, от 5 до 10 и от 10 до 20 см. Последняя характеристика определяется упрощенным по сравнению с принятым в почвоведении способом.

Результаты определений заносят в книжку КС-3.

9.4. Способ искусственного дождевания элементарных водосборов

Искусственное дождевание элементарных водосборов, так же как и малых стоковых площадок, производится при постоянной интенсивности в ясную безветренную погоду. Анализ полученных при этом данных позволяет получить кроме значений инфильтрационного параметра величины начальных потерь дождевого стока, плотность суспензии, гранулометрический состав смываемых грунтов и время концентрации стока. Дождеванию подвергаются небольшие по площади элементарные водосборы, предварительно оборудованные системой дождемерных стаканов (желательно стеклянных) и гидрометрическими установками.

Дождевание осуществляется с помощью мотопомп (М-600, М-800 и т.д.) путем равномерного разбрызгивания по площади водосбора из специальных насадок. Дождемерные стаканы устанавливаются на металлических сошниках на высоте не более 0,4 м от поверхности земли по углам правильных шестиугольников. Один стакан должен приходиться не более чем на 30-40 $м^2$ площади. В стаканы добав-

ляют от 0,1 до 0,2 г красителя (например, основного фуксина). Это позволяет во время дождевания по окрашенной воде регулировать равномерность орошения водосборов.

Гидрометрическая установка представляет собой металлический приемный лоток, форма которого обеспечивает сопряжение его с руслом (тальвегом) и позволяет надежно измерить поступающий с водосбора жидкий сток. Измерение стока производится объемным способом (непрерывно или через определенные интервалы времени) с помощью протарированных сосудов. Сосуды с отобранной суспензией взвешиваются на весах ВМ-100. При необходимости часть проб с суспензией обрабатывается в лабораторных условиях с целью определения грансостава грунта.

Опыт продолжается не менее 20 мин до полной стабилизации стока. На элементарных водосборах производить более одного опыта нежелательно. Плотность почвы или грунта в сухом состоянии и объемная влажность почвы на уровне наименьшей влагоемкости определяют аналогично изложенному в подразделе 9.3.

Результаты определений заносятся в книжку КС-3.

9.5. Способ заливаемых площадок

Способ заливаемых площадок реализуется при помощи инфильтрометров и используется на почвах или грунтах, характеризующихся небольшими (менее 1 мм/мин) значениями f_o . В горных условиях вместо колец в приборе применяется металлическая прямоугольная рама размером 10х40 см со скошенным под определенным углом нижним основанием. Обычно достаточно иметь набор из трех рам с углом наклона их основания 10, 20, 30°.

Перед установкой прибора опытная площадка (50х70 см) увлажняется. Затем, отступив не менее чем на 15 см сверху и сбоку, на площадке устанавливается соответствующая данному уклону местности та или иная металлическая рама. Последняя заглубляется не менее чем на 3 см и на нее устанавливается сосуд Мари-

отта с таким расчетом, чтобы минимальный слой воды внутри рамы был не менее I см. Определение параметра f_0 ведется с помощью формулы

$$f_0 = \frac{H}{\Delta t} - \frac{h}{\Delta t} \ell n \left(\frac{H}{h} + 1\right), \qquad (56)$$

где Δt - интервал времени, мин;

H - слой профильтровавшейся воды, мм;

h - величина напора воды на площадке, мм;

ℓn - обозначение натурального логарифма.

В случае неравномерного слоя воды на поверхности площадки данное уравнение следует считать приближенным и необходимо использовать в качестве значения h среднюю величину уровня воды в раме.

Результаты определений заносятся в книжку КС-3 (приложение 6).

Определение проницаемости грунтов относительных водоупоров производится методом налива воды в шурфы согласно ГОСТ 23278.

IO. ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

IO.I. Общие положения

Гидрометеорологические наблюдения проводятся в селевых бассейнах с целью получения количественной информации о режиме дождевого паводочного стока. Наблюдения, как правило, организуются на элементарных водосборах, представленных основными типами стокообразующих поверхностей.

IO.2. Гидрометрические наблюдения

Измерение стока на элементарных водосборах осуществляется с помощью тонкостенных водосливов или лотков в соответствии

с требованиями Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 6, ч.П.

Для записи уровня воды необходимо использовать самописец уровня воды "Валдай".

Водосливы применяются для измерения стока на водотоках с малым содержанием наносов. При большом количестве наносов для измерения стока целесообразно использовать гидрометрические лотки. Необходимо производить тарировку гидрометрических сооружений во всем интервале колебаний уровня.

При строительстве водосливных установок целесообразно бытовой сток пропускать по обводному каналу, а работы проводить в сухом русле. Необходимо провести противофильтрационные мероприятия, обеспечивающие полное измерение стока. Зуб водослива должен быть заглублен в дно не менее чем на I м. Края водосливного щита углубляются в берега не менее чем на 2 максимальных напора на водосливе. Уменьшение фильтрационных потерь в верхнем бьефе достигается с помощью покрытия подводящего канала гидроизоляционным материалом (толь, рубероид, полиэтиленовая пленка и т.п.), пригружаемым сверху слоем гравийно-галечниковой смеси и песка.

При расходах воды более 3 $м^3/с$ допускается их измерение производить вертушкой в канализированных руслах.

I0.3. Метеорологические наблюдения

В состав метеорологических наблюдений входят измерения атмосферных осадков, температуры и абсолютной влажности воздуха. Наблюдения производятся на метеорологической площадке, располагаемой вблизи водосборов, на которых изучается режим стока. Площадка оборудуется психрометрической будкой с самописцами температуры и влажности воздуха, аспирационным психрометром и плювиографом. Кроме того, на площади водосбора устанавливается 2-3 плювиографа.

Если перед началом наблюдений за стоком на водосборе сохранился снежный покров, то осуществляется снегосъемка. Все метеорологические наблюдения выполняются в соответствии с требованиями Наставлений гидрометеорологическим станциям и постам, вып.2, ч. I; вып.3, ч.I.

IO.4. Наблюдения за глубиной сезонного оттаивания почв и грунтов

С целью определения глубины сезонного оттаивания согласно ГОСТ 26262 следует применять методы единовременных измерений (непосредственных измерений, криотекстурный, геофизические) и режимных наблюдений (температурный и измерения с помощью мерзлотомеров).

Наблюдения за глубиной сезонного оттаивания мерзлых почв и грунтов осуществляются на 2-3 площадках, расположенных в пределах водосбора на склонах основных экспозиций. Глубина оттаивания почв и грунтов может быть определена по мерзлотомерам Данилина или путем проходки шурфов через каждые 5 дней.

IO.5. Наблюдения за влажностью почв и грунтов

Наблюдения за влажностью почв и грунтов производятся на 2-3 площадках, расположенных в пределах водосбора на склонах основных экспозиций. Измерение влажности на водосборах грунтового стокообразования производится в слое почвы или грунта, расположенном над относительным водоупором или уровнем грунтовых вод. Обычно этот слой не превышает I,5 м. На водосборах поверхностного стокообразования измерения проводятся в слое не более 0,2 м.

Измерение влажности производится термостатно-весовым способом или с помощью нейтронных индикаторов влажности один раз в пять дней, а также перед выпадением крупных дождей в соответ-

ствии с требованиями Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 2, ч.I.

10.6. Наблюдения за уровнем грунтовых вод

В пределах водосбора на склонах основных экспозиций в 2-3 пунктах производятся наблюдения за уровнем грунтовых вод в соответствии с Руководством водобалансовым станциям.

Наблюдение за уровнем грунтовых вод может производиться в специально вырытых колодцах или скважинах. Стенки колодцев при необходимости обшиваются досками. Скважины представляют собой перфорированные металлические трубы или узкие деревянные короба сечением 0,2х0,2 м. Пункты наблюдений за уровнем грунтовых вод должны быть оборудованы самописцами уровня воды. При использовании для этих целей самописцев "Валдай" необходимо изготовить поплавок, свободно перемещающийся в скважине. В период формирования крупных паводков необходимо производить учащенные наблюдения за уровнем грунтовых вод.

10.7. Определение инфильтрационных свойств, наименьшей влагоемкости, плотности почв и грунтов

Для водосборов поверхностного стокообразования производится определение инфильтрационного параметра, наименьшей влагоемкости и плотности почв и грунтов в соответствии с п.8, а для водосборов грунтового стокообразования определение наименьшей влагоемкости и плотности почв и грунтов производится в слое над относительным водоупором в соответствии с требованиями Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып.2, ч.I.

10.8. Определение толщины рыхлого слоя грунта и густоты микроручейковой сети эродированных водосборов

10.8.1. Толщина рыхлого слоя измеряется с помощью щупа, которым может служить металлический прут диаметром не менее 0,006 м и длиной до 1 м. Один конец щупа заострен, а на другом располагается ручка. На щупе нанесены деления через 0,005 м. Измерения проводятся в трех-четырех типичных бассейнах по поперечным профилям через 5-10 м, но не менее чем в 100 точках.

10.8.2. Густота микроручейковой сети определяется по фотоснимкам площадок размером 25х25 м, по углам которых устанавливаются вехи, а по краям и в центре площадок располагают масштабные 4-метровые нивелировочные рейки. Фотографирование площадок производится с закрепленных легко опознаваемых точек. По снимкам производят подсчет длины микроручейковой сети. Коэффициент густоты микроручейковой сети представляет собой отношение ее суммарной длины к площади, на которой она измерена. Коэффициент густоты гидрографической сети представляет собой отношение суммарной длины гидрографической сети (в том числе и длины временных водотоков первого, второго и т.д. порядков) к суммарной площади их бассейнов. Длина гидрографической сети бассейнов первого и второго порядков определяется по топопланам, а бассейнов более высоких порядков - по крупномасштабным картам и аэрофотоснимкам.

11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕЛЕВОЙ СМЕСИ

11.1. Общие положения

Реологические свойства селевой смеси существенно влияют на все без исключения характеристики селевых потоков и поэтому их учет необходим при расчете скоростей движения и, следовательно, расходов селей. К числу реологических свойств, в частности, относятся статическое напряжение сдвига и вязкость се-

левой смеси. Ниже изложены методики определения этих характеристик.

II.2. Определение статического напряжения сдвига селевой смеси

Определение статического напряжения сдвига селевой смеси производится расчетным способом с использованием измеренного в лабораторных условиях значения статического напряжения сдвига селевой суспензии и данных о полном гранулометрическом составе грунта (п.7.4).

Гранулометрический состав разбивается на интервалы так, чтобы диаметры наименьших и наибольших частиц в них отличались не более чем в IO раз, а условная концентрация частиц интервала, определяемая по (59), была менее 0,30.

Расчет статического напряжения сдвига селевой омеси τ_c в граммах на квадратный сантиметр с учетом полного гранулометрического состава грунта производится по формуле

$$\tau_c = \tau_{cc} \prod_{i=1}^{n} \tau_{zi} , \qquad (57)$$

где τ_{cc} - статическое напряжение сдвига селевой суспензии, г/см^2;

n - количество интервалов фракций, на которые разбивается гранулометрический состав грунта из частиц более I мм;

τ_{zi} - сомножитель, определяемый по формуле

$$\tau_{zi} = F(C_i, \bar{d}_i)\ I(C_i)\ Z(C_i, C_{i-1}, \Psi_{i,i-1}), \qquad (58)$$

где $F(C_i, \bar{d}_i)$ определяется по формуле

$$F(C_i, \bar{d}_i) = \exp\left(0{,}4 C_i^{0{,}75} + 54{,}87 \frac{C_i^{3{,}15}}{\bar{d}^{0{,}33}} \left[1 + \left(\frac{\bar{d}_i}{D}\right)^{0{,}33}\right]\right), \qquad (59)$$

где D - максимальный диаметр частиц в гранулометрическом составе грунта, мм;

C_i - условная концентрация частиц i - й группы, в долях единицы;

$\bar{d}_i$ - средневзвешенный диаметр частиц i - го интервала, мм.

Условная концентрация частиц i -гс интервала C_i' в долях единицы определяется по формуле

$$C_i' = \frac{m_i (1-C_в)/\rho_т}{C_в/\rho_в + m_i'(1-C_в)/\rho_т}, \qquad (60)$$

где m_i - массовое содержание частиц только i -го интервала в долях единицы;

m_i' - массовое содержание всех частиц до i -го интервала включительно;

$C_в$ - массовая концентрация воды в селевой смеси в долях единицы;

$\rho_в, \rho_т$ - соответственно плотность воды и обломков породы, кг/м^3.

Концентрация воды в селевой смеси $C_в$ в долях единицы определяется по формуле

$$C_в = \frac{C_{вс}\, m_{<1}}{1-C_{вс}\, m_{>1}}, \qquad (61)$$

где $C_{вс}$ - массовая концентрация воды в селевой суспензии в долях единицы;

$m_{<1}, m_{>1}$ - массовое содержание частиц размером соответственно менее и более I мм в долях единицы.

Средневзвешенный диаметр частиц $\bar{d}_i$ в миллиметрах определяется по формуле

$$\bar{d}_i = \sum_{j=1}^{K} m_j \bar{d}_j \Big/ \sum_{j=1}^{K} m_j, \qquad (62)$$

где m_j - массовое содержание j - й фракции в кг;

$\bar{d}_j$ - характерный диаметр частиц j - й фракции, мм;

K - число фракций, включенных в группу.

Значение функции $I(C_i)$ определяется по формуле

$$I(C_i) = 1-0{,}35\, C_i^{0{,}75}. \qquad (63)$$

Значение функции $Z(C_i, C_{i-1}, \Psi_{i,i-1})$ определяется по формуле

$$Z_i(C_i, C_{i-1}, \Psi_{i,i-1}) = 1 + 76{,}70\,\Psi^{0{,}39}\, C_i C_{i-1}^{1{,}83} \exp(1{,}21\, C_{i-1}), \quad (64)$$

где $\Psi_{i,i-1} = d_{i-1}/d_i$,

d_i - средневзвешенный диаметр частиц i-го интервала, мм.

Измерение статического напряжения сдвига селевой суспензии производится с помощью прибора СНС-2. Сборка и установка прибора для работы производится согласно прилагаемой к нему инструкции.

Для устранения проскальзывания селевой суспензии рекомендуется увеличить шероховатость внутреннего цилиндра прибора. Это делается путем наклеивания частиц грунта размером не более 3 мм на поверхность цилиндра в произвольном порядке, но таким образом, чтобы частицы шероховатости не соприкасались и не отстояли одна от другой более чем на 3 мм. Наклеивание можно производить любым водостойким клеем.

Селевая суспензия приготавливается из проб мелкозема, отобранных при проведении специализированных обследований (подразд.3.3.).

При подготовке проб мелкозема недопустима потеря глинисто-пылеватых частиц, так как они существенно влияют на значение статического напряжения сдвига селевых суспензий. Отделение мелкозема из пробы грунта следует производить следующим образом:

1) просеять пробу грунта через сито с отверстиями 1 мм, снабженное крышкой и поддоном в соответствии с ГОСТ 12536;

2) оставшиеся фракции (более 1 мм) несколько раз промыть чистой водой, сливая воду, вытекающую из сита, в один сосуд;

3) выпарить собранную воду, а получившийся осадок добавить к мелкозему;

4) высушить пробу мелкозема в термостате, растолочь резиновым пестиком и тщательно ее перемешать.

Приготовление суспензии рекомендуется производить в прозрачной посуде и для перемешивания пользоваться стеклянной палочкой. Взвешивание мелкозема и воды следует производить с точностью до $5 \cdot 10^{-5}$ кг. Для приготовления суспензии берется 0,4 кг сухого мелкозема и к нему добавляется чистая вода $M_в$ в килограммах в количестве, равном

$$M_в = M_{\angle 1} C_{вс} / (1 - C_{вс}), \qquad (65)$$

где $M_{\angle 1}$ - масса мелкозема, равная 0,4 кг;

$C_{вс}$ - массовая концентрация воды в селевой суспензии в долях единицы.

Полученную суспензию размешивают, закрывают крышкой для предохранения от испарения и выстаивают не менее чем 15 мин для размачивания глинистых частиц.

Последовательность измерения следующая:

1) установить внешний цилиндр на вращающийся столик;

2) установить начало отсчета на шкале против визира и зафиксировать положение конусной пробки относительно неподвижного кронштейна нанесением совмещенных рисок;

3) заполнить зазор между цилиндрами испытуемой суспензией. При густой суспензии внешний цилиндр слегка встряхнуть, добиваясь равномерного заполнения зазора. При заполнении нужно следить, чтобы зафиксированное положение крутильной головки не изменилось. С момента заполнения суспензией зазора до начала измерения нельзя вращать внутренний цилиндр;

4) включить двигатель и зафиксировать максимальный угол закручивания внутреннего цилиндра $\overline{\varphi}$ в момент его остановки при непрекращающемся вращении внешнего цилиндра;

5) если после измерения дно внутреннего цилиндра не остается чистым, то результат бракуется.

Измерения производятся с 5-кратной повторяемостью. После проведения каждого измерения вся суспензия из прибора возраща-

ется в сосуд, из которого она была взята, и перемешивается.

Результаты отдельных измерений не должны отличаться от их среднего значения более чем на 15 %, в противном случае они бракуются. Незначительное, 2-3 %, различие в результатах отдельных измерений может свидетельствовать о наличии какой-либо систематической ошибки при производстве измерений.

Среднее значение результатов измерений $\bar{\varphi}$ определяется как среднее арифметическое максимальных углов закручивания.

Среднюю ошибку измерений $\Delta\varphi$ в граммах на квадратный сантиметр определяют по формуле

$$\Delta\varphi = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\bar{\varphi} - \varphi_i\right|, \qquad (66)$$

где n - количество измерений;

$\bar{\varphi}$ - среднее значение результата, г/см^2;

φ_i - конкретное значение результата, г/см^2.

Значение статического напряжения сдвига находится умножением значения $\bar{\varphi}$ на коэффициент упругости нити, который определяется согласно руководству по эксплуатации, прилагаемому к прибору СНС-2.

Результаты измерений записывают в книжку КС-5 (приложение 7).

Измерения статического напряжения сдвига выполняются при различном содержании влаги в селевой суспензии: от влажности на пределе текучести мелкозема (п.7.10) до влажности, при которой начинается осаждение твердых частиц сразу после перемешивания. Рекомендуется испытывать суспензии при значениях влажности, различающихся не более чем на 0,02.

II.3. Определение динамической вязкости селевой смеси

Определение динамической вязкости селевой смеси основывается на обобщении закономерностей формирования многофазных сме-

сей. При этом учитывается влияние минералогического и гранулометрического составов селеформирующего грунта на свойства селевой смеси.

Динамическая вязкость селевой смеси μ_c в паскалях в секунду рассчитывается по формуле

$$\mu_c = K^{n-1} \mu_0 \prod_{i=1}^{n} \frac{\mu_i}{\mu_{i-1}}, \qquad (67)$$

где K – коэффициент, учитывающий взаимное влияние частиц смежных интервалов;

n – количество десятичных интервалов гранулометрического состава (последний разбит на интервалы таким образом, что минимальный и максимальный размер частиц каждого из них отличается друг от друга на порядок);

μ_0 – динамическая вязкость воды, Па·с;

$\frac{\mu_i}{\mu_{i-1}}$ – относительная вязкость селевой смеси, содержащей частицы, размером не более частиц i-го интервала.

Коэффициент $K = 1{,}34^{C}$,

где C – объемная концентрация твердой составляющей в селевой смеси в долях единицы.

Динамическая вязкость воды $\mu_0 = 0{,}001308$ Па·с.

Концентрация частиц i-го интервала в селевой смеси, включающей воду и все частицы i-х фракций C_i в долях единицы определяется по формуле

$$C_i = \frac{P_i}{P_{\leq i} + \frac{1}{C} - 1}, \qquad (68)$$

где P_i – содержание частиц i-го интервала в исследуемом грансоставе в долях единицы;

$P_{\leq i}$ – содержание частиц i-х интервалов в исследуемом грансоставе в долях единицы.

Если $C_i \leq 0{,}5$, то относительная вязкость $\frac{\mu_i}{\mu_{i-1}}$ рассчи-

тывается по формуле

$$\frac{\mu_i}{\mu_{i-1}} = (1+2{,}5C_i)(10C_i^2 + \exp 11C_i^2) \cdot \qquad (69)$$

Если $C_i \geq 0{,}5$, то относительная вязкость рассчитывается по формуле

$$\frac{\mu_i}{\mu_{i-1}} = (1+2{,}5C_i)(10C_i^2 + \exp 11C_i^2)\exp(20C_i - 10). \qquad (70)$$

Ниже приведен пример расчета динамической вязкости селевой смеси.

Исходные данные: C = 0,8. Гранулометрический состав селеформирующего грунта приведен в табл.2.

Таблица 2

Гранулометрический состав селеформирующего грунта

Номер интервала	I	2	3	4	5	6
Размер фракции, мм	от 0 до 0,I	от 0,I до I,0	от I до I0	от I0 до I00	от I00 до I000	от I000 до 5000
Содержание частиц грунта в долях единицы	0,0402	0,I058	0,2I70	0,2340	0,2930	0,II00

Последний интервал гранулометрического состава может быть неполным, т.е. необязательно, чтобы минимальные и максимальные размеры входящих в него частиц отличались в десять раз.

По формуле (65) вычисляем объемную концентрацию твердой составляющей для первого интервала

$$C_i = \frac{0{,}0402}{0{,}0402 + \frac{I}{0{,}8} - I} = 0{,}I385 \cdot$$

Аналогичные вычисления проводят для остальных интервалов и результаты заносят в табл.3.

Таблица 3

Объемная концентрация твердой составляющей и относительной вязкости селевой смеси

Номер интервала.	I	2	3	4	5	6
Концентрация (C_i) в долях единицы	0,I385	0,2672	0,3540	0,2763	0,2570	0,0880
Относительная вязкость (μ_i/μ_{i-1})	I,9207	4,849I	9,8435	5,2060	4,48I4	I,4229

Поскольку все рассчитанные значения C_i меньше 0,5, то определение относительной вязкости следует проводить по формуле (68).

Теперь для получения значения динамической вязкости селевой смеси достаточно перемножить числа в третьей строчке табл.3 и умножить полученный результат на $I,34^{0,8(6-I)}$, 0,00I306. Таким образом, μ_c = I2,835 Па.с.

I2. МЕТОДЫ ФИТОИНДИКАЦИИ

I2.I. Общие положения

Методы фитоиндикации позволяют определить возраст селевых отложений по анализу произрастающей на них растительности. Информация о возрасте селевых отложений дает возможность составить представление о частоте прохождения селей. Кроме того, эти методы могут быть применены и при определении характеристик селей по следам их прохождения, а также для оценки границ селеопасных зон.

К числу методов фитоиндикации, используемых в селеведении и достаточно методически обоснованных, относятся ниже рассмотренные дендрохронологический и лихенометрический анализы.

12.2. Дендрохронологический анализ

Дендрохронологический анализ дает возможность определить возраст селевых отложений внутри селевых бассейнов и на селевом конусе выноса и, следовательно, восстановить хронологию прохождения селей в данном селевом бассейне за период, численно равный возрасту наиболее старых деревьев, подвергнувшихся воздействию селей.

В пределах селевых конусов выноса или селевых русел визуально выделяют разновозрастные отложения и составляют схему их расположения. На однородных по возрасту участках отмечают по 4-5 модельных деревьев, с каждого из которых отбирают по нескольку образцов-спилов. Спил представляет собой шашку толщиной около 8-10 см, взятую в одном экземпляре модельного дерева. Отбор образцов древесины может быть осуществлен и так называемым возрастным буравом (бурав Плеслера). При этом модельное дерево продолжает нормальную жизнедеятельность. Отбор образцов древесины при помощи возрастного бурава осуществляется согласно методике, изложенной в работе /23/.

Сразу же после взятия образца на его поверхности химическим карандашом пишется этикетка, где указывается арабскими цифрами порядковый номер модельного дерева, а римскими - порядковый номер образца (если их несколько с одного дерева), дата и район исследований, подробное местонахождение участка с отложениями селя, его абсолютная отметка, порода дерева или кустарника, место взятия образца (комель, ствол, ветвь), расстояние от комля до места взятия образца. Сбоку стрелками показываются положения ствола или ветви относительно сторон света (→С) и направление падения склона с указанием значения наклона местности в градусах (→12°).

Пример.



№ 4, II. Хр.Заилийский Алатау, бассейн р.М.Алматинка, левый берег р.Кимасар, в 150 м выше ее устья, 1600 м. Ель, в 20 см выше комля, 11 августа 1971г.

Эти же данные заносятся в книжку КС-4 (приложение 8).

Отобранные и заэтикированные образцы в лабораторных условиях подвергаются шлифовке. Годичные кольца подсчитывают с помощью микроскопа или лупы.

Окончательный анализ спилов производится в отделе селевых потоков КазНИГМИ, куда после предварительной обработки следует направлять весь собранный материал. К спилам должны быть приложены копия книжки КС-4 и фотографии модельных деревьев.

При массовых определениях возраста деревьев может быть использована зависимость между толщиной (диаметром) дерева и его возрастом. Такие зависимости устанавливаются не только для различных отдельных видов древесной растительности, но и для одного вида деревьев, произрастающих в данном горном районе примерно в одинаковых климатических условиях. Однако этот способ отличается большими погрешностями.

Принято различать четыре способа дендрохронологического анализа датировки селей:

1) по возрасту древесной растительности, произрастающей на селевых отложениях;

2) по максимальному возрасту поросли, появившейся на поваленных селем деревьях;

3) по следам сбитостей древесины;

4) по эксцентричному отложению годичных колец.

12.2.1. При датировке селей по возрасту древесной растительности, произрастающей на селевых отложениях, необходимо учитывать следующие соображения. Селевые отложения начинают осваиваться древесной растительностью через несколько лет или даже

на следующий год после прохождения селя. Благодаря этому можно датировать прошедшие сели путем установления возраста самых старых деревьев и кустарников, поселившихся непосредственно на отложениях этих селей. По суммарному числу годичных колец на спиле или образце древесины такого дерева оценивают его возраст, который позволяет приближенно судить о дате прохождения селя (с ошибкой в несколько лет). Если образец поражен гнилью или нет возможности произвести подсчет годичных колец, делают несколько спилов у комля, из которых отбирают для анализа наиболее подходящий.

I2.2.2. Датировка селей производится путем определения максимального возраста поросли лиственных пород. Известно, что осина, береза, ольха, тополь и многие другие породы обладают способностью к порослевому возобновлению (черт.23). Поваленные селем, эти деревья уже в год катастрофы дают побеги от основания ствола (пневая поросль). Точность этого способа I-2 года.



Черт. 23. Пневая поросль в бассейне р.Слюдянка (северный склон хр. Хамардабан)

Спилы и отбор проб древесины нужно делать только в основании побега. Для репрезентативности датировочного материала следует собрать образцы с поросли всех деревьев, обнаруженных на участках отложений селя. От каждого дерева вполне достаточно взять один спил или пробу древесины с самого старого побега.

I2.2.3. Датировка селей производится путем определения возраста сбитостей древесины. На стволах деревьев, уцелевших при прохождении селя (обычно произрастающих в краевой зоне селевого русла), остаются следы механических повреждений древесины в виде сбитостей (черт.24). В таких случаях необходимо взять несколько спилов или образцов древесины в области повреждения ствола или ветвей, из которых выбирается наиболее удачный экземпляр с четкими границами повреждения древесины (черт.25). По числу годичных колец, появившихся после сбитости, можно определить дату прохождения селя с ошибкой в I-2 года.

Нередко у взрослых растений, испытавших воздействие нескольких селей, нижняя часть ствола погружена в селевые отложения. Необходимо очистить ствол до комлевой части и на расстоянии I,5 м от комля, где наблюдается наибольшее число повреждений, делать спилы или отобрать пробы древесины через каждые I0 см. При этом следует отобрать не менее четырех-пяти образцов и только при относительно полной идентификации материала давать окончательное заключение о частоте прохождения селей.

I2.2.4. Датировка селей производится по эксцентричному отложению годичных колец. Как хвойные, так и лиственные породы деревьев, заваленные отложениями селей, восстанавливая свое вертикальное положение, приобретают впоследствии изогнутую форму. В этом случае, в силу аномального положения ствола, уже в год прохождения селя начинается эксцентричное отложение годичных колец. Число последних определяет дату прохождения селей с возможной ошибкой в I-2 года. Спилы и пробы древесины для



Черт. 24. Деревья на конусе выноса, сохранившиеся после прохождения селя 1971 г. на южном склоне хр. Кодар



Черт. 25. Спил с древовидной арчи, поврежденной селем 1921 г. (спил взят в августе 1978 г. в бассейне р. Большая Алматинка на абсолютной высоте 2650 м)



Черт. 26. Характерная изогнутость ствола сосны, привалённой отложениями селя 1956 г. на южном склоне хр. Кодар

дендрохронологического анализа берутся в области нижней части изгиба ствола (черт.26).

12.3. Лихенометрический анализ

Лихенометрический анализ заключается в датировке селевых отложений по максимальному возрасту населяющих их лишайников. Появление первых экземпляров лишайников, различимых глазом на свежих селевых отложениях, отмечается на пятый или более поздние годы. Этот период, с которого начинается дальнейший отсчет, является для одного района величиной постоянной и должен учитываться при датировке отложений.

Систематические наблюдения за ростом данного вида лишайника позволяют построить (при отсутствии таковой) хронологическую шкалу прироста.

При проведении лихенометрического анализа обычно отдают предпочтение *Rhizocarpon geographicau* (Ризокарпон геогра-фи-

ческий), так как в настоящее время по данному виду накоплен наибольший объем информации по годичному приросту.

Разрастание слоевищ накипных лишайников происходит чрезвычайно медленно, ежегодный прирост зависит от абсолютной высоты и широты местности и составляет от 0,01 до 0,6 мм в год. При диаметрах слоевищ от 120 до 140 мм, а для отдельных видов и более, эти лишайники вступают в пору старения и для датировки непригодны.

Величина ежегодного прироста устанавливается по размеру лишайников на селевых отложениях с известной или определенной дендрохронологическим способом датой прохождения селя.

Для установления средней величины наибольших диаметров данного вида накипных лишайников производится их массовые замеры (не менее 30 определений) на одновозрастных отложениях штангенциркулем или линейкой с точностью до 1 мм. Различия в величине измеренных наибольших и наименьших диаметров лишайников должны быть не более 5 мм. Измерения производятся для лишайников одного вида.

Год прохождения селя определяется путем деления средней величины диаметра наиболее крупных лишайников на величину ежегодного прироста и прибавления, постоянной величины периода, с которого началось заселение лишайников на отложениях. Точность датировки селевых отложений лихенометрическим способом составляет около 10 лет. Результаты лихенометрического анализа заносятся в книжку КС-4 (приложение 8).

13. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СЕЛЕЙ

Все виды работ при исследовании селей должны производиться при строгом соблюдении требований Правил по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидро-

мета СССР, а также действующих в данном учреждении инструкций по технике безопасности.

Обучение технике безопасности обязательно для всех работающих и проводится в виде:

I) вводного инструктажа при поступлении на работу;

2) инструктажа на рабочем месте;

3) повседневного текущего инструктажа;

4) периодического (повторного) инструктажа;

5) курсового обучения;

6) массовой пропаганды по всему комплексу вопросов охраны труда и техники безопасности.

Члены селевого подразделения допускаются к работе только после прохождения вводного инструктажа, а к самостоятельной работе - после предварительного обучения на рабочем месте.

На основании названных Правил УГМ и НИУ, в составе которых имеются селевые подразделения, разрабатывают и совместно с объединенными (местными) комитетами профсоюза авиаработников утверждают инструкции по технике безопасности при производстве рекогносцировочных, специализированных обследований и стационарных наблюдений. При составлении инструкций необходимо учитывать специфику и местные условия производства работ.

В табл.4 приведен примерный перечень инвентаря и средств техники безопасности, используемых при проведении полевых работ по исследованию селей. Перечень может быть дополнен в зависимости от специфических особенностей отдельных видов работ.

Таблица 4

Примерный перечень инвентаря и средств техники безопасности при проведении полевых работ

Наименование	Единицы измерения	Количество
Радиостанция "Лавина-М" ТУ89-205-87	шт.	3
Компас ТУ25-1100.001489-79	"	I

Продолжение табл. 4

Наименование	Единицы измерения	Количество
Сигнальный пистолет	"	2
Ружье охотничье ТУ3-33Д1.661-87 ГОСТ 24175-80	"	2
Аптечка	"	1
Палатка ТУ1-01-0816-88	"	3
Мешок спальный МСК ТУ41-01-5-78-87	"	6
Костюм противоэнцефалитный	"	6
Ботинки триконированные	пар	6
Очки светозащитные ГОСТ 12.4.013-85	шт.	6
Лицевой накомарник	"	6
Жилет спасательный	"	6
Кошма (для защиты от ядовитых насекомых)	"	3
Фонарь электрический ТУ25-0400.003993-80	"	3
Веревка (фал) из синтетических волокон ГОСТ 10293-77	м	60
Крючья скальные	шт.	10
Крючья ледовые	"	3
Каска защитная ГОСТ 12.4.087-84	"	6
Пояса страховочные ГОСТ 5718-77	"	6
Рукавицы рабочие ГОСТ 12.4.010-75	пар	6

Примечание. Количество единиц перечня указывается из расчета на 6 человек.

14. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Для выполнения полевых работ по изучению селей экспедиционные отряды должны располагать необходимым минимумом приборов и оборудования.

Примерные перечни приборов и оборудования, необходимых при проведении рекогносцировочных и специализированных обследований, производства наблюдений за условиями формирования стока, приведены в табл.5-7.

Таблица 5

Примерный перечень приборов и оборудования
для производства рекогносцировочных обследований

Наименование	Единицы измерения	Количество
Бинокль ГОСТ 7048-61	шт.	1
Фотоаппарат "Зенит-14" ТУ3-3.ЭДИ-1881-88	"	2
Компас ТУ25-1100.001489-79	"	1
Высотомер ГОСТ 23964-80	"	1
Магнитофон "Весна МЗ10С" 4-ДМЕ2.940.030ТУ-87	"	1

Таблица 6

Примерный перечень приборов и оборудования
для производства специализированных обследований

Наименование	Единицы измерения	Количество
Теодолит 2Т30М ТУ25-06-1856-88Е	шт.	2
Тренога к теодолиту ГОСТ 11897-78	"	2
Рейка нивелирная ГОСТ 11158-83 ГОСТ 16740-79	"	4
Рейки максимальные	"	10
Весы платформенные ВМ-150	"	1
Весы технические ВЛТ-200 с разновесами	комплект	1
Грохота с диаметром отверстий 20, 50, 100, 200 мм ТУ24-08-1508-88Е	"	1
Стаканчик весовой (бюкса) ТУ25-1100.001271-76	шт.	200
Оболочка радиозонда марки 100, 150, 200	"	20
Сита с диаметром отверстий 0,1; 0,25; 0,50; 1; 2; 3; 5; 7; 10 мм	"	2
Шкаф сушильный (термостат) ТУ25-0200.210718-78	"	1
Эксикатор	шт.	1
Мешочек для проб ГОСТ 2226-88	"	70
Тент брезентовый	"	2
Изолента ГОСТ 2162-78	кг	0,5

Продолжение табл.6

Наименование	Единицы измерения	Количество
Рейка переносная снеромерная ТУ52-20-357-79	шт.	2
Накидная сетка 5х5 м	"	I
Шаблон переносной IxI м	"	I
Лопата штыковая	"	2
Лопата совковая ГОСТ I9596-87	"	2
Лом ГОСТ I405-83	"	I
Кирка ГОСТ I757-76	"	I
Пила-ножовка ТУ24-0I-2339-87	"	I
Пила двуручная ГОСТ I0670-77	"	I
Топор	"	2
Канистра металлическая (20 л) ГОСТ 5I05-82	"	2
Кисть малярная ГОСТ 5I05-82	"	2
Краска масляная ГОСТ 8292-85	кг	4
Штыри металлические	шт.	50
Бензоагрегат АБ-I	"	I
Трос промерный	м	I00
Лодка резиновая	шт.	I
Слесарно-столярный инструмент	комплект	I

Таблица 7

Примерный перечень приборов и оборудования для производства наблюдений за условиями формирования стока

Наименование	Единицы измерения	Количество
Плювиограф П-2 ТУ25-08-79I-70 (ТУ25-04-3ДП.2602-78)	шт.	5
Самописец поплавковый "Валдай" СУВ-М ТУ25-08-788-70	"	5
Вертушка ГР-55 ТУ25-04-I628-7I	"	I
Штанга гидрометрическая ГР-56 ТУ25-04-I627-76	"	I
Будка для метеорологических приборов ТУ52-I6.343-89	"	I

Продолжение табл. 7

Наименование	Единицы измерения	Количество
Термограф ТУ25-04-1898-73	"	I
Гигрограф суточный М-21АС ТУ25-7812.044-86	"	I
Психрометр аспирационный ТУ25-1607.054-85	"	I
Бур почвенный ТУ25-04-1746	"	I
Весовой стакан (бюкса) ТУ25-1100.001271-76	"	100
Инфильтрометр	комплект	2
Дождевальная установка	шт.	I
Мотопомпа	"	I
Рейки водомерные ТУ52-08-08-86	"	5

Не приводятся перечни приборов, оборудования и строительных материалов, необходимых при организации и производстве стационарных наблюдений за условиями формирования и прохождения селей и принятых способов измерения их характеристик.

Обеспечение сотрудников экспедиции спецодеждой и спецобувью производится по Типовым отраслевым нормам , утвержденным Госкомгидрометом СССР приказ № 72 от 20.03.86 для существующих подразделений.

Перечень имущества, необходимого для организации экспедиционного лагеря (палатки, спальные принадлежности, кухонное оборудование и т.д.) не приводится, так как он зависит от количества работников экспедиции и климатического пояса, в котором изучаются селевые явления.

Бензоагрегаты и мотопомпы обеспечиваются горюче-смазочными материалами исходя из норм расходования, указанных в паспортах.

I5. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ

I5.I. Общие требования

Селевые подразделения УГМ и НИУ ежегодно составляют технический отчет или материалы наблюдений. Состав сведений и данных, помещаемых в технический отчет, или материалы наблюдений приведены в подразд.I5.2.

На основании данных технического отчета или материалов наблюдений с учетом соответствующей информации организаций и учреждений других министерств и ведомств селевые подразделения УГМ и НИУ систематически подготавливают к изданию Ежегодные данные о селевых потоках и I раз в I0 лет Каталог селевых бассейнов и очагов на территории СССР. Подготовка к изданию материалов о селевых явлениях осуществляется согласно:

I) Методическим указаниям по ведению Государственного водного кадастра, раздел I. Поверхностные воды, выпуск I. Составление и подготовка к печати изданий серии I: Каталожные данные . Часть 4. Каталог селевых бассейнов и очагов на территории СССР;

2) Методическим указаниям по ведению Государственного водного кадастра. Раздел I. Поверхностные воды. Выпуск 3. Составление и подготовка к печати изданий серии 2: Ежегодные данные . Часть 4. Ежегодные данные о селевых потоках.

Методическое руководство по составлению названных изданий осуществляют соответствующие НИГМИ, а экспертизу - КазНИГМИ.

I5.2. Составление технического отчета

Технический отчет состоит из текстовой части и приложений.

Текстовая часть отчета включает краткое описание полевых исследований и наблюдений, лабораторных исследований и камеральных работ.

В описание полевых исследований и наблюдений должны быть включены следующие разделы:

1) общие сведения о местоположении объектов исследований и наблюдений;

2) краткая физико-географическая характеристика района работ;

3) изученность селевых явлений района исследований;

4) описание селеизмерительных сооружений, приборов и оборудования;

5) методика исследований;

6) анализ материалов наблюдений;

7) перечень материалов, передаваемых заказчику или другим организациям;

8) данные технического контроля и акт приемки работ.

В описание камеральных работ включается изложение методики и анализ полученных материалов.

Приложения к техническому отчету состоят из трех основных частей:

1) данных полевых, лабораторных и камеральных работ, представленных в виде таблиц, предназначенных для включения в Ежегодные данные о селевых потоках и Каталог селевых бассейнов и очагов на территории СССР;

2) тех же данных, но представленных в виде специальных кодов, подготовленных согласно Методическим указаниям по ведению Государственного водного кадастра, раздел I. Поверхностные воды, выпуск 6. Подготовка первичных данных, часть 4. Селевые потоки;

3) дополнительных данных и материалов, не вошедших в таблицы Ежегодных данных о селевых потоках и Каталог селевых бассейнов и очагов на территории СССР.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
Справочное

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

I. Виноградов Ю.Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана// Тр.КазНИГМИ. - 1967. - Вып.28. - 262 с.

2. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 155 с.

3.Степанов Б.С. Основные характеристики селевых потоков и селевой массы. Методы измерений // Тр.КазНИИ Госкомгидромета. - 1985. - Вып.79. - 137 с.

4. Коваленко П.И. и др. Сейсмический оповеститель селя // Селевые потоки. - М., 1980. - Сб.5. - С.101-110.

5. Квантовый дифференциальный магнитометр КМ-8// Геомагнитное приборостроение. - М.,1977. - 107 с.

6. Пушков А.Н., Ивченко М.П. Сводные таблицы среднегодовых значений магнитных элементов мировой сети магнитных обсерваторий с 1970 г. - М.: ИЗМИРАН, 1979. - 107 с.

7. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. - Л.: Недра, 1973. - 348 с.

8. Степанова Т.С. Краткая методика измерения плотности селевых потоков магнитометрическим способом // Селевые потоки. - М., 1985. - Сб. № 9. - С.114-124.

9. Книгчин А.Н., Соколов В.С. Дешифрирование фотографических изображений. - М.: Недра, 1980. - 253 с.

10. Богомолов Л.А. Дешифрирование аэрофотоснимков.-М.:Недра, 1976. - 145 с.

11. Кислицын А.С. К вопросу определения протяженности постоянных и временных водотоков по материалам аэрофотосъемки // Тр.

Московского ин-та землеустройства. - 1974. - Вып.70. - С.99-102.

12. Михайлов А.Е., Рамм Н.С. Аэрометоды при геологических исследованиях. - М.: Недра, 1975. - 198 с.

13. Ревзон А.Л., Садов А.В., Бурлешин Н.И. Аэрокосмические методы изучения экзогенных рельефообразующих процессов в инженерных целях // Вопросы географии. - М., 1979. - Сб.111. - С.103-109.

14. Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды. - М.: Мысль, 1976. - 286 с.

15. Востокова Е.А. Использование аэрокосмических снимков при гидрологических исследованиях в пустынях. - М.: Недра, 1980. - 160 с.

16. Сушон А.Р. Геолого-поисковые работы. - М.: Недра, 1976. - 263 с.

17. Шеко А.И. Крупнообломочные грунты / Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. - М., 1968. - Т.1. - С.323-333.

18. Справочник по инженерной геологии. - М.: Недра, 1981. - 325 с.

19. Верещака Т.В., Подобедов Н.С. Полевая картография. - М.: Недра, 1986. - 351 с.

20. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1:5000; 1:2000; 1:1000 и 1:500. - М.: ГУГК, 1979. - 18 с.

21. Салищев К.А. Проектирование и составление карт. - М.: Изд-во МГУ, 1978.-240 с.

22. Репрезентативные и экспериментальные бассейны. Международное руководство по исследованиям и практике/ Под ред.К.Тоубса и В.Урываева. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 428 с.

23. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 172 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

ТЕРМИНЫ И ПОЯСНЕНИЯ

Термины и пояснения, как известно, абстрагируясь от частного, характеризуют сущность явления. В процессе роста уровня исследований и становления селеведения как науки происходили существенные изменения и дополнения в терминах и пояснениях.

Приведенные ниже термины и пояснения отражают современный уровень отечественного селеведения.

С е л ь – временный горный поток смеси воды и большого количества обломков горных пород от глинистых частиц до крупных камней и глыб, производящий за относительно короткий промежуток времени значительные изменения строения русла водотока и формирующий в результате распада селевой смеси или прекращения движения специфические отложения (черт.27).



Черт. 27. Сель 3 августа 1977 г. на р. Большая Алматинка (северный склон хр. Заилийский Алатау). Расход селя 450 м³/с, скорость 1,2 м/с, плотность селевой смеси 2450 кг/м³

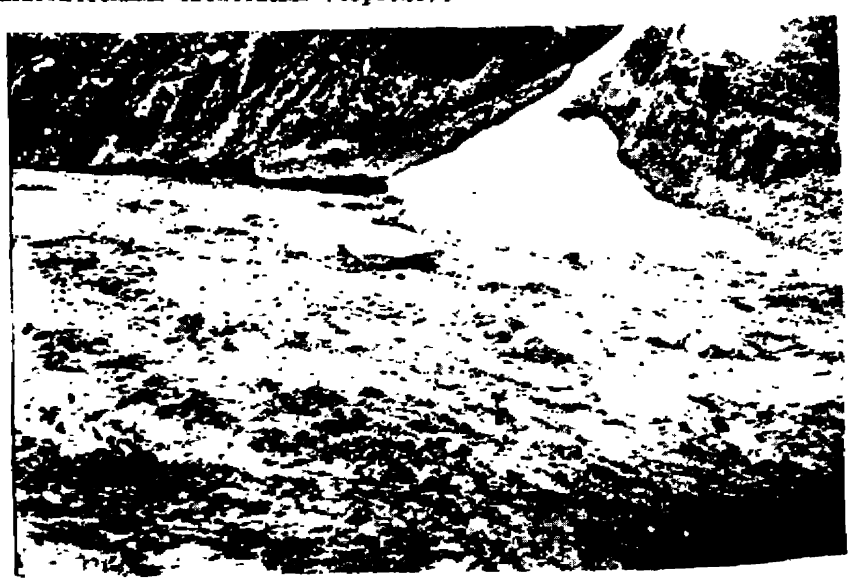
Селевая смесь – смесь воды и обломков горных пород различных размеров, из которой состоит движущийся сель.

Селевая суспензия – смесь воды и обломков горных пород размером не менее I мм.

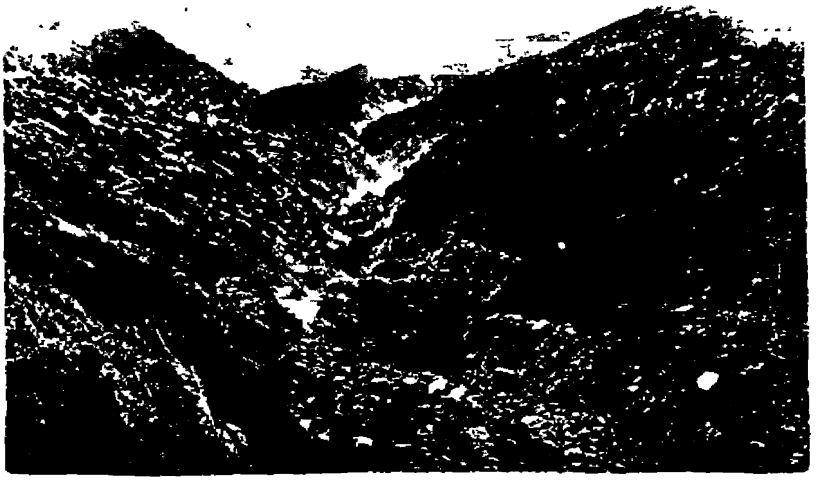
Распад селевой смеси – перемещение твердых включений, находящихся в селевом потоке, в направлении силы тяжести. В результате распада селевой смеси движущийся поток частично или полностью отлагается в селевом русле и на селевом конусе выноса.

Наносоводный сель – поток, переносящий большое количество взвешенных и влекомых наносов за счет своей транспортирующей способности (черт.28).

Грязекаменный сель – поток, состоящий из обломков горных пород, пространство между которыми заполнено смесью воды, глинистых и песчаных частиц, обладающих вязкопластическими свойствами (черт.29).



Черт. 28. Наносоводный сель I9 июня I973 г. на р. Абдукагор (Памир). Причиной формирования селя явился прорыв ледяной плотины, созданной пульсирующим ледником Медвежий. Объем прорывного паводка II,4 млн.м^3, максимальный расход I000 м^3/с



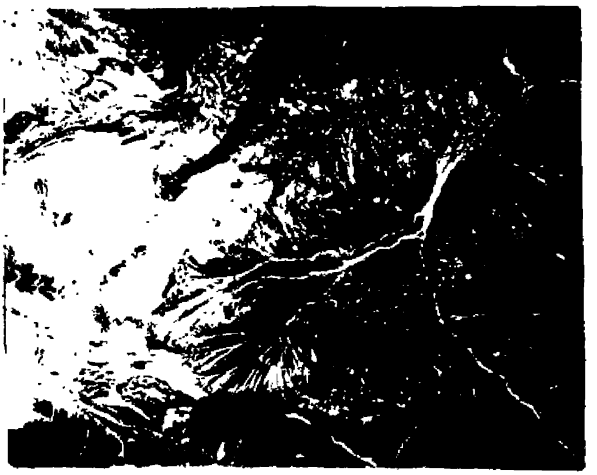
Черт. 29. Грязекаменный сель 1975 г. на р. Чемолган (северный склон хр. Заилийский Алатау). Сель вызван искусственно водным попуском с максимальным расходом 27,5 $м^3/с$ и объемом 15,0 тыс. $м^3$. Максимальный расход селя 430 $м^3/с$, скорость 10 м/с, средняя плотность селевой смеси 2100 $кг/м^3$, объем 80 тыс. $м^3$

Г р я з е в ы й с е л ь – разновидность грязекаменного селя, в котором размер крупных обломков не превышает 20 мм.

С е л е в о й б а с с е й н – горный речной бассейн, ограниченный селевым замыкающим створом. Элементами селевого бассейна являются очаги селеформирования, селеопасные озера, селевые русла, террасы, валы, поля и конусы выноса, а также различные типы подстилающих (стокообразующих) поверхностей (черт.30).

С е л е в о й о ч а г – участок селевого русла или селевого бассейна, имеющий значительное количество рыхлообломочного грунта или условий для его накопления, где при определенных условиях обводнения зарождаются сели. Селевые очаги делятся на селевые врезы, рытвины и очаги рассредоточенного селеобразования.

С е л е в о й в р е з – мощное морфологическое образование, выработанное в толще древних моренных отложений и чаще все-



Черт. 30. Фрагмент селевого бассейна в центральной части северного склона хр. Заилийский Алатау



Черт. 31. Селевой врез в бассейне р. Сарканд (северный склон хр. Джунгарский Алатау). Объем среза 1,55 млн. м^3, длина среза 2,89 км

го приуроченное к резким перегибам склона. Кроме древнеморенных образований селевые врезы могут формироваться на аккумулятивном, вулканогенном, оползневом, обвальном рельефе. Глубина селевого вреза измеряется несколькими десятками метров, иногда достигает 100 м и более, а угол наклона дна колеблется в пределах 12-25° (черт.31).

С е л е в а я р ы т в и н а - линейное морфологическое образование, прорезающее скальные, задернованные или залесенные склоны, сложенные обычно незначительной по толщине корой выветривания. Глубина рытвин редко превышает 10 м, а угол наклона дна обычно более 15° (черт.32).



Черт. 32. Селевая рытвина в бассейне р. Агней (южный склон хр. Верхнеангарский). Длина рытвины 190 м, ширина 6,5 м, уклон 27°

Очаг рассредоточенного селеобразования – участок крутых (35–55°) обнажений, сильно разрушенных горных пород, имеющих густую и разветвленную сеть борозд, в которых интенсивно накапливаются продукты выветривания горных пород и происходит формирование микроселей, объединяющихся затем в едином селевом русле (черт.33).

Водосбор селевого очага – часть селевого бассейна, принимающая непосредственное участие в питании селевого очага водой.

Селеформирующие грунты – массив рыхлообломочных отложений, имеющийся в наличии или формирующийся в селевом русле, очаге или на склоне речной долины и способный при благоприятных условиях обводнения принять участие в селевом процессе (черт. 34, 35).

Селевое русло – русло постоянного или временного горного водотока, морфологическая структура которого определяется периодическим прохождением селей и характеризуется наличием углублений в толще отложений, селевых террас, полей выноса и выходов коренных пород (черт.36).

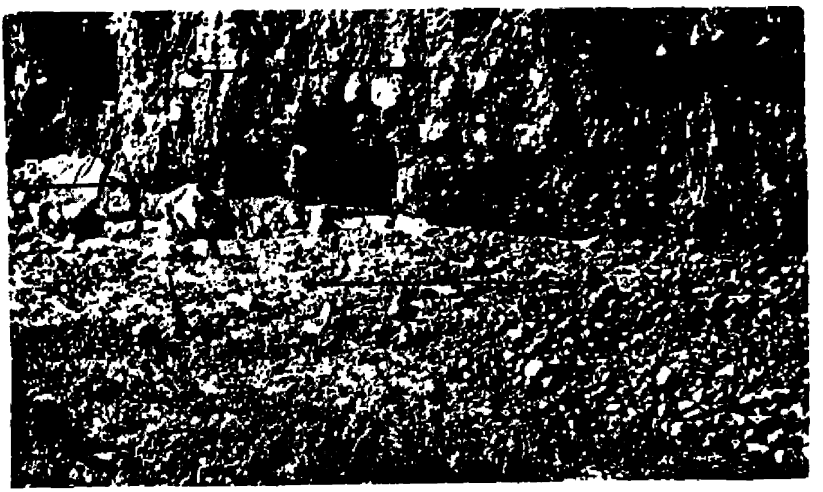
Селевые отложения – скопления обломков горных пород вдоль селевых русел, на полях и конусах выноса, образующиеся в результате распада или остановки селевой смеси (черт.37–39).

Селевые террасы – обрывки полос террасовидных отложений селевой смеси, приуроченные к расширенным или защищенным участкам русла и расположенные на уровне поверхности прошедшего грязекаменного или грязевого селя (черт.40, 41).

Селевые валы – навалы наиболее крупных обломков горной породы из селевой смеси, отложенные грязекаменными селями вдоль селевых русел (черт.42, 43).

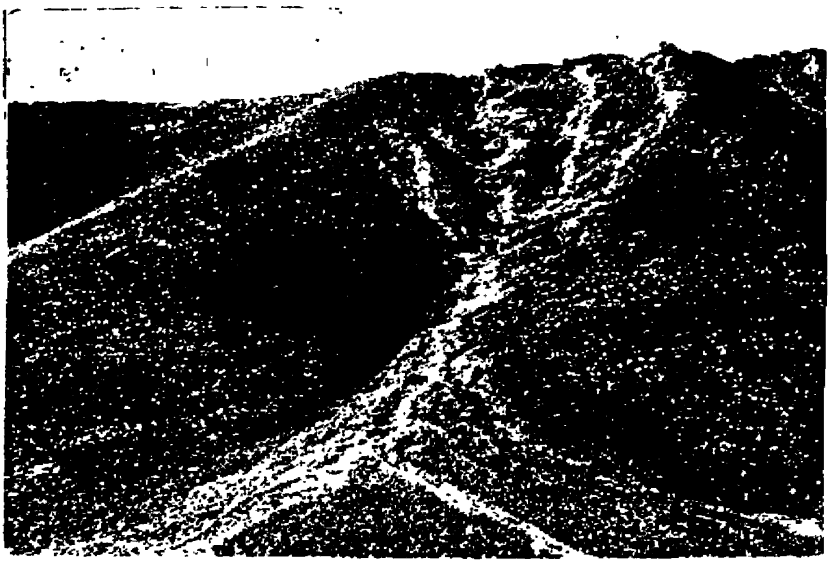


Черт. 33. Очаг рассредоточенного селеобразования Акжар в бассейне р. Большая Алматинка (северный склон хр. Заилийский Алатау). Площадь бассейна 1,65 км², длина основного русла 3,45 км, средний уклон бассейна 28°, наивысшая отметка бассейна 2130 м



Черт. 34. Селеформирующие грунты в бассейне р. Чемолган (северный склон хр. Заилийский Алатау):

1 – консолидированные древнеморенные грунты, 2 – осыпи из разуплотненных древнеморенных грунтов, 3 – селевые отложения, перемытые послеселевым паводком



Черт. 35. Селеформирующие грунты на поверхности селевого бассейна в районе оз. Токо (Токинский становник)



Черт. 36. Селевое русло в бассейне р. Сарканд (северный склон хр. Джунгарский Алатау). Последний сель имел место в данном бассейне 8 сентября 1982 г. в результате прорыва гляциального озера. Объем прорывного паводка 33,6 тыс. м^3, максимальный расход 150 м^3/с, объем селя 2,7 млн. м^3, максимальный расход 2300 м^3/с



Черт. 37. Селевые отложения в бассейне р. Большая Алматинка (северный склон хр. Заилийский Алатау). Отложения селя 3-4 августа 1977 г., перемытые послеселевым паводком



Черт. 38. Селевые отложения в бассейне р. Кумбель (северный склон хр. Заилийский Алатау). Отложения селя 26 июня 1988 г.



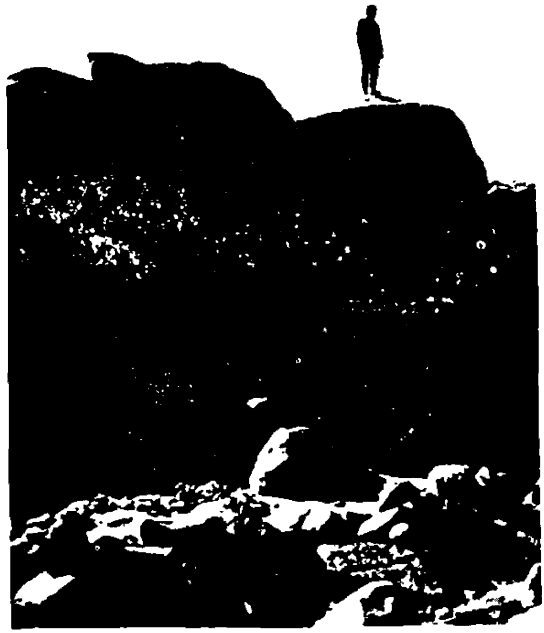
Черт. 39. Селевые отложения в нижнем течении р. Сарканд (северный склон хр. Джунгерский Алатау). Отложения селя 8 сентября 1982 г.



Черт. 40. Селевая терраса в бассейне р. Большая Алматинка (северный склон хр. Заилийский Алатау). Отложения селя 3-4 августа 1977 г.



Черт. 41. Селевые террасы в бассейне р. Малая Алматинка (северный склон хр. Заилийский Алатау). Отложения селей 1956 г. (1) и 1973 г. (2)



Черт. 42. Вывалы крупных валунов на селевом поле выноса в бассейне р. Чемолган (северный склон хр. Заилийский Алатау)



Черт. 43. Селевой вал в среднем течении р. Чемолган

С е л е в о е п о л е в ы н о с а – морфологическое образование, сложенное селевыми отложениями и приуроченное к расширенным участкам речных долин (черт.44).

С е л е в о й к о н у с в ы н о с а – морфологическое образование, сложенное селевыми отложениями, имеющее характерную конусообразную форму, приуроченную к месту выхода селей из бокового ущелья в более широкую долину или на предгорную равнину (черт.45, 46).

З р о д и р о в а н н ы й с е л е в о й б а с с е й н – разновидность селевого бассейна, поверхность которого практически



Черт. 44. Селевое поле выноса в среднем течении р.Чемолган. Отложения нескольких небольших грязекаменных селей с плотностью более 200 кг/м^3



Черт. 45. Селевой конус выноса в районе оз. Леприндо (южный склон хр. Кодар)



Черт. 46. Селевой конус выноса в бассейне р. Агней (южный склон хр. Верхнеангарский)

лишена растительного покрова, обладает слабой инфильтрационной способностью (менее 0,5 мм/мин) и покрыта густой микроручейковой сетью (черт.47). В селевых бассейнах такого типа при выпадении ливней формируются наносоводные и грязевые сели.

Селевой замыкающий створ - створ на водотоке, ниже которого сели не наблюдаются.

Критический расход - минимальный расход воды, способный вызвать формирование селя.

Критический уклон - минимальный уклон поверхности селеформирующих пород, при котором становится возможна реализация того или иного процесса селеформирования.

Транспортный селевой процесс - процесс, приводящий к формированию наносоводного потока в русле горного водотока вследствие значительной величины его транспортирующей способности.



Черт. 47. Эродированный селевой бассейн в адырном поясе Ферганской долины

Сдвиговый селевой процесс – процесс, приводящий к формированию селей в результате сдвига значительных объемов увлажненных селеформирующих пород на горных склонах и последующего перехода их в текучее состояние.

Эрозионно-сдвиговый селевой процесс – процесс, приводящий к формированию грязекаменного селя в результате взаимодействия водного потока с рыхлообломочными грунтами в селевом очаге или русле.

Послеселевой паводок – паводок, обычно проходящий непосредственно вслед за грязевым или грязекаменным селем, активно размывающий и резко меняющий облик и характер свежих селевых отложений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

ФОРМА И ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КНИЖКИ КС-I

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
Узбекское республиканское управление по гидрометеорологии

К Н И Ж К А КС-I
для записи результатов измерения
характеристик селевых потоков

Год 1985 Месяц июль

Наименование станции (отряда) _____
Селевая гидрографическая партия Узгидромета
Индекс селевого бассейна II.0I.02I
Название селевого бассейна р.Гавасай

Начальник станции (отряда) _____

Определение произвел _____

Измерение скорости селевого потока поплавками

Селеметрический створ № I Дата 27.08

Время		Расстояние между створами, м	Время движения поплавка, с	Поверхностная скорость на участке, м/с	Примечание
ч	мин				
I3	I5	I00	20,I	5,0	"Голова" потока
I3	I7	I00	I8,3	5,5	Поплавок
I3	20	I00	27,4	3,7	Отдельный камень
I3	2I	I00	-	-	Поплавок выброшен потоком на берег
I3	28	I00	2I	4,8	Поплавок

Измерение уровня селевого потока фотометодом

Селеметрический створ № I Дата 27.08

Время		Расстояние от уреза до репера на фотоизображении, см	Расстояние от уреза до репера на местности, м	Масштаб съемки	Уровень, см	Площадь поперечного сечения, $м^2$
ч	мин					
I3	I5	3,4	2,72	I:80	5I6	76
I3	I6	4,8	3,84	I:80	440	64
I3	I7	5,I	4,08	I:80	4I2	58
I3	I8	6,4	5,I2	I:80	350	5I

Измерение уровня селевого потока по рейке

Селеметрический створ № I Дата 27.08

Время		Отсчет по рейке	Приводка, см	Уровень, см	Площадь поперечного сечения, м²	Примечание
ч	мин					
I3	I5	84	+I40	224	69	Вторая рейка
I3	I8	22	+I40	I62	57	То же
I3	2I	07	+I40	I47	53	"
I3	28	43	+ 35	78	37	Первая рейка

Измерение плотности селевой смеси объемным способом

Селеметрический створ № I Дата 27.08

Время		Масса пробы с тарой, кг	Отсчет по линейке, мм	Объем пробы, $м^3$	Масса пробы, кг	Плотность селевой смеси, $кг/м^3$	Примечание
ч	мин						
I3	I8	I8,45	II4	$8,3xI0^{-3}$	I6,55	2000	
I3	28	I6,20	I03	$9,IxI0^{-3}$	I4,30	I570	
I3	4I	I9,I5	87	$7,3xI0^{-3}$	I7,25	2370	
I4	02	I7,23	94	$8,9xI0^{-3}$	I5,33	I720	Обломки до 20 мм

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Обязательное

ФОРМА И ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КНИЖКИ КС-6

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Узбекское республиканское управление по гидрометеорологии

КНИЖКА КС-6

для записи результатов измерения плотности
селевой смеси магнитометрическим способом

Год 1985 Месяц июль

Наименование станции (отряда) _____

Селевая гидрографическая партия Узгидромета

Индекс селевого бассейна II.0I.02I

Название селевого бассейна р.Гавасай

Начальник станции (отряда) _____

Определение произвел _____

Сведения о приборах

Измеритель магнитной восприимчивости ИМВ-2

Номер 3I8I44

Размер измеряемого образца 40х60х40 мм

Шероховатость поверхности образца ± 2 мм

Питание прибора элементы I.6 ФМЦ-У-3.2 (3 шт.)

Диапазон рабочих температур -I0÷+35 °С

Квантовый дифференциальный магнитометр КМ-6

Номер I43I

Переключатель быстродействия I0 изм/с

Схема установки приборов

Сведения об изменениях в установке приборов

Измерение магнитной восприимчивости образцов грунта с помощью ИМВ-2

Номер участка	Местоположение участка	Магнитная восприимчивость, в 10^{-6} ед.СГС
I	Верхняя часть очага	459; 1840; 1815; 240; 20970; 864; 2760; 2520; 1020; 2450; 1440; 1680
2	Селевое русло	213; 1380; 320; 650

Измерение магнитной восприимчивости мелкозема с помощью ИМВ-2

Номер пробы	Число граней				Среднее значение магнитной восприимчивости
	I	2	3	4	
I	610	650	615	620	623
2	1500	1550	1480	1520	1512
3	880	875	860	890	876

Среднее 1003

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Обязательное

ФОРМА И ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КНИЖКИ КС-2

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Узбекское республиканское управление по гидрометеорологии

КНИЖКА КС-2
для записи определений физико-механических
свойств селеформирующих грунтов и грунтов
селевых отложений

Год 1985 Месяц июль

Наименование станции (отряда) _____
Селевая гидрографическая партия Узгидромета
Индекс селевого бассейна 11.02.021
Название селевого бассейна р.Гавасай

Начальник станции (отряда) _____
Определение произвел _____

Описание шурфов

Шурф № I Селевой объект селевая терраса

В 7,3 км от селевого замыкающего створа

Характеристика породы древесно-щебнистые образования с мелкоземистым заполнителем

Характеристика обломков средней величины

ориентировка беспорядочная

степень окатанности слабо окатанные

максимальный и средний размер 70-80 до I50-200 мм

петрографический состав граниты

взаимное расположение касаются друг друга

Характеристика заполнителя суглинок

количество более 60 % объема

наличие крупных пор отсутствуют

форма и размер пор

цвет желто-коричневый

Соотношение обломков и заполнителя заполнителя больше, чем обломков

Слоистость и ее направление отсутствует

Степень влажности грунта очень влажный

Наличие льда кристаллы льда

Дополнительные сведения на глубине I,3 м - мерзлота

Основные сведения о точках отбора проб

Номер опробования	Характеристика точки опробирования	Расстояние от селевого замыкающего створа, км	Дата отбора проб	Глубина отбора проб, м	Вид анализа	Количество проб
I	Шурф на селевой террасе	3,8	24.08	I,0	Гранулометрический состав	2
2	Расчистка на борту очага № 6	7,8	24.08	0,8	Гранулометрический состав	2

Определение массы грунта, вынутого из шурфа

Шурф № I Дата 24.08 Масса ведер № I I,70 кг
№ 2 I,60 кг

Номер взвешивания	Номер ведра	Масса грунта с ведром, кг	Масса грунта без ведра, кг	Номер взвешивания	Номер ведра	Масса грунта с ведром, кг	Масса грунта без ведра, кг
I	I	30,25	28,55	57	2	25,70	24,I0
2	2	20,90	I9,30	58	I	20,80	I9,I0
3	2	I9,55	I7,95	59	2	27,45	25,85
4	I	23,25	2I,55	60	I	26,85	23,50
.....				6I	2	2I,30	I9,70
.....				62	I	22,65	20,95
56	I	22,I5	20,45	63	2	28,90	27,30
				Масса грунта, вынутого из шурфа		I338,25 кг	

Определение массы грунта по гранулометрическим фракциям

Шифр № I Дата 24.08 Масса ведер № I I,70 кг
№ 2 I,60 кг

Гранулометрические фракции, мм							
20-50				50-I00			
Номер взвешивания	Номер ведра	Масса грунта с ведром, кг	Масса грунта без ведра, кг	Номер взвешивания	Номер ведра	Масса грунта с ведром, кг	Масса грунта без ведра, кг
I	I+2	4I,00	37,70	I	I+2	43,00	39,70
2	2	20,50	I8,90	2	I	2I,60	I9,90
3	I	I9,30	I7,60	3	I	24,40	22,70
4	2	25,55	23,95	4	2	20,30	I8,70
5	I	2I,I5	I9,45	.....			
6	2	27,00	25,40	.....			
7	I	24,00	22,30	I7	I	23,75	22,05
8	2	22,30	20,70	I8	2	2I,85	20,25
	Сумма		I86,00		Сумма		3I6,I5

Продолжение

Гранулометрические фракции, мм							
I00-200				200-500			
Номер взвешивания	Номер ведра	Масса грунта с ведром, кг	Масса грунта без ведра, кг	Номер взвешивания	Номер ведра	Масса грунта с ведром кг	Масса грунта без ведра, кг
I	-	-	I3,95	I	I+2	49,90	46,60
2	-	-	5I,60	2	2	2I,05	I9,45
3	I	I6,65	I4,95	3	I	26,80	25,I0
4	2	22,80	2I,20	4	2	I9,65	I8,05
.....			.....	.....			.....
.....			.....	.....			.....
2I	I	20,35	I8,65	I6	2	23,40	2I,80
	Сумма		425,70		Сумма		350,40

Определение объема шурфа с помощью заливки воды в резиновые оболочки

Шурф № I Дата 24.08 Масса ведер № I I,80 кг
№ 2 I,60 кг

Номер взвешивания	Номер ведра	Масса воды с ведром, кг	Масса воды без ведра, кг	Номер взвешивания	Номер ведра	Масса воды с ведром, кг	Масса воды без ведра, кг
I	I	I2,44	I0,64	60	2	II,40	9,80
2	2	I3,42	II,82	6I	I	II,85	I0,05
3	I	I3,60	II,90	62	2	I2,20	I0,60
4	2	II,60	I0,00	63	I	I2,05	I0,25
.....				64	2	II,90	I0,30
.....				65	I	I2,I0	I0,30
59	I	II,80	I0,00	66	2	II,70	I0,I0
				Сумма			673,50

Определение объема шурфа с помощью обмеров

Длина, см	I80	I84	I79	I85	I8I	I83	I82	I82	I80	I84
Ширина, см	I78	I84	I79	I83	I80	I82	I76	I84	I8I	I8I
Глубина, см	I97	I03	I98	I02	I00	I00	99	I0I	I98	I0I

Среднее значение, см:

длины 82

ширины 8I

Глубины I00

Объем шурфа - 0,654 $м^3$

Определение процентного содержания налипшего на обломки мелкозема

Шурф № I Дата 24.08 Масса ведер № I I,70 кг
№ 2 I,60 кг

Размер фракции, мм	Номер ведра	Масса пробы с ведром, кг	Масса пробы без ведра, кг	Масса пробы после просушки кг	Масса смытого мелкозема, кг	Содержание мелкозема, % по отдельным пробам	Содержание мелкозема, % среднее по фракциям
от 20 до 50	I	I8,I0	I6,40	I6,07	0,33	2	
	2	20,30	I8,70	I8,I4	0,56	3	
	I	I9,75	I8,05	I7,60	0,45	2,5	2,5
от 50 до I00	2	20,45	I8,85	I8,60	0,25	I,3	
	I	20,I0	I8,40	I8,I0	0,30	I,6	
	2	2I,30	I9,70	I9,35	0,35	I,7	I,5
от I00 до 200	I	20,80	I9,I0	I9,00	0,I0	0,5	
	2	2I,30	I9,70	I9,30	0,40	2,I	
	I	20,65	I8,95	I8,70	0,25	I,3	I,3
от 200 до 500			20,00	I9,80	0,20	I,0	
			20,30	20,I5	0,I5	0,7	
			I9,55	I9,25	0,30	I,5	I,I
более 500			25,60	25,40	0,20	0,8	
			3I,40	3I,20	0,20	0,7	
			29,I5	29,00	0,I5	0,5	0,7

Определение влажности мелкозема

Шурф № I Дата 24.08

Глубина отбора пробы, см	Номер бюксы	Масса, г					Влажность грунта, %
		влажного грунта и бюксы	сухого грунта и бюксы	бюксы	испарившейся воды	сухого грунта в пробе без бюксы	
I0	06I	78,22	70,04	24,I4	8,I8	45,40	I7,8
I0	08I	92,35	8I,20	24,7I	II,I5	56,49	I8,0
20	220	90,22	8I,I0	23,43	9,I2	57,67	I5,8
20	202	84,I0	73,00	24,I2	II,I0	48,88	22,7
30	I04	83,22	7I,I2	23,87	I2,I0	47,25	25,6
30	074	98,7I	90,3I	2I,0I	8,40	69,30	I2,I

Определение влажности обломков
(для фракции от 20 до 50 мм)

Шурф № I Дата 24.08

Номер пробы	Номер бюксы	Масса, г					Влажность обломков, %	Петрографический тип обломков
		влажных обломков и бюксы	сухих обломков и бюксы	бюксы	испарившейся воды	сухих обломков в пробе без бюксы		
I	020	50,25	49,I5	24,05	I,I0	25,I0	2,2	Гранит
2	II3	46,7I	46,50	24,30	0,2I	22,20	0,9	"
3	II0	48,I0	47,00	23,90	I,I0	23,I0	4,7	"
4	I29	59,42	59,00	24,30	0,42	24,70	I,7	"
5	005	43,06	42,00	22,95	I,06	I9,05	5,6	"

Определение плотности обломков
(для фракции от 20 до 50 мм)

Шурф № I Дата 26.08

Номер определения	Масса обломка в воздухе, г	Масса обломка в воде, г	Объем обломка, $см^3$	Плотность обломка, $г/см^3$	Петрографический тип обломка
I	29,I5	I8,25	I0,9	2,67	Гранит
2	26,50	I6,50	I0,0	2,65	"
3	23,90	I4,80	9,I	2,63	"
4	2I,50	I3,30	8,2	2,63	"
5	25,00	I5,50	9,5	2,63	"

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Обязательное

ФОРМА И ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КНИЖКИ КС-3

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Узбекское республиканское управление по гидрометеорологии

КНИЖКА КС-3
для записи определений инфильтрационного
параметра

Год 1985 Месяц июль

Наименование станции (отряда) _____
Селевая гидрографическая партия Узгидромета
Индекс селевого бассейна II.01.021
Название селевого бассейна р.Гавасай

Начальник станции (отряда) _____

Определение произвел _____

Определение инфильтрационного параметра
способом искусственного дождевания малых стоковых площадок

Участок № 3

Местоположение участка: на правом берегу р.Гавасай, напротив п/лагеря "Орленок", в 160 м от устья наиболее крупного селевого бассейна Чуст-Папских адыров

Средняя высота участка 745 м Экспозиция склона восточная

Уклон наклона участка 9°

Растительность: эфемерная, разреженная, дерновый покров отсутствует. Подстилающая поверхность: эродированные суглинки с большим содержанием щебня, встречаются прослои песка и гравия

Размер площадок: 0,8 х 1,0 м

Номер площадки	Дата	Номер опыта	Время начала опыта		Продолжительность дождевания, мин	Интенсивность, мм/мин			Инфильтрационный параметр, мм/мин	Средняя глубина промачивания, см
			ч	мин		дождевания	стока	инфильтрации		
2	10.07	1	13	25	15	0,83	0,40	0,43	0,53	-
		2	13	42	18	1,75	1,27	0,48	0,49	-
		3	14	27	16	2,10	1,58	0,52	0,52	6,7
3	10.07	1	16	15	19	1,13	0,66	0,47	0,49	-
		2	16	57	17	1,58	1,10	0,48	0,49	-
		3	17	50	20	0,93	0,52	0,41	0,44	5,2

Определение инфильтрационного параметра способом искусственного дождевания элементарных водосборов

Элементарный водосбор № 4 Местоположение водосбора: в бассейне р.Гаваас-ай, напротив п/лагеря "Орленок", в 350 м от устья на левом склоне наиболее крупного селевого бассейна Чуст-Пацских адыров

Средняя высота 817 м Экспозиция юго-восточная

Площадь водосбора 52,7 м^2 Длина тальвега 110,3 м

Длина водосбора 112,2 м Средняя ширина водосбора 4,3 м

Уклон тальвега 14,5° Средний уклон водосбора 17°

Средний слой рыхлого грунта 0,17 м

Растительность: отсутствует

Подстилающая поверхность: сильно эродированные суглинки

Эксперимент № 1 Дата 17 июля

Масса сосуда: № 1 – 1,75 кг; № 2 – 1,63 кг

Объем сосуда: № 1 – 10,7 л; № 2 – 10,2 л

Слой дождя 32,6 мм Продолжительность дождя 22 мин

Интенсивность дождя 1,48 мм/мин Средняя глубина промачивания грунта 12,7 см

Время отбора проб		Время наполнения сосуда, с	Объем пробы, л	Вес пробы, кг	Расход суспензии, л/с	Плотность суспензии, кг/м^3	Интенсивность, мм/мин		Примечание
ч	мин						стока воды	инфильтрации	
11	45								Начало дождевания
11	47	37,1	10,7	10,9	0,29	1019	0,31	1,17	Начало стока
11	49	10,0	10,2	13,6	1,02	1353	0,93	0,55	
11	51	8,2	10,7	15,1	1,35	1411	1,00	0,48	
.....		....	....	....	....	....	....	....	
.....		....	....	....	....	....	....	....	
12	07	8,1	10,2	14,9	1,26	1460	0,98	0,50	Конец дождевания
12	09	48,9	10,7	11,7	0,22	1093	0,23	–	Конец стока
Средние		8,3	10,4	14,7	1,25	1417	1,01	0,47	

Инфильтрационный параметр 0,61 мм/мин

Определение инфильтрационного параметра
способом заливаемых площадок

Участок № 2

Местоположение участка: в районе Чуст-Папских адыров на правобережном склоне безымянного эродированного селевого водосбора, расположенного в бассейне р.Гавас-ай на правом ее берегу, напротив п/лагеря "Орленок"

Средняя высота участка 1045 м Экспозиция склона западная

Угол наклона участка 12^{0}

Растительность: изреженная, эфемерная, дерновый покров отсутствует. Подстилающая поверхность: сильно эродированные лёссовидные суглинки с редким включением прослоев песка и щебня

Размер рамы: 10 х 40 см

Дата 17 июля

Номер площадки	Время начала опыта		Продолжительность, мин	Слой инфильтрации, мм	Средний напор воды, мм	Интенсивность инфильтрации, мм/мин	Инфильтрационный параметр, мм/мин
	ч	мин					
1	11	20	26	14,5	19	0,56	0,15
2	12	00	18	12,7	13	0,71	0,22
3	13	10	24	15,4	11	0,64	0,25

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Обязательное

ФОРМА И ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КНИЖКИ КС-5

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Казахское республиканское управление по гидрометеорологии

КНИЖКА КС-5

для записи результатов определений статического напряжения сдвига селевых суспензий

Год 1985 Месяц июль

Наименование станции (отряда) _____

Селевая гидрографическая партия Казгидромета

Индекс селевого бассейна 13.02.029

Название селевого бассейна р.Талгар

Начальник станции (отряда) _____

Определение произвел _____

Основные сведения о пунктах отбора проб

Номер пробы	Дата отбора пробы	Расстояние от селевого замыкающего створа, км	Абсолютная высота, м	Характеристика грунта
I	I4.08	2I,3	3350	Селеформирующий левый борт очага
2	I8.08	7,I	2I20	Селевые отложения поля выноса
3	I9.08	5,I	I940	Селевые отложения селевой террасы

Исходные данные для приготовления суспензии

Номер пробы	Влажность суспензии в долях единицы	Масса мелкозема, г	Масса воды, г	Общая масса, г
I	0,I9	400	93,83	493,83
	0,2I	400	I06,33	506,33
	0,23	400	II9,48	5I9,48

Измерение статического напряжения сдвига селевых суспензий

Номер пробы	Влажность суспензии в долях единицы	Коэффициент упругости нити, $г/см^2$	Угол закручивания цилиндра, °	Средний угол закручивания цилиндра, °	Статическое напряжение сдвига, $г/см^2$
I	0,I9	75,5	40		
			42		
			46		
			44		
			45	43,4±I,8	3276±I36

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Обязательное

ФОРМА И ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КНИЖКИ КС-4

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Казахское республиканское управление по гидрометеорологии

КНИЖКА КС-4

для записи результатов определений дат прохождения селей методам фитоиндикации

Год 1985 Месяц июль

Наименование станции (отряда) Алма-Атинская селестоковая станция

Индекс селевого бассейна 13.02.029

Название селевого бассейна р.Талгар

Начальник станции (отряда) _____

Определение произвел _____

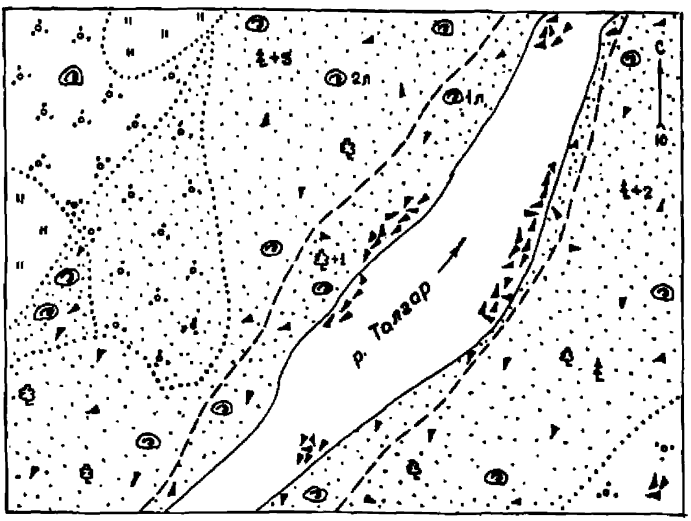
Описание участка

Участок № I Средняя высота участка 1170 м

Местоположение участка селевая терраса на левом берегу р.Талгар, в 3,8 км выше селевого замыкающего створа, абс.высота 1680 м

План участка № I

Масштаб в I см 10 м



Объекты специализированных обследований

+3 модельное дерево и его номер

2л модельный лишайник на камне и его номер

Границы селевых отложений

1921 г.

1973 г.

Селевые отложения

с включением крупных обломков

без крупных обломков

покрытые травой

покрытые кустарником

нагромождения обломков

Дендрохронологический метод

Участок № I Дата отбора проб 20 июля 1985г.

Модельное дерево (кустарник)		Образец			Способ датировки	Количество колец (лет)	Год прохождения селя
номер	порода	номер	место взятия	диаметр, см			
I	Ель Шренка	I	Комель	5I,3	По сбитости древесины	29	I956
2		2	Ствол	43,8	По сбитости древесины	28	I957
		3	Ветвь	II,0	Эксцентричное положение годовых колец	29	I956
2	Арча	I	Ствол	I4,I	По сбитости древесины	36	I949
		2	Ствол	I2,0	По сбитости древесины	38	I947

Лихенометрический метод

Участок № 2 Дата определений 20 июля 1985г.

Модельный лишайник			Ежегодный прирост, мм/год	Возраст лишайника	Год прохождения селя
номер	вид	диаметр, мм			
3	Ризокарпон географический	4I,8	0,06	697	I288
4	То же	44,8	0,06	747	I238

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. УТВЕРЖДЕН — Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии

2. РАЗРАБОТЧИКИ — В.П.Мочалов, канд.геогр.наук (руководитель разработки); Л.Н.Гавришина, канд.физ.-мат.наук; В.И.Лаптев; Б.С.Степанов, канд. техн.наук; Т.С.Степанова, канд.физ.-мат.наук; А.Х.Хайдаров; Г.И.Херхеулидзе, канд.техн.наук; В.В.Яблонский

   СОИСПОЛНИТЕЛИ: Д.М.Бударина; В.Н.Вардугин, канд.геол.-мин.наук; В.П.Пушкаренко, канд.геол.-мин.наук; В.И.Тевзадзе, доктор техн.наук; В.И.Турманина, канд.геогр.наук; Р.В.Хонин, канд.геогр.наук; Л.В.Чалмаев

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАН ЦКБ ГМП за № 238 от 1 марта 1990 года

4. ВЗАМЕН Руководства по изучению селевых потоков. - Л., 1976.

5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, пункта
ГОСТ 5180-84	7.5.2; 7.5.3; 7.7
ГОСТ 12071-84	7.2.1
ГОСТ 12536-79	7.4.4; 7.4.5; 11.2
ГОСТ 23061-78	7.5.4
ГОСТ 23278-78	9.5
ГОСТ 24181-80	7.7
ГОСТ 26262-84	10.4
РД 52.30.132-87	7.1; 7.11
Методические указания по ведению государственного водного кадастра Раздел 1. Поверхностные воды. Выпуск 3. Составление и подготовка к печати изданий серии 2: "Ежегодные данные". Часть 4. Ежегодные данные о селевых потоках	15.1

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, пункта
Методические указания по ведению государственного водного кадастра. Раздел I. Поверхностные воды. Выпуск I. Составление и подготовка к печати изданий серии I: "Каталожные данные". Часть 4. Каталог селевых бассейнов и очагов на территории СССР	I5.I
Методические указания по ведению государственного водного кадастра. Раздел I. Поверхностные воды. Выпуск 6. Подготовка первичных данных. Часть 4. Селевые потоки	I5.2
Инструкция по топографическим съемкам в масштабах I:I0000 и I:25000. Полевые работы. - М.: Недра, I978. - 79 с	8.I
Инструкция по топографической съемке в масштабах I:5000, I:2000, I:I000 и I:500. - М.: Недра, I985. - I5I с.	8.2
Инструкция по магниторазведке. - Л.: Недра, I98I. - 263 с.	5.5.2
Инструкция по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов в масштабах I:I0000 и I:25000 для целей землеустройства, государственного учета земель и земельного кадастра. - М.: ВИСХАГИ, I978. - I42 с.	6.2
Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. - Л.: Гидрометеоиздат, I973. - Вып.2, ч.I. - 288 с.	I0.3; I0.5; I0.7
Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. - Л.: Гидрометеоиздат, I978. - Вып.6, ч.2. - 266 с.	I0.2
Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета. - Л.: Гидрометеоиздат, I983. - 3I7 с.	I3
Руководство водобалансовым станциям. - Л.: Гидрометеоиздат, I973. - 306 с.	I0.6
Руководство по дешифрированию аэрофотоснимков при топографической съемке и обновлении планов масштабов I:2000 и I:5000. - М.: ГУГК, I980. - 240 с.	6.2

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, пункта
Руководство по изучению селевых потоков. - Л.: Гидрометеоиздат, 1976. - 144 с.	I
Руководство по обновлению топографических карт. - М.: Недра, 1978. - 60 с.	8.I
Руководство по редактированию топографических крупномасштабных карт и планов. - М.: ЦНИИГАиК, 1980. - 50 с.	8.I
Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. - Вып.3, ч. I. Метеорологические наблюдения на станциях	I0.3

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3
2. Основные закономерности формирования и распространения селей на территории СССР 5
2.I. Основные закономерности формирования селей 5
2.2. Основные закономерности распространения селей I5
3. Организация и проведение полевых работ по изучению селей 26
3.I. Общие требования 26
3.2. Рекогносцировочное обследование селевых бассейнов 26
3.3. Специализированное обследование селевых бассейнов 28
3.4. Ежегодное обследование контрольных селевых бассейнов 30
3.5. Наблюдения за условиями формирования и прохождения селей 32
4. Определение характеристик селей по оставленным ими следам 36
4.I. Подготовка к полевым работам 36
4.2. Определение типа селя 37
4.3. Определение максимального расхода селя 40
4.4. Определение скорости движения селя 4I
4.5. Определение объема селя 43
4.6. Определение плотности селевой смеси 45
5. Измерение характеристик селей 52
5.I. Состояние исследований в области селеметрии 52
5.2. Способы измерения скорости селя 52
5.3. Способы измерения уровня селя 55

5.4. Методы измерения расхода селя 58
5.5. Способы измерения плотности селя 60
6. Дешифрирование аэрофотоснимков и космических снимков 65
6.I. Задачи дешифрирования аэрофотоснимков 65
6.2. Методы дешифрирования 66
6.3. Погрешность опознавания элементов селевых бассейнов 68
6.4. Дешифрирование селевых бассейнов и их элементов 68
6.5. Выявление на аэрофотоизображениях селевых бассейнов 69
6.6. Оформление результатов дешифрирования селевых объектов 86
6.7. Дешифрирование космических снимков 88
7. Определение физико-механических свойств селеформирующих грунтов и грунтов селевых отложений 90
7.I. Общие требования 90
7.2. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов 90
7.3. Проходка шурфов 92
7.4. Определение гранулометрического состава грунтов 93
7.5. Определение плотности грунтов I03
7.6. Определение коэффициента пористости грунтов I07
7.7. Определение влажности рыхлообломочных грунтов I07
7.8. Определение водоудерживающей способности рыхлообломочных грунтов I09
7.9. Определение процентного содержания обломков разного петрографического состава, степени их окатанности I09
7.I0. Определение пластичных свойств мелкозема II0
7.II. Нормы времени на определение физико-механических свойств грунтов II0

8. Геодезические и топографические работы III
8.I. Общие требования III
8.2. Топографическая съемка селевых объектов II2
8.3. Картографическое оформление топогеодезических работ II7
9. Определение инфильтрационных свойств почв и грунтов II8
9.I. Общие положения II8
9.2. Выбор экспериментальных площадок и элементарных водосборов II9
9.3. Способ искусственного дождевания малых стоковых площадок I20
9.4. Способ искусственного дождевания элементарных водосборов I22
9.5. Способ заливаемых площадок I23
I0. Гидрометеорологические наблюдения I24
I0.I. Общие положения I24
I0.2. Гидрометрические наблюдения I24
I0.3. Метеорологические наблюдения I25
I0.4. Наблюдения за глубиной сезонного оттаивания почв и грунтов I26
I0.5. Наблюдения за влажностью почв и грунтов I26
I0.6. Наблюдения за уровнем грунтовых вод I27
I0.7. Определение инфильтрационных свойств, наименьшей влагоемкости, плотности почв и грунтов I27
I0.8. Определение толщины рыхлого слоя грунта и густоты микроручейковой сети эродированных водосборов I27
II. Определение реологических свойств селевой смеси I28
II.I. Общие положения I28
II.2. Определение статического напряжения сдвига селевой смеси I29
II.3. Определение динамической вязкости селевой смеси I33
I2. Методы фитоиндикации I36

12.1. Общие положения 136
12.2. Дендрохронологический анализ 137
12.3. Лихенометрический анализ 142
13. Правила техники безопасности при исследовании селей 143
14. Приборы и оборудование для производства полевых работ 145
15. Систематизация материалов 149
15.1. Общие требования 149
15.2. Составление технического отчета 149
Приложение 1. Список использованных источников 151
Приложение 2. Термины и пояснения 153
Приложение 3. Форма и пример заполнения книжки КС-1 168
Приложение 4. Форма и пример заполнения книжки КС-6 171
Приложение 5. Форма и пример заполнения книжки КС-2 174
Приложение 6. Форма и пример заполнения книжки КС-3 182
Приложение 7. Форма и пример заполнения книжки КС-5 186
Приложение 8. Форма и пример заполнения книжки КС-4 188
Информационные данные 191

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ РД 52.30.238-89

Номер изменения	Номер листа (страницы)				Номер документа	Подпись	Дата внесения изм.	Дата введения изм.
	измененного	замененного	нового	аннулированного				

Официальное издание

РУКОВОДСТВО
СЕЛЕСТОКОВЫМ СТАНЦИЯМ
И ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ ПАРТИЯМ

В ы п у с к I

Организация и проведение работ
по изучению селей
РД 52.30.238-89

Редактор Н.Г.Черникова
Техн.редактор В.Н. Силкина
Корректоры А.М.Меретукова, Р.А.Агафонова

Подписано к печати 29.06.90 г. Т - 03417
Формат 60x90 I/16 Бумага картограф. № I
Печать офсетная Усл.печ.л. I2,5 Усл.кр.-отт.
I2,63 Уч.-изд.л. I0,44 Тираж 600
Индекс М-М-44 Зак. 868 Цена 55 к.

Московское отделение Гидрометеоиздата
I23436 Москва, ул. Маршала Рыбалко, 8
ФОП ВНИИГМИ-МЦД
249020 Обнинск, ул. Королева, 6

gost.e-ecolog.ru