

Д 823

С 20

М И Я Н А У К С С С Р

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Селевой паводок
в г. Слюдянке
на Байкале

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ИНСТИТУТ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Селевой паводок
в г. Слюдянке
на Байкале
20 июня 1960 г.



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА 1963

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
В. П. СОЛОНЕНКО

ВВЕДЕНИЕ

По своему масштабу селевой паводок в г. Слюдянке утром 20 июня 1960 г. не превосходил рядовые селевые паводки, повторяющиеся в районе города в среднем не реже одного раза в 7—8 лет. Ранее, за редким исключением, они не сопровождались катастрофическими последствиями, так как поселение было невелико и занимало наименее селеопасную часть конуса выноса р. Слюдянки.

Паводок обрушился на город неожиданно, так как соответствующей службы предупреждения еще не существует. Но население поселка предвидело возможность бедствия и это позволило избежать самых тяжелых последствий подобных событий — человеческих жертв. Немаловажное значение имела своевременно организованная городскими партийными и советскими органами и администрацией Рудуправления, а также самим населением борьба за каждую человеческую жизнь.

Город Слюдянка является центром важного горнопромышленного района. Велико его значение для Транссибирской железнодорожной магистрали. Однако площадь города весьма ограничена и селеопасные участки застраиваются. Поэтому по инициативе отдела инженерной геологии Института земной коры Сибирского отделения Академии наук СССР было начато обследование района селевого паводка 20 июня, которое важно для проектирования противопаводковых и противоселевых мероприятий не только в г. Слюдянке, но и в других районах Прибайкалья. Потенциальная ценность селеопасной площади, заключающаяся в жизненно важной для г. Слюдянки возможности быстрого роста города, делает борьбу за площадь не только необходимой, но и неизбежной.

В обследовании селевого паводка приняли участие И. Н. Иванов, Е. К. Гречищев, В. П. Солоненко (Институт земной коры), Г. В. Иванов (Иркутское геологическое управление), О. Л. Рыбак, Н. И. Соколкин (Иркутское управление гидрометеорологической службы) и В. В. Чепцов (Управление Восточно-Сибирской железной дороги).

Работа представляет коллективный труд. И. Н. Ивановым и О. Л. Рыбаком написаны разделы «Почвы и растительность»,

«Климат», «Гидрографическая характеристика р. Слюдянки»; раздел «Общие сведения о реке и ее бассейне» написан Н. И. Соколкиным и дополнен материалами, представленными сотрудником Байкальского лимнологического института СО АН СССР В. И. Галкиным и Б. И. Писарским. И. Н. Иванову и О. Л. Рыбаку принадлежит раздел «Расчет селевого паводка». Разделы «Стратиграфия», «Тектоника», «Гидрогеология» написаны Б. И. Писарским и С. И. Шерманом и дополнены В. П. Солоненко. Общее описание паводка сделано И. Н. Ивановым и О. Л. Рыбаком, непосредственно наблюдавшими его 20 июня. Их материалы дополнены наблюдениями Г. В. Иванова («Селевые русла»), Б. И. Писарского («Поток в пади Улунтуй»), В. П. Солоненко («Динамика потока и типы разрушений различных построек») и В. В. Чепцова («Последствия паводка для железнодорожных сооружений»). В. П. Солоненко написаны разделы «Введение», «Природные условия», «Рельеф», «Историческая справка» (использованы материалы В. В. Чепцова и В. И. Галкина), «Природные условия формирования селей в Южном Прибайкалье», «Защита г. Слюдянки от селевых паводков» (с учетом рекомендаций В. И. Галкина и В. В. Чепцова), «Задачи дальнейших исследований».

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

О селях и селевых паводках в районе г. Слюдянки достоверные сведения стали поступать в 1915 г. в связи с разрушениями ими железнодорожной станции. Еще в середине прошлого столетия известный искатель самоцветов Г. Пермикин сообщил о мощных выносах обломочного материала из гор при катастрофических паводках и указывал, что вместе с обычными валунами выносились обломки лазурита. Сбор их после наводнений и продажа китайским купцам входили в круг привычных занятий местных жителей. Это свидетельствует о том, что и ранее катастрофические паводки на р. Слюдянке были обычным явлением.

На станции Слюдянка паводок 1915 г. разрушил часть жилых, складских и подсобных помещений. Сведений о разрушениях железной дороги не сохранилось.

В 1927 г. во время ливня в долине р. Слюдянки, примерно в 5 км от ее устья, произошел обвал, на некоторое время запрудивший русло реки. При продолжавшемся дожде завал прорвало и водогрязекаменный поток хлынул к Байкалу, разрушив по пути два и повредив несколько домов¹. О силе потока свидетельствует перенос валуна диаметром около 3 м приблизительно на 300 м. Черемуховая роща, расположенная выше поселка, была уничто-

¹ В то время наиболее селеопасная часть конуса выноса р. Слюдянки не была застроена.

жена. В селевом потоке дробило деревья до 2 м в диаметре. На правом берегу реки был вымыт двадцатиметровый участок водоприемного бассейна железнодорожного водоснабжения, построенного в 1916 г. Других сведений о разрушениях, причиненных паводком 1927 г., не сохранилось.

После паводка 1927 г. для защиты железнодорожных мостов через р. Слюдянку были построены земляные дамбы по обоим берегам реки с верховой стороны моста и в 1,2 км выше моста на правом берегу реки, правобережная ряжевая дамба длиной в 50 м в 3 км выше моста. Все эти сооружения были уничтожены паводками 1932 и 1934 гг.

Паводковый поток 1932 г. смыл правобережную ограждающую дамбу около железнодорожного моста, а также в нескольких местах на 3 км выше моста, хлынул на улицы города и частично затопил станционные пути, которые занесло песком и илом. Левобережную дамбу размыло на протяжении 50 м, и часть потока направилась вдоль железнодорожного полотна к мосту, расположенному между слюдянским и похабинским мостами. Селевой поток частично разрушил конусы обоих железнодорожных мостов через р. Слюдянку.

Больше сведений имеется о селевом паводке 28—29.VI 1934 г. Они частично опубликованы В. А. Обручевым (1934) и В. П. Солоненко (1960).

Синоптическая обстановка в горах в предпаводковый и паводковый периоды осталась неизвестной, так как горная станция «Хамар-Дабан» в то время еще не существовала. На прибрежных же гидрометеорологических станциях 27—29.VI 1934 г. зафиксировано довольно значительное количество осадков: 50 мм на станции «Слюдянка», 195 мм на станции «Танхой» и 196 мм на станции «Выдрино». Интенсивность дождя и ливней в горах была несравненно выше, так как, по показаниям очевидцев, там, даже по самым маленьким падам, всегда безводным, текли потоки воды. Рыхлые наносы до предела были насыщены водой и во многих местах сползали, часто до самого тальвега долины, вместе с росшим на них лесом. Эти оплывины и влекомые рекой коряги и деревья временами создавали заторы, что способствовало волновому действию потока.

Паводок начался 28.VI в 16.00. Поток обрушился преимущественно на левый берег, где расположен пос. Каменный Карьер. Огромные глыбы земли, подмытые водой, рушились в поток, увлекая за собой постройки, которые почти мгновенно «перемалывало» в груды бревен и досок.

К 20.00 были частично размывы дамбы, расположенные выше железнодорожного моста, а к 22.00 разрушило ограждающую стенку из бетонных массивов у водоприемного бассейна железнодорожного водоснабжения и отдельные бетонные блоки весом в десятки тонн сместило на 100—200 м. Вода Слюдянки одним

потоком прорвалась через пос. Каменный Карьер, а другим — через размытую дамбу вдоль железнодорожного полотна и устремилась к р. Похабихе.

После этого уровень паводка несколько упал, но в 23.00 началось поступление большого количества воды из пади Улунтуй². Водогрязекаменные потоки из долин Улунтуя и Слюдянки хлынули на улицы города и затопили железнодорожную станцию, вокзал, депо, часть станционных построек и путей.

29.VI около 1.00 из ущелья с глухим грохотом вырвался селевой поток, несший ил, песок, камни, массу коряг и изломанных деревьев. Поток шел двухметровыми валами. Часть его обрушилась на город. Пика паводок достиг в 5.00, затем уровень воды стал быстро падать, и в 10.00 по улицам города бежали лишь небольшие ручьи.

На улице им. Парижской Коммуны возникло селевое русло глубиной 2—3 м, в котором лежали валуны до 1,5 м в диаметре. Меньше крупные селевые русла образовались по Аптечному переулку и на некоторых других улицах. Юго-восточная часть города была занесена песком и илом, а северо-западная — валунами и корягами. Благодаря слабому развитию селевых русел в городе было уничтожено всего 8 домов.

На железной дороге размыло оба конуса моста через р. Слюдянку, а также железнодорожное полотно на протяжении 30 м. Станционные пути замыло на площади около 10 га слоем песка и ила мощностью от 0,2 до 1 м, местами и более. На крайних путях с нагорной стороны (со стороны потока) вагоны засыпало до половины их высоты, а на главных путях — до 1 м. В нескольких местах размыло земляное полотно.

На борьбу с последствиями селевого паводка были стянуты крупные силы железнодорожников и воинских соединений, но тем не менее полный перерыв движения поездов длился 22 часа — это один из самых крупных перерывов в движении на Транссибирской магистрали.

Селевой паводок прошел также по долине Сухого ручья. На конусе выноса ручья, тогда еще не заселенного, в его головной части была уничтожена черемуховая роща. Весь конус выноса занесло валунами до 2 м в поперечнике. Пролет железнодорожного моста забило валунно-галечным материалом и ферму моста одного пути перебросило через ферму моста другого пути.

Гидрологическая характеристика паводка 1934 г. была дана Г. В. Рудницким. В замыкающем створе максимальный замеренный расход р. Слюдянки составлял $650 \text{ м}^3/\text{сек}$, а максимальный расчетный — $787 \text{ м}^3/\text{сек}$. В 5 км от устья р. Слюдянки, выше пади

² Имеются сведения, что в пади Улунтуй была создана подпруда, за которой накопилось большое количество воды. После прорыва ее расход воды по пади временно достиг $300 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Улунтуй, максимальный расход реки достигал $460 \text{ м}^3/\text{сек}$. Расход погода по пади Улунтуй был весьма внушительным — $150 \text{ м}^3/\text{сек}$, а во время прорыва запруды он, по-видимому, достигал $300 \text{ м}^3/\text{сек}$. Таким образом, наиболее интенсивные ливни прошли как будто в бассейне пади Улунтуй³, модуль стока для которой достигал $13,6 \text{ м}^3/\text{сек} \cdot \text{км}^2$, в то время как для р. Слюдянки выше пади Улунтуй он не превышал $7,3 \text{ м}^3/\text{сек} \cdot \text{км}^2$.

Паводок 1934 г. разрушил берегоукрепительные сооружения, созданные после паводка 1927 г. После этого был разработан проект комплекса берегоукрепительных сооружений. Осуществление его началось в 1935 г., когда у железнодорожного моста по правому берегу реки была построена мощная ограждающая дамба длиной 2530 м из деревянных ряжей с каменной наброской. Основания ряжей закреплялись на деревянных якорях. Эта дамба защитила от селевых паводков и г. Слюдянку.

К 1938 г. берега реки в районе поселков Рудуправления и Каменного Карьера были укреплены струенаправляющими дамбами и насыпями, а русло реки расчищено.

В паводок 1938 г. поток смыл высокие (10—12 м) струенаправляющие насыпи, расположенные перед пос. Каменный Карьер, разрушил железнодорожную ветку, ведущую к месту добычи камня, частично подмыл железнодорожную насыпь близ р. Слюдянки и струенаправляющую дамбу против водохранилища.

В 1940 г. русло реки на 500 м вверх и вниз по течению от железнодорожного моста было расчищено экскаватором (перемещено $31\,700 \text{ м}^3$ валуно-галечного материала)⁴, а подмостовая часть русла около устоев моста укреплена габионами.

В 1947 г. основания низовых земляных дамб укреплены упорными ряжами, а откосы дамб — железобетонными плитами толщиной 15 см. Для предотвращения размыва железнодорожной насыпи при прорыве воды р. Слюдянки в сторону р. Похабихи откос насыпи с нагорной стороны на протяжении 362 м покрыт одиночным мощением на моховой подстилке, а в основании насыпи сооружена рисберма.

Между устоями мостов и по левому берегу вверх от моста на 179 м построены стенки из бутового камня на цементном растворе. Высота их 3,5 м при ширине от 0,7—1,5 м (по верху) до 2,2—3,5 м (по низу) и глубине заложения фундамента 1,5—2 м.

В 1948 г. сооружена верхняя правобережная земляная дамба на протяжении 345 м от верхней грани устоя нового моста под путь с нагорной стороны. Высота дамбы 3,5—4 м, ширина по верху 4 м, откос 1 : 2 укреплен железобетонными плитами. Основание дамбы

³ Аномально большой расход потока пади Улунтуй мог быть не только за счет исключительно высокой интенсивности ливня в ее бассейне, но и за счет больших, чем в бассейне р. Слюдянки, запасов снега.

⁴ В 1945 г. здесь же было убрано еще $19\,000 \text{ м}^3$ грунта.

укреплено упорными ряжами. В 1949 г. такая же по конструкции дамба построена по левому берегу реки на протяжении 260 м.

Ввиду малого сечения пролета железнодорожных мостов в 1950 г. построен новый мост под один путь; в 1951 г. произведена подъемка другого моста, а на пикете 921 + 50 небольшой мост заменен трубой. В этом же году закончено сооружение бокового водослива в каменной стене по левому берегу Слюдянки. Он предназначен для сброса части воды Слюдянки в сторону р. Похабихи во время особенно высоких паводков. Одновременно произведено мощение рваным камнем подмостового русла реки на протяжении 110,5 м (33 м выше и 77,5 м ниже моста).

В 1952 г. левобережная земляная дамба с бетонным покрытием была продолжена вверх по реке еще на 1950 м. В этом же году начались завершённые в 1955 г. работы по сооружению земляной правобережной дамбы длиной 1952 м (от пикета 3 + 83 до пикета 23 + 35), в ядре которой оказалась старая ряжевая дамба, построенная в 1935 г. Основание дамбы укреплено упорным ряжем на протяжении 1280 м, а откосы — железобетонными плитами. Откосы верховой части дамбы на протяжении 175 м (между пикетами 16 + 63 и 18 + 38) укреплены одиночной мостовой в бетонных клетках с рисбермой в основании, а далее на протяжении 497 м (пикеты 18 + 38 и 23 + 35) — одиночным мощением с устройством в основании каменной врезки. В то же время на 79 м наращена длина левобережной дамбы (от пикета 14 + 30 до пикета 15 + 09). Речной откос ее покрыт двойным мощением, а основание дамбы укреплено упорным ряжем.

Таким образом, к паводку 1960 г. в районе железной дороги имелся крупный комплекс берегоукрепительных противопаводковых сооружений, обеспечивающих в то же время безопасность главной части г. Слюдянки. Однако рост города со времени составления общего плана берегоукрепительных сооружений привел сначала к стихийному, а потом и к узаконенному местными властями строительству на селеопасной площади конусов выносов р. Слюдянки и пади Улунтуй. Здесь к 1960 г. вырос крупный поселок Рудоуправления, защищенный от селевых паводков лишь старой струенаправляющей ряжевой дамбой с каменной наброской. Дамба долгое время оставалась безнадзорной, и верхние венцы ряжей частью были разобраны некоторыми не в меру предприимчивыми местными жителями, тем самым способствовавшими разрушению собственных жилищ паводком 1960 г.

В не менее селеопасном положении находятся и другие застройки на конусе выноса Сухого ручья. Ливни 19—20.VI 1960 г. не захватили бассейн этого ручья, поэтому, естественно, в нем не было селевого потока. Однако катастрофические селевые паводки, подобные паводку 1934 г. и даже еще более мощные, могут повториться, и если сохранится современная селевая беззащитность поселка рыбаков, часть его может быть разрушена.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕЙ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ

Принято считать, что селевые паводки в Советском Союзе случаются в горных районах засушливой зоны преимущественно между 40 и 45° с. ш. на реках с большими уклонами дна (порядка 0,10—0,20) и крутыми (45°) склонами долины, которые сложены легко разрушающимися горными породами, не защищенными растительным покровом от процессов денудации. Сведения о селевых паводках в горно-таежных районах зоны достаточного или избыточного увлажнения Восточной Сибири, сложенных устойчивыми горными породами, в литературе весьма скудны (Обручев, 1934; Павловский и Цветков, 1936; Думитрашко, 1952; Солоненко, 1960).

Исследования последних лет все с большей ясностью выявляют крупные районы активной селевой деятельности, особенно в Саяно-Байкальской горной области, по периферии впадин байкальского типа. Сели или следы их наблюдались также в лесостепных районах Южного Забайкалья и на Сибирской платформе. Наиболее селеопасным районом Сибири в настоящее время представляется Южное Прибайкалье. Здесь имеется благоприятное для формирования селевых паводков сочетание климатических, геоморфологических и инженерно-геологических факторов.

Южное побережье Байкала с крутым и высоким склоном Хамар-Дабана стоит заслоном на пути наиболее увлажненных северо-западных воздушных течений, проникающих в Байкальскую впадину без значительных потерь влаги через приангарские межгорные ворота. Этот южноприбайкальский заслон способствует интенсивной конденсации осадков, количество которых на северных склонах Хамар-Дабана быстро возрастает (до 90 мм на 100 м) и в верховьях рек, по-видимому, достигает, а может быть и превышает 1700—1800 мм. Даже на метеостанции «Хамар-Дабан», расположенной на 600—650 м ниже водораздела, количество годовых осадков (1309 мм) в 2,7 раза выше, чем в Слюдянке (488 мм), и в 3,2 раза выше, чем в Иркутске (403 мм).

До 50% годового количества осадков, местами и более, выпадает в июне-июле. В этот период случаются затяжные ненастья (до 10 дней), когда морозящие дожди перемежаются с бурными ливнями, во время которых в минуту выпадает до 1 мм осадков, а за 1—2 дня может выпасть годовое количество осадков среднеувлажненной зоны. Например, 10—12.VIII 1935 г. на метеостанции «Хамар-Дабан» выпало 412 мм осадков, то есть больше среднегодовой суммы осадков для г. Иркутска.

Вторая особенность режима атмосферных осадков заключается в том, что в период июньских ливней в горах еще сохраняются крупные запасы снега. Почти полному сбрасыванию ливневых и талых вод в русла рек способствует также широкое развитие

в водосборных бассейнах кристаллических пород с низкой водопроницаемостью и особенно многолетняя, а в мае-июне и сезонная мерзлота.

Эти особенности придают рекам селеобразующий характер: расход рек в паводок иногда возрастает против нормы в 400—600 и более раз. Обвалы, оползни и особенно часто заломы в это время в узких частях долин нередко образуют запруды, после прорыва которых вода идет по руслу валом. При этом временами на отдельных отрезках пути происходит такое насыщение воды твердой фракцией, что поток из водокаменного перерождается в грязекаменный и даже в структурный сель, приобретает колоссальную разрушительную и транспортирующую силу и переносит валуны и глыбы до 4—5 м в поперечнике. Паводки иногда продолжаются до 5—6 дней, но самый разрушительный пик паводка редко продолжается более 4—5 часов. Уровень воды в реках ввиду резкого возрастания скорости потоков поднимается непропорционально мало по сравнению с повышением расхода рек — обычно не более 1,5—2 м, и лишь уровень самой большой реки побережья (р. Снежная, длина 170 км, площадь бассейна около 3200 км²) устанавливается иногда на 5—5,5 м выше ординара.

Способствуют формированию селевых паводков и геоморфологические особенности южного побережья Байкала: северный склон хребта Хамар-Дабан дробно расчленен эрозионной сетью (в среднем на 3 км длины берега приходится одна речка); относительное превышение устьев рек над истоками достигает 1970 м, что при малой длине рек обуславливает большие их уклоны, особенно в верхних отделах бассейнов. Большинство из этих рек являются селеопасными.

Немаловажную роль в повышении селевой опасности бассейнов рек играет ледниковая аккумуляция. В последнее оледенение долинные ледники спускались по большинству рек южного Прибайкалья до их средних отделов, а в отдельных случаях (рр. Выдрино, Переемная, Половинка, Б. Ивановка) выходили на берег озера, где нагромождали морены. В предгорной части морены сложены валунными глинами и суглинками. Мощность их точно не установлена, но в ряде случаев она не менее 25—40 м.

Следует отметить, что при изучении следов оледенения наблюдатели до настоящего времени находятся под влиянием идеи о мощном оледенении Прибайкалья и всякий несортированный, особенно глинисто-валунно-глыбовый материал относят к ледниковому. Вместе с тем не исключено, что формы рельефа (особенно в пределах Танхойского третичного поля), относимые к моренным валам, в действительности могут оказаться селевыми террасами и косами. Впрочем, независимо от генезиса этого матерпала, важно, что он может служить источником твердой фазы селей и селевых паводковых потоков.

Наконец, нельзя не отметить энергичной эрозионной деятельности рек, формирующей крупные конусы выноса. Русла рек нередко проходят по гребню последних, что способствует быстрому разливу и блужданию рек в половодье, выработке новых русел и повышению разрушительной силы паводковых потоков.

Из геологических факторов, способствующих формированию селей, отметим довольно значительное развитие на южном побережье Байкала третичных отложений, протягивающихся узкой (до 2—3, местами до 4—8 км) полосой вдоль берега Байкала на 115 км — от ст. Мурино до г. Бабушкина (Пальшин, 1955).

Третичные песчаниково-глинистые грунты ниже зоны выветривания довольно прочные, но они чрезвычайно неустойчивы к физическому выветриванию: плотные глины после трехкратного замораживания при последующем замачивании расслаиваются уже через несколько секунд (Пальшин, 1955). В естественных условиях в течение года на них образуется кора выветривания мощностью 0,8—1,2 м, а через 2—3 года мощность ее уравнивается с мощностью деятельного слоя (Солоненко, 1960).

Элювий третичных отложений представлен рыхлой суглинистой массой со слабым щебнем. Этот материал легко насыщается водой и приходит в движение. Мощность элювия колеблется от 1,3—1,5 до 4—6 м. Делювий третичных грунтов представлен суглинками, супесями и глинистыми песками. Мощность его колеблется от 0,5—1 до 5—6 м.

В месте примыкания высоких террас к отрогам Хамар-Дабана террасы покрыты мощным шлейфом пролювиального глинистого материала с высоким содержанием щебня и глыб.

Таким образом, элювий и делювий третичных отложений, примыкающие к ним пролювиальные образования подножий гор, а также широко развитые здесь оползневые фации являются благоприятным материалом для формирования грязекаменных потоков. Только очень хорошей залесенностью территории объясняется отсутствие за время наблюдений (со времени постройки железной дороги) на южном побережье Байкала крупных структурных селей, хотя водокаменные потоки здесь бывают почти ежегодно, иногда одновременно на многих реках.

Вместе с тем на участках побережья, сложенных кристаллическими докембрийскими породами, накопление рыхлого грунта идет довольно быстро (Солоненко, 1950, 1960). По наблюдениям в полувыемках железной дороги установлено, что за 30 лет образуется слой элювия мощностью от 0,4 до 1,2 м (диабазы — 0,4, граниты — 0,7, гранито-гнейсы и гнейсы — 1,0, мраморы — 1,2 м), поэтому ориентироваться на недостаток обломочного материала для питания селевых паводков в бассейнах рек, сложенных кристаллическими породами, не приходится.

В отличие от типичных селевых бассейнов, большинство селевых бассейнов Южного Прибайкалья характеризуется высокой

увлажненностью, большим процентом залесенности и часто относительно низкими уклонами дна (менее 0,1). Главнейшими факторами, определяющими селевую деятельность в бассейнах рек Южного Прибайкалья, являются: 1) обильные летние осадки, часть которых выпадает в виде ливней большой интенсивности, обуславливающих формирование мощной водной массы селевых паводков; 2) наличие в бассейнах рек запасов валунно-галечного и иного (ледникового, обвального, солифлюкционного и др.) материала, достаточных для формирования твердой фазы селевых паводков.

Валунно-галечный материал интенсивно накапливается за счет эрозивной и аккумулятивной деятельности обычных паводков, наблюдающихся в бассейнах рек Южного Прибайкалья почти ежегодно. Кроме того, высокие горизонты воды наиболее мощных паводков способствуют перемещению валунно-галечного материала многочисленных конусов выноса, отложенных в устьях боковых притоков и сухих падей временных водотоков.

Указанные основные факторы создают, однако, лишь потенциальную возможность формирования селевых паводков. Для превращения этой возможности в действительность требуются вполне определенные дополнительные условия. К числу последних можно отнести: 1) прохождение сильного, сравнительно кратковременного ливня как заключительного этапа продолжительного дождевого периода, в течение которого должно произойти насыщение влагой мощного мохового покрова, а также валунно-галечной толщи наносов до соединения просачивающихся вод с первым водоносным горизонтом; 2) наличие в верховьях бассейна сезонной мерзлоты; 3) сохраняющиеся до начала первых летних дождей запасы снега, срыв которого усиливает мощность паводка.

Действие первых двух факторов почти полностью устраняет потери на инфильтрацию и поверхностное задержание и тем самым способствует накоплению энергетической способности потока при увеличивающейся водности. Кроме того, полное насыщение водой рыхлых отложений до горизонта грунтовых вод значительно облегчает вовлечение их в движение, что обуславливает переход водного потока в водокаменный.

Специфические условия селеобразования и динамики селевых потоков в Южном Прибайкалье, как и вообще в Саяно-Байкальской горной области, местами связаны с последствиями высокой сейсмической активности. При катастрофических землетрясениях в бассейнах ряда рек (Снежной, Селенгушки, Переемной, Бабхи и др.) образовались крупные сейсмогенные обвалы и оползни. Прорыв их после землетрясений подпруженными реками безусловно сопровождался мощными селями, следы которых местами устанавливаются в разрезе послеледниковых отложений. Местами и в настоящее время еще существуют не полностью спущенные озера, подпруженные сейсмогенными обвалами (р. Селенгушка). Подоб-

ные обвалы массы в ряде бассейнов и в настоящее время служат неисчерпаемым источником твердой фазы селевых потоков. Например, при обследовании селевого бассейна р. Шартлай на западном побережье Байкала, В. П. Солоненко установил, что водокаменный поток при прорыве через сужение долины в зоне сейсмогенных обвалов превратился в грязекаменный сель.

Поскольку сейсмическая активность Прибайкалья остается исключительно высокой (Солоненко и др., 1960), оживления селевой деятельности — следствия катастрофических землетрясений можно ожидать в любое время.

Ни один из селей Южного Прибайкалья, как и Восточной Сибири вообще, ранее не был изучен. Обследование слюдянского села 20 июня 1960 г. — первый шаг по пути исследования селевых потоков Сибири.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЛЕОПАСНОГО БАССЕЙНА р. СЛЮДЯНКИ

Общая природная обстановка. Рельеф. Город Слюдянка расположен на конусе выноса р. Слюдянки у юго-западной оконечности Байкала, в редкой по красоте, но далеко не безопасной природной обстановке (рис. 1).

С юга над городом возвышаются северные склоны хребта Хамар-Дабан, из ущелий которого время от времени вырываются селевые потоки, нагромождающие вдоль берега Байкала конусы выноса. Последние, слившись, образовали узкую (1—3 км) косую предгорную равнину. Устойчивость ее лишь кажущаяся. Равнина представляет собой форму временного межпаводкового закрепления аллювиально-пролювиальных отложений. Во время слабых паводков происходит наращивание высоты равнины за счет притока из ущелий нового песчано-валунно-галечникового материала, а во время наиболее сильных паводков — размыв конусов выноса, формирование новых селевых русел и катастрофическое нагромождение несортированного и сортированного пролювиального материала на отдельных участках наклонной равнины.

Эти геодинамические особенности района и определяют специфику его инженерной геологии.

Город Слюдянка расположен на узкой наклонной предгорной равнине. От тылового шва предгорного шлейфа начинается типичная для Прибайкалья резко расчлененная горно-таежная страна с отдельными гольцовыми массивами.

Относительные высоты гор над уровнем Байкала местами уже в 2 км от берега превосходят 500 м, а в 6—7 км — 1000 м.

Вершинная часть северной ветви хребта Хамар-Дабан с высотами до 2000 м и более проходит примерно в 20 км от озера, но его

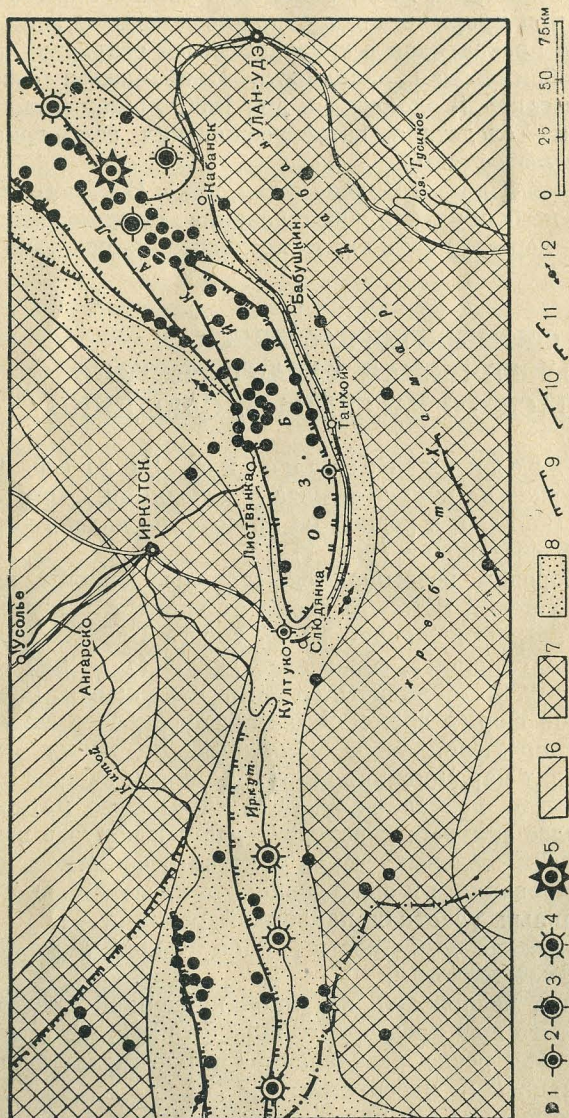


Рис. 1. Картограмма сейсмичности Южного Прибайкалья (по В. П. Солоненко, А. А. Трескову и Н. А. Флоренсову, 1960 г.).

1-5 — эпицентры землетрясений: 1 — силой 6 баллов и менее, 2 — 7 баллов, 3 — 8 баллов, 4 — 9 баллов, 5 — 10 баллов; 6-8 — сейсмические районы: 6 — 7 баллов, 7 — 8 баллов, 8 — 9 баллов и выше; 9 — 11 — сейсмические разломы: 9 — высшей активности, 10 — активные, 11 — с невыясненной активностью; 12 — трещины в земной коре и крупные обвалы, образовавшиеся при старых катастрофических землетрясениях

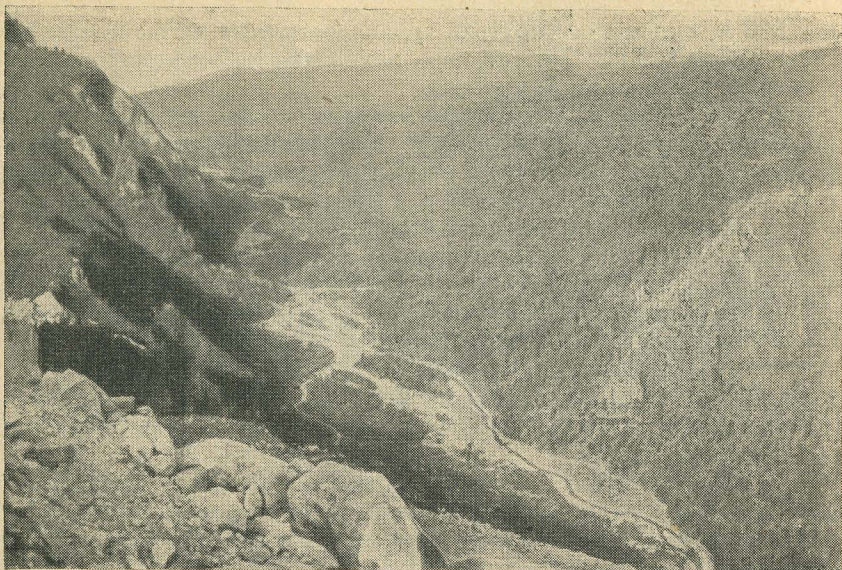


Рис. 2. Долина р. Слюдянки в нижнем течении
(Фото В. Солоненко, 28.VI 1960 г.)

отроги — хребты Комаринский и Стамовой, разделяющие бассейны рр. Слюдянки и Похабихи, Слюдянки и Безымянной, — подступают к самому городу. Их абсолютные отметки колеблются от 1600 до 1900 м. Наиболее высокие плоские вершины хребтов представляют собой остатки базальтового плато, высоко поднятого в послетретичное время и расчлененного эрозией.

Со стороны г. Слюдянки видно как в горы уходят глубокие узкие долины р. Слюдянки, пади Улунтуй, р. Похабихи, Сухого ручья. В нижнем течении Слюдянки долина ее резко асимметрична (рис. 2). Правый склон длинный и сравнительно пологий. В него врезаны долины всех наиболее крупных притоков магистральной реки и многие глубокие распадки. Отдельные притоки имеют в устье довольно крупные конусы выноса. Некоторые из них в паводок 20.VI 1960 г. в значительной мере обновлены и наращены. Левый же склон короткий, крутой, часто обрывистый. Распадки, расчленяющие его, короткие и врезаны слабо, тальвеги их весьма круты.

В верхнем течении реки долина более симметрична и представляет клинообразное с усеченной вершиной ущелье, склоны которого, однако, почти полностью покрыты таежной растительностью.

Заканчивается долина Слюдянки ледниковыми карами. Е. В. Павловский (1948) указывает, что наиболее крупный из них находится в правом истоке Слюдянки. Он имеет в поперечнике

700—800 м, склоны его крутые, труднодоступные, устье лежит на высоте около 1600 м. На дне кара находится небольшое озеро, из которого и вытекает Слюдянка.

Верхняя часть долины на протяжении около 8 км в последнее оледенение была занята ледником. Конечная морена, сложенная типичными ледниковыми валунными суглинками, лежит на высоте около 1000 м. Вблизи же на склонах имеет место характерный моренный ландшафт. Видимая мощность моренных отложений 25—30 м. На высоте 1200 и 1400 м располагаются стадияльные морены. По наблюдениям Е. В. Павловского, средний вал стадияльной морены служил плотиной для небольшого озера, в настоящее время заполненного осадками и заросшего.

Пойма Слюдянки имеет неровный рельеф, обусловленный продольными косами и растянутыми вниз по реке конусами выноса боковых падей — яркими следами бывших ранее катастрофических паводков.

Стратиграфия. Бассейн Слюдянки сложен докембрийскими метаморфическими и изверженными породами, кайнозойскими базальтами и четвертичными рыхлыми отложениями (рис. 3).

Архейский метаморфический комплекс состоит из трех свит (сверху вниз): безымянской, харагольской и слюдянской.

Безымянская свита сложена биотит-гранатовыми и биотитовыми гнейсами с подчиненными прослоями мраморов и пироксеновых сланцев.

Харагольская свита представлена диопсид-актинолитовыми гнейсами с подчиненными прослоями мраморов.

Для слюдянской свиты характерно переслаивание пластов лейкократовых, биотитовых, пироксен-биотитовых, пироксен-амфиболовых и других гнейсов, мраморов, доломитов и кварц-диопсидовых пород. Отложения свиты занимают большую часть площади бассейна Слюдянки. Мощность ее — 2700 м. Она расчленяется на нижнюю, среднюю и верхнюю подсвиты. В нижней и верхней подсвитах преобладают мощные пласты доломитовых и кальцитовых мраморов, составляющих, по мнению Д. С. Коржинского, не менее трети всей мощности свиты. Средняя подсвита преимущественно гнейсовая.

Метаморфические породы прорваны архейскими и протерозойскими гранитоидами, которые неравномерно распределены по площади бассейна и образуют преимущественно пластово-секущие тела, в общем вытянутые согласно простираанию вмещающих пород.

Четвертичные отложения представлены пролювиально-аллювиальными, аллювиальными, делювиальными и моренными образованиями.

Современные пролювиально-аллювиальные отложения русел рек и конусов выноса преимущественно песчано- и валунно-галечные, иногда с примесью глинистого материала в верхней половине долины, нередко с крупными обвальными глыбами. Средний размер

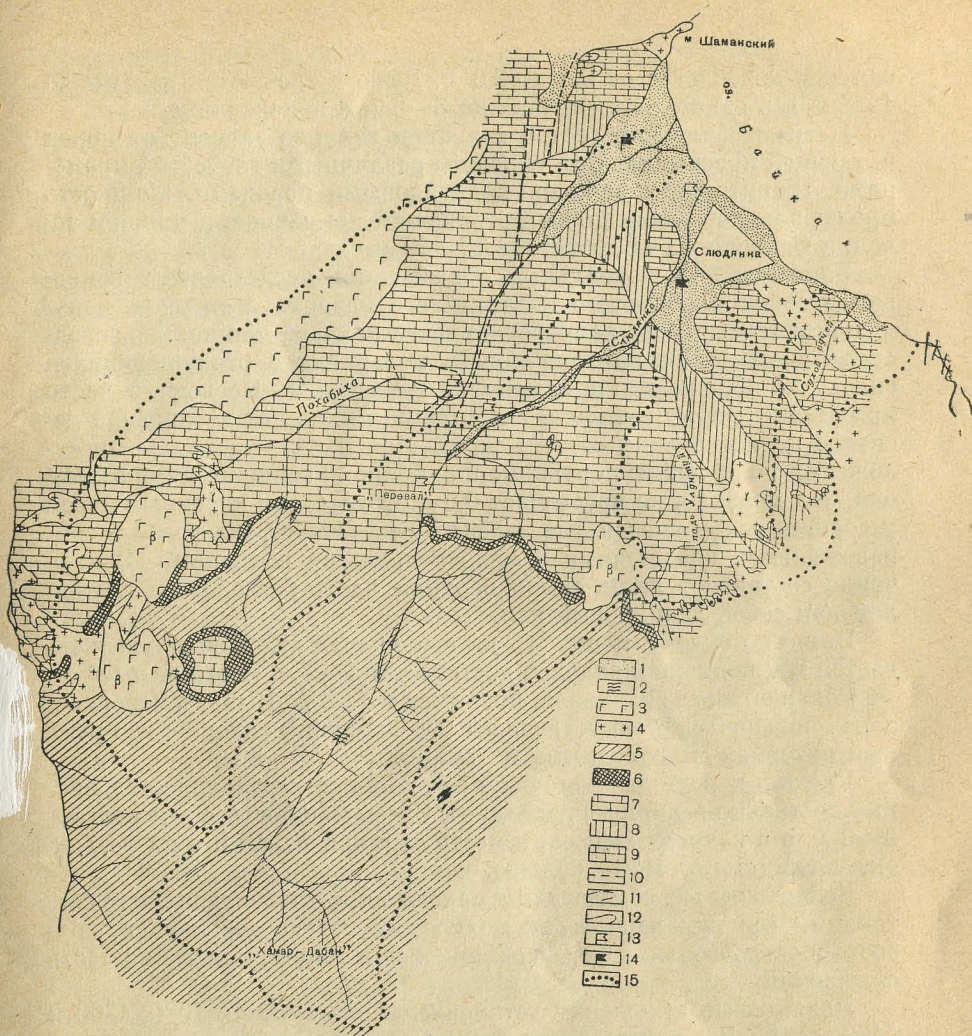


Рис. 3. Геологическая схема бассейна р. Слюдянки (по карте Е. П. Чуйкиной и Ф. В. Кузнецовой).

1 — аллювиально-пролювиальные четвертичные отложения (Q); 2 — конечные морены; 3 — базальты; 4 — гранитоиды; 5 — безьянская свита ($A_{C_1}^{B_2}$) — биотитовые и биотит-гранатовые гнейсы с тонкими прослоями мраморов и пироксеновых сланцев; 6 — харарольская свита ($A_{C_1}^X$) — диопсидовые полосчатые гнейсы с актинолитом; 7 — верхняя подсвита слюдянской свиты ($A_{C_1}^{C_2}$) — мраморы с прослоями диопсид-роговообманковых сланцев, биотит-гранат-графитовых гнейсов и кварцитов; 8 — средняя подсвита слюдянской свиты ($A_{C_1}^{C_2}$) — биотит-гранатовые и роговообманковые-биотитовые гнейсы и сланцы; 9 — нижняя подсвита слюдянской свиты ($A_{C_1}^{C_1}$) — мраморы с прослоями биотитовых гнейсов; 10 — линии разломов; 11 — линии надвигов; 12 — границы свит; 13 — временный водомерный пост ВСГИ СО АН СССР; 14 — водомерный пост ИУГМС; 15 — линия водораздела

БИБЛИОТЕКА
Института географии
Сибирь
и Дальнего Востока
г. Иркутск

валунов колеблется от 0,4 до 0,6 м. Реже встречаются валуны до 1—2 м и в единичных случаях до 3—5 м в поперечнике.

Петрографический состав гальки и валунов зависит от пород питающей провинции. Они сложены различными гнейсами, мраморами, гранитоидами и кварц-диопсидовыми породами. Мощность пролювиально-аллювиальных отложений изменчива, в нижнем течении Слюдянки она достигает 30—40 м.

Элювиально-делювиальные образования представлены покровом дресвяно-щепнистого и глинистого материала склонов, конусовидными осыпями с непрерывно возрастающей мощностью вследствие постоянного притока нового материала с разрушающихся скальных обнажений и каменистых россыпей. Последние часто принимают форму курумов, вытянутых в длину от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Мощность делювиальных отложений по профилю неравномерна; ближе к вершине водораздела она, как правило, не превышает 0,5 м. Обнажения коренных пород у вершин водоразделов, где делювий отсутствует, невелики и сопровождаются небольшими и малочисленными россыпями. Исключение составляет лишь самая верхняя часть бассейна, представляющая собой ледниковый кар.

Ниже по склону мощность делювиальных отложений увеличивается и у подножия склонов достигает 1,5—2 м, местами и более.

Обнаженность склонов не превышает 2—3%. Выходы коренных пород большей частью встречаются у подножий склонов, где рыхлый материал смыт водными потоками.

Средне- и крупнообломочный материал сосредоточивается преимущественно в днищах распадков. Здесь мощность его достигает 5—6 м, а в конусах выноса, в месте слияния падей и в их устьях, она, по-видимому, много больше.

Делювиальные образования находятся в слабоподвижном состоянии. Для них характерно полное отсутствие сортировки, грубость и остроугольная форма обломков и, в общем, малая мощность отложений.

Ледниковые отложения установлены на отметках 1000, 1200 и 1400 м в 15 км от устья реки и выше. Они представлены моренными валунными суглинками.

Таким образом, источниками непосредственного питания твердой фазы селей в бассейне Слюдянки являются: аллювиальные валунно-галечные отложения, массы которых более или менее равномерно убывают снизу вверх по долине; валунно-песчано-галечные пролювиальные отложения конусов выноса боковых притоков и самой Слюдянки; моренные валунные суглинки среднего отдела долины; элювиально-делювиальные отложения различного гранулометрического состава и почвенные горизонты, которые во время затяжных дождей, сменяющихся ливнями, сползают вместе с растительным покровом в потоки и превращают их из водных или водокаменных в грязекаменные, обвальные фации. Дополнительным

источником грубообломочного материала могут быть отвалы шахт и карьеров.

Тектоника. Основной архейской структурой района является антиклинорий с осью почти широтного простирания.

В процессе архейского тектогенеза слоистая пачка гнейзов, заключенная среди мощных толщ карбонатных пород слюдянской свиты, подвергалась интенсивным дислокациям с образованием весьма сложных складчатых структур нескольких порядков и разрывов различных направлений. Структурные формы более высоких порядков наблюдаются повсеместно, хотя в различных частях метаморфического комплекса проявляются не в одинаковой степени. На последнее обстоятельство, по всей вероятности, оказывает влияние мощность подсвет, в пределах которых они имеются.

Не менее сложную картину дают тектонические разрывы. Активная тектоническая деятельность в допалеозойское время, палеозойская, мезозойская и новейшая тектоника не только значительно усложнили древнюю сеть тектонических разрывов, но и создали ряд новых дизъюнктивных нарушений самого различного типа.

О преобладающем простирании разрывных нарушений можно судить по характеру развития тектонической трещиноватости. В районе выделяются три основные системы трещин: поперечные и продольные к складчатым структурам и межпластовые.

Поперечные трещины имеют на диаграмме тектонической трещиноватости четко выраженный максимум (6%) со средним азимутом падения 162° и углом падения 74° . Трещины прямые, реже кривые, с ровной либо шероховатой поверхностью. По падению они без заметного изменения в своей ориентировке пересекают породы различного петрографического состава. По простиранию длина каждой отдельной трещины различная, но в общей совокупности система этих трещин довольно хорошо выдержана. Среднее расстояние между трещинами колеблется от 0,5—0,8 м в гнейсах до 3—4 м в мраморах. Трещины большей частью открыты. Средняя величина их зияния колеблется в пределах 0,1—1 см в гнейсах и 0,5—2—3 см в мраморах. С глубиной трещины этой системы заметно не затухают.

Продольные трещины на диаграмме тектонической трещиноватости имеют четко выраженный максимум (5,5%) со средним азимутом падения $61—75^\circ$ и углом падения $55—85^\circ$. Направление этих трещин почти совпадает с простиранием пород, по падению продольные трещины секут их почти под прямым углом, хотя нередки и отклонения. Трещины кривые, реже прямые, с неровной бугристой поверхностью. По простиранию они хорошо выдержаны, а по падению секут без заметного изменения своей ориентировки породы различного петрографического состава. Расстояние между трещинами колеблется в пределах нескольких метров. По общему характеру зияния продольные трещины, за некоторым исключением, являются открытыми. Среднее зияние трещин не

превышает 0,5—1 см. С удалением от дневной поверхности трещины испытывают слабое затухание.

Межпластовые трещины имеют средний азимут падения 245° и угол падения 73° (на диаграмме они имеют четкий максимум с плотностью точек около 5%). Трещины отчетливо выражены в гнейсах и несколько хуже в мраморах. По форме трещины прямые, реже ступенчатые, с ровной, иногда шероховатой поверхностью. Среднее расстояние между трещинами колеблется от 0,3—0,6 м в гнейсах до 1—1,1 м и более в мраморах. Зияние не выдержано и изменяется от 0 до 1—2 см, реже более. Зияющие трещины приурочены к контактам различных петрографических разностей пород. С удалением от дневной поверхности система межпластовых трещин резко затухает.

Следует отметить, что, кроме описанных главных систем трещин, имеются еще второстепенные, которые на диаграммах тектонической трещиноватости дают вполне четкие концентрации.

Как известно, петрографический состав породы в той или иной степени предопределяет ее физико-механические свойства. Механическая анизотропность пород проявляется в характере трещиноватости. В гнейсах, являющихся относительно анизотропными породами, всегда отчетливо видны системы межпластовых, продольных и поперечных трещин. Коэффициент растяжения гнейсов колеблется от 3 до 6%, а степень раскрытости породы от 0,6 до 1,5%, редко до 2%.

Мраморы по своим физико-механическим свойствам резко отличаются от гнейсов. Они дают «расплывчатого» характера круговые диаграммы с несколькими концентрациями максимумов отдельных систем трещин. Степень раскрытости мраморов колеблется от 4 до 6%, достигая в некоторых случаях 8%, что значительно повышает их водопроницающую способность. Интенсивное развитие системы мелких трещин в приповерхностных горизонтах следует объяснить слабой сопротивляемостью мраморов агентам выветривания. Трещины выветривания развиты до глубины в 30—50 м. Степень зияния их изменяется от долей миллиметра до нескольких сантиметров.

Следует отметить, что описываемая территория является в настоящее время тектонически подвижной и сейсмически активной зоной.

Разломы, ограничивающие южную впадину Байкала и смыкающиеся вблизи г. Слюдянки, сейсмогенны и отнесены В. П. Солоненко, А. А. Тресковым и Н. А. Флоренсовым (1960) к разломам высшей сейсмической активности. Поэтому бассейн р. Слюдянки включен ими в район с возможными девятибалльными землетрясениями (рис. 1).

Косвенная связь тектоники с селями заключается прежде всего в том, что трещинная тектоника способствует интенсивной денудации скальных горных пород (Солоненко, 1950) и развитию

обвалов (Солоненко и др., 1951), т. е. способствует подготовке значительных масс обломочного материала. Зоны сгущения трещин, особенно при крутом падении пластов метаморфических пород в сторону долины, при соответствующих геоморфологических условиях следует рассматривать как возможные селеобразующие очаги. Кроме того, тектоника района оказывает существенное влияние на режим поверхностных и подземных вод и является одним из решающих факторов при выборе типа противоселевых сооружений.

Гидрогеология. В бассейне Слюдянки выделяются грунтовые воды пролювиально-аллювиальных отложений, грунтовые воды делювиальных отложений, трещинные и трещинно-жильные воды гнейсовой толщи, трещинно-карстовые воды карбонатной толщи.

Грунтовые воды пролювиально-аллювиальных отложений приурочены к песчано-валунно-галечниковым и песчано-глинистым отложениям преимущественно приустьевых частей речных долин и побережья Байкала. Зеркало их на городской территории лежит на глубине 8—10 м, но по мере приближения к берегу озера глубина залегания их уменьшается до 1—2 м. Воды слабо минерализованы, гидрокарбонатные магниево-кальциевые.

Грунтовые воды делювиальных отложений встречаются большей частью в днищах логов, лощин и распадков и образуют весьма ограниченные местные водоносные горизонты. Водовмещающими породами на крутых склонах являются песчано-щебнистые, иногда глинистые продукты сноса. Относительным водупором обычно служат кристаллические коренные породы. Глубина залегания этих вод колеблется от 0,5 до 2,5 м. Значительная крутизна склонов и днищ распадков обуславливает большую скорость фильтрации воды. Источником питания вод делювия являются атмосферные осадки, что определяет резкие колебания уровня и периодическое функционирование делювиальных потоков. Дополнительным источником питания служат воды верховых болот на плоских водоразделах. Воды гидрокарбонатные кальциевые, слабо минерализованные.

В условиях обводненности гнейсов харагольской и безымянской свит и гнейсов средней подсвиты слюдянской свиты имеются существенные различия. Это связано с положением свит в общей тектонической структуре района.

Трещинные воды гнейсов харагольской и безымянской свит распространены в верхней части и в меньшей степени в средней части бассейна Слюдянки. Гнейсы, как правило, монолитны и весьма слабо обводнены. Выходы источников приурочены к наиболее ослабленным приконтактовым зонам гнейсов, реже к коре выветривания. Дебит источников даже в период максимального выпадения атмосферных осадков (июнь — август) колеблется от долей литра в секунду до 2 л/сек. Многочисленные поверхностные

водотоки, стекающие по склонам, сложенным гнейсами, указывают на их слабую водопроницаемость.

Слюдянская свита, являясь наиболее интенсивно дислоцированной по сравнению с другими архейскими комплексами района, создает наиболее благоприятные условия для инфильтрации атмосферных осадков и питания подземных вод.

Гнейсовая толща слюдянской свиты разбита многочисленными дизъюнктивными нарушениями и сопровождающими их зонами повышенной трещиноватости. Но не все из выявленных систем трещин водоносны. Наиболее благоприятные каналы для движения подземных вод — трещины северо-восточного простирания с крутым углом наклона. Трещины этой системы с глубиной не испытывают заметного затухания. Геологические условия создают благоприятную обстановку для формирования в гнейсах слюдянской свиты вод трещинного и трещинно-жильного типов. Общая обводненность их еще повышается за счет трещинно-карстовых вод прослоев карбонатных пород.

Трещинно-жильные и трещинные воды образуют линейно вытянутые и водоносные зоны, к которым приурочены мощные подземные потоки. Эти зоны гидравлически связаны с водоносной системой региональной трещиноватости вмещающих пород. Область питания трещинно-жильных вод выходит далеко за пределы их распространения. Наличие подземных вод такого типа и объясняет внезапные прорывы мощных водных потоков в горные выработки Слюдянского флогопитового месторождения. Высокую проницаемость гнейсов слюдянской свиты подтверждает почти полное отсутствие постоянных поверхностных водотоков на площадях, сложенных ими (например, падь Улунтуй).

Этим в известной мере объясняются различия в характере паводков Слюдянки и пади Улунтуй. При равном количестве выпавших атмосферных осадков в пади Улунтуй поверхностный водный поток может отсутствовать, в то время как на Слюдянке наблюдается паводковый уровень. При затяжных дождях зона трещиноватости гнейсов в пади Улунтуй постепенно насыщается водой, которая оказывается мощным дополнительным источником питания формирующегося поверхностного водотока. Поэтому паводковые пики Слюдянки и пади Улунтуй могут не совпадать во времени — он наступает позднее в пади Улунтуй, а при умеренном количестве осадков паводок в последней проявляется вяло или даже не проявляется.

Доминирующее положение среди подземных вод описываемого района занимают трещинно-карстовые воды карбонатной толщи слюдянской свиты. Трещиноватость карбонатных пород выше, чем у гнейсов, и это создает благоприятные условия для аккумуляции и движения в них воды.

Характерной особенностью района карбонатных толщ слюдянской свиты является почти полное отсутствие постоянных

поверхностных водотоков, перемежаемость небольших временных водотоков, а также значительные потери воды магистральной рекой бассейна. Так, в районе горных разработок «Перевал» в межене Слюдянка на значительном протяжении полностью теряет воду на подземный сток и вновь появляется только на контакте гнейсовой и мраморной толщ, восстанавливая поверхностный сток за счет групповых выходов источников; дебит отдельных таких групп превышает 100 л/сек.

Необходимо отметить, что в карбонатной толще наблюдаются первичные признаки развития карстовых форм: разнообразные углубления в виде небольших лунок и бороздок, карры, поноры, имеющие вытянутую по вертикали форму с длиной до 25 см, каверны и даже небольшие (до 1 м³) пещеры. Почти повсеместно к пещерам приурочены многодебитные источники. Другим дополнительным и не менее явным признаком карста является сезонный характер и резкие колебания дебита некоторых источников.

Присутствие в долине Слюдянки горизонта трещинно-карстовых вод, имеющего область разгрузки в соседней долине р. Похабихи, в известной мере лимитирует выбор места и типа противоселевых сооружений в долине Слюдянки. Химизм подземных и поверхностных вод района приведен в табл. 4.

По расчетам агрессивности воды согласно Н и ТУ 127-55, все воды неагрессивны по отношению к бетону, замешанному на цементе любой марки.

Почвы и растительность. Распределение почвенного покрова подчинено законам вертикальной зональности. На наиболее возвышенных участках, выше границы леса (1600—1800 м), почвенный покров представлен горно-тундровыми и хрящевато-суглинистыми разностями. Около 3 км² здесь занимают скальные обнажения и каменные россыпи.

Ниже, в лесной зоне, располагаются горные подзолистые почвы со слабо оформленным профилем, болотные почвы, а также каменистые россыпи. Болотные почвы встречаются не только на плоских водоразделах, но и на склонах — в местах выхода грунтовых вод.

Резко расчлененный рельеф благоприятствует сносу мелкозема по крутым склонам. Поэтому почвы на склонах имеют малую мощность и грубый механический состав. В местах полного смыва мелкоземистых продуктов выветривания, эрозии почв, недавних оползней и обвалов на поверхность выступают коренные породы или грубый обломочный материал.

Из подзолистых почв преобладают слабоподзолистые мало-мощные почвы, а также сильно- и среднеподзолистые почвы, развивающиеся на карбонатных породах. По механическому составу все они относятся к супесчаным и песчаным, с малой влагоемкостью.

Химический состав поверхностных и

Место взятия пробы	Дата взятия пробы	рН	Компоненты.			
			Na ⁺ +K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	NO ₃ ⁻
Створ «Перевал», 9 км от устья . . .	—	7,8	5,98	20,04	3,09	10,81
Река Слюдянка ниже завала, 4 км ниже створа 1	—	8,0	3,91	24,48	7,64	Сл.
Источник 10, 3,6 км ниже створа 1	16.X 1959 г.	8,0	13,80	29,06	14,60	То же
Групповой выход источников, 0,5 км вы- ше створа 2	—	8,0	9,20	29,58	7,20	»
Створ 2, 3,9 км от устья	16.X 1959 г.	—	2,30	36,07	8,94	»

Сравнительно небольшие площади на пологих склонах под смешанным негустым лесом занимают серые лесные почвы с глинистой и пылевато-комковатой структурой.

В долинах рек под лесной растительностью можно встретить узкие полосы аллювиальных подзолистых почв с высокой фильтрационной способностью. Своеобразие этих почв в том, что слоистость почво-материнской породы маскирует дифференциацию почвенной массы на горизонты разнообразного механического состава, свойственного почвам на аллювиальных наносах.

На дне долин рек местами появляются пятна пойменно-луговых почв. По механическому составу они близки к супесчано-суглинистым разностям.

Почвенный покров в целом малоустойчив против процессов эрозии, особенно на участках, лишенных древесно-кустарниковой растительности. Однако на большей части площади бассейна сохранность почв удовлетворительная.

Растительность на территории бассейна имеет хорошо выраженную вертикальную зональность. Пойма и прирусловые части долин покрыты луговой растительностью и зарослями кустарника (тальник, черемуха, береза, ольха и др.). У подошвы склонов наблюдаются сплошные заросли ольхи с примесью березы и осины. В следующей высотной зоне к ним примешиваются сосна, ель, лиственница, пихта и кедр. Северные склоны покрыты преимущественно пихтово-кедровой тайгой, а южные — светлохвойными сосново-лиственничными лесами с примесью березы и осины. С высотой исчезают береза, осина, ель, затем лиственница и кедр.

Таблица 1

подземных вод бассейна Слюдянки

мг/л				Минерализация (по сумме ионов), г/л	Жесткость		
Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₂ (св)		общая	карбонатная	постоянная
3,48	11,10	61,0	10,32	115,5	3,72	3,44	0,03
3,48	18,91	91,50	11,62	149,9	5,12	4,20	0,92
6,96	23,02	158,6	17,42	246,0	7,50	7,28	0,22
3,48	12,74	128,1	5,81	190,3	5,80	5,80	—
3,48	26,30	132,0	11,62	209,1	7,11	5,60	1,51

Верхняя граница лесной растительности в бассейне Слюдянки проходит, как правило, в интервале 1600—1800 м. Вершины горных хребтов покрыты мхами, лишайниками, карликовой березкой и стланиковым кедром. На территории бассейна встречаются отдельные пятна гарей и лесосек. Возобновляющийся на них молодой лес представлен преимущественно лиственными породами со слабым травянистым покровом и зарослями багульника. На северных склонах гор имеется мощный napочвенный моховый слой, оказывающий существенное влияние на режим поверхностного стока.

Залесенность бассейна — около 70%. На предгорной косой равнине в районе г. Слюдянки лес почти полностью вырублен, а остатки рощ деревьев с неделовой древесиной в вершине конусов выноса уничтожены селевыми паводковыми потоками 1927 и 1934 гг.

К л и м а т. Бассейн Слюдянки лежит в восточно-сибирской климатической области, общие характерные черты которой определяются зимним сибирским антициклоном и летней сибирской барической депрессией. Условия атмосферной циркуляции области характеризуются тем, что в нижние слои атмосферы почти не проникают атлантические и тихоокеанские воздушные массы, притекает же главным образом арктический воздух, трансформирующийся над континентом в воздух умеренных широт.

Указанные основные факторы определяют резко континентальность климата. Зимой здесь удерживается малооблачная холодная погода со слабыми ветрами и малым количеством осадков. Летом, в результате циклонической деятельности на арктических

фронтах, в область вторгается арктический воздух, обуславливая оживление ветровой деятельности и частые осадки.

На общем фоне резко континентального климата Восточной Сибири побережье Байкала имеет ряд отличительных климатических особенностей, обусловленных теплообменом водных масс озера с окружающей средой. Этот теплообмен снижает летние и повышает зимние температуры на побережье по сравнению с участками, расположенными в 20—25 км от озера, на 2—5°.

Наличие крупного водоема в высокогорном обрамлении способствует также образованию дополнительных запасов влаги на территории бассейна за счет испарения и последующей конденсации пара на склонах прилегающих гор. По мере понижения температуры воздуха с высотой интенсивность конденсации, а, следовательно, и увлажненность склонов гор увеличиваются.

Для характеристики климата бассейна Слюдянки были использованы данные метеорологических станций «Слюдянка» и «Хамар-Дабан».

Следует отметить, что данные станции «Слюдянка» отражают климат лишь узкой прибрежной полосы бассейна. Наиболее репрезентативными для значительной части площади бассейна Слюдянки являются данные метеостанции «Хамар-Дабан». Это подтверждается наблюдениями временного метеопоста Института земной коры СО АН СССР, функционировавшего в средней части бассейна летом 1959 г.

Значение среднемесячных температур воздуха, а также абсолютные экстремальные их величины даны в табл. 2.

Влияние орографии на температурный режим рассматриваемого района выражается в понижении температур воздуха с высотой местности (в среднем 0,3° на 100 м) и в застаивании холодного воздуха в пониженных участках рельефа, особенно в тихие осенние и зимние дни.

Среднесуточная положительная температура воздуха в приозерной части бассейна Слюдянки наблюдается в течение 186 дней (с 18.IV по 22.X), а в верхней части долины — в течение 151 дня (с 3.V по 2.X). Весной и осенью отмечаются многочисленные случаи перехода дневных положительных температур к ночным отрицательным и обратно, вследствие чего безморозный период продолжается на станции «Слюдянка» всего 124 дня, а на станции «Хамар-Дабан» 73 дня, хотя в отдельные годы отрицательные температуры воздуха бывают на территории бассейна почти в каждом месяце.

В соответствии с климатом находится глубина сезонного промерзания грунтов: песчаных до 2,8 м и глинистых до 2,5 м. Полное оттаивание мерзлоты на большей части низовьев бассейна происходит в июне, в верховьях — в июле.

Многолетняя мерзлота в бассейне Слюдянки достоверно установлена лишь в узкой приозерной полосе на высокой пойменной

Таблица 2

Температуры воздуха

Месяцы	Метеостанция «Слюдянка»			Метеостанция «Хамар-Дабан»		
	средние	мини- мальные	макси- мальные	средние	мини- мальные	макси- мальные
I	-17,3	-38	+7	-17,9	-40	+5
II	-16,8	-39	+3	-16,4	-40	+5
III	-9,9	-32	+11	-10,9	-34	+13
IV	-0,4	-30	+20	-3,3	-31	+22
V	+5,8	-11	+28	+2,8	-18	+25
VI	+11,7	-1	+28	+10,1	-7	+28
VII	+15,2	+2	+30	+13,0	-2	+29
VIII	+14,1	+1	+26	+10,7	-5	+27
IX	+8,4	-7	+24	+4,1	-13	+25
X	+1,8	-26	+22	-2,6	-35	+19
XI	-7,1	-31	+13	-11,8	-38	+15
XII	-13,8	-35	+8	-16,1	-39	+3
Годовая	-0,7	-39	+30	-3,2	-40	+29

террасе Байкала, где она залегает на глубине от 0,5 до 7 м. Нижняя граница мерзлоты находится на глубине более 15 м. В гольцовой зоне мощность многолетней мерзлоты, по предположению, достигает 50—80 м, она относится к типу многолетней мерзлоты с островами таликов (Солоненко, 1960).

Среднегодовое количество осадков на территории бассейна колеблется от 488 мм (ст. «Слюдянка») до 1309 мм (ст. «Хамар-Дабан»). Внутригодовое распределение осадков приведено в табл. 3.

Осадки в зависимости от высоты местности распределяются неравномерно как во времени, так и по территории. В среднем для бассейна градиент составляет 86 мм на 100 м высоты.

Таблица 3

Внутригодовое распределение атмосферных осадков
в бассейне Слюдянки, мм

Метеостанция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
«Хамар-Дабан»	30	26	30	35	107	215	350	280	130	42	43	21	1309
«Слюдянка»	7	6	7	15	42	84	135	109	51	17	10	5	488

Продолжительность ненастных периодов колеблется от 3 до 10 дней, а продолжительность выпадения осадков в течение затяжного ненастья не превышает 120 час. Максимальное суточное

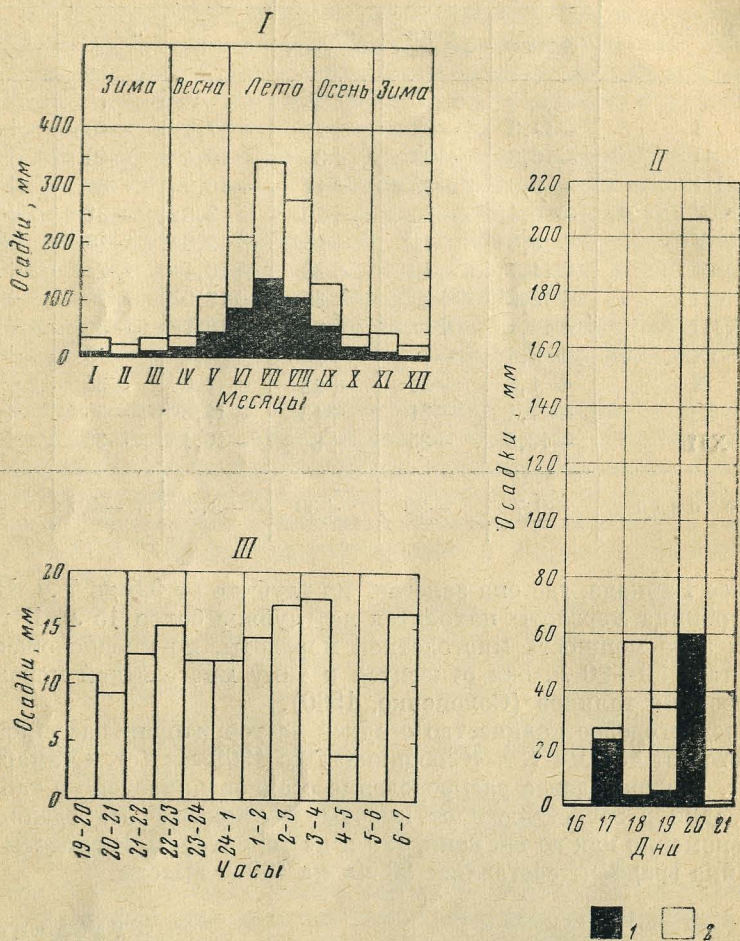


Рис. 4. Распределение осадков по гидрометеорологическим станциям «Слюдянка» (1) и «Хамар-Дабан» (2).

I — за многолетний период; II — за ненастье 17—20.VI 1960 г.; III — за отдельные часы в ночь с 19 на 20.VI 1960 г.

количество осадков приходится на июнь — август (рис. 4) и составляет от 110 до 208 мм. Отдельные ливни имеют весьма высокую интенсивность. Так, например, на ст. «Хамар-Дабан» за 56 часов 7—11.VIII 1935 г. выпало 457 мм осадков, а средняя интенсивность ливня составляла 0,27 мм/мин. 20.VI 1960 г. за 12 часов

количество выпавших осадков достигло 152 мм, а общая сумма за 4 дня (17—20.VI) составила 326 мм при максимальной интенсивности 0,43 мм/мин.

Средняя повторяемость наиболее интенсивных ливней, вызывающих катастрофические паводки на Слюдянке, — один раз в 15 лет. Неравномерное распределение ливней по площади обуславливает формирование селевых паводков в отдельных, часто небольших, водосборных бассейнах. Иногда же ливни идут одновременно на значительном протяжении хребта Хамар-Дабан, вызывая высокие паводки, местами селевые, на всех реках южного побережья Байкала.

В многолетнем разрезе среднегодовое количество осадков, по данным станции «Слюдянка», изменялось от 383 мм (1958 г.) до 586 мм (1960 г.). Влажные периоды наблюдались с 1938 по 1940 г. и с 1948 по 1953 г., а сухие — с 1943 по 1947 г. и с 1954 по 1959 г. Среднее количество осадков по этим периодам соответственно было равно 550, 521, 443 и 411 мм в год. Шестилетний период, предшествовавший селевому паводку 20 июня 1960 г., имел среднегодовое количество осадков, близкое к минимальному значению, наблюдаемому в 1958 г. Снежный покров на территории бассейна распределяется в соответствии с рельефом и климатической зональностью. В прибрежной зоне максимальная высота снежного покрова (конец февраля — начало марта) достигает 24—27 см, в то время как на высотах 1400—1500 м мощность снежного покрова колеблется от 100 до 110 см (максимальная в конце марта — начале апреля).

Снежный покров сходит на прибрежных участках в апреле, на горах же он задерживается до конца мая и даже до конца июня; устанавливается он в нижней части бассейна в ноябре (редко в конце октября), а в горах — в сентябре.

При снегомерной съемке, проведенной в конце марта 1960 г. Прибайкальским гидрологическим отрядом Института земной коры СО АН СССР, в бассейне Слюдянки была определена средняя высота снежного покрова, равная 79 см. Снег отсутствовал, как правило, лишь на обнаженных скальных участках крутых склонов и распадков.

В зависимости от рельефа и подстилающей поверхности высота снежного покрова колеблется в значительных пределах. Вблизи Байкала, в прибрежной зоне бассейна, она равна 15—20 см на открытых участках и 25—30 см на залесенных участках. В 10 км от устья реки высота снежного покрова увеличивается до 65—70 см в долине и до 80 см на залесенных водораздельных участках. В верховьях бассейна снежный покров достигает высоты 100—115 см, а в отдельных местах хребта Хамар-Дабан 120—130 см. Средняя величина запасов воды, вычисленная для бассейна, составляет 139 мм. Средний запас воды (в виде снега) обеспечен на 46% площади бассейна. В зависимости от высоты участков бассейна запасы воды в снеге колеблются от 6,3 до 220 мм.

ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА р. СЛЮДЯНКИ

Общие сведения о реке и ее бассейне. Река Слюдянка стекает с северного склона хребта Хамар-Дабан, беря свое начало на высоте 1700 м. Длина ее 22 км, площадь бассейна 74 км². Впадает она в оз. Байкал у г. Слюдянки на высоте 457 м. Общее падение реки 1243 м, или около 57 м на 1 км длины, а разница между высшей и низшей точками долины — 1632 м.

Исток реки расположен в каменистом ледниковом каре с очень крутыми склонами, в большинстве своем недоступными из-за сплошных скальных обнажений и осыпей, не закрепленных растительностью. По склонам этого кара выходит множество родников, стекающих в озерцо (длина его 30 м, ширина 3—4 м, глубина 0,4—0,6 м), дающее начало реке.

Бассейн реки имеет форму, близкую к прямоугольнику; в истоке на протяжении 5 км он вытянут с юго-востока на северо-запад, а ниже до устья реки — с юга-запада на северо-восток. Ширина бассейна колеблется от 2,7 до 6,5 км, средняя ширина — 3,4 км. На северо-западе по отрогам хребта Комаринского проходит граница с бассейном р. Похабихи, на северо-востоке, по водораздельному хребту Стамовому — с бассейном р. Безымянной, на юге бассейн ограничен хребтом Хамар-Дабан, в котором находится наиболее высокая вершина водораздельной линии в истоке реки с абсолютной отметкой 2089,7 м.

Большая часть бассейна (74,2%) лежит на высоте 600—1500 м. Наиболее благоприятная для обжития площадь, имеющая высоты от 457 до 600 м, невелика — 5,1 км². В верхней части бассейна (площадь более 14 км², высота 1500—2090 м) к началу июньских дождей могут сохраняться значительные запасы снега. Средняя высота бассейна — 1145 м.

По типу рельефа бассейн Слюдянки среднегорный, с преобладающими абсолютными высотами 1000—1600 м и относительными 500—700 м. Горы плосковершинные или скалистые, сильно расчленены узкими V-образными долинами.

Крутизна склонов гор, обычно достигает 20—35 и даже 45°. На вершинах гор местами встречаются сравнительно широкие уплощенные поверхности с мягкими, округлыми формами рельефа и сравнительно пологими склонами.

Средний уклон Слюдянки 56,5‰. В ее продольном профиле (рис. 5) отчетливо выделяются две части. Наибольшее падение река имеет на протяжении 14 км от истока, где уклон ее составляет 178‰. Ниже он резко уменьшается до 80 и далее постепенно до 27‰. Наименьший уклон (20,7‰) река имеет на конусе выноса.

В продольном профиле реки имеются многочисленные пере­ломы, чаще всего связанные с конусами выноса боковых долин, а в 15—19 км от устья — с загромождением днища долины море­нами.

Речная сеть в горной части от истока до горы Копна наиболее развита и составляет около $0,94 \text{ км/км}^2$. Средняя густота речной сети всего бассейна $0,67 \text{ км/км}^2$.

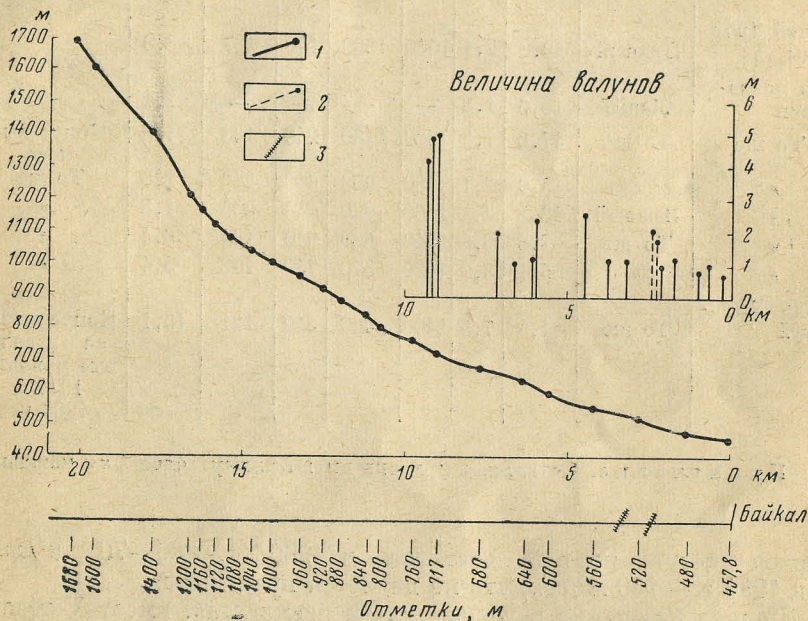


Рис. 5. Продольный профиль долины Слюдянки.

1 — наибольший поперечник валуна; 2 — наибольший размер обломка стены, перенесенного селем; 3 — дамбы

В р. Слюдянку впадает 30 постоянных и временных водо­тогов с суммарной протяженностью около 50 км. Данные об основ­ных из них приведены в табл. 4.

Наиболее крупным притоком р. Слюдянки и наиболее селе­опасным является падь Улунтуй. В верхней части она имеет разветвленную водосборную систему из четырех крупных и мно­жества мелких распадков, обычно с сухими руслами, сложенными крупноглыбовым материалом. Водотоки в них временные, часто перемежающиеся. Распадки, сливаясь, образуют единую широкую падь. В устьевой ее части расположены основные действующие рудники (№ 1 и 2) Слюдянского флогопитового месторождения. Падь Улунтуй обычно безводна, но во время селевых паводков

Основные сведения о притоках р. Слюдянки

Приток	Берег впадения	Расстояние от устья, км	Длина, км	Абсолютная высота, м		Падение, м	Уклон, ‰	Площадь водосбора, км ²	Признаки безопасности
				истока	устья				
Ручей Дворцы	Правый	19,0	2,1	1500	1360	140	67	3,3	
Без названия	Левый	18,6	1,8	—	—	—	—	2,1	
То же	То же	17,8	1,8	1320	1180	240	133	1,5	Конус выноса То же » » »
»	»	15,0	2,1	1480	980	600	286	2,0	
»	Правый	13,8	2,1	1560	920	640	305	1,8	
»	То же	7,3	6,8	1540	630	910	134	6,4	
»	»	5,1	3,9	1320	570	750	192	3,4	
Падь Улунтуй	То же	1,9	7,5	1400	490	910	121	15,1	Конус выноса и селевые паводки 1934 и 1960 гг.

Примечание. Остальные притоки имеют длину менее 2 км каждый.

расход потока по ней достигал в 1960 г. — 60—70 м³/сек, а в 1934 г. — 150 м³/сек, что не является предельным.

Долина Слюдянки глубокая, слабо извилистая, имеет V-образный поперечный профиль (рис. 6), который сохраняется до самого выхода на конус выноса (3,7 км от устья).

Ширина долины по дну от истока и до 5-го км от устья колеблется от 30 до 50 м и только местами она увеличивается до 100—150 м. Ниже, у выхода из гор, долина постепенно расширяется до 300 м.

Наименьшую ширину, около 20 м, она имеет у устья ручья Дворцы, а также на участках в 18,5; 9,3 и 5 км от устья; наибольшую, 1500 м, — в конусе выноса у г. Слюдянки, где река по существу не имеет водораздела с р. Похабихой.

Правый склон долины (северо-западный склон хребта Стамового) имеет высоту 500—700 м, крутизну 20—40°, а местами, особенно в верхней части, — до 45°. Характерной чертой склона является то, что нижняя часть его почти на всем протяжении ниже устья ручья Дворцы, а местами и выше него, несколько положе, с углом падения около 20°, и только от высоты 100—200 м над дном крутизна склона заметно возрастает.

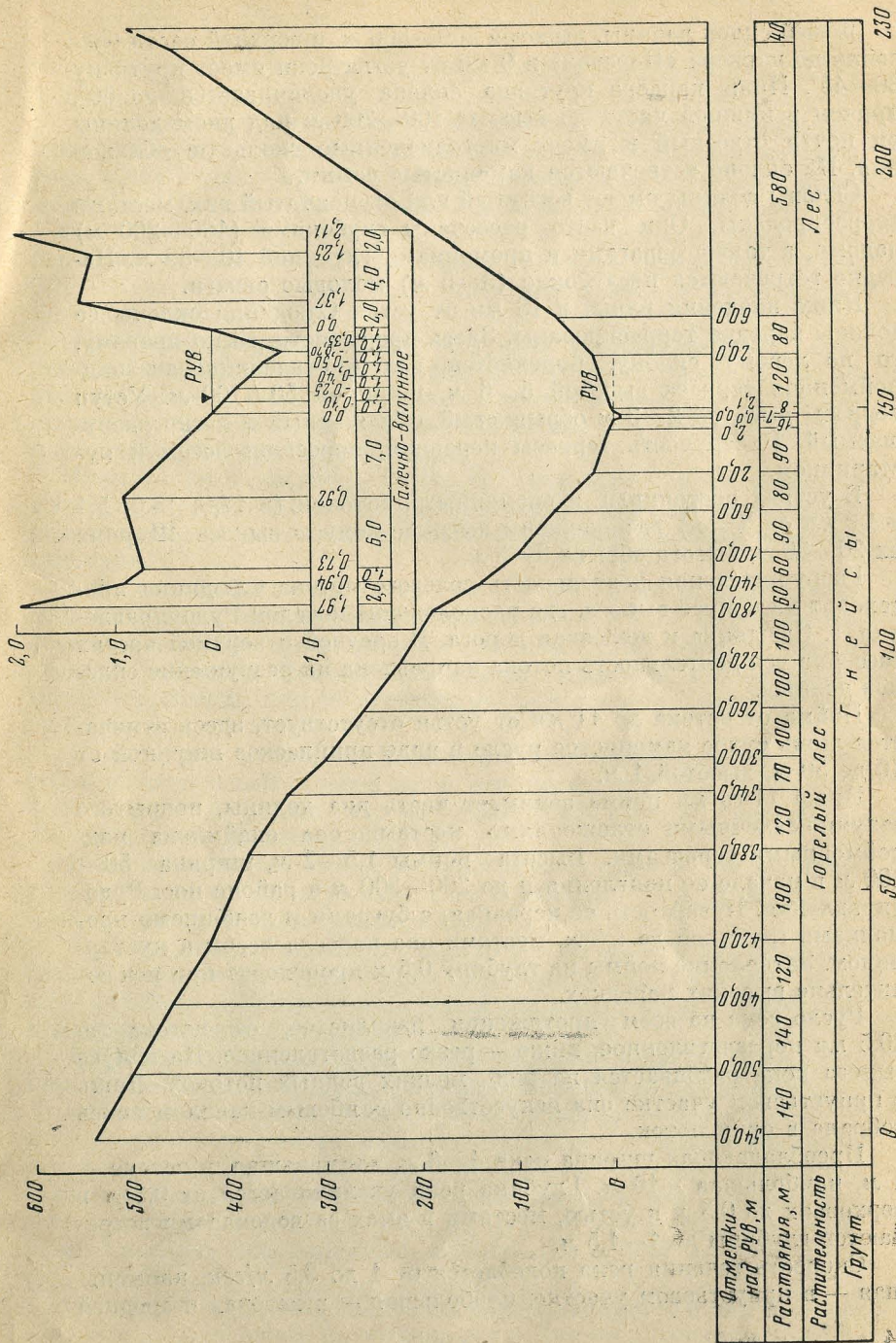


Рис. 6. Поперечный профиль долины Слюдянки (в 17,3 км от устья).

Левый склон долины, высотой 400—600 м, в верхней части бассейна до карьера «Перевал» в 9 км от устья реки имеет крутизну 30—45°. Ниже карьера крутизна склона увеличивается до 60°, причем в нижней части до высоты 100—200 м над дном долины он почти отвесный и имеет многочисленные скальные обнажения. На склоне встречаются каменистые осыпи.

Склоны долины имеют вогнутый или ступенчатый вид, местами террасированы. Они часто рассечены глубокими (100—200 м) падами, а также оврагами и промоинами глубиной 10—30 м. Нередко встречаются неглубокие (3—5 м) молодые овраги.

Ниже впадения ручья в 18 км от устья Слюдянки склоны ее долины изредка террасированы. Здесь прерывисто, то по правому, то по левому склону, появляется валунно-галечниковая надпойменная терраса высотой 5—6 м, шириной 50—100 м. Уступ террасы высотой 2—3 м обрывистый, обнаженный и легко разрушаемый. Поверхность террасы неровная, поросшая лесом и кустарником.

В устьях постоянных и временных притоков (в 17,8; 15,0; 5,1 и 1,9 км от устья) расположены высокие конусы выноса. Ширина их 20—50 м, высота обрыва 3—5 м.

Разрушительная деятельность селевого потока Слюдянки происходит на конусе выноса, где расположены поселок Рудуправления, г. Слюдянка и железная дорога. В средней и верхней частях бассейна вся деятельность потока направлена на разрушение склонов долины.

Пойма от истока до 11 км от устья отсутствует, здесь отмечается лишь сухое каменистое русло в виде приплесков шириной от 10 до 50 м, высотой 1 м.

Ниже 11-го км пойма занимает часть дна долины, покрытого валунно-галечными отложениями, местами она окаймлена надпойменными террасами. Высота поймы 1,5—2 м, ширина 50—100 м в начале ее появления и до 200—300 м в районе пос. Рудуправления. Поверхность ее неровная, с буграми и ложбинами-промоинами глубиной до 1,5 м, местами она поросла лесом и кустарником. Затопление поймы на глубину 0,5 м происходит при исключительно высоких паводках.

Русло реки на всем протяжении извилистое, от истока до 10,5 км неразветвленное, ниже — резко разветвленное. На конусе выноса река разбивается на ряд мелких водных потоков. Лишь в приустьевом участке она искусственно дамбовым каналом вновь собрана в один поток.

Преобладающая ширина реки 4—6 м, наименьшая, в истоке — 1 м, наибольшая — 10 м. Глубина реки увеличивается от 0,3 м в верховьях до 0,5 м к устью, местами в ямах за водопадами встречаются глубины до 1—1,5 м.

Скорость течения реки колеблется от 1 до 3,5 м/сек, наименьшая — в приустьевом участке, наибольшая — в истоках и средней

части реки; на перепадах скорость течения повышается до 3,4—4 м/сек.

От истока на протяжении 12 км дно реки неровное, загромождено большим количеством камней и обломков скал, среди которых река течет бурно, образуя перепады и водопады с высотой падения 0,5—1,0 м, а в верховьях три водопада имеют высоту 10—30 м. На этом участке берегами реки являются коренные склоны долины. Каменистые отложения имеют диаметр преимущественно 0,1—0,3 м, часто 0,5—1,0 м, а отдельные глыбы и валуны — до 2—4 и даже 5 м.

При разветвлении реки на 2—3 рукава (вообще редком) образуются каменистые острова длиной 50—100 м, шириной 20—50 м, высотой 1,5 м, а в 4,8 км от истока имеется остров длиной 0,8 км, шириной 100—150 м, высотой 2—2,5 м. Все они поросли мелким лиственным лесом и кустарником.

Берега реки сложены валунно-галечными отложениями и имеют высоту 1,5—2,5 м. Преимущественно они обрывистые, легко разрушаемые и часто сливаются с крупными или обрывистыми склонами.

Селевой бассейн Сухого ручья не входит в бассейн Слюдянки, однако он расположен всего в 3 км восточнее города. В настоящее время на конусе выноса Сухого ручья строится поселок Рыбзавода. Поэтому для полной характеристики селеопасности территории города необходимо дать краткое описание этого бассейна.

Падь Сухого ручья, открывающаяся к Байкалу, представляет собой одноруслый селевой лог с отметками от 457 м в устье до 1538 м в истоке. Длина бассейна около 5 км, средний уклон 0,22, в верховьях он достигает 0,35.

Падь представляет собой асимметричное ущелье с более крутым, местами почти отвесным левым склоном. В верховьях она имеет воронкообразное расширение.

Склоны ущелья частично покрыты лиственным и хвойным лесом, а поверхность водораздела, особенно в его восточной части, — крупным кедровником с густым рододендроновым подлеском и плотным моховым покровом.

На склонах ущелья встречаются глубокие селевые борозды с мощными конусами выноса, загромождающими русло ключа.

Несмотря на малую водосборную площадь — около 5 км² — и отсутствие постоянного водотока, Сухой ручей имеет крупный конус выноса, сложенный несортированным материалом, включающим крупные валуны. Морфология конуса и тип пролювиального материала показывают, что по Сухому ручью время от времени проходят водокаменные потоки. Последний сель прошел здесь в 1934 г.

Водный режим. Систематических наблюдений над водным режимом р. Слюдянки не проводилось. Существовавший с 30.IX

1939 г. по 15.X 1947 г. водомерный пост Иркутского управления гидрометеорологической службы являлся уровенным. Данные по уровням воды содержат неполные годовые циклы наблюдений. Перерывы в наблюдениях имеются чаще всего в зимние месяцы вследствие промерзания реки в створе водомерного поста (0,7 км от устья реки).

В 1930—1950 гг. различными проектными транспортными организациями производились эпизодические рекогносцировочные обследования р. Слюдянки, связанные с изысканиями вдоль линии Забайкальской железной дороги.

Летом 1959 г. Слюдянским гидрогеологическим отрядом Института земной коры СО АН СССР на нижнем участке Слюдянки протяженностью 10 км были проведены гидрологические исследования, включавшие измерения расходов воды по ряду характерных створов. Кроме того, была выполнена единичная серия единовременных определений расходов воды по всей длине реки от истока до устья. С июня 1960 г. гидрологические исследования на нижнем участке реки были возобновлены Прибайкальским гидрологическим отрядом Института земной коры. 15.VI 1960 г. на Слюдянке в 3,9 км от устья открыт стационарный водомерный пост Иркутского управления гидрометеорологической службы.

Слабая стационарная гидрологическая изученность реки не позволяет дать достаточно полную характеристику ее водного режима. В связи с этим авторы ограничились критическим просмотром и обобщением имеющихся немногочисленных материалов и анализом общих физико-географических условий формирования гидрологического режима территории.

Годовой ход уровня Слюдянки⁵ определяется характером ее питания в различные сезоны года. Преобладание летних осадков обуславливает преимущественно (около 50%) дождевое питание. Существенным источником питания (около 30%) являются подземные воды. Несмотря на значительные запасы снега в бассейне, доля снегового питания составляет всего 20%, что объясняется медленным таянием снега в горах и большими потерями талых вод на испарение и инфильтрацию.

Эти источники питания реки определяют основные фазы годового хода уровня (рис. 7), который характеризуется весенним минимумом, летними дождевыми максимумами и сравнительно постоянной зимней меженью. Весенний минимум уровня воды является следствием постепенного истощения запасов подземных вод в бассейне к весне из-за отсутствия дождевых осадков и малых величин стока талых вод. Минимальные горизонты наблюдаются, как правило, в марте — мае, с небольшим (10—12 см) подъемом в апреле за счет таяния снега в нижней части бассейна. Весен-

⁵ В связи с деформациями русла реки и весьма мобильной динамикой подземного стока уровенный режим не полностью отражает изменения состояния водности реки в течение года. (Прим. ред.)

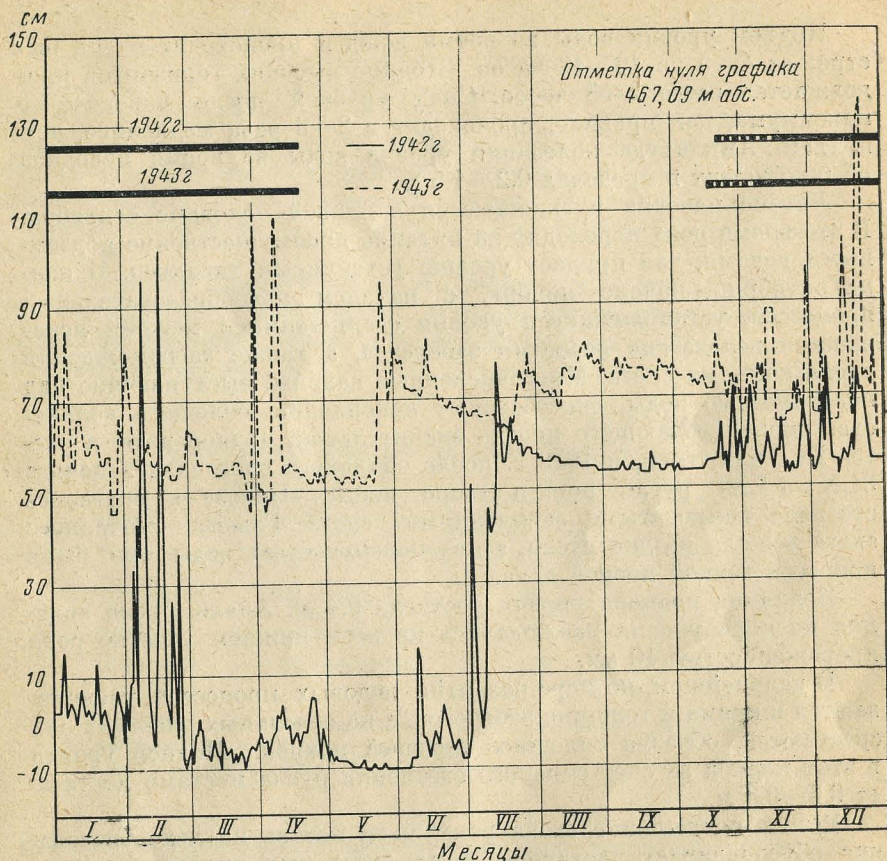


Рис. 7. График колебаний уровня Слюдянки (в 0,7 км от устья). Уровни воды — в см над нулем графика.

ний минимум сменяется в июне дождевыми паводками. Ход уровня в летние месяцы представляет собой ряд дождевых пиков, которые либо сливаются один с другим, либо чередуются с периодами пониженного стояния уровня. Повторяемость, продолжительность и высота паводковых пиков целиком обуславливаются количеством и интенсивностью выпадающих осадков. На общем фоне многочисленных дождевых паводков заметно выделяются остроконечные высокие пики ливневого происхождения. К этим пикам обычно приурочены максимальные годовые уровни. Наиболее высокие ливневые пики наблюдаются в июне и связаны с ранними интенсивными дождями и поздним таянием снега. Однако максимальные уровни могут встречаться и в июле-августе, реже в сентябре.

Подъем уровня воды во время дождей происходит очень быстро: от 4—5 до 10—12 часов. Стояние высоких горизонтов продолжается всего 2—5 часов. Спад уровней после паводочного максимума, как правило, происходит в 2—3 раза медленнее, чем подъем. Амплитуда колебания уровня воды во время паводков обычно лежит в пределах 0,2—1,5 м.

Летние паводки прекращаются в первой половине сентября. В это время река переходит на питание преимущественно подземными водами, что придает уровню устойчивый характер. В конце октября — начале ноября, с началом льдообразовательных процессов, установившиеся уровни осенне-зимней межени искажаются вследствие развития заберегов, а также загромождения русла комьями снега. Многочисленные валуны, выступающие над поверхностью воды, способствуют накоплению большого количества снега, создающего иногда значительный подпор воды в русле. Так, например, в 1959 г. после обильного снегопада в ночь с 31.X на 1.XI русло реки в створе поста «Перевал» оказалось стеснено комковатыми скоплениями снега. Глыбы смоченного снега лежали на дне русла, а над поверхностью воды они были покрыты тонкой коркой льда.

Величина подпора уровня достигла 0,4 м. Аналогичные явления подпора уровня наблюдались на всем нижнем участке реки протяженностью 10 км.

В дальнейшем, по мере развития ледовых процессов, увеличиваются ширина и толщина заберегов, а на отдельных участках они срастаются, образуя сплошной ледовый покров. Подпор уровня в этот период за счет сильного стеснения русла местами достигает 0,6—0,8 м.

Резкое сокращение стока реки из-за потерь на льдообразование обуславливает частичное, а на отдельных участках полное промерзание русла и способствует образованию наледей в русле и на участках выходов подземных вод. Наледи грунтовых вод достигают наибольшей мощности. В результате развития наледей подпор уровня может достигать величины, близкой к значениям уровней на пиках отдельных летних паводков.

По мере разгрузки бассейна подземных вод уровень реки падает и достигает минимума к весне.

Известное влияние на годовой ход уровня оказывает также морфология русла реки. В связи с этим величина колебания уровня на отдельных участках реки не является постоянной. В сужениях долины при отсутствии поймы (верхний и средний участки) колебания уровня в период паводков выражены довольно отчетливо, в то время как на нижнем участке реки, где имеется широкая пойма, они выражены слабо за счет разливов. В отдельных местах, вследствие интенсивной деформации русла, увеличение расходов воды не отражается в уровнях. Так, например, в паводок 20.VI 1960 г. в нижнем течении реки, несмотря на возрастающую вод-

ность потока, в моменты наиболее интенсивной глубинной и боковой эрозии наблюдалось падение уровня воды.

Норма стока Слюдянки не одинакова в разных частях бассейна. Она повышается от 10 л/сек·км² в низовьях реки до 25 л/сек·км² в верховьях (Афанасьев, 1959). По зависимости среднего годового стока от средней абсолютной высоты водосбора, установленной А. Н. Афанасьевым, средний годовой сток Слюдянки должен составлять 17,5 л/сек·км², при коэффициенте вариации ±0,3.

Вертикальная климатическая зональность и в некоторой мере гидрогеологические особенности отдельных участков бассейна определяют основные закономерности изменения среднего стока по территории (табл. 5).

Таблица 5
Вертикальная зональность стока Слюдянки

Участки бассейна	Характеризующая метеостанция	Годовое количество осадков, мм	Сток * 14. IX 1959 г., л/сек·км ²
Верхний	«Хамар-Дабан»	1309	91,0
Средний	ИЗК **	1000	60,0
Нижний	«Слюдянка»	488	20,0

* По разовому единовременному замеру Слюдянского гидрогеологического отряда Института земной коры.

** Временный метеопост Института земной коры.

Влияние гидрогеологических особенностей бассейна проявляется в понижении поверхностного стока в средней и особенно в нижней частях бассейна за счет повышения подземного стока.

Внутригодовое распределение стока тесно связано с характером питания реки. Как было отмечено выше, средние запасы талых вод в снеге к началу снеготаяния в бассейне Слюдянки составляют в среднем 139 мм, что по предварительным подсчетам обеспечивает только 1/5 часть годового стока реки. При зональном таянии снега в бассейне это определяет малые величины расхода воды в весенний период (0,2—0,4 м³/сек). В 5—7 км от устья, где в тектонических и карстовых зонах наблюдаются большие потери воды, весной поверхностный сток реки временами падает до нуля. Минимальные расходы воды весной отмечаются также на самом нижнем участке реки, в 1,5—2 км от устья, вследствие частичной или даже полной фильтрации воды в мощный чехол аллювиальных отложений.

В начале июня начинается летний паводковый период стока. В июне — августе выпадает 65—70% годового суммы осадков,

которые при благоприятном сочетании основных стокообразующих факторов летом являются основным источником питания реки. Летний сток составляет более 50% от годового. Максимальные расходы при летних паводках наблюдаются в период интенсивных ливней. Особенно мощными являются июньские паводки, вызываемые ранними ливневыми осадками и поздним таянием снега в горах. По имеющимся сведениям за 1915—1960 гг. высокие паводки на Слюдянке в среднем бывают один раз в 7—8 лет (1915, 1924, 1927, 1932, 1934, 1938, 1960 гг.). Повторяемость разрушительных селевых паводков — один раз в 15 лет (1915, 1934, 1960 гг.).

По данным Г. В. Рудницкого, максимальный замеренный расход ливневого паводка в июне 1934 г. в замыкающем створе реки составил $650 \text{ м}^3/\text{сек}$, что соответствует модулю стока $8800 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$, а максимальный расчетный расход достигал $787 \text{ м}^3/\text{сек}$ (модуль стока $10\,635 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$).

В паводок 20.VI 1960 г., по нашим расчетам, максимальный расход в указанном створе составлял $224 \text{ м}^3/\text{сек}$, или $3000 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$.

Летние расходы реки в нижнем ее течении в межпаводковые периоды поддерживаются на уровне $1—3 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Некоторое представление о распределении стока по течению реки дают разовые замеры, проведенные после паводка 20.VI 1960 г. (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Расход воды Слюдянки по разовым замерам

Место измерения	Расстояние от устья, км	Расход воды, $\text{м}^3/\text{сек}$	Дата замера
2 км ниже истока	20,0	1,12	7.VII 1960
0,2 км ниже ручья	17,5	2,61	8.VII 1960
0,2 км ниже ручья	5,0	0,00	3.VII 1960
Замыкающий створ	0,2	1,80	10.VII 1960

Примечание. 5 и 6 июля в бассейне временами шли дожди.

В сентябре доля дождевого питания снижается. Кроме того, в верхней, наиболее увлажненной части бассейна осадки выпадают обычно в твердом виде. В октябре река переходит на питание исключительно за счет подземных вод и устанавливается период зимней межени.

Гидрогеологическая обстановка района обуславливает значительную долю подземного питания Слюдянки (около 30%). Рас-

ход реки в начале зимней межени, по замерам в 1959 г. Слюдянского гидрогеологического отряда Института земной коры СО АН СССР, составлял в 9 км от устья от 0,5 до 2 м³/сек, а в устьевом створе — 0,5—1 м³/сек.

Как мы уже упоминали, в нижнем течении Слюдянки наблюдается общее уменьшение расходов воды вследствие просачивания ее по тектоническим трещинам и разломам, а также в результате фильтрации воды через мощный чехол аллювиальных отложений русла.

Верхняя граница участка потерь стока находится в районе карьера «Перевал» в 9—10 км от устья, где река вступает в зону, сложенную преимущественно мраморами верхней подсветы слюдянской свиты.

По данным одновременных замеров расходов воды на ряде створов летом 1959 и 1960 гг., потери речного стока между временными водопостами «Перевал» и № 1 составляли 30—40%. Минимальный сток реки наблюдался в 5 км от устья (створ № 1) и составлял около 50% от стока в створе «Перевал». Вниз по течению, по мере впадения в Слюдянку многочисленных источников преимущественно с левого берега, расходы воды увеличиваются и приближаются по величине в створе № 2 (3,9 км от устья) к расходам воды в створе «Перевал». В период питания реки только за счет подземных вод расход воды в створе № 2 превышает расход по створу «Перевал».

На самом нижнем участке реки (0,6—1 км от устья) расход воды вновь уменьшается в среднем на 30%.

При специальных гидрогеологических исследованиях в 1959 г. достоверно установлено, что часть объема стока Слюдянки в ее нижнем течении попадает в р. Похабиху через систему тектонических трещин, расширенных карстом.

СЕЛЕВОЙ ПАВОДОК 20 ИЮНЯ 1960 г.

По данным ст. «Хамар-Дабан», 17—20.VI в верховьях Слюдянки выпало 326 мм осадков. Заключительной фазой этого ненастья явился сильный ливень с максимальной интенсивностью 0,43 мм/мин. Только за 12 часов (с 19.00 19.VI до 7.00 20.VI) выпало 452 мм осадков, причем почти все они были сброшены в речную сеть. Этому способствовали сезонная мерзлота в верховьях бассейна и на склонах северной экспозиции, широкое распространение слабопроницаемых скальных пород в верхних частях водосбора, обильная насыщенность грунтов и мохового покрова водой предливневых дождей. Ливневые осадки сформировали основную волну селевого паводка, увеличению мощности которого способствовал также размыв местами сохранившегося снежного покрова.

В верховьях бассейна паводок не имел еще характерных признаков селевого потока из-за отсутствия достаточного количества материала для формирования твердой фазы.

По мере продвижения вниз мощность потока и его эродирующая способность возрастали. При вхождении потока в зону относительно широкой валунно-галечниковой поймы реки начался интенсивный размыв русловых и пойменных отложений. Аналогичные процессы имели место и в боковых падах, где возникали бурные потоки. В связи с этим уже в средней части река приобрела черты водокаменного потока.

Подъем уровня воды в створе поста ИУГМС (3,7 км от устья) отмечен в 5.30, а в 9.30 20.VI при продолжавшемся сильном ливне на город обрушился первый вал воды. Не вмещаясь в свое обычное русло, многоводный горный поток, насыщенный валунами и галечниками, вырвался на широкую заселенную пойму, заливая улицы и разрушая на своем пути жилые дома и промышленные сооружения. Вскоре вся масса воды сконцентрировалась в нескольких временных руслах (бывших ранее улицами города). Расширение и углубление русел сопровождалось значительными разрушениями построек. Селевой поток проявлял общую тенденцию к спрямлению русел и, встречая на своем пути неустойчивые к размыву породы, полностью преобразил русло на всем нижнем участке реки. Процессы боковой и глубинной эрозии на этом пятикилометровом отрезке достигли огромной интенсивности: боковой размыв берега при его высоте в 1,5—2 м местами проходил со скоростью 0,6 м/мин. В отложениях поймы имелось большое количество мелкоземистого материала и поэтому водокаменный поток кратковременно переходил в грязекаменный сель. С оглушительным грохотом поток перемещал громадную массу валунно-галечного материала, вызывая сильное содрогание почвы.

Характерной особенностью селевого потока являлась прерывистость движения. Встречая на своем пути препятствия, опროмные массы воды на мгновение как бы замирали, а в следующий момент с еще большей силой продолжали свою разрушительную деятельность. Пульсационный характер движения был наиболее ярко выражен в местах подпора главного русла селями боковых распадков.

Спад основной волны паводка длился с 13.00 до 20.00. В 8.00 21.VI, при продолжавшемся спаде уровня, вода оставила большинство своих временных русел.

Разрушения. Динамика потока. По наблюдениям, проведенным И. Н. Ивановым и О. Л. Рыбаком 20.VI 1960 г., фотодокументам, рассказам очевидцев и по данным изучения последствий водокаменного потока всеми участниками обследовательской группы, разрушительная деятельность паводка вырисовывается в следующем виде.

Около 5.30 20.VI начался резкий подъем уровня воды в Слюдянке. Вскоре поток из водного перешел в водокаменный. При выходе на конус выноса, вследствие уменьшения уклона русла и разлива воды по широкой пойме, скорость потока уменьшилась. Это повлекло за собой аккумуляцию влекомого потоком грубообломочного материала, который загроздил русло Слюдянки и обусловил быстрый подъем ее уровня. Вода стала переливаться в сторону пос. Рудоуправления (рис. 8). Поток сначала был водным и переносил только ил и песок, причем последний частью выпадал в осадок равномерным слоем, покрывая огороды, расположенные выше поселка. Перед поселком вода встретила полуразрушенную поселковую ряжевую дамбу (рис. 9) и, постепенно вырабатывая себе русло, стала стекать вдоль дамбы в сторону Слюдянки. При продолжающемся подъеме уровня воды в Слюдянке и все большем ее подпоре грубообломочным материалом, накапливающимся в старом русле, вода в двух участках прорвалась через дамбу на улицы поселка, подмывая дамбу с низовой стороны.

К 10.00 уже наматилось подводящее к дамбе и отводящее от нее в поселок русло. Около 9.30 со стороны Слюдянки хлынул первый мощный вал воды. По пути поток перешел в водокаменный и вследствие этого приобрел новое динамическое качество: он уже не имел склонности к растеканию по плоской здесь поверхности конуса выноса, а стал активно вырабатывать селевое русло. В процессе выработки селевого русла происходило быстрое обогащение потока частицами размытой почвы, песком, галечником и валунами.

Эрозионная деятельность главного потока по своему типу была глубинно-регрессивной (рис. 10 и 11); одновременно происходили продольный размыв грунта и быстрое смещение террасовидных уступов вверх по течению. Боковые потоки и менее мощный левый поток вырабатывали русла преимущественно путем регрессивной эрозии (рис. 12). Селевые русла на значительных по протяженности участках прямолинейны, дно их имело многочисленные гребни, западины, нагромождения крупновалунного материала, водные же потоки выработали извилистые в плане короткие овраги с боковыми ответвлениями и с более спокойным и ровным дном. Переходный между описанными морфологический тип русел (рис. 13) вырабатывали небольшие, но стремительные потоки, иногда представлявшие собой протоки основного потока.

Одновременно с глубинной и регрессивной эрозией активно проявлялась и боковая эрозия.

Тип самого потока быстро изменялся в связи с количеством поступающей воды и обломочного материала. Судя по динамике потока и следам, оставленным им, в общем водокаменном потоке местами возникали валы, состоявшие преимущественно из твердого материала, которые перемещались импульсно. Они время от времени на какое-то мгновение приостанавливались,



Рис. 8. Место прорыва вод Слюдянки в пос. Рудоуправления. Стрелка указывает направление главного потока. Она идет от дамбы, отсыпка которой была начата 20.VI 1960 г.

(Фото В. Солоненко. 28. VI 1960 г.)



Рис. 9. Поселковая ряжевая дамба. На переднем плане новое селевое русло.

(Фото Г. Иванова. 28. VI 1960 г.)



Рис. 10. Глубинно-регрессивная эрозия главного селевого потока, следующего вдоль дамбы, и начало регрессивной эрозии бокового (справа) потока.

(Фото И. Иванова. 10 час. 30 мин. 20 VI 1960 г.)



Рис. 11. То же место, что на рис. 10. В главном русле видны остатки трех террасовидных уступов — следов глубинно-регрессивной эрозии потока. Правое ответвление селевого русла — результат регрессивной эрозии бокового потока.

(Фото И. Иванова. 10 час 30 мин. 21. VI 1960 г.)



Рис. 12. Характер выработки левого селевого русла.
(Фото В. Писарского. 20. VI 1960 г.)

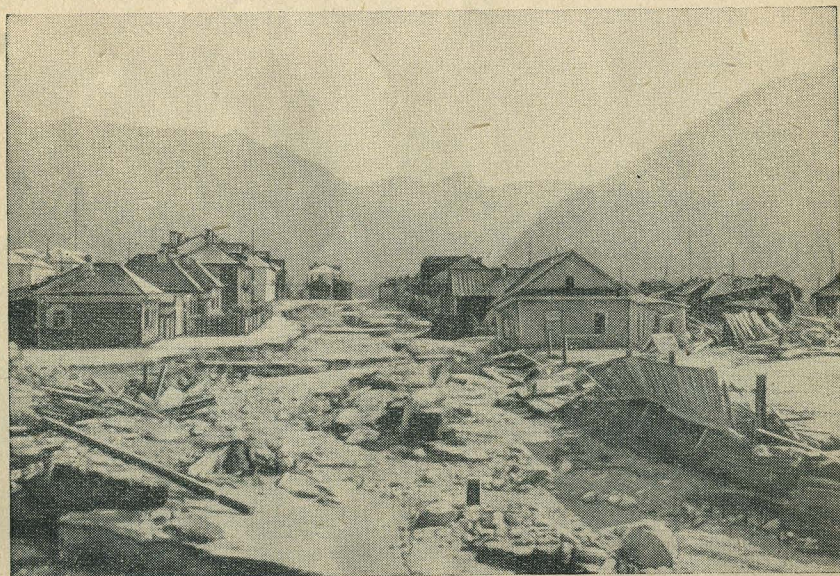


Рис. 13. Разрушение ул. Шахтерской.
(Фото В. Галкина. 21. VI 1960 г.)



Рис. 14. Импульсное движение грязекаменных валов по дну вызвало характерные взбросы потока.

(Фото И. Иванова. 9 час. 30 мин. 20. VI 1960 г.)

вызывая резкий выплеск верхней, преимущественно водной массы (рис. 14). Такие валы в прямом русле после прохождения некоторого отрезка пути разбивались водой, реже откладывались в расширенных или выположенных участках русла, а на изгибах, при стремлении сохранить прямолинейное движение, они местами выбрасывались потоком в сторону, оттесняя затем его. Один из таких выбросов, по-видимому, спас от прорыва правобережную дамбу около пикета 19. Когда она была уже наполовину смыта и поток яростно продолжал свою разрушительную работу, пришедший грязекаменный вал засыпал размываемое основание дамбы и оттеснил поток влево. В состав этого вала входил самый разнородный материал — от ила и песка до валунов диаметром несколько менее метра, но преобладали в нем валуны диаметром 30—50 см.

Другая характерная черта динамики потока — стремление его врезаться вглубь: после кратковременного разлива при затоплении новых площадей он быстро собирался в единый узкий поток в новом выработанном им русле. Даже у железнодорожного моста, где русло прочно прикрыто мостовой из крупного рваного камня, и где, казалось, ничто не препятствует разливу потока, он все же прорезал мостовую и вымыл узкие щелевидные русла.

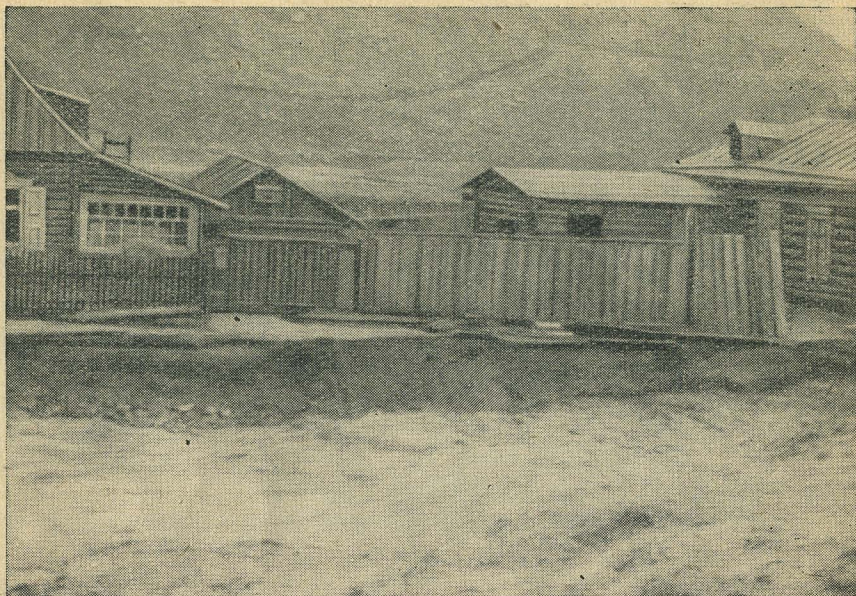


Рис. 15. 12 час. 00 мин. 20.VI 1960 г. Поток размывает левый берег со скоростью 0,6 м/мин.



Рис. 16. 12 час. 13 мин. 20.VI 1960 г. Поток подмывает дома. Веранда левого дома подмыта, рухнул забор.



Рис. 17. 12 час. 20 мин. 20.VI 1960 г. Левый дом рухнул в поток.

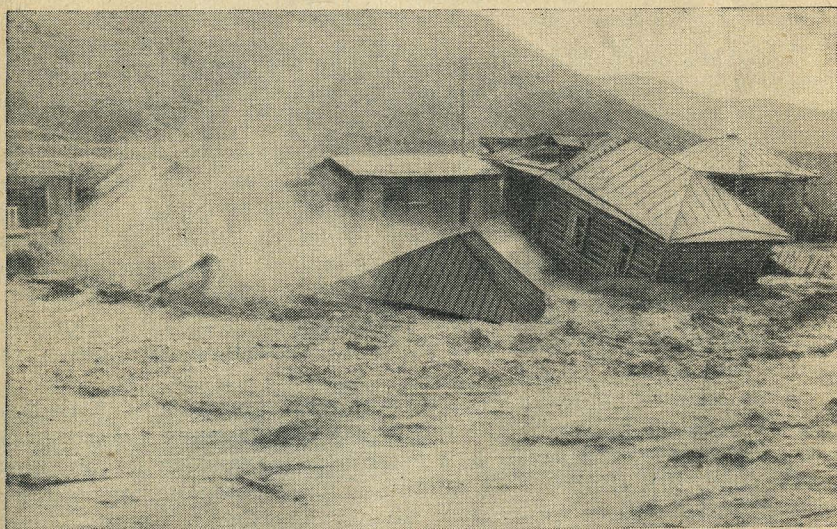


Рис. 18. 12 час. 22 мин. 20.VI 1960 г. Сруб левого дома «размолот» водокаменным потоком, на месте, где стоял дом, взметнулась пыль от рухнувшего потолка. Правый дом старосибирской рубки обрушился, но сопротивляется потоку.

(Фото И. Иванова)



Рис. 19. Характер разрушения шлаколитых домов.

(Фото Г. Иванова. 28, VI 1960 г.)

Разрушение сооружений происходило главным образом за счет подмыва фундаментов. Наглядное представление о скорости процесса дает серия фотоснимков (рис. 15, 16, 17, 18).

Полная драматизма борьба потока и сооружений продолжалась всего 22 минуты. Дома с глубоким заложением каменных фундаментов (2 м и более) в ряде случаев выдержали борьбу с потоком. Деревянные здания старосибирской рубки «в лапу» или с поставленной связью углов, или с косой обшивкой, будучи подмытыми, деформировались мало, хотя в некоторых случаях были завалены почти на бок. Срубы же большинства зданий рядовой рубки «перемальвались» каменным материалом, влекомым потоком, в течение нескольких минут.

Хуже всего сопротивлялись потоку шлаколитые дома⁶. Стоило бровке селевого русла только подойти к фундаменту такого дома, как стена оседала и затем дом быстро разваливался на крупные блоки (рис. 19). В потоке большинство из них перемальвалось валунами без следа, в отдельных же случаях блоки перемещались потоком на десятки и сотни метров.

Противопаводковые и противоселевые сооружения железной дороги в описываемый паводок выполнили свое назначение, однако

⁶ Шлаколитые дома в г. Слюдянке строятся вопреки существующим правилам антисейсмического строительства. Дальнейшее строительство их должно быть запрещено.

местами они получили серьезные повреждения. Основной удар потока, прорвавшегося через пос. Рудоуправления, приняла на себя правобережная земляная дамба с одиночным мощением в бетонных клетках. Между пикетами $19 + 75 - 16 + 32$ поток смыл каменную риберму, разрушил покрытие откоса и начал интенсивно размывать земляную дамбу. От полного разрушения земляную дамбу спасла находившаяся в ее теле ряжевая дамба постройки 1935 г. и аккумуляция каменного материала, начавшаяся при смещении потока влево. В местах сосредоточенного удара водокаменных струй часть ряжей была выбита из тела земляной дамбы, и только упомянутой выше выброс селевой волны в подмывную нишу и смещение большей части потока влево, где в это время на месте улицы поселка формировалось новое русло, спасли дамбу от прорыва. Дамба была размыва не только там, где была покрыта одиночным мощением на мху (между пикетами $18 + 38 - 19 + 75$) или одиночным мощением в бетонных клетках с каменной рибермой в основании (между пикетами $16 + 63 - 18 + 38$), но и там, где имелось железобетонное покрытие (между пикетами $16 + 32 - 16 + 63$; рис. 20). Ниже пикета $18 + 32$ на протяжении 14 м уничтожен упорный ряж, а ниже пикета $14 + 97$ на протяжении 117 м ряж оказался подмытым.

Кроме отмеченных повреждений, правобережная дамба получила следующие деформации: между пикетами $11 + 88 - 12 + 40$ в шести местах нарушено железобетонное покрытие вследствие выноса из-под него грунта; между пикетами $6 + 55 - 7 + 06$ подмыт упорный ряж и разрушен его верхний венец; подмыт и разрушен упорный ряж между пикетами $2 + 30 - 2 + 97$.

В левобережной дамбе установлены следующие разрушения: подмыт упорный ряж между пикетами $8 + 80 - 9 + 68$, $11 - 12$ и у низовой дамбы от $0 + 35$ до $1 + 06$; под автодорожным мостом разрушен 5-метровый участок железобетонного покрытия.

Кроме того, в ранее расчищенном русле выше железнодорожного моста на протяжении 1300 м отложено $50\,000 \text{ м}^3$ валунного материала (рис. 21).

В пади Улунтуй, в устьевой части которой расположены основные действующие рудники Слюдянского флогопитового месторождения, расход водокаменного потока не превышал $60 - 70 \text{ м}^3/\text{сек}$. В районе рудника № 2 он действовал в течение 10 часов. За это время в валунно-галечниковых отложениях поток выработал новое русло шириной 8 м и глубиной до 2 м , местами и более, при этом он снес здание конторы рудника, несколько вспомогательных сооружений и размыв автомобильную дорогу.

Поток прорвался в поглощающую систему шахт $1 - 4$ рудника № 1 и в очистные выработки, в которых к этому времени работы были прекращены. Уровень воды, находившийся до этого на 4 м ниже подошвы горизонта $+49$, поднялся более чем на 40 м



Рис. 20. Разрушение правобережной дамбы с железобетонным покрытием.
(Фото Г. Иванова. 28. VI 1960 г.)

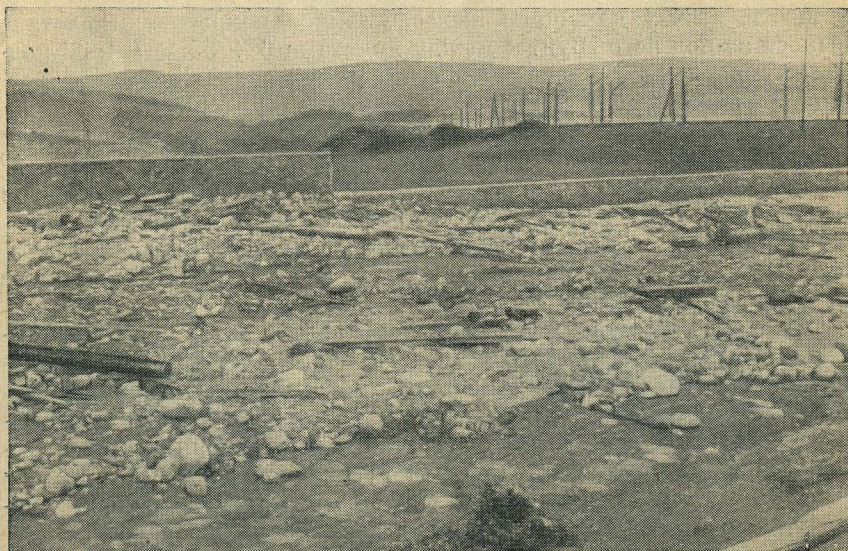


Рис. 21. Отложения валунного материала у аварийной прорези. Сверху
лежат остатки строений, разрушенных в пос. Рудоуправления.
(Фото В. Солоненко. 28. VI 1960 г.)

и достиг подошвы горизонта +89. После прекращения паводка через сутки уровень воды установился на прежней отметке, что является показателем высокой степени трещинной водопроницаемости архейских метаморфических пород рудного поля. Часть выработок оказалась замытой песчано-илловатым грунтом.

Ниже места прорыва воды в шахты расход потока упал до 17—25 м³/сек, энергия его резко снизилась, и, разделившись на несколько рукавов, он по существовавшим ранее канавам и рывтинам довольно спокойно стекал в Слюдянку.

Расчет селевого паводка. Методика гидрологических расчетов селевых паводков в настоящее время разработана еще недостаточно. Поэтому некоторый интерес представляют фактические данные, характеризующие селевой паводок 20.VI 1960 г. на Слюдянке как гидрологическое явление.

Селевой паводок продолжался 4 часа (с 9.30 до 13.30), но основная мощная волна паводка прошла за 2 часа (с 10.30 до 12.30). Время подъема уровня, характеризующее с практической точностью продолжительность подъема паводка, 5 часов (с 5.30 до 10.30).

Максимальные скорости течения, измеренные поплавками в замыкающем створе (у автогужевого моста), колебались от 5 до 3,6 м/сек, а в районе устья пади Улунтуй во временном водотоке, близ оградительной дамбы, — 4,0 м/сек. Измерение скоростей течения приборами не представлялось возможным из-за селевого характера потока и отсутствия подступов к нему.

Количественная оценка максимального расхода в замыкающем створе проводилась тремя способами: по наблюдаемым данным за скоростями потока во время прохождения пика паводка и замерам площади живого сечения по меткам уровня высоких вод; по объемной формуле Д. Л. Соколовского, которая учитывает всю форму паводка и основана на учете слоя выпавших осадков и объемном коэффициенте стока; по формуле установившегося режима Г. А. Алексеева (Андреев, 1957). Контрольные расчеты по этим формулам и сопоставление результатов расчетов с натурными данными позволяют уточнить истинное значение максимального расхода воды на пике паводка.

Максимальный расход воды Q по измеренной скорости (с введением поправки на среднюю скорость) и площади живого сечения, определенной по нивелировке, составил:

$$Q = k \cdot v \cdot \omega = 168 \text{ м}^3/\text{сек},$$

где ω — измеренная площадь живого сечения, равная 56 м²,

k — поправочный коэффициент, равный 0,7.

v — средняя поверхностная скорость потока, равная 4,3 м/сек.

В связи с тем, что при нивелировке учитывалась не истинная площадь водного сечения, а уменьшенная на величину отложившегося валунно-галечного материала, полученный расход воды является заниженным.

Иная величина максимального расхода определена по формуле Д. Л. Соколовского:

$$Q_{\max} = 0,28 \frac{H\alpha F}{t} f \delta \delta_1 + Q_{\text{гр}} = 227 \text{ м}^3/\text{сек},$$

где 0,28 — коэффициент размерности,

H — слой осадков за расчетный ливень, равный 152 мм,

α — коэффициент стока, равный 0,3,

F — площадь водосбора, равная 74 км²,

t — продолжительность подъема паводка, равная 5 часам,

δ — коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода за счет озерно-болотной аккумуляции, принятый для данного бассейна равным 1,

δ_1 — то же, за счет леса и проницаемых песчаных почв, принятый для данного бассейна в силу вышеуказанных причин равным 1,

$Q_{\text{гр}}$ — расход грунтового питания, принятый для данного паводка равным 0,

f — коэффициент формы паводка, равный 1,2 и определенный как:

$$f = \frac{12}{4 + 3 \gamma},$$

где γ — отношение спада паводка к его подъему, равное 2.

По формуле Г. А. Алексеева

$$Q_{\max} = \frac{0,004}{n} I^{1/3} (hBr)^{2/3} + Q_{\text{гр}} = 220 \text{ м}^3/\text{сек},$$

где n — средневзвешенный коэффициент шероховатости русла и поймы, определенный по таблицам Срибного как 0,067,

I — средний уклон водотока на расчетном участке длиной 10 км, определенный по нивелированию меток горизонта высоких вод, равный 20‰,

B — средняя ширина водосбора, равная 3,4 км,

h — суммарный слой поверхностного стока, равный 51 мм,

r — коэффициент зарегулированности озерами, равный 1,

$Q_{\text{гр}}$ — расход грунтового питания, равный 0.

Среднее значение максимального расхода воды по формулам составило 224 м³/сек. Так как расхождение результатов по приведенным формулам практически незначительное (3,4%), за расчетный максимальный расход воды рекомендуется принимать расход, равный 224 м³/сек, а площадь живого сечения потока, исходя из средней скорости 3,0 м/сек, — 78 м².

Разница между занивелированной и принятой площадями живого сечения потока в 22 м², исходя из величины максимального расхода, характеризует величину аккумулятивного слоя,

толщина которого в замыкающем створе составила 0,5 м, а с учетом выступающих над поверхностью намыва частей валунного материала — 0,6 м (ширина реки по поверхности намыва — 45 м).

Мутность верхнего слоя потока, вычисленная по пробе, взятой на пике паводка, оказалась равной 25 г/л, что составляет расход мелкоземистых взвешенных наносов 5600 кг/сек.

Расход влекомых наносов непосредственно во время паводка не был измерен. Однако, учитывая важность этой составляющей твердого стока, авторы сделали попытку определить величину влекомых наносов эмпирическим путем, используя формулу Г. И. Шамова (Кузнецов, 1960).

Эта формула наиболее применима. Во-первых, основные гидравлические элементы потока, определяющие в ней расход донных наносов — средняя скорость и средняя глубина потока, а также крупность наносов, были измерены или рассчитаны. Во-вторых, благодаря внесению некоторых поправок данная формула позволяет более или менее достоверно рассчитать сток влекомых наносов для потоков, сильно насыщенных взвешенными частицами. Для потоков селевого характера формула Шамова примет вид:

$$R = 3D^{2/3} \left[\frac{v}{2,1 \sqrt{d} \left(\frac{h}{d}\right)^{1/6}} \right]^3 \left[v - 2,1 \sqrt{d} \left(\frac{h}{d}\right)^{1/6} \right] \left(\frac{d}{h}\right)^{1/4} \text{ кг/сек} \cdot \text{м},$$

где D — средний диаметр наибольшей фракции, определенный для данного паводка в 0,5 м,

d — средний диаметр влекомых наносов, определенный в 0,05 м,

v — средняя скорость потока 3,0 м/сек,

h — средняя глубина потока 1,7 м.

Вычисленный по этой формуле расход влекомых наносов составил 282 кг/сек·м, а по всей ширине потока (45 м) полный сток донных наносов получился равным 12 690 кг/сек.

Таким образом, твердый сток, без учета стока растворенных веществ, на пике паводка составлял около 18 300 кг/сек.

На основании полуинструментальной съемки селевых русел, образованных потоком (рис. 22), общий объем вынесенной породы на территории конуса выноса определяется в 270 000 м³.

По наблюдениям в бортах селевых русел видно, что в среднем объем растительного слоя составляет 5% всего объема вынесенной породы, песчаных отложений — 20%, супесчаных — 65% и валунно-галечных — 10%. Следовательно, поток вынес из черты города 30 000 м³ глины, 190 000 м³ песка и 50 000 м³ валунно-галечных отложений.

Так как в основном селевые русла образованы за 4 часа — с 9.30 до 13.30, то увеличение твердого стока потока только на

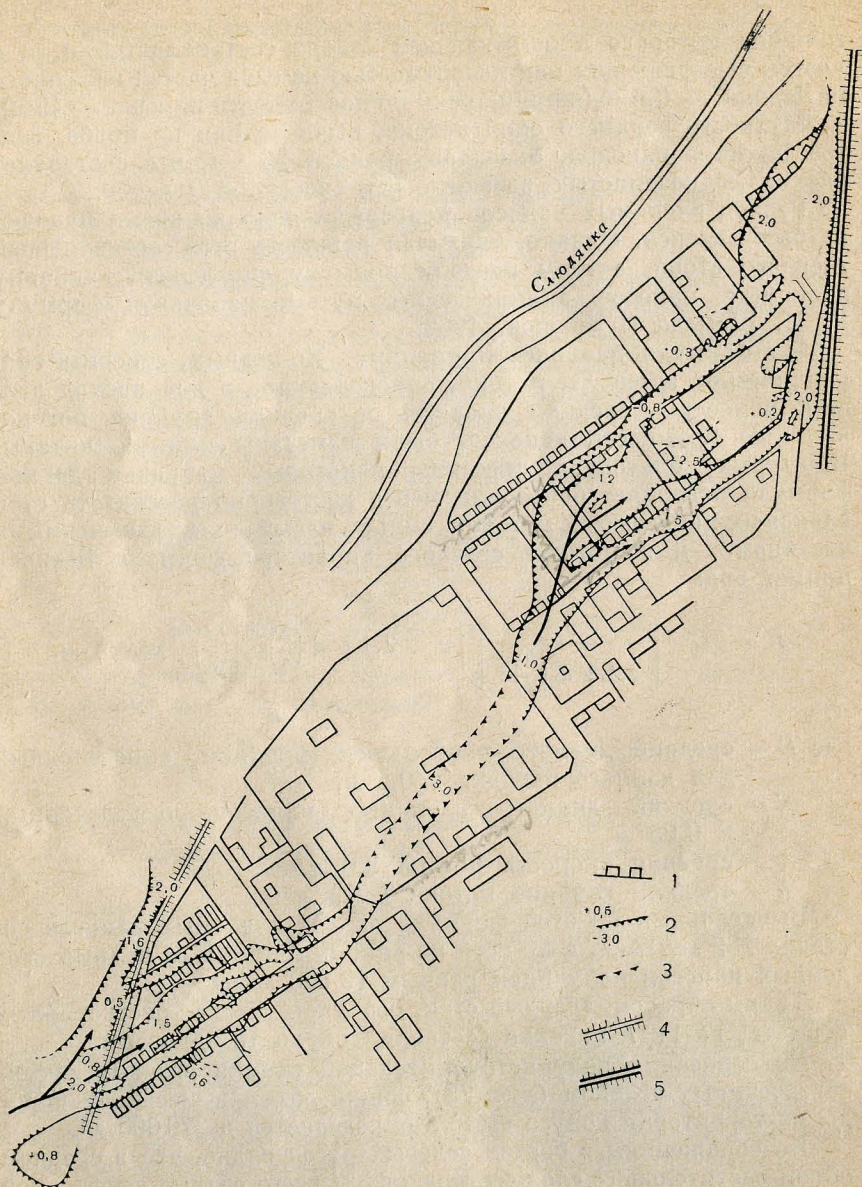


Рис. 22. План селевых русел, выработанных паводковым потоком 20.VI 1960 г. (Составил Г. Иванов).

1 — стрелки; 2 — контур селевых русел, их глубина в метрах (—) и высота намыва (+);
 3 — часть селевого русла на хозяйственном дворе Рудоуправления, не засыпанная на 28.VI 1960 г.; 4 — ряжевая дамба Рудоуправления; 5 — бетонированная дамба железной дороги

городском участке составило около $0,25 \text{ м}^3/\text{сек}$. Однако эта цифра, являясь усредненной, не может характеризовать интенсивность эрозионной работы потока в отдельные моменты, так как, с одной стороны, основная работа потока по выработке селевых русел завершилась в течение 2 часов (10.30—12.30), а с другой — наряду с размывом и выносом грунта поток одновременно на других участках откладывал твердый материал.

На подходе к конусу выноса поток переносил большое количество глины, песка и валунов. На это указывает простое сравнение приведенных цифр. Во время пика паводка поток ниже размываемого конуса выноса переносил только мелкоземистых фракций $5\,700 \text{ кг}/\text{сек}$, из них лишь $400—500 \text{ кг}/\text{сек}$ приходилось за счет размываемого конуса выноса. Количество перенесенного крупного материала учету не поддается, но оно было, несомненно, весьма значительным, показателями чего являются резкая деформация русла Слюдянки на протяжении по крайней мере $7—9 \text{ км}$ от устья, размыв ряда конусов выноса боковых притоков, вынос последними большого количества обломочного материала в реку и т. п.

Даже во второй половине дня, когда сила паводка значительно уменьшилась и начались работы по отводу реки в старое русло, по дну потока быстро неслись валуны. В это время один из бульдозеров остановился в потоке. Лопата бульдозера была направлена навстречу течению, и на нее сыпался град ударов камней.

Неопровержимым доказательством того, что поток переносил крупные предметы, являются многие факты переноса частей бетонных и шлакоблочных зданий, а также других тяжелых предметов (табл. 7, рис. 23).

Крупные фракции переносились потоком и в среднем течении реки. Так, на расстоянии $7,9 \text{ км}$ от устья, спрямляя русло, поток направился на низкую пойму, покрытую мелким лесом. Лес

Таблица 7

Предметы, перенесенные потоком

Предметы	Размер, м вес, т	Расстояние транспортировки, м
Обломок стены	$2,0 \times 1,0 \times 0,5$	25
Рама прицепа	0,3	300
Каток водоналивной	2,6	1100
Автомобиль ЗИЛ-150	3,9	250
Обломок фундамента	$2,0 \times 0,7 \times 0,6$	300
То же	$2,0 \times 1,2 \times 0,7$	15
»	$1,0 \times 0,4 \times 0,7$	60

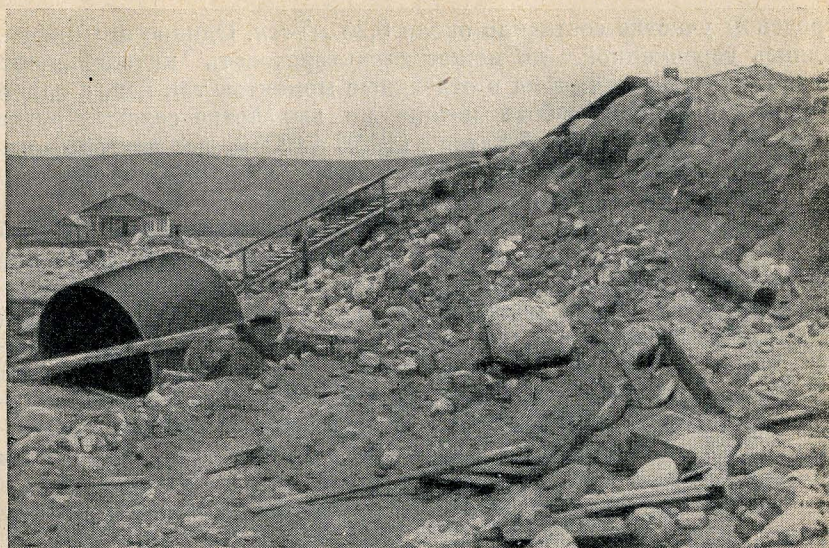


Рис. 23. Каток, перенесенный селевым потоком на 1100 м. Справа—частично размытая правобережная дамба.
(Фото В. Солоненко. 28. VI 1960 г.)

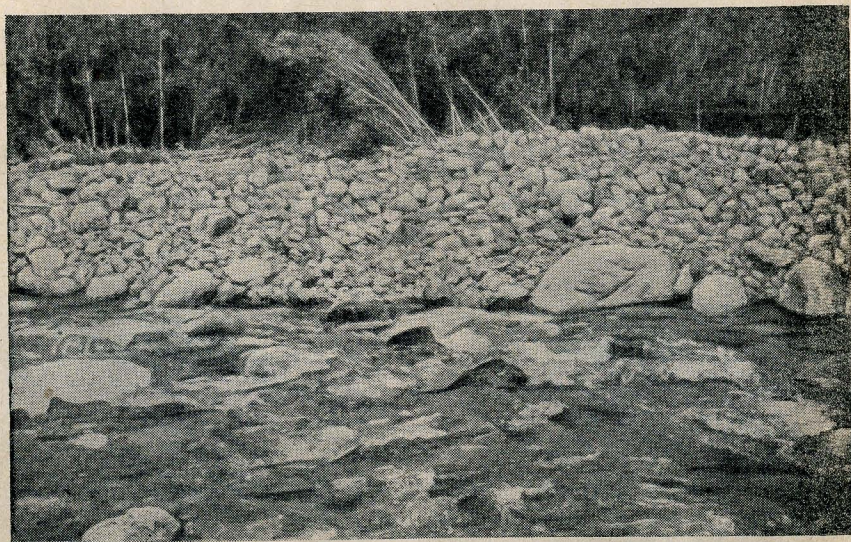


Рис. 24. Валунные отложения на площади, ранее покрытой лесом.
(Фото Г. Иванова. 30. VI 1960 г.)

задержал крупные фракции потока — валуны до 0,5 м в поперечнике (рис. 24). За счет аккумуляции высота берега резко увеличилась, и поток снова вошел в прежнее русло.

На расстоянии 3,9 км от устья марка водомерного поста была установлена в валуне диаметром 3 м. Валун этот унесен потоком и найти его не удалось. Размеры влекомых наносов, хотя и неравномерно, уменьшаются к устью реки.

На 10-м км от устья Слюдянки наибольшие окатанные валуны, в верхней части покрытые лишайниками, имеют в диаметре до 5 м. Эти валуны перекатывались предшествующими селевыми потоками, а не последним селом. В черте г. Слюдянки мы не наблюдали валунов, превышающих в диаметре 1,2 м, а в районе шоссейного и железнодорожного мостов — 0,8 м⁷.

Уменьшение размеров влекомых наносов от средней части реки к ее устью объясняется главным образом понижением продольного уклона русла к устью реки от 4—3° на 10-м км до 1,5—1° на конусе выноса и расширением русла реки в том же направлении, особенно при выходе ее на конус выноса.

По подсчету В. В. Чепцова, в русле Слюдянки на протяжении 1,3 км (от устья до пикета 13) количество наносов за время действия селевого паводка 20.VI увеличилось на 50 тыс. м³. Главную массу этих отложений составляют валуны. Галька и песок занимают только межгранулярные пространства и отдельные, очень ограниченные по площади (до десятков квадратных метров) участки затишья, опражденные валунами.

Кроме селевых русел в черте города, нами установлены еще следующие селевые очаги, где поток захватил значительное количество твердого материала:

1. Конус выноса в устье крутого оврага, имевший размеры $5 \times 60 \times 8$ м. Селевой поток 20.VI уничтожил его полностью.
2. Конус выноса размером $6 \times 70 \times 10$ м.
3. Один из правых распадков был ранее задернован. Ливневыми водами 20.VI образовано новое русло и новый конус выноса, сложенный валунами. Песчано-глинистый материал был вынесен в Слюдянку.
4. В нескольких местах переработаны небольшие участки террас и поймы.

Защита г. Слюдянки от селевых паводков

Как уже было отмечено, прошедший селевой паводок не может быть основанием для перенесения пос. Рудоуправления на новое место: перспективы развития города требуют превращения этой,

⁷ Здесь в 1940 и 1945 гг. производились расчистки и мощение русла реки, поэтому указанные диаметры валунов характеризуют транспортирующую способность лишь потока 20.VI 1960 г. (Прим. ред.)

в общем, удобной для строительства площади в район городской застройки. При этом нельзя забывать, что г. Слюдянка неизбежно будет расти преимущественно вширь, а не в высоту, так как он находится в зоне девятибалльных землетрясений, вблизи разломов земной коры с предполагаемой высшей для Байкальской зоны сейсмической активностью. Замена старых домов на новые даст гораздо меньше прироста жилой площади, чем это может показаться на первый взгляд, так как по нормам антисейсмического строительства здесь можно строить дома не выше 12 м.

При обсуждении проблем развития г. Слюдянки нельзя не считаться с окружающим его природным комплексом. Исключительно здоровый климат, довольно теплая для Сибири зима, неисчерпаемые возможности для туризма, водного и горнолыжного спорта, самой изысканной спортивной охоты и рыболовства, не оставляют сомнения в том, что район города со временем украсится горно-климатическими здравницами, домами отдыха, туристскими и спортивными базами.

Существующая застройка города и перспективы его развития делают жизненно необходимым и неотложным делом создание надежной защиты г. Слюдянки от селевых паводков. Результаты кратковременного обследования селевого паводка и его последствий, естественно, не дают оснований для достаточно точного определения объема противоселевых мероприятий и места размещения противоселевых сооружений, однако, ряд предложений для планирования противоселевых сооружений может быть сделан.

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СЕЛЕВОГО ПАВОДКА 20. VI 1960 г. И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОСЕЛЕВОЙ ЗАЩИТЫ

Мы считаем, что пос. Рудуправления должен быть сохранен. Поэтому наряду с ремонтом поврежденных зданий предстоит провести планировочные работы. Для засыпки селевых русел и мелких промоин потребуется приблизительно 300 000 м³ прунта.

Для обеспечения защиты поселка от возможных паводков, до постройки капитальных противоселевых сооружений, необходимо срочно реконструировать поселковую струенаправляющую дамбу, нарастив ее высоту по крайней мере на 1 м.

Насыпной вал, сооруженный из валунника по правому берегу Слюдянки в месте ее прорыва к поселку, мы считаем малоэффективным. Он может быть размыв паводком или небольшим селевым потоком. Однако осуществление капитальных противоселевых сооружений потребует значительного времени, поэтому насыпную дамбу следует наращивать и далее, расчищая одновременно русло Слюдянки и создавая ему поперечный уклон к левому коренному берегу. Для повышения устойчивости вала следует перед ним рас-

положить наброску из камней диаметром больше 1,2 м каждый. Эти камни должны быть расположены в шахматном порядке, чтобы разделить будущий поток на отдельные струи и создать между ними зоны отложения наносов.

Существующая дамба железной дороги должна быть капитально отремонтирована на всех поврежденных участках. Всего потребуется восстановить 543 пог. м железобетонного мощения и упорных ряжей. Между пикетами 16 + 32 — 19 + 75 необходимо срочно построить берегоукрепительную стену с упорной бетонной стеной.

Русло реки на протяжении 800 м от пикета 1 + 00 ниже моста до пикета 7 + 00 выше моста, должно быть очищено от наносов, накопившихся здесь во время прохождения селевого паводка 20.VI, при этом потребуется переместить не менее 50 000 м³ валунно-галечникового материала.

На руднике № 1 после очистки шахт № 1—4 от вымытого в них прунта следует построить защитную струнаправляющую дамбу и подготовить русло пади Улунтуй для беспрепятственного сброса паводковых вод в объеме до 200 м³/сек (приблизительное сечение канала минимально 3 × 15 м).

Капитальные противоселевые мероприятия. Обоснование проекта капитальных противоселевых мероприятий для полной и надежной защиты г. Слюдянки, его пригородов, шахт и железной дороги от селевых потоков возможно только после проведения комплексных инженерно-геологических, гидрогеологических, топографических и экономических исследований. В настоящее время по проекту гидротехнических сооружений могут быть высказаны общие соображения, необходимые для обоснования указанных изысканий.

При расчете гидротехнических сооружений, естественно, следует исходить из максимально возможного расхода потоков. В 1934 г. максимальный расход потока достигал, по-видимому, почти 800 м³/сек, причем на поток в пади Улунтуй приходилось около 150 м³/сек. Однако, по количеству выпавших осадков в г. Слюдянке (50 мм) нет оснований предполагать, что ливень 28.VI 1934 г. по своей интенсивности был максимально возможным. О том, что ливни в горных сооружениях Байкальской системы могут достигать катастрофических размеров, свидетельствует ливень 13.VII 1943 г., наблюдать который пришлось автору (Солопенко, Кобеляцкий, 1947) у западного окончания хребта Хамар-Дабан, в 175 км от г. Слюдянки, и который позднее описан С. В. Обручевым (1951). Во время этого ливня практически за 11 часов выпало 546 мм осадков.

При подобном ливне в бассейне р. Слюдянки только за счет дождевых вод может сформироваться паводок с расходом до 830 м³/сек, включая поток по пади Улунтуй с расходом 170 м³/сек.

В случае выпадения подобного ливня в конце мая или в начале июня за счет таяния снега в высокой части водосборного бассейна дополнительно будет поступать воды до $70 \text{ м}^3/\text{сек}$. Таким образом, общий расход паводка может достичь 900 м^3 (720 м^3 по Слюдянке и 180 м^3 в пади Улунтуй). О том, что подобные потоки, может быть и более мощные, имели место, говорят валуны в русле Слюдянки диаметром до 4—5 м, которые не были сдвинуты при паводках 1934, 1938 и 1960 гг.

Следует отметить, что при расчете снегового питания мы исходили из равномерного распределения по площади зимних осадков. В действительности же в верховьях рек могут накапливаться большие дополнительные запасы снега за счет его перераспределения во время зимних ветров, когда снег сдувается с плоских гольцовых массивов и сбрасывается в ущелья.

Для уточнения приведенных расчетов весной необходимо провести подекадную снеговую съемку.

Борьба со столь мощным водокаменным потоком представляет довольно сложную гидротехническую задачу, решение которой может идти различными путями. Задача осложняется тем, что на город и железнодорожные сооружения «нацелены» две селеопасные долины — Слюдянки и пади Улунтуй. Наиболее вероятное направление селевых потоков и селей показано на рис. 25. Как видно на схематической карте, в наиболее селеопасном положении находится пос. Рудоуправления, в который селевые потоки могут ворваться со стороны Слюдянки сверху и пройти вдоль всего поселка, как это и было 20.VI. Восстановление и реконструкция поселковой дамбы не исключают возможности прорыва Слюдянки в среднюю часть поселка с юго-запада.

Юго-восточный фронт поселка совершенно открыт для удара селевых потоков пади Улунтуй. Менее вероятно, но все же возможен прорыв улунтуйского потока в центральную часть города в обход существующей железнодорожной дамбы.

По своей природе потоки, угрожающие г. Слюдянке, являются, по классификации М. С. Гагошидзе, селевыми паводковыми потоками, для которых характерны свойства турбулентного потока, при разливе откладывающего влекомые наносы с некоторой степенью сортировки. Встречаемые препятствия селевой паводок либо заносит влекомым материалом, либо обходит, быстро вырабатывая селевое русло, при этом искусственные сооружения при малой глубине заложения фундамента могут быть подмыты и обрушены. При проектировании противоселевых сооружений должны прежде всего учитываться эти свойства потоков. Однако нельзя полностью исключать возможность формирования в долине Слюдянки и типичного селя — грязекаменного «структурного» потока с иной динамической природой. Такой поток стремится двигаться прямолинейно и имеет по своему фронту большую ударную силу, способную разрушить даже солидные препятствия. Этим

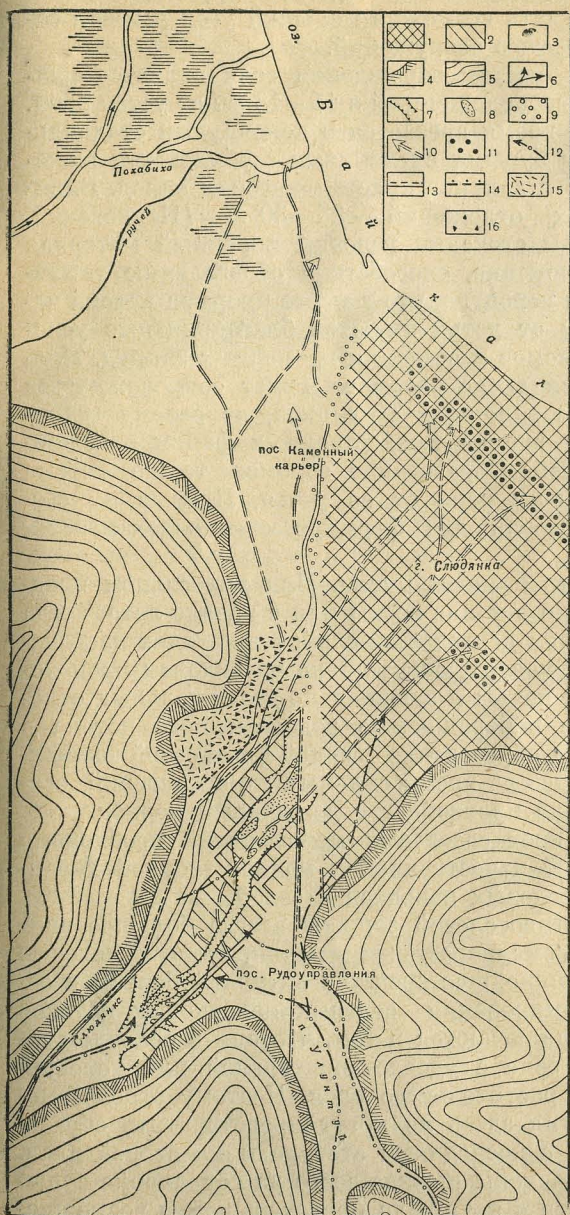


Рис. 25. Схема селевых потоков в г. Слюдянке и рекомендуемых противоселевых мероприятий (Составил В. Солоненко. 1960 г.)

1 — западная часть г. Слюдянки; 2 — часть пригородных поселков; 3 — наклонная предгорная равнина и конусы выноса; 4 — подножия гор; 5 — горы; 6—9 — паводок 20.VI 1960 г.; 6 — направление прорыва воды, 7 — селевые русла, выработанные потоком, 8 — острова в селевом русле, 9 — участок накопления грубообломочного материала; 10, 11 — паводок 28—29.VI 1934 г.: 10 — приблизительное направление паводковых и селевых потоков, 11 — приблизительная площадь отложенного селя на железнодорожной станции и стадионе; 12 — вероятное направление селевых потоков; 13 — 16 — рекомендуемые противоселевые мероприятия: 13 — дамба высотой 3—4 м, 14 — дамба высотой 1,2—1,5 м, 15 — камнеулавливающая площадка, 16 — каменные или бетонные надолбы

предопределяется размещение противоселевых сооружений в плане: оно должно обеспечивать возможно меньший угол встречи селевого потока с поверхностью сооружений.

Наиболее вероятным местом зарождения селя является участок долины Слюдянки, расположенный в 15—18 км от устья реки. Здесь река в настоящее время врезается в конечную и стадияльные морены, сложенные бурыми суглинками с обильными включениями обломков, глыб и валунов кристаллических пород. Видимая мощность моренных отложений — 25—30 м (Павловский, 1948). При определенном стечении условий моренный материал будет вовлекаться в движение, способствуя образованию типичного селя. Это тем более вероятно, что в месте прорыва потока через морены на 15-м км от устья имеются благоприятные условия для образования заломов и создания временных запруд. Прорыв воды, накопившейся выше заломов, может сопровождаться разрывом больших масс валунных суглинков, по своему гранулометрическому составу вполне тождественных фации отложенных грязекаменных селей. Образование заломов также весьма вероятно на 5-м и 9-м км реки от ее устья. Прорыв их создает благоприятные условия для формирования водокаменных потоков.

Сели могут возникать и иным путем. При длительном предливневом дожде, особенно в конце весны или в начале лета, когда еще не полностью протаял деятельный слой, происходит насыщение грунтов водой. При последующем ливне на склонах происходят массовые оплывины почвы и элювиально-делювиальных отложений, способствующие перерождению водокаменного потока в грязекаменный. Наконец, образование твердой фазы селей возможно за счет обвалных масс во время сильных землетрясений, особенно если землетрясение произойдет в дождливый период.

При планировании противоселевых мероприятий необходимо исходить из приведенной качественной и количественной характеристики ожидаемых селевых паводков и селей.

При разработке противоселевой защиты всегда большое внимание уделяется агролесомелиоративным мероприятиям, которые рассматриваются как важнейшее средство активной борьбы с селями. Особенности формирования селевых паводковых потоков Прибайкалья как раз заключаются в том, что они в основном зарождаются в таежной зоне с удовлетворительной или хорошей сохранностью почвенно-растительного слоя. Поэтому агролесомелиоративные мероприятия здесь не могут предотвратить образование селей и в борьбе с последними отстают на второй план. Они должны быть направлены прежде всего на сохранение существующей растительности и почв. Для предотвращения возможности формирования в будущем еще более катастрофических селевых паводков необходимо категорически запретить производственную вырубку лесов в бассейнах Слюдянки, Улунтуя, Похабихи и

Сухого ручья и организовать действенную охрану лесов от пожаров.

При выборе селезащитных сооружений следует исходить из существующей застройки конусов выноса Слюдянки и пади Улунтуй, необходимости защитить возможно большие участки селеопасной части предгорной наклонной равнины и верхних частей конусов выноса, а также из типа и расположения существующих селезащитных сооружений.

На первый взгляд, весьма заманчивым кажется сооружение регулирующих водохранилищ в долинах Слюдянки и пади Улунтуй. Однако при крутых уклонах рек и больших паводковых расходах для регулирования потоков необходимо строить либо целую серию малых плотин, либо очень высокие плотины. Стоимость таких плотин, и без того значительная, еще повышается за счет мероприятий по обеспечению сейсмостойкости плотин при девятибалльных землетрясениях, не говоря уже о том, что создание водохранилищ выше города в районе со столь высокой сейсмической активностью — дело рискованное. Предложенные Г. В. Рудницким в тридцатых годах строительство невысокой плотины в районе нынешнего карьера «Перевал» и спуск избытка воды по тоннелю из Слюдянки в Похабиху — в настоящее время не заслуживают даже рассмотрения, так как в долине Похабихи создано большое горное предприятие «Перевал», часть конуса выноса реки уже застроена, другая часть его является резервной площадью для развития г. Слюдянки, а сама долина реки и без того селеопасна.

Террасирование долин, применяемое во многих селеопасных районах, в нашем случае не обеспечивает безопасности города, так как эта мера способствует очистке потоков от влекомого терригенного материала, но не ослабляет эрозионной энергии потока на конусах выноса, а для г. Слюдянки опасны не только водокаменные, но и водные потоки, вырывающиеся из ущелий рек, к тому же на конусах выноса они легко превращаются в водокаменные.

Как один из вариантов действенной защиты города от селевых паводковых потоков может обсуждаться строительство поглощающих и наносоуловительных котлованов в долинах Слюдянки и пади Улунтуй в закарстованных мраморах верхней подсвиты слюдянской свиты.

Большая поглотительная способность закарстованных мраморов подтверждается как режимом рек в их поле, так и опытными работами, проведенными в 1959 г. Однако целесообразность сооружения котлованов нам кажется сомнительной по следующим причинам:

1) паводковые потоки имеют очень большой расход, и для поглощения воды в достаточном количестве (до $600-700 \text{ м}^3/\text{сек}$ в долине Слюдянки и до $150-170 \text{ м}^3/\text{сек}$ в пади Улунтуй)

необходимо сооружение в скальных грунтах очень крупных котлованов;

2) режим поверхностного стока Слюдянки показывает, что зона аэрации закарстованного массива невелика и может быть быстро заполнена паводковыми водами;

3) значительная часть подземного стока из Слюдянки идет в Похабиху, повышение водности которой в паводковый период нежелательно;

4) поглощение воды в пади Улунтуй может вызвать подтопление подземных выработок, особенно рудника № 2.

На основании изложенного представляется наиболее целесообразным строительство такой системы противоселевой защиты города, которая явилась бы логическим завершением существующей системы противоселевых сооружений. Эскиз этой системы приведен на схематической карте рекомендуемых противоселевых мероприятий (рис. 25).

Для предотвращения прорыва селевого паводкового потока в центральную часть г. Слюдянки земляную правобережную дамбу железной дороги от пикета 19 + 75 до пикета 23 + 35 следует защищать бетонной стеной с упорной бетонной стенкой и продолжить сооружение дамбы до смыкания ее с коренным склоном у устья пади Улунтуй (250 м).

Для защиты пос. Рудуправления со стороны пади Улунтуй необходимо построить левобережную дамбу, полностью перехватывающую долину. Длина этой дамбы около 1500 м. В самой пади Улунтуй следует подготовить русло для паводковых потоков.

Для защиты территории пос. Рудуправления от прорыва потоков со стороны р. Слюдянки следует построить правобережную дамбу длиной 2200 м, расчистить и спрямить русло Слюдянки.

Кроме того, во избежание размыва земляного полотна железной дороги на участке от аварийного водослива до моста через Похабиху необходимо усилить крепление насыпи.

Для повышения эффективности противоселевых сооружений, ликвидации возможных заторов в каналах, созданных дамбами, и предотвращения катастрофического накопления грубообломочного материала выше железнодорожного моста — как следствия сброса части воды в сторону Похабихи через аварийную прорезь — необходимо принять дополнительные меры, направленные на разгрузку потока от каменного материала.

Перехват грубообломочной фракции твердого стока только выше города не может полностью обеспечить безопасность железнодорожных сооружений, так как на конусе выноса во время прохождения потока происходит резкий прирост влекомого материала за счет размыва аллювиально-пролювиальных отложений.

Таким образом, для защиты города и железной дороги по р. Слюдянке следует создать по крайней мере две камнеулавливаю-

щие площадки: одну близ выхода реки из гор и вторую на конусе выноса. Место первой площадки может быть определено после соответствующей инженерно-геологической подготовки. Рекогносцировочный осмотр долины показал, что соответствующие этой цели площадки в долине Слюдянки имеются. Например, 20.VI в 7—9 км от устья поток затопил пологую площадку и оставил на ней значительное количество валунов диаметром до 0,5 м, заметно нарастив здесь высоту поймы.

На конусе выноса у северной оконечности пос. Рудоуправления имеется участок, площадью более 10 га, удобный для создания камнеулавливающей площадки, работающей по принципу, предложенному И. В. Егизаровым. Здесь представляется возможным повернуть дамбовый канал вправо под углом около 30°. Левобережная подпорная стенка канала должна иметь высоту, обеспечивающую перелив воды через нее во время катастрофических паводков (ориентировочно 1,2—1,5 м вместо 3—4 м, принятых для подпорных стен магистральных каналов). При переливе воды около головной части камнеулавливающей площадки произойдет быстрое заполнение канала крупновалунным материалом и водокаменный поток направится на площадку, где в результате разлива и потери скоростей он сбросит большую часть влекомого грубообломочного материала.

Наблюдения за паводком 20.VI показали, что паводок на естественных площадках растекается только на время. В дальнейшем вода быстро вырабатывает селевое русло и вновь сосредоточивается в единый узкий стремительный поток. Во избежание этого и улучшения работы площадки по улавливанию камней представляется целесообразным разбить поток на площадке с помощью каменных или железобетонных надолб высотой 1,2—1,5 м, расположенных в шахматном порядке.

Подготовка самой площадки заключается в ее планировке и придании двойного уклона — вниз по течению реки и влево к коренному берегу.

Создание камнеулавливающей площадки в пади Улунтуй затруднено, и, возможно, здесь будет более целесообразным сооружение фильтрующих плотин взрывным способом. Для решения этого вопроса необходимо провести изыскательские работы.

Наконец, отметим, что строящийся на конусе выноса Сухого ручья поселок Рыбного завода занимает селеопасную площадь и может быть разрушен первым же селевым потоком. Поселок необходимо защитить струенаправляющей дамбой, которая направляет поток к правому склону приустьевой части долины под железнодорожный мост. Длина дамбы около 500 м.

В настоящее время началось заселение конуса выноса Похабиhi близ предприятия «Перевал». Поскольку осуществление весьма дорогих противоселевых мероприятий здесь пока нельзя считать неизбежным, необходимо местным руководящим органам

категорически запретить строительство на селеопасной площади конуса р. Похабихи, как и в приустьевой части пади Улунтуй.

Организация службы предупреждения селевой опасности. Для избежания катастрофических последствий селевых паводков следует срочно организовать службу предупреждения селевой опасности. Эта служба не потребует сколько-нибудь значительных капиталовложений, так как может быть организована на базе существующих станций «Слюдянка» и «Хамар-Дабан». Для сбора более полных материалов, необходимых для прогноза формирования паводков, по-видимому, потребуется установка радиоплювиографов в большом каре в верховьях Слюдянки, Похабихи и падей Улунтуй, Сухой ручей. Поскольку наиболее селеопасный период приходится на конец мая и июнь, когда в горах еще сохраняются крупные запасы снега, в предпаводковый период необходимо проводить снегомерную съемку с определением запасов снега.

При прогнозе паводков будут учитываться не только сведения о количестве выпавших осадков в разных частях водосборных бассейнов, но и данные о температурном режиме в предливневой период и во время выпадения осадков, что позволит рассчитать возможную долю снегового питания паводка. Определенное значение также будут иметь сведения о глубине протаивания деятельного слоя.

Центр службы предупреждения должен находиться при Слюдянской гидрометеорологической станции, чтобы в случае селевой опасности он мог своевременно предупредить руководящие органы города и района, а также население, так как наивысшие горизонты воды на реках южного побережья Байкала наступают обычно через 7—9 часов, а иногда через 4—5 часов после начала паводка.

Во время прохождения селевого паводка должно быть организовано непрерывное наблюдение за работой противоселевых сооружений, так как не исключены подмыв и разрушение отдельных участков дамб, берегоукрепительных стен и других элементов противоселевой защиты.

Неотложные задачи изучения селеопасных районов Южного Прибайкалья. В последнее время началось быстрое освоение южного побережья Байкала, причем возводятся не только мелкие поселения, связанные с эксплуатацией железной дороги, как это было ранее, но проектируются и строятся крупные населенные пункты и важные промышленные предприятия.

В то же время Южное Прибайкалье является самым селеопасным районом Восточной Сибири. Селевая опасность района может возрасти вследствие ослабления растительного слоя как за счет вырубки лесов, так и за счет лесных пожаров. В настоящее время во многих случаях паводковые селевые потоки разбиваются в густых таежных зарослях на вершинной части конусов выноса, как

это произошло, например 20.VI 1960 г. у пос. Солзан. После уничтожения таких лесов, если не будут своевременно проведены противоселевые мероприятия, потокам откроется беспрепятственный путь в населенные пункты.

Для наиболее рационального освоения территории в настоящее время имеется настоятельная необходимость изучения селевой опасности, в первую очередь бассейнов рек, на конусах выноса которых ведется или планируется строительство.

Не останавливаясь на общих для всех селеопасных районов вопросах, подлежащих изучению, достаточно освещенных в специальной литературе, отметим лишь те специфические задачи, которые встанут при изучении селей южного побережья Байкала.

Гидрометеорологические исследования условий образования селевых паводков. Формирование паводков на северном склоне хребта Хамар-Дабан происходит преимущественно в высокогорной части бассейна. Однако существующие гидрометеорологические станции дают климатические характеристики лишь до средней части хребтов. Верхняя зона хребтов высотой 650—800 м остается совершенно неизученной. Вместе с тем именно в этой зоне, очевидно, выпадает наибольшее количество осадков, накапливаются и сохраняются до летних ливней наибольшие запасы снега. Следовательно, для правильной оценки селеобразующих свойств бассейнов рек, лежащих на различных гипсометрических уровнях, и для обеспечения исходными данными службы предупреждения селевой опасности имеется настоятельная необходимость в открытии высокогорной гидрометеорологической станции, на базе которой должна проводиться также снегомерная съемка. Существенную роль могли бы выполнить радиоплювиографы, установленные в верховьях тех рек, в устьях которых находятся стационарные гидрометеорологические станции (Слюдянка, Снежная, Осиновка Танхойская, Переменная, Мысовка).

Геолого-геоморфологические исследования условий формирования селей. Несмотря на то, что южное побережье Байкала — геологически, геоморфологически и инженерно-геологически наиболее изученный район Восточной Сибири, сведения о селях, селевых фациях, селегенных формах рельефа почти отсутствуют, хотя все эти элементы селевого комплекса здесь не только имеются, но часто проявляются чрезвычайно ярко, и можно только с недоумением констатировать, что геолого-геоморфологические исследования с нашей целью здесь необходимо начинать с азов — с выделения аллювиально-пролювиальных и пролювиальных фаций, ревизии фаций, относимых до настоящего времени к ледниковым, и т. п.

При специализированных геолого-геоморфологических исследованиях особое внимание следует уделить роли сейсмичности в формировании селей, поскольку все южное побережье Байкала лежит в районе высокой сейсмической активности. Здесь с

исчерпывающей полнотой должен быть использован палеосейсмический метод исследований, в том числе при расчленении обвальных и оползневых фаций на гравитационные и сейсмогравитационные.

Геологи совместно с гидрометеорологами должны изучить многолетнюю мерзлоту, режим сезонной мерзлоты и их роль в формировании и режиме селевых паводков, в том числе доли питания твердого стока солифлюкционными фациями.

Экономические исследования. Поскольку на южном побережье Байкала крупное строительство только разворачивается, при специализированных работах необходимо провести экономические исследования с целью определения ориентировочной стоимости противоселевых мероприятий, необходимых для обеспечения безопасности того или иного объекта или строительной площадки. Вполне вероятно, что в ряде случаев капиталовложения, необходимые для проведения антисейсмических, противоселевых, противооползневых, противообвальных мероприятий и мероприятий по укреплению берегов Байкала от размыва, окажутся несообразно большими по сравнению с теми экономическими или иными выгодами, которые дает размещение тех или иных объектов на южном берегу озера. При этом необходимо учитывать возможность активизации селей, оползней и обвалов.

Все изложенное, на наш взгляд, не оставляет сомнения в том, что изучение селей южного побережья Байкала, как составная часть комплексной инженерно-геологической оценки этой территории, является актуальной и неотложной задачей, выполнение которой возможно совместными усилиями Института земной коры Сибирского отделения Академии наук СССР, гидрометеослужбы, Иркутского и Бурятского геологических управлений и Управления Восточно-Сибирской железной дороги.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В. Г. Гидрологические расчеты при проектировании малых и средних гидроэлектростанций. Гидрометеоиздат, Л., 1957.
- Афанасьев А. Н. Средний сток рек бассейна оз. Байкал. Материалы по подзем. водам и инж. геологии Вост. Сибири. Тр. Вост.-Сиб. филиала АН СССР, вып. 10. М., 1959.
- Великанов М. А. Гидрология суши. Гидрометеоиздат, Л., 1947.
- Гагошидзе М. С. Понятие «сели» и их гидрологическая природа. Селевые потоки и меры борьбы с ними. Изд-во АН СССР, М., 1957.
- Думитрашко Н. В. Геоморфология и палеогеография Байкальской горной области. Тр. Ин-та географии. Материалы по геоморфологии и палеогеогр. СССР, т. 5, вып. 9. М., 1952.
- Егизаров И. В. Водокаменный селевой поток 25 мая 1946 г. на реках Гетар и Дрявж. Селевые потоки и меры борьбы с ними. Изд-во АН СССР, М., 1957.
- Коржинский Д. С. Кристаллические толщи Юго-Западного Прибайкалья. XVII сессия Междунар. Геол. Конгресса. Сибирская экскурсия. Гостеоиздат. М., 1937.

- Коржиянская К. Н. Структура рудного поля Слюдянского месторождения флогопита. Изв. АН СССР, серия геол., 1958, № 6.
- Кузнецов И. А. О точности расчета максимальных расходов воды при отсутствии или недостаточности гидрометрических данных. Метеорология и гидрология, 1960, № 7.
- Лурье М. Л., Обручев С. В. Докембрий Восточного Саяна и Хамар-Дабана. Изв. АН СССР, серия геол., 1950, № 6.
- Обручев В. А. Необычный сель в Хамар-Дабане. Природа, 1934, № 9.
- Обручев С. В. Два случая катастрофических ливней (Восточный Пакистан и Восточный Саян). Природа, 1951, № 11.
- Павловский Е. В. и Цветков А. П. Северо-Западное Прибайкалье. Геолого-петрографический очерк района Елохина Мыса. Изд-во АН СССР, М., 1936.
- Павловский Е. В. О четвертичном оледенении Южного Прибайкалья. Изв. АН СССР, серия геол., 1948, № 5.
- Пальшин Г. Б. Кайнозойские отложения и оползни юго-восточного побережья Байкала. Изд-во АН СССР, М., 1955.
- Пилипенко П. П. О дилuviальном оледенении Южного Прибайкалья. Землеведение, 1934, т. XXXVI, вып. 4.
- Рудницкий Г. В. Предварительный отчет гидротехнического бюро Лен-транспроекта по исследованию рек Слюдянки и Похабихи в 1935 г. Фонды Иркутского обл. архива.
- Соколовский Д. Л. Речной сток. Гидрометеиздат, Л., 1952.
- Солоненко В. П. Динамические явления, связанные с неотектоникой Восточной Сибири. Докл. АН СССР, 1950, т. 72, вып. 1.
- Солоненко В. П. Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири. Иркутск, 1960.
- Солоненко В. П. Селевой наводок в г. Слюдянке на Байкале. Природа, 1961, № 5.
- Солоненко В. П., Пальшин Г. Б., Гречищев Е. К. Обвалы на Байкале. Тр. Иркутского Гос. ун-та, т. 5, вып. 2, 1951.
- Солоненко В. П., Кобеляцкий И. А. Восточные Саяны. Иркутск, 1947.
- Солоненко В. П., Тресков А. А., Флоренсов Н. А. Сейсмическое районирование Восточной Сибири. Геология и геофизика, СО АН СССР, 1960, № 10.
- Чуйкина Е. П., Кузнецова Ф. В. и др. Геологическое строение юго-западного побережья оз. Байкал. Фонды Иркутского геол. упр., 1949.
- Шерман С. И. К характеристике трещиноватости пород Слюдянского месторождения флогопита. Тезисы докл. конф. молодых научн. сотр. Восточно-Сиб. филиала СО АН СССР. Иркутск, 1960.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Историческая справка	4
Природные условия формирования селей в Южном Прибайкалье	9
Физико-географическая и геологическая характеристики селеопасного бассейна р. Слюдянки	13
Гидрографическая характеристика р. Слюдянки	30
Селевой паводок 20 июня 1960 г.	41
Комплексе мероприятий по ликвидации последствий селевого паводка 20.VI 1960 г. и организации противоселевой защиты	60
Литература	70

Селевой паводок в г. Слюдянке на Байкале 20 июня 1960 г

*

Утверждено к печати

Институтом земной коры Сибирского отделения Академии наук СССР

*

Редактор издательства Б. С. Шохет.

Технические редакторы Е. И. Григорьева, И. Н. Дорохина

РИСО АН СССР № 18-114В. Сдано в набор 9/X1962 г. Подписано к печати 4/XII 1962 г.
Формат 60×90^{1/16}. Печ. л. 4,5. Уч.-изд. л. 5,1
Тираж 1000 экз. Т-14717. Изд. № 1460. Тип. зак. № 1220.

Цена 36 коп.

Издательство Академии наук СССР, Москва, Б-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография Издательства АН СССР, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

СПИСОК ОПЕЧАТОК

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
9 25	6 св. Табл. 1, 4 гр. справа	долины г/л	долин ме/л

36 к.