

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Институт географии
Сәтбаев Университеті

СЕЛЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Т о м 2

Ч а с т ь 2

А. Р. Медеу, В. П. Благовещенский,
Т. А. Баймолдаев, Т. Л. Киренская, Б. С. Степанов

Основы мониторинга в Иле Алатау

Алматы
2018

УДК 551.2/3(075.8)
ББК 26.32 я73
С 29

*Утверждено к печати Ученым советом
Института географии*

Председатель редакционной коллегии
С. Г. Аубакиров

Главный редактор
академик НАН РК *А. Р. Медеу*

Редакционная коллегия:

*Т. А. Баймолдаев, В. П. Благовещенский (заместитель главного редактора),
Т. Л. Киренская, Б. С. Степанов, Е. А. Алибеков, А. В. Курманов, С. У. Ранова*

Рецензенты:

академик НАН РК, д.г.н., проф. *И. В. Северский*,
член-корр. НАН РК, д.г.-м.н., проф. *М. К. Абсаметов*

Медеу А. Р.

М 00 Селевые явления Юго-Восточного Казахстана / Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л., Степанов Б.С. – Алматы: Институт географии, 2018.

ISBN 978-601-7150-71-6

Т. 2. Ч. 2. Основы мониторинга в Иле Алатау. – 288 с.

ISBN 978-601-7150-92-1

Представлены результаты исследований по организации автоматизированного мониторинга селевой опасности в бассейнах рек Иле Алатау. Рассмотрены условия формирования селей, селевая активность и селевая опасность, содержание мониторинга селевой опасности.

Книга предназначена для специалистов по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного характера, научных работников и проектировщиков.

Библиогр. 82 назв. Ил. 72. Табл. 41.

УДК 551.311
ББК 26.32я73

ISBN 978-601-7150-92-1 (т. 2)
ISBN 978-601-7150-71-6 (общ.)

© Институт географии,
Сәтбаев Университеті, 2018
© Медеу А.Р., Благовещенский В.П.,
Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л.,
Степанов Б.С., 2018

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Institute of Geography
Satbayev University

DEBRIS FLOW IN THE SOUTHEAST KAZAKHSTAN

Volume 2

Part 2

A. R. Medeu, V. P. Blagovechshenskiy,
T. A. Baimoldayev, T. L. Kirenskaya, B. S. Stepanov

The basics of monitoring in the Ile Alatau

Almaty
2018

UDC 551.2/3(075.8)
LBC 26.32я73
C 29

*Approved for publication by Scientific Council
of the Institute of Geography*

Chairman of the Editorial Board
S. G. Aubakirov

Chief Editor
Academician of the NAS of the RK *A. R. Medeu*

E d i t o r i a l B o a r d :

*T. A. Baimoldayev, V. P. Blagovechshensky (deputy editor-in-chief),
T. L. Kirenskaya, B. S. Stepanov, E. A. Alibekov, A. V. Kurmanov, S. U. Ranova*

R e v i e w e r s :

Academician of the NAS of the RK , Doctor of Geological Sciences, prof. *I.V. Sevverskiy*
Corresponding Member of NAS of the RK,
Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, prof. *M.K. Absametov*

Medeu, A. R.

M 00 Debris flow in the Southeast Kazakhstan / Medeu A.R., Blagovechshenskiy V.P., Baimoldayev T.A., Kirenskaya T.L., Stepanov B.S. – Almaty: Institute of Geography, 2018.

ISBN 978-601-7150-71-6

Vol. 2. Part 2. The basics of monitoring in the Ile Alatau. – 288 p.

ISBN 978-601-7150-92-1

The results of research on the organization of automated monitoring of mudflow hazard in the Ile Alatau are presented. The conditions for the formation of mudflows, mudflow activity and mudflow hazard, the content of mudflow monitoring are considered.

The book is intended for specialists in the prevention of natural emergencies, scientists and designers.

82 References. 72 Figures. 41 Tables.

UDC 551.2/3(075.8)
LBC 26.32я73

ISBN 978-601-7150-92-1 (Vol. 2)
ISBN 978-601-7150-71-6 (Set of four vol.)

© Institute of Geography,
Satbayev University, 2018
© Medeu A.R., Blagovechshenskiy V.P.,
Baimoldayev T.A., Kirenskaya T.L.,
Stepanov B.S., 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Селевые потоки представляют большую угрозу для населения и экономики в горных и предгорных районах Юго-Восточного Казахстана. Очень сильная селевая опасность отмечается в Иле Алатау, у подножия которого расположен крупнейший в Казахстане мегаполис – город Алматы. Селевые катастрофы происходили здесь в 1921, 1973, 1977, 1999, 2006 и 2015 годах, поэтому обеспечение селевой безопасности является актуальной задачей для города Алматы.

В настоящее время система защиты города Алматы от селевых потоков, которая создавалась во второй половине прошлого столетия, не в полной мере отвечает современным условиям. Одним из ее недостатков является отсутствие системы автоматизированного мониторинга и раннего предупреждения о селевой опасности. О важности этих мероприятий говорилось на III Всемирной конференции по снижению риска бедствий в 2015 г. в г. Сэндай (Япония).

В 2017 г. Институтом географии по заданию Департамента по чрезвычайным ситуациям КЧС МВД РК была разработана «Методика организации и функционирования автоматизированного мониторинга селевой опасности в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай». Работа было профинансирована акиматом г. Алматы.

Предлагаемая читателю монография написана по результатам, полученным в ходе выполнения этих работ. В книге изложены основные положения об автоматизированном мониторинге селевой опасности, рассмотрены условия селеформирования и характеристики селевой опасности. Основное внимание уделено организации системы автоматизированного мониторинга селевой опасности в бассейнах рек Иле Алатау на территории г. Алматы. Эта система состоит из следующих блоков: наблюдения, прогнозирования и оповещения. На основе предложенной методики будут разработан проект и реализована система автоматизированного мониторинга селевой опасности для города Алматы.

В работе над монографией принимали участие: академики НАН РК А. Р. Медеу, А. С. Бейсенова, доктора географических наук В. П. Благовещенский, Б. С. Степанов, Е. А. Таланов, доктор технических наук Р. К. Яфязова, доктор экономических наук А. А. Медеу, кандидаты географических наук Т. Л. Киренская, П. А. Плеханов, Н. В. Попов, Т. С. Гуляева, С. У. Ранова, Р. К. Карагулова, А. Л. Кокарев, Р. Ю. Токмагамбетова, Т. Г. Токмагамбетов, кандидат технических наук В. В. Жданов.

Книга относится к серии монографии под общим названием «Селевые явления Юго-Восточного Казахстана».

Авторы выражают благодарность акимату Алматы и лично акиму города Алматы Б. Байбеку, Департаменту по ЧС г. Алматы, Казселезащите, ТОО «НТК Сервич» и ТОО «Мониторинг и Инжиниринг» за поддержку в выполнении работ и помощь в написании монографии.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О МОНИТОРИНГЕ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ

1.1. Вербальная модель селевых явлений

Многообразие эндогенных и экзогенных процессов, протекающих в различных климатических, геологических, геоморфологических и иных природных условиях, а также деятельность человека становятся причиной катастрофических явлений, угрожающих жизни и здоровью, а также хозяйственной деятельности. К таким явлениям относятся и сели.

Сель, саль (арабск. – бурный поток), по определению Большой Советской Энциклопедии, – внезапно возникающий на горных реках бурный паводок, несущий очень большое количество наносов как в виде мелких частиц (грязевые сели), так и в виде гальки, валунов и глыб (грязекаменные сели) [1]. Существуют и другие определения селя (селевого потока) [2-4].

По определению, данному в терминологическом словаре «Селевые явления», «сель (селевой поток) – стремительный русловой поток, состоящий из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек. Сель характеризуется резким подъемом уровня, пульсационным (волновым) движением, кратковременностью действия (преимущественно в пределах 1–4 ч, значительным эрозионно-аккумулятивным эффектом ...» [2].

Далеко не обязательно, что сель – бурный паводок. Так, во время селя 1975 г. на р. Улкен Алматы поток представлял собой относительно медленное движение плотной грязекаменной массы (0,64 м/с при уклоне 0,077; глубина потока 5,0–5,2 м; плотность селевой массы 2400–2500 кг/м³). Движение же селя 1973 г. на р. Киши Алматы было настолько бурным, что его поверхность скрывалась под облаком, состоявшим из мелких частиц грязи.

Сели образуются не только в горной местности, но и в равнинных пустынях. Продолжительность селей может изменяться от долей часа до (с перерывами) нескольких суток. Столь же различной (в зависимости от генезиса) может быть их повторяемость.

Катастрофическим селям при движении в горных долинах, как правило, недостаточно не только русла, но и поймы реки. Их руслом становятся дно и борта долины. При выходе на конус выноса мощного грязекаменного селя русло заполняется селевой массой и его

влиянием на дальнейший характер отложения селевой массы можно пренебречь. Как правило, заново русло на конусе выноса формируется постселевым потоком (представленным разжиженной селевой массой) на новом месте.

Поведение селя определяется плотностью и реологическими свойствами селевой массы (упругостью, вязкостью, пластичностью), расходом и объемом селя, морфометрическими характеристиками пути его движения.

Расход селей изменяется от долей до нескольких десятков тысяч кубометров в секунду. Максимальный расход селевого потока 15 июля 1973 г. в бассейне р. Киши Алматы составлял 5–10 тыс. м³/с. Плотность селевой массы, даже в течение одного процесса, колеблется в широком диапазоне – от 950 до 2400 кг/м³ и более.

Твердый компонент селевой массы может состоять из частиц горных пород различного размера: от долей микрона до 10 м и более. Их плотность может изменяться от нескольких сотен (пемза) до 4000 кг/м³.

Попытки классификации селей по вещественному составу селевой массы («грязевой», «грязекаменный», «водокаменный», «насосоводный», не говоря уже о более «экзотических»: «льдо-водо-грязевой», «водо-древесно-каменный», «водно-пылеватый» и т.д.) и режиму движения («структурный», «турбулентный», «квазиламинарный» и т.п.) оказались неплодотворными.

Широко распространенное представление о том, что глыбы (массой несколько десятков тонн) транспортируются селем, в большинстве ситуаций неверно. Перемещение крупных фракций твердого компонента в плотной селевой массе, обладающей пластичностью, даже на малых уклонах происходит за счет их потенциальной энергии.

Сель – поток, состоящий из трех компонентов: твердый, жидкий и газообразный. Их объемное соотношение, а также гранулометрический и химический составы твердого компонента определяют плотность селевой массы и ее реологические свойства. Роль газообразного компонента становится значимой лишь при интенсивной деформации селевой массы, имеющей место при ее движении на больших уклонах. Количественные данные о его влиянии на реологические характеристики селевой массы (из-за сложности их экспериментального определения и малой практической значимости) практически отсутствуют. Основное внимание при изучении свойств селевой массы уделяется твердому и жидкому компонентам.

В зависимости от размеров частиц, их минералогического состава и соотношения твердого и жидкого вещества сели подразделяются на грязекаменные, грязевые, водокаменные, водоснежные, водоледяные т.д. Еще относительно недавно к селям относили только грязекаменные потоки [5], о водоснежных и водоледяных селях не упоминается даже в научно-популярной книге Ю. Б. Виноградова «Этюды о селевых потоках» [6].

Сель – настолько многообразное понятие, что охарактеризовать его только с помощью определений невозможно. Как минимум, для этого необходимы численные характеристики. Так, приблизительно 5000 лет назад на склонах вулкана Рейнир (США) в результате прорыва ледниковых вод сформировался сель с объемом, достигавшим 4 млрд м³, прошедший по долине р. Уайт приблизительно 65 км.

Сель, начало которому в результате землетрясения положил обвал льда и скальных пород на склоне вершины Уаскаран (Перу), продвигался на 14-километровом участке со средней скоростью 110 м/с (396 км/ч).

Плотность селевой массы (при плотности горных пород 2650 кг/м³) может превышать 2500 кг/м³. Вязкость селевой массы может в миллионы раз превышать вязкость воды, а совместное действие архимедовой силы и предельного напряжения сдвига (характеризующего пластичность селевой массы) приводит к тому, что глыбы горных пород не тонут в окружающей их среде. В то же время плотность селевой массы может быть меньше плотности воды, вязкость – практически равной вязкости воды, пластичность отсутствовать, скорость движения – менее 0,36 км/ч, объем – доли кубометра.

Сель граничит с двумя природными явлениями: оползнями и водными потоками, транспортирующими твердый компонент. И если граница между оползнями и селями уверенно определяется визуально (движение оползней сопровождается разрывом их сплошности), то отличить сель от водного потока, транспортирующего наносы, очень трудно.

Если твердый компонент двухфазной смеси имеет плотность, значительно превышающую плотность воды, то в качестве критерия, позволяющего отличить сель от водного потока, транспортирующего наносы, могут выступать пластичность, вязкость и плотность.

Пластичность двухфазной смеси в решающей мере определяется содержанием глинистых фракций в гранулометрическом составе твердого компонента и их химическим составом. В подавляющем числе селеформирующих грунтов содержание глинистых фракций мало,

поэтому (если объемная концентрация твердого компонента в селевой массе меньше 0,5) пластичность селевой массы практически не влияет на сопротивление движению потока и энергию, затрачиваемую на поддержание твердого компонента во взвешенном состоянии (под взвешенным состоянием понимается отсутствие кулоновского трения частицы с поверхностью, по которой движется селевая масса), и, следовательно, пластичность не может быть использована в качестве критерия, позволяющего отличить сель от водного потока, несущего наносы.

Вязкость селевой массы неоднозначно зависит от ее плотности и определяется объемной концентрацией твердого компонента, а также его минералогическим и гранулометрическим составами. Поскольку роль вязкости в динамике потока определяется соотношением сил инерции и вязкости, использовать значение вязкости двухфазной смеси с целью идентификации потока (сель или водный поток, транспортирующий наносы) затруднительно.

Твердый компонент в составе двухфазной смеси может перемещаться (вследствие ее перемешивания и отсутствия свойства пластичности) во взвешенном состоянии, сальтацией, качением и скольжением. Однако только при перемещении твердого компонента во взвешенном состоянии его скорость может приближаться к скорости движения жидкого компонента, так как перемещение твердого компонента путем сальтации, качения и скольжения (на уклонах менее 0,17) происходит, когда скорость движения жидкого компонента превышает скорость твердого компонента.

Если скорости движения твердого и жидкого компонентов равны, а это (при относительно малой концентрации твердого компонента в смеси) имеет место, когда твердые частицы перемещаются во взвешенном состоянии, то равенство изменения их потенциальных энергий наступает при равенстве масс компонентов.

К сожалению, измерить массу и скорость движения этих частиц в реальных селях невозможно. Следовательно, равенство энергий твердого и жидкого компонентов не может быть принято в качестве критерия, позволяющего отличить водный поток, транспортирующий наносы, от селя.

Не менее сложной является проблема идентификации двухфазных потоков, когда твердый компонент представлен льдом, плотность которого меньше плотности воды. В гидрологии такие потоки (с плотностью менее 1000 кг/м^3) называются «шугоход» и «ледоход». Их определения даны в «Гидрологическом словаре» [7]. Природа

шугоходов и ледоходов изучена в степени, позволяющей с достаточной предупредительностью и оправдываемостью их прогнозировать.

В последние десятилетия наблюдаются и изучаются водоснежные и водолеяные сели. Их определения даются в «Гляциологическом словаре» [8] и терминологическом словаре «Селевые явления» [2].

В 2006 г. был описан механизм водолеяного селя, формирование которого связано с лавинообразным разрушением водолеяных образований, формирующихся при резком понижении температуры воздуха (минус 10 °С и ниже) в отсутствии ледяного покрова на горных реках, продольный уклон русла которых составляет 2–7°, т.е. на уклонах, на которых расположены населенные пункты с населением в сотни тысяч человек.

Принципиальным отличием селей от катастрофических водных потоков является относительно большое содержание в них твердого компонента. Но, как мы уже убедились, зависимость физических характеристик селевой массы от концентрации твердого компонента носит непрерывный характер, поэтому они не могут быть использованы в качестве критерия, позволяющего отличить селя от водного потока, транспортирующего наносы.

В процессе транспорта наносов водным потоком крупный песок и большие по размеру частицы перемещаются сальтацией и качением за счет энергии водной составляющей потока (при этом средняя скорость движения упомянутых частиц существенно меньше средней скорости течения воды). Объемная концентрация твердых частиц в паводках не превышает первых десятков процентов. Этим объясняется незначительный ущерб, наносимый механическим воздействием твердого компонента паводков, по сравнению с ущербом, обусловленным воздействием воды. Мелкие частицы могут перемещаться преимущественно за счет их потенциальной энергии, однако ущербом, наносимым ими за счет механического воздействия, также можно пренебречь, ибо основной ущерб наносится заиливанием оросительных систем, загрязнением питьевой воды и т.д. [9].

Учитывая изложенное и то обстоятельство, что в безлюдных районах сели не приносят ущерба, мы полагаем, что вербальная (устная, словесная) модель селя, может быть сформулирована как: **селя – поток смеси воды и твердого компонента, потенциальный ущерб от которого обусловлен механическим воздействием твердого компонента, перемещающегося преимущественно за счет собственной потенциальной энергии, а механическое воздействие – кинетической энергией селевой массы.**

1.2. Основные принципы организации мониторинга селевой опасности

Под мониторингом селевой опасности понимаются регулярное измерение, анализ и прогнозирование характеристик, указывающих на возможность селеформирования, наблюдение за ходом селевого процесса, обусловленного изменением характеристик селеформирующих факторов, прогноз характеристик селей во времени и пространстве, а также раннее оповещение об угрозе или возникновении селевого потока населения и служб ЧС с принятием управленческих решений по предотвращению ущерба от селей. Необходимость прогноза селевых явлений в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай вызвана незащищенностью территорий, расположенных выше селезащитных сооружений или отсутствием таковых.

Повторяемость, объем и расход селей, плотность селевой массы, дальность продвижения селя, характер их отложений определяются в основном характеристиками геологических, геоморфологических, гидрометеорологических, климатических, почвенно-растительных и антропогенных факторов.

К относительно консервативным (медленно меняющимся) факторам могут быть отнесены геологический, геоморфологический, климатический и почвенно-растительный. Наиболее динамично изменение во времени и пространстве гидрометеорологического фактора.

Геологический фактор включает в себя сейсмичность, минералогический и гранулометрический составы селеформирующих рыхло-обломочных пород, степень их увлажнения, а также их распределение в пространстве. Характеристики, изменяющиеся во времени, должны определяться в период, предшествующий составлению прогноза селевых явлений.

Геоморфологический фактор характеризуется энергией и градиентом энергии рельефа, площадью и уклоном стокообразующих водосборов и долин, степенью развития эрозионных и оползневых процессов, наличием и характеристиками рытвин и врезов, принимавших ранее участие в формировании оползней и селей. Все перечисленные характеристики должны изучаться заранее.

Климатический фактор предопределяет генезис селевых явлений.

Почвенно-растительный фактор играет важную роль в формировании поверхностного и подземного стоков, перехватывая значительную долю выпадающих осадков. Нарушение травянистого покрова даже на относительно небольших площадях при планировке санных и горно-

лыжных трасс приводило к селям, ущерб от которых составлял сотни миллионов тенге. Изменение состава травянистого покрова в последние 100 лет на южных склонах среднегорной зоны, расположенной восточнее бассейна р. Турген, приводит к формированию бедлендов. При этом создаются идеальные условия для образования селей при выпадении интенсивных осадков.

Гидрометеорологический фактор играет важную роль в формировании как природных, так и антропогенных селей. Многогранная роль гидрологического (включая гидрогеологический) фактора проявляется в увеличении сдвигающей и уменьшении удерживающей силы при сдвиге аномально увлажненных массивов горных пород, уменьшении удерживающей силы вследствие снижения вязкости и пластичности, эрозионном воздействии на селеформирующие грунты, проявлении архимедовой силы и т.д.

В Иле Алатау преобладают (более 70 % всех случаев) сели дождевого генезиса. Они могут формироваться как в низкогорной, так и в высокогорной зонах. Однако наиболее опасными бывают дождевые сели, формирующиеся в среднегорной зоне. Так, например, сель по р. Беделбай 14 июня 1999 г. нанес значительный ущерб инфраструктуре г. Алматы. Были разрушены автодорожные мосты, участки дороги Алматы–Медеу, занесен отложениями вододелитель, повреждены коммуникации, разрушен жилой дом.

Катастрофические сели дождевого генезиса на северном склоне Иле Алатау формируются при выпадении интенсивных и продолжительных жидких осадков в высокогорной зоне, где имеются наиболее благоприятные условия для формирования селей с высокой плотностью. Выпадение таких осадков связано с вторжением холодных воздушных масс, которым предшествует глубокое проникновение холода в южные районы Средней Азии и вытеснение тепла на территорию Иле Алатау. Ливневые жидкие осадки выпадают в высокогорной зоне только при значительной высоте нулевой изотермы (более 4000 м) [10].

Небольшие сели дождевого генезиса формируются на северном склоне Иле Алатау в среднегорной зоне. Их характеристики значительно уступают селям, сформировавшимся в высокогорной зоне. Ущерб, наносимый ими, незначителен.

Особое место среди селевых потоков занимают гляциальные сели, формирование которых связано с деятельностью ледников. Их возникновение, как правило, не связано с текущей гидрометеорологической ситуацией. Активизация гляциальных селей характерна для этапа деградации оледенения.

Прорыв водоемов моренно-ледниковых комплексов способствует формированию водных паводков. Взаимодействие прорывных паводков с рыхлообломочными породами во врезях приводит к образованию селей. Гляциальные сели часто имеют большой расход и объем, что обусловлено значительными запасами воды и рыхлообломочных пород в очагах их зарождения. Опорожнение водоемов моренно-ледниковых комплексов может происходить как по подземным каналам стока, так и поверхностным путем в результате разрушения озерных перемычек.

Известны многочисленные факты прорыва внутриледниковых водоемов на ледниках северного склона Киргизского хребта [11]. Достоверно известно, что в Иле Алатау прорыв внутриледникового водоема на леднике Туйыксу был в 1956 г. В результате прорыва произошло излияние воды с максимальным расходом около $30 \text{ м}^3/\text{с}$, количество избыточной, по отношению к «норме», воды приближенно оценивается в $1,5\text{--}2,0 \text{ млн м}^3$ [11].

Благоприятные условия для образования водолеяных селей создаются при резком понижении температуры воздуха, когда водная поверхность не защищена от переохлаждения ледяными образованиями. Интенсивный теплообмен между водной и воздушной массами приводит к переохлаждению воды, благоприятствующему образованию внутриводного льда, ледяных перемычек и т.д. В местах стеснения русла создаются зажоры. Образование зажора приводит к подъему уровня воды непосредственно на участке зажора и выше по течению. В свою очередь увеличение уровня воды при практически неизменном расходе сопровождается снижением скорости потока и, следовательно, уменьшением турбулентного перемешивания. Это ухудшает условия образования внутриводного льда, но создает предпосылки для образования поверхностного льда. За счет увеличения смоченного периметра возрастает гидравлическое сопротивление. Это приводит к уменьшению скорости потока, дальнейшему повышению уровня воды и выходу ее на поверхность образующегося ледяного покрова. Описанный процесс многократно повторяется и, как следствие, образуется «слоеный пирог» из тонких прослоек льда и воды. Уровень заполнения русла водолеяными образованиями может превышать 2 м, тогда как до наступления низких температур уровень воды не превышал нескольких десятков сантиметров. Суммарные потери стока на ледообразование и подъем уровня воды в реке могут достигать десятков тысяч кубометров.

Неоднородность морфологических характеристик по длине реки приводит к формированию системы водолеяных образований ступе-

необразной формы. Их разрушение в результате быстрого потепления, антропогенного воздействия или недостаточной прочности отдельных ступеней водоледяных образований может приводить к формированию водоледяного потока. По механизму и составу эти потоки могут быть отнесены к селям: лавинообразное нарастание расхода, большая концентрация льда (твердой составляющей). Особенностью водоледяного селя является формирование одиночной волны, так как при ее прохождении в движение вовлекается практически весь лед, находящийся в русле, и снежный покров, попадающий в зону воздействия потока. В течение зимы неоднократное формирование водоледяных селей становится возможным при чередовании теплых и холодных периодов.

Расход водоледяной волны может в 100 раз и более превышать расход воды в реке, предшествовавший селевому процессу. При прохождении почти 6-километрового пути расход водоледяной волны в бассейне р. Киши Алматы 28 ноября 1987 г. увеличился с 1 до 120 м³/с [12]. Динамическое воздействие водоледяных масс настолько велико, что может приводить к разрушению мостов и гидротехнических сооружений. Так, прохождение упомянутого водоледяного селя по быстротоку селехранилища, расположенного на р. Есентай выше проспекта аль-Фараби, привело к существенному нарушению прочности железобетонных конструкций. Впоследствии быстроток был полностью разрушен рядовыми паводками из-за активизации под ним суффозионных процессов. При медленном потеплении и в отсутствие антропогенного воздействия водоледяные образования могут разрушаться постепенно, не вызывая селя.

Сейсмические явления могут способствовать как возникновению факторов, необходимых для селеформирования, так и созданию условий, при которых существующие селеформирующие факторы могут иметь значительно меньшие (минимально необходимые или критические) характеристики.

Катастрофические землетрясения играют важную роль в рельефообразовании, благоприятствующему формированию селей. Это обвалы, перегораживающие ущелья, оползни, смещения по разрывам и т.д. Со временем большинство из них в результате денудации постепенно сглаживаются или исчезают совсем. Эффективным агентом переноса наносов являются сели.

Как правило, завальные массы образуют плотины, преграждающие течение горных рек, при этом возникают озера, прорыв которых может вызвать паводки и сели. Такое явление наблюдалось при Верненском землетрясении 1887 г. на реках Киши Алматы и Аксай. Интервалы времени между образованием озер и их катастрофическим прорывом

могут быть различными, например, завал на р. Есик и образованное им озеро просуществовали тысячи лет. В таких ситуациях завалы образуют временные хранилища наносов, прерывающие на длительные интервалы времени вынос наносов из высокогорной зоны на предгорную равнину.

Сейсмические колебания способны привести к потере устойчивости водонасыщенных грунтов. В результате грунты могут приобрести выраженные свойства вязкопластичности, что обуславливает возможность течения разжиженных масс даже на относительно малых уклонах.

Сейсмическое воздействие на моренно-ледниковые комплексы приводит к возникновению обвалов снежно-ледовых и моренных масс, создавая тем самым предпосылки для формирования селей. В большинстве перемычки наиболее крупных водоемов моренно-ледниковых комплексов – достаточно прочные сооружения, представленные, как правило, моренным материалом, сцементированным льдом. Однако термокарстовые процессы способны значительно ослабить перемычки, и тогда небольших сейсмических воздействий может оказаться достаточно для того, чтобы произошли проседание перемычки, перелив озерных вод через перемычку и ее разрушение (в принципе это возможно и без сейсмических воздействий). Землетрясения могут вызвать и закупорку подземных каналов стока в моренно-ледниковых комплексах. При закупорке каналов стока образуются озера с объемом до нескольких сотен тысяч кубометров. Прорыв озер приводит к формированию селей.

Напряжения в коренных породах, возникающие в результате сейсмического воздействия, приводят к образованию толщи раздробленных пород, прилегающих к плоскости скольжения. Углы наклона этих плоскостей составляют десятки градусов. Большие углы наклона, наличие в составе раздробленных пород пылевато-песчаных частиц приводят к тому, что при выпадении ливней формируются сели. Обычно расход и объем таких селей незначительны, но так как повторяемость их относительно велика, сели могут блокировать движение транспорта и представлять угрозу жизни и здоровью человека.

Далеко не последнее, а иногда даже решающее значение в формировании селевых потоков, прежде всего в среднегорной и низкогорной зонах, имеет антропогенный фактор. Сели, возникающие в результате вмешательства человека в природные процессы, называются антропогенными.

Сели, вызванные неправильной эксплуатацией различного рода накопителей, отличаются катастрофичностью проявления и масштаб-

ностью последствий, включающих, помимо всего, возможность загрязнения природной среды. Сели такого типа могут возникать в местностях, где перепады высот очень малы. Примером может служить селя 28–29 января 1988 г., образовавшийся в результате прорыва аварийного накопителя сточных вод, расположенного в песках Жаманкум вблизи г. Алматы [13]. Объем селя составил 72,5 млн м³, т.е. почти в 20 раз превышал объем селя 1973 г. в бассейне р. Киши Алматы, максимальный расход достигал 1,5–2,5 тыс. м³/с, плотность селевой массы составляла 1900±20 кг/м³. Селя нанес большой ущерб, погибли люди.

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

Современное состояние мониторинга селей нельзя признать удовлетворительным. В настоящее время существует ряд методик краткосрочного прогнозирования селей ливневого и гляциального генезиса в Иле и Жетысу Алатау, а также рекомендации по оценке опасности селевых явлений ливневого и смешанного генезиса для территории Южно-Казахстанской области. В ГУ «Казселезащита» и РГП «Казгидромет» используется методика прогноза гляциальных селей, разработанная Е. А. Талановым, Т. Л. Киренской и Л. Н. Никифоровой и изложенная в «Методических указаниях по составлению альтернативных прогнозов селей гляциального происхождения в Иле Алатау».

Однако они не обеспечивают получение прогностической информации с необходимой для принятия эффективных управленческих решений оправдываемостью и детализацией. Кроме того, для ряда селеактивных районов Казахстана подобные методики вообще отсутствуют. Поэтому работы по созданию методов прогноза селевых явлений должны активно развиваться.

Для краткосрочного прогнозирования селевых явлений необходимы прогнозы количества и интенсивности осадков, а также температуры воздуха. Одновременно должны изучаться региональные и локальные особенности механизмов и процессов формирования селей, критические условия их возникновения.

Оправдываемость краткосрочных прогнозов селей дождевого генезиса уменьшается из-за пятнистости выпадающих осадков и отсутствия

данных об их слое. Маловероятно, что возможность краткосрочных прогнозов селей в Казахстане в ближайшее десятилетие существенно возрастет. По мнению профессора М. А. Петросянца, для успешного прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений в горной местности расстояние между метеостанциями не должно превышать 25 км, интервал времени между измерениями – 45 мин, погрешность измерения метеоэлементов должна быть уменьшена в 2–3 раза.

В селевом бассейне и, возможно, прилегающих к нему бассейнах оправдываемость прогнозов дождевых селей может существенно увеличиться при использовании сверхкраткосрочного прогноза дождевых селей, разработанного в Казгидромете в 2010 г. [14].

Попытки разработать эффективные методы прогноза гляциальных селей не увенчались успехом. Объясняется это тем, что в качестве предикторов прогноза опорожнения селеопасных водоемов используются, за неимением других, только данные о температурном режиме воздуха и воды, а также выпадающих осадках. До тех пор, пока не появится возможность получения достоверной информации о строении сети внутриледниковых каналов и водоемов моренно-ледникового комплекса в целом, разработка методов прогноза селей (образующихся в результате прорыва поверхностных и внутриледниковых емкостей по подземным каналам стока), имеющих приемлемую для практики предупреждения о селевой опасности оправдываемость, представляется нереальной.

Реальным является предупреждение о селевой опасности, обусловленной прорывом поверхностных водоемов по поверхностным каналам стока. Показательным примером может служить превентивное опорожнение озера на Жарсайском леднике (бассейн р. Есик) в 1977 г. Под методическим руководством КазНИГМИ опорожнение было успешно осуществлено работниками Казселезащиты [15]. В дальнейшем опорожнение озер осуществлялось по мере того, как заполнение водой котловин моренно-ледниковых комплексов квалифицировалось Казселезащитой опасным.

Качество прогнозов селей дождевого генезиса в решающей мере определяется оправдываемостью прогнозов слоя и интенсивности жидких осадков, координатами территорий, на которых выпадают селеформирующие осадки. Известно, что чем ближе по времени момент составления прогноза к реальному гидрометеорологическому явлению, тем выше оправдываемость прогноза. Это отражено в «Наставлении по службе прогнозов» [16]: «Предупреждение об опасности гидрологического явления дается обычно с небольшой заблаговремен-

ностью, так как гидролог, составляющий предупреждение, должен иметь возможность оценить уже сложившуюся обстановку, в которой будет происходить развитие ожидаемого опасного явления, и иметь достаточную уверенность в том, что ожидаемая по прогнозу характеристика гидрологического явления, имеющая опасное значение, будет близка к действительности».

Это обстоятельство весьма часто ведет к уменьшению заблаговременности предупреждения. Однако заблаговременность предупреждения должна быть не меньше той, которая необходима обслуживаемым организациям для принятия соответствующих мер по защите от вредных воздействий и проведения мероприятий по уменьшению возможного ущерба. В этом случае предупреждение будет наиболее эффективным. Поэтому каждый оперативный орган службы гидрологических прогнозов должен знать ту минимальную заблаговременность предупреждения, которая необходима обслуживаемым организациям. Следует также иметь в виду, что выпуск предупреждений с очень большой заблаговременностью нецелесообразен.

Целью краткосрочных прогнозов стихийных гидрометеорологических явлений является сохранение жизни и здоровья людей, а также, по возможности, движимого имущества. Поскольку в систему защиты населения от катастрофических селей входят посты наблюдений Казелезащиты, расположенные в непосредственной близости от очагов зарождения селей, за заблаговременность предупрежденности о селевой опасности обычно принимают время добегания селя от очага зарождения до места поражения (пересечение русла рек автомобильной дорогой, дорога, расположенная в непосредственной близости от русла реки, рестораны, автобусные остановки и т.д.). В условиях Иле Алатау это время составляет в среднем от 20–30 мин до 1–1,5 ч. Если учесть, что для среднего по физическим характеристикам жителя г. Алматы для выхода из опасной зоны может потребоваться 5–10 мин, то на получение информации о начале селеформирования, ее передачи на пункт, осуществляющий анализ информации с целью оценки ее достоверности, передачи сигнала на пункты оповещения о селевой опасности, доведение сигнала опасности до людей, находящихся в опасной зоне, остается максимум 5–10 мин.

Представляется очевидным, что осуществление перечисленных операций с участием человека нереально. Следовательно, мониторинг селевой опасности, включая доведение сигнала об опасности до населения, должен быть в автоматическом режиме.

Автоматизированная система мониторинга селевой опасности в селеопасный период (с середины мая до середины сентября) должна

функционировать в круглосуточном непрерывном режиме. В зимний период часть датчиков и станций консервируется. Некоторые станции мониторинга в это время могут сниматься и храниться на складе. Там же может проводиться их техническое обслуживание. Поэтому важно, чтобы такие станции были транспортабельны, легко монтировались и демонтировались. Жизнеспособность автоматической системы оповещения о селевой опасности должна проверяться с интервалами не более 5 мин.

Автоматическая система мониторинга селевой опасности дождевого генезиса должна базироваться на информации о положении сезонной снеговой линии, высоте нулевой изотермы, наличии и объемах селеформирующих грунтов и их предварительном увлажнении, состоянии растительного покрова, интенсивности и продолжительности жидких осадков. Характеристики некоторых из перечисленных факторов селеформирования хранятся, анализируются и обновляются в оперативных банках, являющихся составной частью системы мониторинга селевой опасности дождевого генезиса. Оперативные данные, используемые при прогнозе селей, поступают на момент составления сверхкраткосрочных прогнозов непосредственно с пунктов наблюдений. Это позволяет учитывать изменения характеристик ансамбля, обусловленные изменением характеристик его составляющих. Например, выпадение осадков уменьшает температуру воздуха, снижение температуры воздуха изменяет положение нулевой изотермы, уменьшение высоты нулевой изотермы может привести к изменению фазового состава осадков, выпадение осадков в твердом виде влияет на характеристики стока поверхностных и подземных вод, что может привести к прекращению селеформирования.

Место слежения за изменением метеоданных должно быть максимально (в том числе и из экономических соображений) приближено к очагам зарождения селей дождевого генезиса.

С начала выпадения осадков система предупреждения о селевой опасности дождевого генезиса должна работать в непрерывном режиме. В безопасный период автоматическая система мониторинга селевой опасности дождевого генезиса должна работать в режиме, согласованном с Казгидрометом. Учитывая то обстоятельство, что система автоматического оповещения призвана обеспечить сохранность жизни нескольких десятков человек, то, как это принято в гражданской авиации, она должна иметь не менее чем двухкратное дублирование.

Создание системы автоматического мониторинга позволит значительно увеличить оправдываемость прогнозов селей при достаточной предупрежденности о селевой опасности.

1.3. Опыт организации мониторинга селевой опасности в мире

Идентификация потенциально опасных ледниковых озер и определение связанных с ними рисков, включая ранжирование критических озер, является первостепенной задачей. После того как выявлены критические озера, проектировщики, планировщики и ученые должны разработать и внедрить соответствующие меры для уменьшения рисков. Эти меры включают мониторинг, чтобы дать возможность своевременно выявить опасные изменения; системы раннего предупреждения, чтобы дать возможность населению и собственникам время для действий по спасению; смягчающие меры, чтобы изменить ситуацию и таким образом снизить риск.

В 2006 г. UNISDR определила раннее оповещение как «предоставление компетентными учреждениями своевременной и эффективной информации, которая позволит людям, подвергающимся опасности, выполнить действия, чтобы избежать или уменьшить риск и подготовить эффективные ответные меры» [17].

Эффективный мониторинг прорывоопасных озер и системы раннего оповещения являются важной частью подготовленности к бедствиям, так как могут значительно уменьшить человеческие жертвы и материальный ущерб. Они могут использовать космические снимки, беспилотные летательные аппараты с портативными камерами, телекоммуникации и широковещательные системы.

В этой области достигнут большой прогресс, особенно в Непале и Бутане. Национальный план действий по адаптации к изменению климата, подготовленный в Бутане, имеет значительный акцент на уменьшение уязвимости от гляциальных селей. В Индии существует Государственная комиссия по смягчению и адаптации к изменению климата, которая также предпринимает усилия в этом направлении. Однако проблемы еще остаются. Например, системы раннего оповещения.

Система раннего оповещения в бассейне реки Сатледж в Индии. В бассейне реки Сатледж в Индии предпринят ряд мер по мониторингу и раннему оповещению паводков, особенно ливневых [18]. Эти меры также действуют и для прорывных паводков. Телеметрические станции, установленные Отделом снега и гидрологии Центральной водной комиссии в Сумдо на слиянии рек Паречу и Спити, на слиянии рек Спити и Сатледж и по проекту Напта-Джакри в Дублинге, предназначены для контроля любого увеличения водности и передачи информации. Они должны устранить нарушения в раннем предупреждении после наводнения в 2000 году, а также обеспечить безопасность гидро-

энергетических проектов. Подобная беспроводная сеть на Реконг Пео используется пограничниками.

Система раннего оповещения в долинах Тшо Ролпа и Тамакоши, Непал. Озеро Тшо Ролпа в бассейне Тамакоши в Восточном Непале питается ледником Тракардинг и является одним из немногих изученных детально ледниковых озер, включая полевые исследования озера и долины ниже него [19]. Эти исследования привели к пониманию в 1990-е годы, что риск, связанный с озером, уровень которого поднялся до перемычки конечной морены, являющейся дамбой, был очень высоким. Это вызывало опасение, что расположенная ниже долина Ролвалштг может быть затоплена катастрофическим потоком, что вызовет большие человеческие жертвы и нанесет серьезный ущерб инфраструктуре, в том числе проекту ГЭС 60 MW Кхимти.

Попытки значительно уменьшить риск были широко документированы. Хотя система раннего оповещения была бы успешной, возникли серьезные проблемы в результате вмешательства местного населения.

Система раннего оповещения нужна только в течение короткого периода, пока выполняется проект или по другим причинам, когда идентифицируется значительный риск. В июне 1997 года система раннего оповещения была установлена правительством Непала как экстренная мера для местных деревень и проекта ГЭС. Экстренная мера была необходима ввиду быстрого ухудшения состояния моренной дамбы и снижения уровня озера. Системы раннего оповещения были распожены в долинах Ролвалинг и Тамакоши. Армейские лагеря были установлены у края морены и в деревне Наа, ближайшей к озеру. В деревнях Наа и Беддинг находились полицейские посты. Они были оснащены высокочастотными радиопередатчиками и регулярно связывались со штаб-квартирами в Катманду. Армейские посты также имели спутниковые телефоны. Один из телефонов использовался для связи дважды в день со службой предупреждения бедствий Министерства внутренних дел. В случае прорыва озера радио Непала передало бы сигнал бедствия [20].

В январе 1998 года был подписан контракт с канадской компанией на создание системы раннего оповещения в Тшо Ролпа. Проект был профинансирован Всемирным банком. Его стоимость \$ 1 032 000. Первая система была установлена в мае 1998 года. Датчики прорыва должны были определить прорывной паводок и сообщить на передающую станцию, которая приводит в действие процесс оповещения. Население оповещается звуковым сигналом. Система полностью автоматизирована и не требует человеческого вмешательства.

Система обнаружения схода селя состоит из 6 датчиков уровня воды, установленных вдоль берега реки сразу за выходом из озера, чтобы определить факт прорыва. Три датчика соединены бронированными и экранированными кабелями с двумя независимыми передающими станциями, расположенными на безопасной высоте в 80 м от датчиков. Датчики находятся на разных высотах, что позволяет определять стадии подъема воды. Таким образом, сенсорная система определяет момент прорыва озера немедленно и передает сигнал тревоги в течение двух минут с момента прорыва. Удаленная станция в деревне Наа оповещает местное население об угрозе.

Система предупреждения включает 19 предупреждающих и ретрансляционных станций в 17 деревнях в долинах Ролванг и Тамакоши (рисунок 1.1). Станции предупреждения стоят на мачтах высотой 4,67 м. Антенны установлены на продолжении мачты на высоте 5 м над землей. Громоотводы и солнечные панели смонтированы на той же мачте. Передатчик и реле для сирены смонтированы в металлическом ящике, прикрепленном к мачте. Сирены действуют от цилиндров со сжатым воздухом в течение 2 мин. Они производят звук силой 80 децибел, который слышен на расстоянии 150 м. Имеются резервные электрические сирены, которые работают 4 мин. Системы предупреждения основаны на радиотехнологии прямой видимости. Сигнал предупреждения транслируется от одной станции до другой. Сигнал раннего предупреждения передается автоматически при обнаружении прорыва озера.



Рисунок 1.1 – Система раннего оповещения о сходе селя в долине Тамакоши:

а – станция приема сигнала о прорыве озера;

б – станция подачи сигнала предупреждения о сходе селя с сиреной

Второй компонент системы был установлен на станции слежения за метеоритами, расположенной в Dhangarhi, Западный Непал. Эта станция может передавать сигнал на 1600 км. Несколько станций предупреждения, а также сенсорная станция могут передавать и принимать сигналы от метеоритной станции, что создает дополнительный резерв системы. Таким образом, метеоритная станция обеспечивает связь между станциями, расположенными в долинах Ролванг и Тамакоши, и станцией мониторинга в Катманду.

В 2002 году, через 4 года после установки, система раннего предупреждения перестала работать, несмотря на надежность и применение новейших технологий. Это произошло из-за недостатка участия местного сообщества, политической нестабильности в Непале, когда вопросы безопасности населения отошли на второй план. В результате система была разрушена, а ее компоненты разобраны населением на свои нужды. Население считало, что уровень озера снижен до безопасного уровня, и потеряло интерес к системе предупреждения. Сыграло свою роль также то, что система несколько раз передавала сигналы ложной тревоги.

Система раннего предупреждения в Верхнем Бхоте Коши, Непал. Другой пример системы раннего предупреждения имеет место в Восточном Непале. Система была установлена в 2001 г. для проекта ГЭС в Верхнем Бхоте Коши [21]. Она состоит из двух дистанционных сенсорных станций и логгеров возле моста Дружбы на границе Непала и Китая. Логгеры принимают, анализируют и передают данные от сенсоров. Если уровень воды резко поднимается, система будет передавать сигнал предупреждения на ГЭС. В этой системе имеется 7 датчиков прорыва озера на мосту Дружбы, один из них – ультразвуковой датчик уровня воды, шесть датчиков поплавкового типа. Система работает на УКВ радиосигнале, предупреждающая сирена – на сжатом воздухе, издавая звук 127 децибел, слышимый на 33 м. Таких станций 5 вдоль реки, но система установлена только на границе Непала и Китая. Отсюда только 6 мин требуется для передачи сигнала предупреждения на ГЭС. Чтобы быть действительно полезной, система должна быть распространена выше по течению в Китай. В 2009 г. она продолжала действовать в основном из-за интереса для проекта ГЭС.

Мониторинг озера Имджа в районе Эвереста, Непал. Озеро Имджа – одно из самых быстрорастущих озер в Гималаях. ИСИМОД наблюдает озеро для разработки системы раннего предупреждения. Дистанционная сенсорная система (использующая гео-ИСТ инструменты и технологии) разработана в сотрудничестве с Департаментом

национальных парков университетом Кею, Япония [21]. Два наблюдательных устройства или полевых сервера – интернет-робот для полевых наблюдений – были установлены на берегу озера на высоте 5000 м и рядом с ближайшим поселком Намче Базар в 2007 г. (рисунок 1.2). Полевые серверы получают изображение озера и Намче Базара и метеорологические данные. Они передаются в режиме реального времени по Wi-Fi на сервер, расположенный в Японии.

Департамент гидрологии и метеорологии сделал расчет прорывного паводка, используя модель прорыва дамбы. Также планируются подробные исследования и картирование опасности для населения от рисков, связанных с обвалами и оползнями.



Рисунок 1.2 – Система мониторинга прорывоопасного озера Имджа:
а – верхний полевой сервер на озере Имджа; б – солнечная панель полевого сервера; в – вид с верхнего полевого сервера на озеро;
д – вид с нижнего полевого сервера на поселок Намче Базар

ИСИМОД проводит моделирование прорывных паводков для нескольких озер. Моделирование включает оценку социально-экономической уязвимости озер и расположенных ниже территорий. Была выполнена классификация территорий и поселений по четырем уровням риска. Она основана на оценке потенциальных потерь при наихудшем сценарии прорыва озер.

Департамент гидрологии и метеорологии Непала разработал систему прогнозирования наводнений в бассейне р. Карнали, основанную на вероятностном моделировании с визуальным отображением результатов [21]. При этом удалось увеличить заблаговременность с 2–3 до 7–8 ч. Планируется распространить этот метод на весь Непал. Всего в Непале действуют 286 метеостанций и 170 гидропостов. В бассейне Карнали 7 гидропостов и 25 осадкомерных станций работают автоматически. Станции обслуживаются местным населением. Сеть автоматических осадкомеров связана с национальной сетью раннего предупреждения через Интернет. Данные приходят через каждые 15 мин. В период дождей публикуется бюллетень предупреждения о наводнении на правительственном сайте. Предупреждение распространяется среди местного населения. Используются коммуникационные чаты. Предупреждение рассылается автоматически при превышении критических значений. При критическом уровне воды включаются сирены. Оповещения рассылаются местным властям, органам ЧС и армии в СМИ. К оповещению подключаются местные средства: сирены, громкоговорители. Приводятся в действие местные силы первой помощи, поиска и спасения.

Система раннего предупреждения в районе Лунана, Бутан. Район Лунана в верховьях реки Пхо Чху в Западно-Центральном Бутане имеет большой интерес у властей Бутана. Прорыв озера Луггайе Тшо 7 октября 1994 г. вызвал большой ущерб, погибли 23 человека [21].

Управляемая человеком система раннего предупреждения была установлена отделом предупреждения наводнений Департамента энергетики. Два сотрудника отдела предупреждения постоянно находились у озера Лунана. У них были беспроводные и спутниковые телефоны для сообщений об уровне воды и выдачи предупреждений для населения. На озере и вдоль реки было установлено несколько осадкомеров.

Японское международное агентство по кооперации и комиссия по национальному достоянию подписали соглашение по изучению прорывных паводков в Бутане. Задача – создать сеть обмена спутниковыми данными для исследований, составить каталог исторических увеличений озер, оценить факторы риска и механизмы образования

прорывных паводков и рекомендовать эффективные контрмеры, такие, как установка систем раннего предупреждения.

Автоматическая система предупреждения геологических опасностей в Индии объединяет оценку опасности и передачу предупреждения [22]. Предлагается построить такую систему на Интернет-ресурсах и сотовой связи, использующих пространственно привязанные данные. Модули: ввода, обработки, оценки, вывода и предупреждения. Гибкость системы позволяет объединять различные виды оценок опасностей коммуникационных систем, что приводит к созданию обобщенной системы предупреждения. Система была опробована на оценке оползневой опасности в Индии. Использовались факторы оползнеобразования и прогноз дождей, карта оползневой опасности. Шаг моделирования от 10 до 50 с. Такая система очень полезна для густонаселенных районов.

Системы раннего оповещения в Европе. В 1995 г. в Восточных Итальянских Альпах установлены 4 сейсмодатчика на расстоянии 1 км друг от друга на участках, не подвергающихся воздействию селей. 5 июля, 22 июня и 8 июля 1995 г. были зарегистрированы 3 селя. Удалось оценить скорость их движения. Сейсмодатчики способны обнаружить сель на дальних подступах, если они входят в систему автоматизированного мониторинга и предупреждения [23].

В Швейцарских Альпах есть система предупреждения о селях в кантоне Valais [24]. В долине Иллграбен в бассейне р. Рона с 2000 г. работает станция наблюдений за селями. Система предупреждения состоит из 4 модулей: осведомленность и подготовленность к опасности, обнаружение селя и сигнализация о нем, геоморфологические наблюдения в селевом очаге, система раннего предупреждения на основе прогноза погоды. Система автоматически подает тревожный сигнал за 5–15 мин до подхода селя или паводка. В первый год было подано 20 автоматических тревог в виде световых сигналов и сирен для 3 селей и 16 паводков. Ложным был только один сигнал. Все явления были вызваны осадками, параметры которых (интенсивность и продолжительность) превышали критический порог.

Увеличение числа и тяжести последствий отдельных гидрологических бедствий в Швейцарии послужило причиной создания общей информационной платформы для природных опасностей [25]. Цель – создание комбинированной и удобной для визуального использования в реальном времени информации по безопасности, предоставляемой центрами предупреждения. Это усиливает взаимодействие между центрами предупреждения, особенно при выпуске объединенных бюлле-

теней по критическим многопричинным явлениям. Эта платформа станет центральным информационным хабом для опасных природных явлений в Швейцарии. Платформа основана на Интернет-технологиях.

В провинции Бозен-Больцано в Восточных Альпах Италии в бассейне реки Гадрия установлена новая станция мониторинга и раннего предупреждения селей [26]. Она состоит из осадкомеров, радарных датчиков, геофонов, видеокамер, пьезометров (измерители давления) и измерителей влажности грунта. Для передачи данных и предупреждений используется радиотехнология. Станция работает три года. Зарегистрировано два селя.

Система информации и предупреждения для небольших и средних селевых бассейнов успешно опробована в нескольких регионах Швейцарии. Система собирает такие данные, как прогноз погоды, измерения осадков, уровень воды, моделирование расходов [27].

Швейцарская компания Geograevent разрабатывает и устанавливает системы мониторинга и раннего предупреждения о природных опасностях (сели, лавины, обвалы). Этой кампанией установлена система мониторинга селей в долине Шпрайтграбен, где сели угрожают автомобильной дороге. Система включает в себя несколько спусковых тросов, протянутых поперек селевого русла, радарный датчик уровня воды для оценки масштаба селя, вебкамеру с инфракрасной подсветкой, позволяющую в режиме реального времени днем и ночью следить за ситуацией. Система наблюдений объединена с системой предупреждений, которая включается при достижении критических значений измеряемых параметров. В систему предупреждения входят автоматические светофоры, сирены и текстовые сообщения местной администрации.

В 2014 г. по просьбе правительства Грузии компания Geograevent установила систему раннего предупреждения селя в долине, по которой регулярно проходит обвал с горы Казбек [27]. Обвал и образующиеся сели перекрывают Военно-Грузинскую дорогу, соединяющую Грузию с Россией. В систему входят две станции. Одна станция контролирует ледник Девдорак, с которого происходят ледово-каменные обвалы. Вторая станция наблюдает за селевым руслом. На ней установлены два тросовых устройства для фиксации схода селя. Места установки выбраны так, чтобы при сходе селя было достаточно времени для перекрытия дороги и выхода людей и транспорта из опасной зоны. При сходе селя пограничная служба получает по радио автоматический сигнал тревоги. Одновременно в местные органы власти посылаются SMS сообщения. Местные власти имеют возможность

следить за ситуацией в режиме реального времени. Таким образом обеспечена безопасность движения автотранспорта по стратегически важной дороге между Россией и Грузией.

Совместно с правительством Китая Geograevent установила станцию мониторинга за ледниковым озером Кяджар в Синьцзяне. Озеро имеет объем 20 млн м³. Оно прорывалось несколько раз, вызывая разрушительные паводки на реке Жаркент. На языке ледника установлена вебкамера, в русле реки – несколько радарных датчиков уровня воды. Данные передаются несколько раз в день по спутниковой связи на портал. При достижении критических значений уровня воды система автоматически рассылает предупреждения местной администрации через SMS. Первая очередь системы была установлена в 2011 году, станция на леднике – в 2012 г.

На трех ледниковых озерах под ледником Плайн Морте в кантоне Оберленд в Швейцарии были расположены глубинные датчики давления для контроля опорожнения озер через подземные каналы. В русле реки, вытекающей из озер, установлены датчики уровня воды в русле. Данные постоянно передаются на портал. При резком падении уровня воды в озерах или подъеме уровня воды в русле реки автоматически рассылаются предупреждения в местную администрацию через SMS.

Опыт разработки системы раннего предупреждения о селевой опасности в Кыргызстане. В Институте автоматизации и информационных технологий НАН КР в последние годы были инициированы и успешно развиваются научные исследования по разработке и внедрению информационных технологий мониторинга и оповещения паводковых и селевых проявлений [28]. Ценный опыт практической реализации современных информационных технологий мониторинга паводковых и селевых проявлений был получен учёными ИАИТ НАН КР при разработке и внедрении системы предупреждения о возникновении и прохождении катастрофических паводков и/или селей в случае выпадения ливневых дождей в бассейне реки Ала-Арча или при прорыве подпруженных (прорывоопасных) озёр ледников Аксай, Ала-Арча и Адыгене, расположенных в зоне Киргизского хребта и формирующих сток реки Ала-Арча.

Эксплуатация разработанной системы позволяет реально оценивать риски от опасности поражения катастрофическими паводками и селевыми потоками и оповещать уже на ранней стадии начала природной катастрофы жителей долины реки Ала-Арча и города Бишкек, а

также многочисленных отдыхающих, посещающих государственный природный парк «Ала-Арча».

Эффективность системы была продемонстрирована 31 июля 2012 г., когда в верховьях ущелья Адыгене около 9 ч по местному времени произошёл прорыв естественной плотины высокогорного озера Тез-Тор [28]. При прохождении катастрофического паводка/селя по р. Адыгене сработала система оповещения, и аварийный радиосигнал был принят центральной станцией системы. В целях предотвращения гибели людей – отдыхающих, находившихся на территории государственного природного парка «Ала-Арча», и персонала парка администрацией были приняты экстренные меры по их предупреждению до появления большого потока воды. Все сотрудники парка, жители и отдыхающие были заблаговременно эвакуированы.

Для расширения спектра функциональных возможностей системы и повышения её надёжности разработан комплекс программно-аппаратных средств, который обеспечит выход базовой станции системы оповещения в Интернет. Каждая базовая станция будет оснащена автоматизированным диспетчерским пультом оператора станции. Станции связаны с центральным сервером системы, который включает централизованную базу данных и позволяет посредством сети Интернет удаленно контролировать параметры окружающей среды, полученные со станций мониторинга.

Автоматизированная система мониторинга и оповещения (АСМО) имеет двухуровневую архитектуру. Реализация такой структуры позволит операторам базовых станций мониторинга оперативно реагировать на возникновение катастрофических селей и паводков. На основе АСМО может быть создан единый координационный центр, который будет контролировать селепаводковую ситуацию в масштабах всей республики. При этом данные мониторинга будут доступны в режиме реального времени любому авторизованному пользователю сети Интернет.

Функции безопасности и живучести системы мониторинга будут обеспечиваться специально разработанными алгоритмами функционирования АСМО и антивандальной подсистемой видеоконтроля работы периферийной аппаратуры. Антивандальная подсистема осуществляет видеофиксацию и передачу на базовую станцию системы оповещения зафиксированного изображения при появлении движущегося объекта в контролируемом секторе на расстоянии до 7 м. Видеоклипы записываются только в те моменты, когда в секторе контроля периферийной аппаратуры происходят какие-либо нештатные события.

При возникновении нештатной ситуации осуществляется немедленное оповещение оператора базовой станции, а также предупреждение (предостережение) потенциальному злоумышленнику о недопустимости с его стороны противоправных действий. При этом осуществляется воспроизведение заранее записанного звукового сообщения громкоговорителями, которые включаются при возникновении подобных ситуаций.

ГИС-технологии, при наличии достаточного объёма исходной информации, являются весьма эффективным инструментом для хранения, обработки и анализа результатов наблюдений [29]. Одно из самых важных достоинств ГИС – это возможность многоуровневого синтеза и анализа. Совмещая тематические данные различного содержания и анализируя результаты такого синтеза, исследователь может получить новую информацию и провести комплексный анализ широкого спектра факторов и условий селеформирования, которые могут включать в себя базу пространственных данных, накопленных за историю исследований селевого района.

По этой причине геоинформационные системы стали общепризнанным инструментарием при осуществлении мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Этому также способствует удобство работы с пространственно-привязанной информацией в рамках ГИС, открытость (возможность расширения) наиболее распространённых ГИС-продуктов, таких, как ArcGIS, MapInfo, ArcView и др.

Автоматизированная система мониторинга параметров окружающей среды (АСМ ПОС) горных территорий осуществляет сбор и передачу информации о параметрах окружающей среды, оказывающих существенное влияние на формирование селевой и паводковой опасности в бассейнах горных рек.

Предлагаемая АСМ ПОС объединяет функции системы распределённого мониторинга, обеспечивающей дистанционный сбор и предварительную обработку данных о параметрах окружающей среды горных территорий, информационной системы, обеспечивающей долгосрочное хранение данных мониторинга и автоматизированный доступ пользователей к этим данным, а также системы оповещения, обеспечивающей экстренное предупреждение о возникновении чрезвычайных ситуаций.

Система позволяет осуществлять контроль широкого спектра параметров окружающей среды горных территорий. Для этого к периферийному модулю АСМ ПОС могут быть подключены любые датчики, имеющие аналоговый или дискретный выходной сигнал, а также датчики с цифровыми интерфейсами SPI, I2C, RS-232/485.

Система позволяет вести постоянный мониторинг таких параметров окружающей среды, как:

- уровни воды прорывоопасных озёр и речных водотоков;
- температура/влажность почвы и воздуха;
- давление;
- наличие и интенсивность (количество) осадков;
- вибрация грунта;
- скорость и направление ветра;
- мощность акустического шума;
- обнаружение в контролируемом секторе движущихся объектов.

Детектирование природной ЧС происходит при превышении максимально допустимого значения какого-либо ПОС, например уровня водотока или аномальной скорости его изменения. Эти значения ПОС задаются оператором в режиме инициализации. При детектировании такого чрезвычайного события срабатывает устройство тревожной сигнализации базовой станции, и оператор получает информацию о возможном катастрофическом явлении посредством интерфейса оператора.

Для проектируемой системы мониторинга Аламуд-Арча была закончена разработка и изготовлен рабочий образец типичной кустовой станции, предназначенной для установки в шести очагах зарождения паводков, селей, лавин и оползней. Применение на кустовой станции специализированного модуля измерения и контроля типа CR10X значительно расширило функции проектируемой системы мониторинга.

Модуль (даталоггер) может одновременно обеспечить измерения и коммуникационные функции. CR10X содержит полный набор средств обработки, математических вычислений, а также инструкции для создания программ управления регистратором данных. Модуль имеет клеммники для подключения восьми аналоговых и шести цифровых сенсоров, разъемы прямой связи и телекоммуникаций, контроля внешних устройств, энергонезависимой памяти. Питание от литиевой батарейки обеспечивает работу часов точного времени. Электроника защищена от сбоев и находится в запечатанном корпусе из нержавеющей стали.

Модуль CR10X в сборе с дополнительными элементами (сенсорами, модемами, блоком питания, солнечной батареей, аккумулятором, стойкой крепления и др.) представляет собой многофункциональную систему измерения и контроля, различные виды которых широко применяются в мире (США, Канада, Израиль, Чехия, Китай, Казахстан и др.). Имеются примеры использования даталоггеров CR10X в необслуживаемых автоматизированных метеостанциях и в Кыргызстане [30].

В процессе испытания модуля был подключен ряд сенсоров (температуры, влажности, направления и силы ветра, солнечной активности, детонации, уровней жидкости и др.) со стандартными выходными сигналами. Для измерения давления, температуры воды, воздуха, снега, грунта применены стандартные датчики фирм Bosch, GM, Россия, которые, в силу их малых размеров, могут быть надежно замаскированы.

Система мониторинга может работать в автоматическом и ручном режимах.

Следует отметить, что автономная система мониторинга имеет блочно-модульную конструкцию, набрана из промышленно выпускаемых стандартизованных модулей и элементов, вследствие чего нет необходимости в проведении принятых обычно этапов испытаний, сертификации и тому подобных мероприятий.

АСМ представляет собой довольно легкую (масса около 30 кг), малогабаритную, быстро настраиваемую конструкцию, которая набрана из современных, широко распространенных, серийно выпускаемых модулей и элементов, имеющих в свободной торговле, в том числе и на вторичном рынке КР. АСМ можно установить в районе селеопасного очага, доставив оборудование гужевым или автотранспортом, пешком.

В качестве примера изготовлена мобильная конструкция автономной системы мониторинга, которая смонтирована на легковом автомобиле ВАЗ-2109, с возможностью перемещения её в горной зоне и временной установкой на заданном участке местности. Важным достоинством модуля CR10X является возможность подключения к нему разных видов каналов передачи информации между кустовыми и центральной станциями. Эти каналы приема-передачи данных представляют проводные (витая пара, коаксиальный кабель, телефонная линия), мобильные сотовые, радио и Интернет (оптоволоконные, беспроводные Wi-Fi и WiMAX) виды связи.

В настоящее время подтверждены некоторые слабые стороны мобильной сотовой связи, на которую первоначально возлагались большие надежды. Например, по результатам проведенных испытаний сотовой связи на территории размещения кустовых выявлены случаи плавления зоны уверенного приема сигнала на достаточно ровной по высоте территории и полное пропадание сигнала в ущельях, особенно со склонами, покрытыми деревьями и кустарниками.

Сегодня наряду с привычной сотовой связью существуют системы транкинговой профессиональной мобильной радиосвязи (ПМР). Транкинговая подвижная радиосвязь (от англ. trunking – предоставление

свободных каналов, trunk – магистральная линия связи) – система двусторонней подвижной радиосвязи, которая использует диапазон ультракоротких волн. На практике система ПМР устроена аналогично соевой: пользовательские терминалы и базовые станции (БС), оборудование для увеличения дальности связи – ретрансляторы и контроллер, который управляет работой станции, обрабатывает каналы ретрансляторов (коммутирует их) и обеспечивает выход на городскую телефонную сеть. Сети транкинга могут быть однозоновыми (содержать одну БС) или многозоновыми (несколько БС). Существуют аналоговые и цифровые системы транкинговой связи.

1.4. Опыт организации мониторинга селевой опасности в Казахстане

Начало организации Службы предупреждений о селевой опасности в бассейне р. Киши Алматы было положено Алма-Атинской гидрологической обсерваторией. В основу разработки обоснования «Проект организации службы предупреждений г. Алматы об угрозе селей» был положен опыт этой обсерватории, результаты специализированных гидрографических обследований бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, а также другие материалы о селевых явлениях Иле Алатау [31].

В отсутствие средств автоматизации выявления селей в качестве основных источников информации предлагалось использовать гидрологические станции и посты, метеорологические станции, пункты визуальных наблюдений, дождемерные пункты. Пункты наблюдений предполагалось обеспечить средствами связи. Порядок доведения информации до потребителя (в сокращенном виде) устанавливался следующий.

О результатах прогноза погоды бюро гидрометпрогнозов Управления гидрометслужбы информирует Службу предупреждений (СП), Городскую чрезвычайную комиссию (ГЧК) и организации, расположенные в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы. Во время выпадения дождя дежурные СП передают сведения о слое дождя, температуре воздуха и фазовом состоянии осадков по мере необходимости, но не реже, чем через 30 мин. В случае угрозы возникновения или при возникновении селя дежурные СП сообщают об этом БГМП, а также дежурным гидроэлектростанций. Дежурный БГМП, в случае угрозы возникновения селя, информирует дежурного ГЧК, а при возникновении селя – и председателя ГЧК.

Для своевременного принятия ГЧК необходимых мер авторы «Проекта» считали целесообразным установить три последовательных

сигнала, характеризующих степень опасности. Первый сигнал подается, когда сель может нанести небольшие повреждения в г. Алматы (расход воды в р. Киши Алматы в створе гидрологического поста «Г. Алматы» 15–30 м³/с), второй – когда возможны значительные повреждения (расход воды 50–60 м³/с), и третий – когда сель, образовавшийся в высокогорной зоне, может создать катастрофическое положение в городе (расход около 1000 м³/с). Этот сигнал являлся основанием для осуществления всего плана спасательных мероприятий. Для передачи и приема этих сигналов устанавливался пароль.

Первой попыткой использования автоматических сигнализаторов опасности стали работы Селевой партии Казгидромета по установке оборудования радиооповестителей селя (РОС). РОС был разработан в 1964 г. в Государственном гидрологическом институте группой специалистов во главе с инженером А. М. Димаксяном. РОС с достаточной заблаговременностью автоматически передает по радио сигнал о начале движения селя, что позволяет своевременно эвакуировать людей, движимое имущество и другие материальные ценности из зоны, поражаемой селем.

РОС устроен следующим образом: на определенной высоте поперек потенциального селевого русла (створа реки или сухого лога) натянут стальной трос. Во избежание случайных повреждений он помещен в специальную защитную металлическую трубу. РОС имеет датчик схода селя и сигналопередающее устройство.

При прохождении селя трос натягивается или обрывается, и по каналу связи передается сигнал «сель». Сигнал опасности радиоволнами переносится на большое расстояние, а для оповещения населения на близлежащих участках включается звуковая сирена. Радиооповестители селя были испытаны в окрестностях Алма-Аты. И всегда автоматика, включенная на ждущий режим, срабатывала безотказно.

Основным недостатком РОС являлось то, что датчики непосредственно контактировали с селевым потоком, после чего, как правило, оборудование поста выходило из строя. Требовались определенное время и финансовые средства на выполнение восстановительных работ. Тем не менее 18 комплектов РОС, установленные в наиболее селеопасных бассейнах рек северного склона хребта Иле Алатау, неоднократно своевременно оповещали население о селевой опасности.

В различные периоды прорабатывались варианты создания автоматизированных систем сбора и передачи информации. Так, в 1980-е годы в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы устанавливалось оборудование так называемой «Автоматизированной системы селевого

оповещения г. Алматы» (АССО). Как и в случаях с радиооповестителями селей, оборудование выходило из строя после контакта с селевым потоком. Восстановительные работы на постах АССО требовали значительных капитальных вложений.

Во второй половине 1980-х годов появилась возможность применения так называемой бесконтактной аппаратуры – сейсмической системы селеоповещения (СОС), разработанной Казахским НИИ Госкомгидромета в содружестве с заводом «Казгеофизприбор». СОС основана на обнаружении селей по возбуждаемым ими сигналам, отличаемым с помощью соответствующей аппаратуры, от сигналов, вызванных землетрясением или другими причинами. Несколько образцов проходили испытание в Казселезащите и на Чемолганском полигоне по искусственному воспроизведению селевых потоков, но в связи с тем, что прибор оставался на стадии опытно-конструкторской разработки, его не удалось использовать в системе автоматизированного оповещения [32, 33].

Технический проект «Автоматизированная спутниковая система контроля селевой опасности Казахстана» (АССКСО), разработанный в Ташкенте в 1992 г., предусматривал разработку и строительство автоматических станций для слежения за селевой активностью региона. Экономические сложности того периода не позволили довести проект до реализации.

В настоящее время на северном склоне Иле Алатау функционирует служба оповещения о селях, действующая на основании «Временного порядка действий РГП «Казгидромет», ГУ «Казселезащита», акиматов, министерств, ведомств, дежурных служб в случае угрозы или возникновения селевых потоков»,

В рамках этой системы решение о возникновении селевой опасности (возникновении селя) принимает наблюдатель Поста службы наблюдения ГУ «Казселезащита», который по каналам связи передает установленный сигнал дежурному Главного диспетчерского пункта (ГДП) Казселезащиты. Далее информация о селе передается по упомянутой выше схеме. Главным недостатком этой схемы, по нашему мнению, является длинная цепочка передачи и обработки информации, предшествующая приведению схемы оповещения в действие. Время оповещения в этом случае будет близко к 45 мин. За это время сель может подойти к границе города, а эвакуация людей, находившихся в опасной зоне, не будет проведена.

Как отмечалось, оперативное оповещение должно осуществляться по уровням в зависимости от масштаба селевых потоков. При ката-

строфическом селе решение об оповещении населения будут принимать начальник КЧС МВД (Комитет по чрезвычайным ситуациям при МВД РК) или уполномоченное им лицо. В такой наиболее экстремальной ситуации эффективность логистической системы будет мало отличаться от существующей системы оповещения о селевой опасности.

Главным достоинством описанных систем оповещения является высокая степень достоверности установления факта формирования селя, недостатком – малое время для предупреждения (первые десятки минут), определяемое временем добегания селя до объектов поражения.

На наиболее селеопасных реках целесообразно установить автоматический сейсмический оповеститель селя, содержащий систему опознавания природы сейсмических сигналов, что практически исключит подачу ложных сигналов о селевой опасности. Такой оповеститель может быть разработан на базе системы СОС. Внедрение сейсмической системы возможно без существенных материальных затрат на конструкторские проработки. Использование средств космической связи для непрерывной передачи информации о расходе и скорости движения селей позволяет создать на современном этапе развития техники надежную систему оповещения о селях и их характеристиках. Это значительно расширит наши представления о механизмах формирования, движения и остановки селей, увеличит надежность систем оповещения о селевой опасности.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СЕЛЕФОРМИРОВАНИЯ В ИЛЕ АЛАТАУ

2.1. Высотная ландшафтная поясность

В Иле Алатау выделяются шесть высотных ландшафтных зон, различающихся климатическими, геоморфологическими и почвенно-ботаническими условиями (рисунок 2.1) [34]. Такими зонами являются:

- высокогорная нивально-гляциальная зона;
- высокогорная перигляциальная зона;
- высокогорная лугово-альпийская зона;
- среднегорная хвойно-лесная зона;
- среднегорная лиственно-лесная зона;
- низкогорная горно-степная зона.

Высокогорная нивально-гляциальная зона располагается выше 3400–3600 м над ур. м. Климатические условия здесь очень суровы. Среднегодовые температуры имеют отрицательные значения. Полностью отсутствует почвенный покров. Растительность представлена накипными лишайниками и единичными петрокриофильными разновидностями высшей флоры.

Высокогорная перигляциальная зона расположена на абсолютных высотах от 3000–3100 до 3400–3600 м. Климатические условия здесь менее суровы по сравнению с нивальной зоной. Среднегодовая температура воздуха несколько ниже 0 °С. Почвенный и растительный покров развит фрагментарно на относительно выровненных участках, покрытых маломощным почвенным субстратом и занимающих не свыше 30 % всей площади. Почвообразующими породами являются маломощные грубо щебенистые элювиальные и элювиально-делювиальные суглинки. Почвы в основном горные лугово-степные альпийские маломощные. Растительный покров образует разреженные низкотравные альпийские лугостепи. Сомкнутость колеблется от 20 до 60 %. Вследствие того, что значительная доля осадков выпадает в твердой фазе, а грубообломочный материал почвенного субстрата является достаточно благоприятной фильтрующей средой, эрозионные процессы в этой зоне, несмотря на относительную изреженность растительного покрова, развиты слабо. В области преобладающего распространения скальных пород преобладает плоскостной смыв.

Высокогорная лугово-альпийская зона расположена на высотах от 2700–2800 до 3000–3100 м, выше границы хвойного леса. Ее клима-

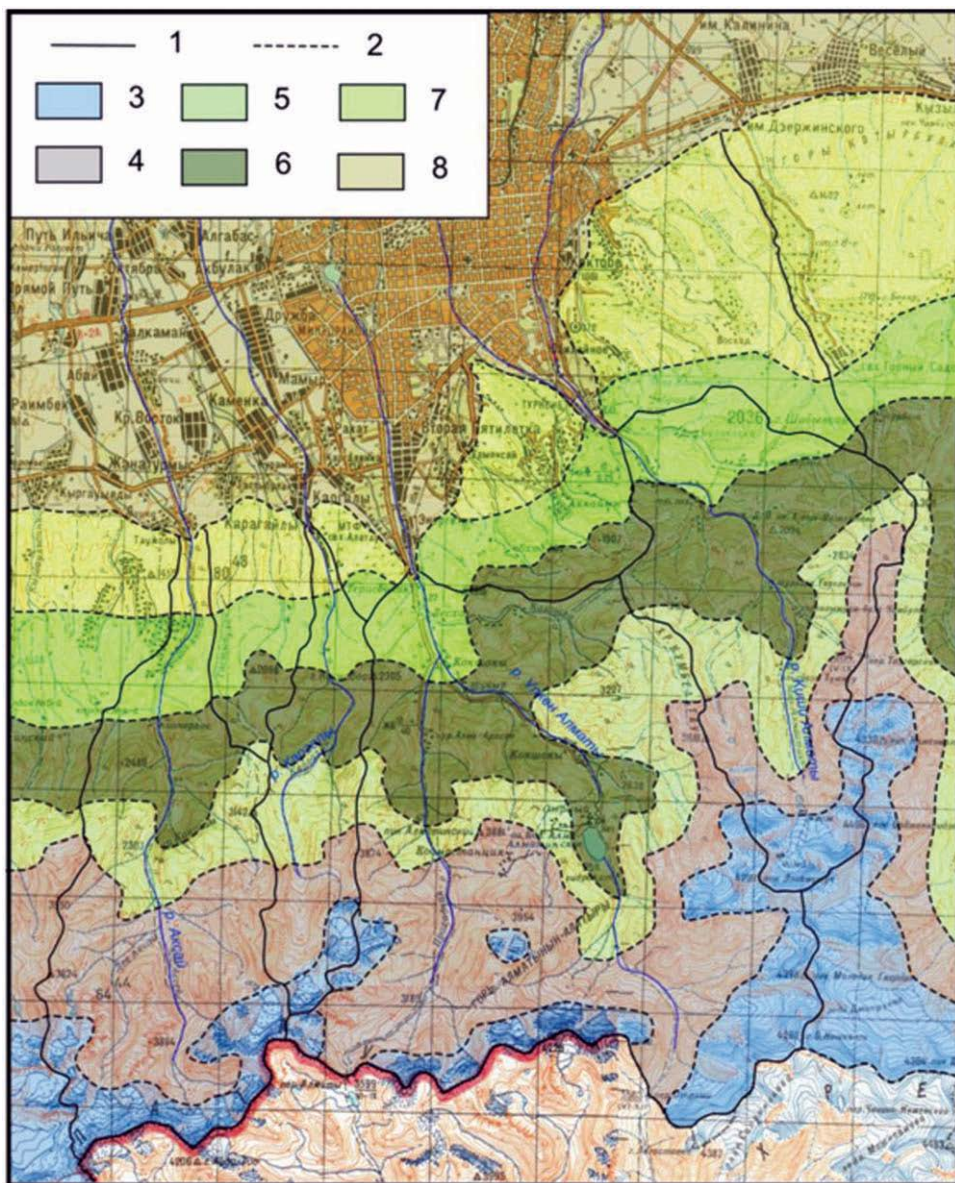


Рисунок 2.1 – Карта высотных ландшафтных зон:

- 1 – границы бассейнов рек; 2 – границы высотных ландшафтных зон;
- 3 – высокогорная гляциально-нивальная зона;
- 4 – высокогорная перигляциальная зона; 5 – высокогорная лугово-альпийская зона;
- 6 – среднегорная хвойно-лесная зона; 7 – среднегорная лиственно-лесная зона;
- 8 – низкогорная горно-степная зона

тические условия по сравнению с перигляциальной зоной значительно более благоприятны для развития растений и формирования почв. Среднегодовые температуры воздуха характеризуются положительными значениями. Почвенный и растительный покров здесь занимает значительные площади. Характерные фитоценозы пояса представлены фломисовыми и манжетко-разнотравными лугами. Широко развит арчовник. Он хорошо предотвращает водную эрозию. Почвы представлены субальпийскими горно-луговыми разностями. Плотность растительного покрова в этом поясе приближается к 80%, благодаря чему при хорошей сохранности дернины процессы склонового размыва протекают слабо. Однако при нарушениях сплошности дернового покрова довольно быстро возникают эрозионные рытвины и врезы, с течением времени превращающиеся в постоянные каналы стока.

Среднегорная хвойно-лесная зона охватывает высотные интервалы от 1500–1600 до 2700–2800 м над ур. м. Она характеризуется сравнительно мягким климатом, благоприятствующим развитию травянистой растительности и древесного покрова. Противозерозийное значение горных лесов трудно переоценить. Моховой покров и лесная подстилка, обладая высокой влагоемкостью, способствуют резкому снижению поверхностного стока, а кроны деревьев рассредоточивают осадки во времени. Кроме того, ряд древесных пород, например урюк, хорошо закрепляется на осыпях, тем самым способствуя их стабилизации. На склонах с глинистым субстратом – рябина тянь-шаньская. Среди хвойных пород, располагающихся в верхнем ярусе горно-лесной зоны Иле Алатау, наиболее широко распространена ель Шренка.

Ниже хвойно-лесной зоны следует лиственно-лесная зона, где произрастают разнообразные лиственные породы деревьев и кустарники (дикая яблоня, осина, урюк, боярышник и др.).

При плотности лесного покрова 0,6–0,7 склоновые эрозионные процессы почти полностью затухают. В составе почвенного комплекса распространены преимущественно слабо- и скрытоподзолистые почвы на щебенистом делювии.

Низкогорная зона занимает предгорные равнины и предгорные ступени на высотах от 900–1000 до 1300–1400 м над ур. м. Климатические условия способствуют произрастанию в естественных условиях крупных эфемероидных злаков и формированию разнотравных степей. Основными почвообразующими породами являются четвертичные лёссовидные суглинки.

На предгорных равнинах наиболее широко распространены светлые сероземы. В травянистом покрове преобладают ковыль, тырса,

типец, пустынная осока. В кустарниковом ярусе, особенно по долинам рек, распространены ива, джида, шиповник и другие древесные и кустарниковые породы. На холмистых предгорных ступенях развиты суглинистые и горно-степные почвы и слабо выщелоченные черноземы. Относительно плоские водораздельные участки покрыты разнотравьем на моногумусных черноземах, на долю которых здесь приходится до 40 % площади. При достаточной плотности растительного покрова на относительно пологих участках следов активной деятельности эрозионных процессов обычно не наблюдается. Однако при нарушении сплошности покрова активизация эрозии наступает быстро.

2.2. Гидрологические характеристики бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай

Гидрологические характеристики бассейнов рек приведены по работе [35].

Река Киши Алматы является правым притоком реки Каскелен. Горный участок распространяется от Туйыксуских ледников на высоте 3400 м до выхода реки из ущелья, площадь водосбора 124,2 км². Максимальная высота в пределах горной части водосбора 4400 м, минимальная 1100 м. Средняя высота бассейна – 2500 м над ур. м. Общая площадь оледенения, состоящая из 11 ледников, достигает 10,9 км². Главный из них – Центральный имеет длину 5,46 км и площадь 4,37 км². Открытый конец ледника лежит на высоте 3450 м, а погребенный – на 3100 м. У конца ледника имеется несколько моренных озер. Длина горной и предгорной части 32,7 км, средний уклон реки 0,10%. Средний расход воды у метеостанции «Мынжылки» – 0,32 м³/с, ниже устья реки Сарысай – 1,48 м³/с, а в г. Алматы – 1,98 м³/с.

В горной части бассейн граничит с запада с бассейном р. Улкен Алматы с востока с бассейном р. Талгар и с юга с Талгарским горным узлом.

В горной части река принимает значительное количество притоков (Бутак, Кимасар, Беделбай, Сарысай, Горельник и т.д.). Значительное падение уклонов притоков, выпуклый профиль некоторых долин, наличие в них водопадов свидетельствуют о сравнительной молодости этого бассейна. При выходе из ущелья на высоте 1100 м р. Киши Алматы разделяется на два рукава: восточный, сохраняющий название Киши Алматы, и западный, называющийся Весновка, или Есентай. В месте разделения потоков построен водораспределитель, который регулирует потоки по этим руслам. Ниже пр. Райымбека кончается область конуса выноса и река вступает в полосу слабо наклонной к северу равнины, сложенной лёссовидными суглинками.

Река Улкен Алматы берет начало из группы ледников Иле Алатау на высоте 3600 м и течет в общем направлении с юга на север. Она является правым притоком р. Каскелен, впадающей в р. Иле. Улкен Алматы пересекает три морфологические области: горную, подгорную и равнинную. В горной части бассейн реки граничит с востока с бассейном р. Киши Алматы, на западе – с бассейном р. Каргалы.

Река Улкен Алматы образуется из слияния 2-х ветвей – Озерной и Проходной. Максимальная высота в пределах горной части водосбора 4400 м, минимальная 1100 м. Средняя высота бассейна – 3000 м. Длина в пределах горной и предгорной части – 40 км. Средний уклон реки 0,07%. Озерная ветвь принимает слева 7 и справа 8 притоков. В 10 км от истока Улкен Алматы впадает в озеро Улкен Алматы, озеро завального типа, имеющего форму слабо вытянутого ромба, с наибольшей диагональю 1 км. Площадь озера равна 0,45 км². Объем воды свыше 9·10⁶ м³. Наибольшая глубина – 39 м. Амплитуда колебания воды в озере составляет 0,5 м. Происхождение ледниковое: моренный вал, перегородивший долину р. Улкен Алматы, является естественной плотиной северного берега озера.

Река вытекает из озера с северной стороны, образуя «верхний» водопад, который на длине 600 м имеет около 150 м падения; затем участок протяжением 700 м имеет более спокойное падение, а несколько ниже уклон снова увеличивается, образуя «нижний» водопад, с падением около 300 м на длине 1500 м. В дальнейшем течении в горной части бассейна профиль реки не испытывает значительных изменений.

Проходная ветвь принимает слева 14 и справа 9 притоков. В 2 км от устья Проходной известны выходы группы минеральных источников, на базе которых создан курорт «Алма-Арасан». Озерная и Проходная ветви сливаются в 12 км от выхода Озерной ветви из озера. На высоте 2000 м в долине правого притока р. Улкен Алматы впадает р. Кумбель, которая является самым активным селевым очагом бассейна. Ниже слияния обеих ветвей Улкен Алматы принимает справа значительный поток Терес-Бутак с водосборной площадью 32,8 км², почти исключительно атмосферно-грунтового питания, кроме того, в Улкен Алматы притоками впадает несколько небольших рек.

Общая водосборная площадь горной части бассейна Улкен Алматы составляет 277 км², а водосборная часть всего бассейна равна около 500 км².

По выходе из ущелья река вступает в область конусов выноса рек, стекающих с Иле Алатау, сложенную валунами и галечниками. Ледниковый характер питания определяет внутригодовое распределение

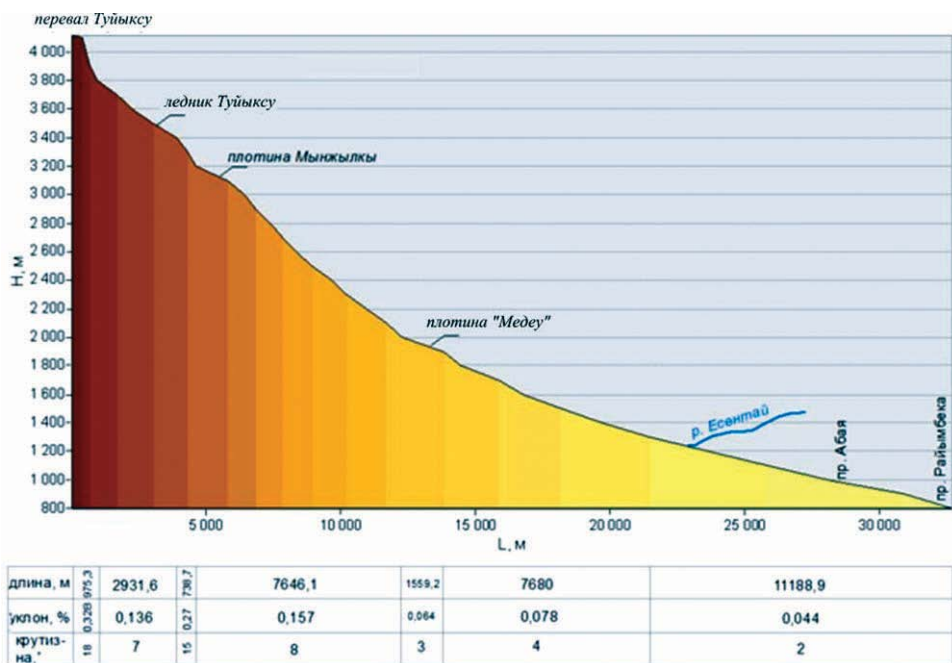


Рисунок 2.2 – Продольный профиль от перевала Туюксу по р. Киши Алматы

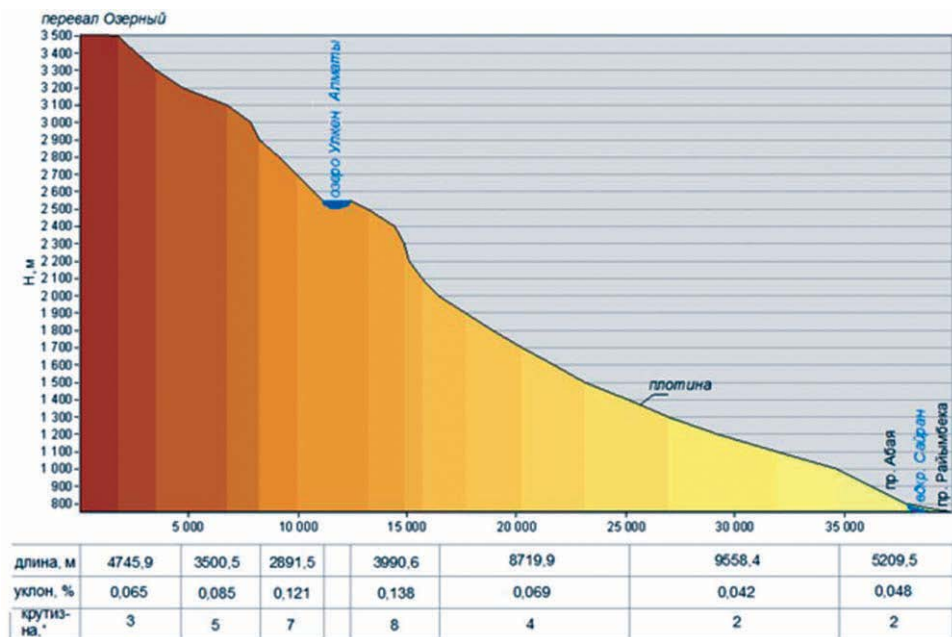


Рисунок 2.3 – Продольный профиль от перевала Озерный по р. Улкен Алматы

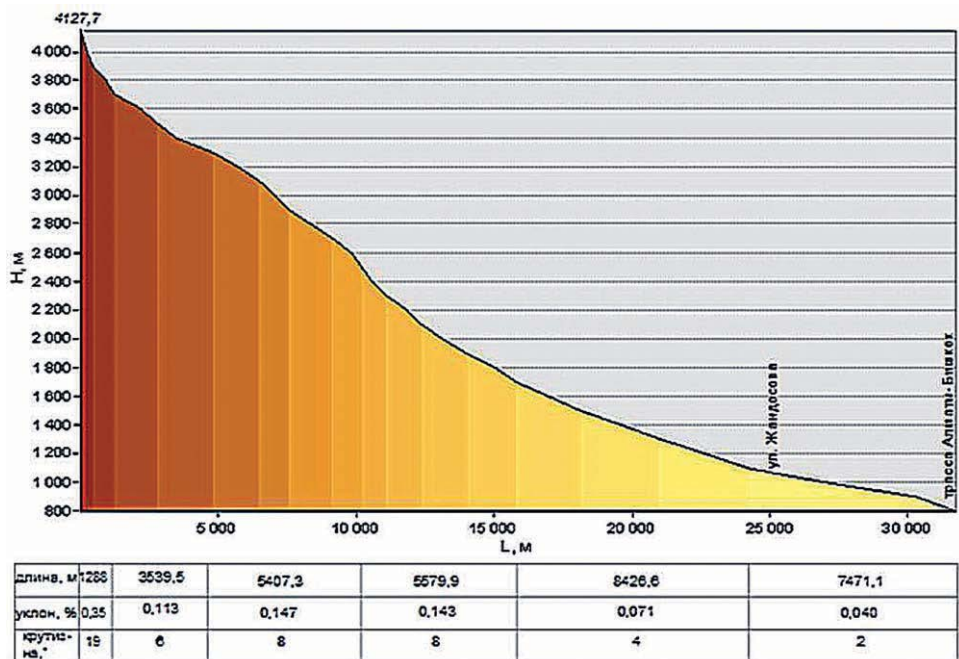


Рисунок 2.4 – Продольный профиль по р. Каргалы

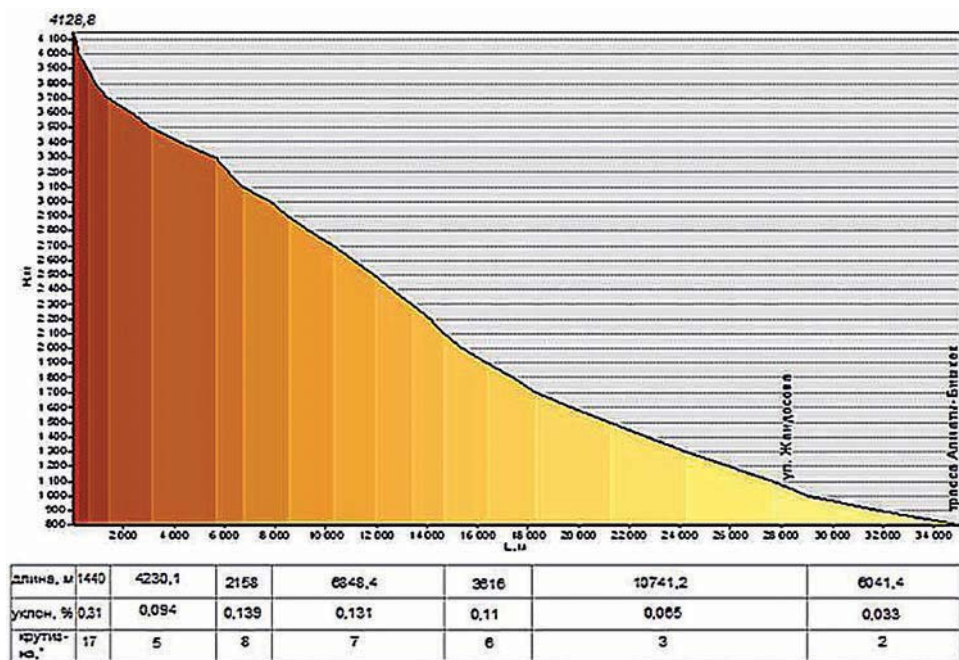


Рисунок 2.5 – Продольный профиль по р. Аксай

стока. Начиная с мая расходы реки возрастают, достигая наибольшего значения в июне-августе. Максимальный сток наблюдается в июле или августе, составляя от среднегодового стока в среднем 16–20 %. Средний расход воды 2 км выше озера Улкен Алматы – 2,37 м³/с, в 2 км ниже устья реки Терисбутак – 4,81 м³/с.

Река Каргалы является правым притоком р. Каскелен. Берет начало в ледниках Иле Алатау на высоте 3400 м. Площадь водосбора 49 км². Максимальная высота в горной части водосбора 4200 м, минимальная 1100 м. Средняя высота – 2700 м. Длина в пределах горной и предгорной части – 31,7 км, средний уклон реки 0,10%. Имеет 15 мелких притоков родникового питания общей длиной 27 км. Ширина русла 5–10 м, глубина 0,3–0,5 м, в паводковый период до 1 м. Средний многолетний расход воды 0,65 м³/с (у пос. им. Чапаева). Бассейн Каргалы расположен в среднегорной и низкогорной зонах западной части Иле Алатау. Склоны долины в среднем течении имеют крутизну 40–60°.

Река Аксай – левый приток р. Улкен Алматы, правый приток р. Каскелен. Берет начало в ледниках Иле Алатау на высоте 3600 м. Площадь водосбора 130 км². Максимальная высота в пределах горной части водосбора 4200 м, минимальная – 1000 м. Средняя высота – 2950 м. Длина в пределах горной и предгорной части – 35 км, средний уклон реки 0,096%. Бассейн реки расположен в различных ландшафтных зонах – горной и равнинной. Наибольшая ширина достигает 8 м, средняя глубина – 0,2–0,7 м. Среднегодовой расход воды 2,63 м³/с. Основные притоки: Сол Аксай, Сатылы, Каспансай, Тастыбулак, Ойжайлау, Кыргаулды. Самым активным очагом является обвал на правом притоке реки – Акжарский обвал. Средний расход воды в 2 км ниже Аксайского кордона – 2,2 м³/с.

На рисунках 2.2–2.5 приведены продольные профили русел рек.

2.3. Горные породы

В начале второго периода кайнозойской эры (в миоцене) вся территория Иле Алатау и прилегающих районов представляла почти плоскую равнину на высоте около 800 м над ур. м. Прежние горные системы к этому времени были разрушены до основания. Только в центральной части современного хребта были небольшие останцовые горы с относительными высотами до 300 м [34].

Эпоха плиоцена является началом становления современного горного рельефа. Довольно интенсивно начали проявляться горообразовательные тектонические движения. Происходит куполообразное под-

нятие осевой части хребта Иле Алатау. Эти процессы продолжались 13–14 млн лет. Высота гор достигла 2500 м. Предгорная зона при этом медленно опускалась.

Следующий очень энергичный импульс горообразования отмечается в начале антропогена, когда высота гор увеличилась до 3900 м. Вершины гор покрылись полупокровным оледенением.

После некоторого ослабления тектонические движения с новой силой возобновляются около 600 тыс. лет назад. К концу середины четвертичного периода высота гор достигает 4700 м. Наступает второе оледенение, имевшее долинный характер. Можно сказать, что современный облик гор был сформирован именно в это время.

В начале верхнего антропогена примерно 300 тыс. лет назад происходит новое усиление тектонических поднятий. Вершины гор в третий раз покрываются ледниками. Процесс горообразования продолжается и в настоящее время со скоростью примерно 5 мм в год. С ними связана высокая сейсмичность района. В Иле Алатау возможны землетрясения магнитудой 8, интенсивностью 9–10 баллов. Такие землетрясения были здесь в 1887 и 1911 годах.

Наиболее древние породы имеют возраст 550 млн лет. К ним относятся гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, встречающиеся небольшими участками в осевой части хребта. Более молодые, палеозойские образования – песчано-сланцевые породы, известняки, конгломераты, песчаники, алевролиты и др. Кроме того, широко распространены магматические породы – порфириды. Почти половину площади хребта занимают выходы палеозойских хорошо раскристаллизованных пород – гранитов, гранодиоритов и сиенитов. Среди них выделяются крупнозернистые серые граниты, значительные массивы которых распространены в бассейнах рек Талгар, К. и У. Алматы, Аксай, Каскелен. По возрасту они являются каледонскими. В современных климатических условиях эти граниты легко подвергаются процессам разрушения. Продукты разрушения – грубообломочный щебенчатый материал сплошным «плащом» покрывает склоны гор.

К молодым (кайнозойским) породам относятся только рыхлые или слабо сцементированные обломочные образования, распространенные в основном в восточной части Иле Алатау. Гранитов и других магматических пород среди них нет. Кайнозойские отложения представлены красноцветными глинами, гравийно-галечными конгломератами и грубообломочными валунно-галечниками. Красноцветные глины имеют возраст 35 млн лет. Возраст гравийно-галечниковых конгломератов составляет 12 млн лет. Валунно-галечные отложения относятся к четвер-

тичному периоду. Их возраст – 1 млн лет. Они слагают низкогорную зону Иле Алатау. В высокогорье эти осадки в основном распространены по речным долинам. По происхождению они являются речными, ледниковыми или пролювиальными. Лёссы предгорий имеют эоловое происхождение.

Формирование твердой составляющей селевого потока находится в сильной зависимости от характера горных пород, слагающих тот или иной горный бассейн, их петрографического и литолого-минералогического состава, а также историко-геологических особенностей развития региона. Петрографический и литологический состав пород предопределяет многие важные аспекты селеформирующего процесса, в частности:

1) степень милонитизации образований в зонах интенсивного тектонического дробления, поставляющих твердый материал, и сопротивляемость их последующей экзогенной переработке;

2) потенциальную устойчивость пород субстрата по отношению к различным агентам денудации;

3) возможность вовлечения в поток коллоидных фракций, обусловленных наличием в породах глинообразующих алюмосиликатов.

Горы Иле Алатау в значительной своей части сложены глубинными магматическими породами, реже вулканогенными и эффузивно-осадочными образованиями, преимущественно палеозойского возраста. Преобладают интрузии кислых пород гранитоидного ряда, наиболее часто приуроченные к зонам глубоких региональных разломов.

В верхних ландшафтных поясах активно протекают процессы физического выветривания. Повсюду наблюдаются следы интенсивного разрушения пород. В результате последующей экзодинамической переработки образуются громадные массы рыхлообломочного материала. Последние при гравитационном или сейсмическом воздействии и деятельности склоновых потоков сползают в русло, что при соответствующей гидрометеорологической ситуации и повышенных размерах концентрированного стока приводит к формированию селей. Следует отметить, что относительно высокое содержание в исходных породах кварца, полевых шпатов, амфиболов и слюд приводит к обогащению тонкодисперсной и коллоидной составляющих кремнистыми компонентами, гидрослюдами, хлоритом и в меньшей степени каолинитом. В среднегорных поясах и в области низкогорий химические выветрелые продукты дезинтеграции содержат значительное количество органических примесей, обычно сорбированных на поверхности гидрослюдистых частиц, что существенно повышает их гидрофильность. Но наи-

более активная роль в формировании твердой составляющей селевых потоков принадлежит четвертичным отложениям различного возраста, генезиса и состава. К ним относятся, в первую очередь, моренные, флювиогляциальные, элювиально-делювиальные, элювиально-пролювиальные, а также эоловые, пролювиальные и гравитационные образования. Преобладающие объемы селевых выносов обычно образуются за счет моренных и аллювиально-пролювиальных накоплений.

Моренные отложения, преимущественно современные и верхне-четвертичные, широко развиты в верховьях крупных горных долин и представлены валунно-глыбовым и каменно-щебенистым материалом с дресвой, песчано-гравийным и суглинистым заполнителем. Содержание глинистого материала невелико и обычно не превышает 2–5 %. Грубообломочные фракции чаще всего биотит-роговообманковые, аляскитовые, обогащенные ортоклазом граниты. В меньшей степени встречаются амфиболиты и слюдистые хлоритовые сланцы. Породы в присклоновых частях, как правило, находятся в состоянии неустойчивого или предельного равновесия. Поэтому они легко приобретают гравитационную подвижность под влиянием факторов переувлажнения или сейсмического воздействия. С ними обычно связаны многочисленные гравитационные и эрозионные очаги зарождения селей, приуроченные к субнивальнй зоне. Минералогический состав тонкодисперсной части отличается малым содержанием гидрофильного материала, в связи с чем здесь отсутствуют благоприятные условия для формирования связных селей.

Аллювиально-пролювиальные отложения слагают речные террасы и конусы выноса боковых притоков главных рек. Представлены они разнообразным по гранулометрическому составу преимущественно валунно-галечниковым материалом с песчано-гравийным и супесчаным заполнителем. Местами встречаются тонкие глинистые прослои и линзы небольшой мощности. Литолого-петрографический состав отложений определяется геологическим строением водосборных бассейнов. С аллювиально-пролювиальными отложениями связаны многочисленные линейные русловые очаги формирования селей. Они же служат источником пополнения твердой составляющей за счет береговых обрушений речных террас, вызванных ударно-механическим воздействием селевых масс, проходящих по руслам рек. Таким образом, литолого-генетические особенности пород селеобразующего субстрата определяют ряд важных показателей, в том числе таких, как потенциальная селеопасность бассейна и возможность формирования в нем селевых потоков определенных структурно-реологических типов.

Состав и свойства селеформирующих горных пород охарактеризованы по работе А. Р. Медеу [36]. Современные моренные образования (Q_{IV}) широко распространены в ледниковой зоне Иле Алатау. Как правило, современные морены выражены в рельефе несколькими фронтальными уступами, соответствующими определенным стадияльным положениям ледников в периоды их наступления. Высота таких уступов достигает 150-200 м, но чаще нескольких десятков метров. Морены преимущественно представлены щебенисто-глыбовым материалом с преобладанием неокатанных обломков, заполнителем является крупный песок с содержанием глинисто-пылеватых фракций не менее 0,4 %. В большинстве селевых бассейнов Иле Алатау в моренах преобладают крупнообломочные породы, состоящие из обломков крупнее 2 мм и мелкоземистого заполнителя (фракций мельче 2 мм). При этом крупные обломки составляют жесткий каркас грунта, а мелкозем заполняет поры этого скелета и придает грунтам при полной влагоемкости и разрушении жесткого скелета текуче-пластичные свойства.

Важнейшее значение в составе мелкозема имеют глинисто-пылеватые фракции (менее 0,05 мм), обладающие большой липкостью, связанностью, гидрофильностью и площадью поверхности. Чем выше степень дисперсности частиц и уплотненной их форма, тем большую площадь они занимают при одинаковой массе. Следовательно, разница в площади двух соседних по размеру фракций будет увеличиваться по мере их измельчения. При содержании частиц мельче 0,06 мм в реальной породе 1 % и более площадь их поверхности значительно превосходит площадь поверхности остальных частиц. Следовательно, грязевая масса из этих частиц (менее 0,05 мм) покрывает более крупные обломки в несколько слоев и будет отличной смазкой, обеспечивающей движение всей грязекаменной массы на определенных уклонах как вязкопластичного материала.

Именно в этой части всего широкого спектра фракций современных морен состоит главное отличие их от более древних разновидностей. Вследствие особенностей нивально-ледниковой зоны здесь преобладают физическое выветривание и ледниковая экзарация, приводящие к механическому измельчению скальных пород, в результате чего формируются частицы размером до 0,0001 мм и даже менее, которые, однако, являются частицами порообразующих минералов (кварц, полевые шпаты, другие силикаты в изверженных породах). Эти частицы не обладают гидрофильностью, липкостью, но представлены глинистыми минералами (каолинит, гидрослюда, гидроклориты), кото-

рые в заметном количестве присутствуют в рыхлообломочных породах более низких ландшафтно-климатических поясов.

В крупнообломочной части гранулометрического состава современных морен встречаются обломки размером от 2–3 до 4–6 м, а отдельные достигают 10 м и более. Большая же часть грунта состоит из обломков размером 20–200 мм, количество которых составляет 40–50%. Естественная влажность мелкозема 15–18% и, как правило, близка к влажности на пределе раскатывания, число пластичности – 3–5 %, плотность в естественном залегании – 1,3–1,5 г/см³, угол естественного откоса в сухом состоянии – 34–36°, в замоченном – 26–28°, плотность частиц – 2,65–2,70 г/см³. Плотность обломков пород равна, как правило, 2,55–2,60 г/см³ (граниты, кислые порфиры, мраморы, известняки, песчаники, сланцы) и зависит от петрографического состава пород.

Объемная масса крупнообломочных пород в естественном залегании и скелет породы характеризуют степень плотности (пористость) и влажность породы. Определение этих показателей связано с рядом технических трудностей, поэтому информация об этих крайне важных свойствах очень скудна. Тем не менее имеющиеся данные позволяют установить прямую зависимость объемной массы пород в массиве от массового содержания обломков (90 % и более), отмечается снижение объемной массы пород из-за нехватки мелкозема для заполнения пор между обломками. Это часто прослеживается в современных моренах Жарсая, где при нормальной объемной массе обломков 2,65 г/см³ объемная масса пород в массиве менее 2,0 кг/см³ (содержание крупных обломков более 90 %). Примерно такие же значения объемной массы современных морен отмечаются в верховьях рек У. и К. Алматы (1,9–2,1 г/см³).

Пористость современных морен колеблется от 25 до 35 % и зависит от тех же факторов, что и объемная масса, но в селеформировании практическое значение имеет не полная пористость, а эффективная, учитывающая только пористость межобломкового пространства и исключая пористость обломков. Эффективная пористость современных морен – 19–30 %, в среднем 23 %.

В тесной взаимосвязи с пористостью породы находится ее влажность, точнее, некоторые характерные показатели влажности, имеющие значение в селеформировании: влажность на пределе текучести, полная влагоемкость и естественная влажность. Влажность крупных обломков обычно составляет 0,3–0,7 % при пористости 1,8–5,1 % и практически не изменяется в течение года. Влажность мелкозема в большинстве случаев обуславливает влажность породы в массиве.

Естественная влажность мелкозема изменяется в широких пределах и является функцией гидрометеорологической обстановки, минералогического и гранулометрического состава. В горных условиях на глубине 1 м и более влажность мелкозема, как правило, равна влажности раскатывания или максимальной молекулярной влагоемкости – 8–14 %.

Влажность мелкозема на пределе текучести зависит от содержания глинисто-пылеватых фракций и их минералогического состава. Для мелкозема современных морен характерна небольшая пластичность (3–5%), что указывает на необходимость относительно небольшого количества воды для перехода грунта в текучее состояние. Однако если в реальную породу добавить расчетное количество воды, то она не приобретает текучих свойств. Для этого необходимо перемешать породу, разрушив скелет грунта и затратив значительную энергию. Процесс в значительной степени облегчится, если порода полностью водонасыщена, при этом некоторая часть воды из породы вытекает. Для современных морен влажность на пределе текучести составляет 2–4 %, а полная влагоемкость – 7–12 %.

Мощность современных морен, по данным геофизических исследований, варьирует в широких пределах в зависимости от мощности ледника от 30–40 до 80–100 м, изредка достигая 250 м. До 20–30 % всей мощности составляет лед. В некоторых случаях моренные образования фиксируются в виде тонкого чехла (до 1 м) на поверхности ледниковых языков.

В нивально-ледниковом поясе широко распространены современные коллювиальные отложения (Q_{II-IV}), состоящие из неокатанных обломков различной величины и являющиеся перемещенными продуктами выветривания скальных пород. Эти образования покрывают сплошным чехлом среднюю и нижнюю часть склонов ледниковых цирков, а мощность их изменяется от 0 до 5–10 м, в среднем 4–5 м. Эти образования участия в селеформировании, как правило, не принимают, но являются неисчерпаемым источником формирования морен.

Все описанные стратиграфогенетические комплексы находятся в мерзлом состоянии, поверхность их лишена какой-либо, кроме лишайников и мха, растительности, а потому очень подвижна.

В ниже расположенном альпийском высокогорном поясе широко распространены верхнечетвертичные морены (Q_{III}). Отмечается до 4–5 моренных уступов высотой от 40–50 до 300 м, отвечающих различным стадияльным положениям в период эволюции ледников и косвенно характеризующих площадь оледенения и мощность ледников. Интервал распространения верхнечетвертичных морен довольно широк

(2600–3400 м) и зависит от морфологии троговой долины. В бассейне р. У. Алматы ими выполнены троговые части долин Озерной, Проходной, Кумбель, Терисбутаг; в бассейне р. К. Алматы – по долинам основного русла и всех притоков.

Несмотря на значительную высоту уступов морен, мощность их, как правило, не превышает 150–200 м, так как нижняя часть уступов почти повсеместно представляет собой тектонический блок (ригель), сложенный скальными породами. Поверхность верхнечетвертичных морен имеет очень сложный рельеф, изобилующий замкнутыми котловинами глубиной до 10–20 м и объемом несколько сотен тысяч кубических метров, а также логами глубиной до 5–10 м, имеющими сложные очертания в плане и продольные уклоны 8–10°. Обычно сухие бессточные котловины при благоприятном стечении обстоятельств могут превращаться в крупные моренные озера с неустойчивыми бортами, прорыв которых обычно сопровождается формированием крупных и катастрофических селевых потоков.

В этом интервале абсолютных отметок широко распространены альпийские луга, покрывающие поверхность морен сплошным ковром, часто встречаются куртины арчового стланика. Однако растительность не является серьезным препятствием для возникновения крупных селевых очагов (бассейны рек Киши Алматы, Шынбулак, Кумбел).

В целом грансостав верхнечетвертичных морен практически идентичен таковому современных морен, однако имеются и существенные отличия. В верхнечетвертичных моренах заметно большее количество мелкоземистого заполнителя (15–30%). При очень близком соотношении количества и размера обломков моренных образований всех возрастов в верхнечетвертичных моренах обломки отличаются заметной окатанностью. Наибольшая степень окатанности отмечается у крупных обломков, минимальная – у обломков размером 5–50 мм. В составе мелкоземистого заполнителя количество глинисто-пылеватых фракций составляет 9–36 %. Поэтому верхнечетвертичные морены имеют большую плотность и меньшую пористость. Плотность грунтов в естественном залегании в большинстве случаев составляет 2,0–2,3 г/см³ при той же объемной массе обломков, что и в современных моренах: объемная масса скелета грунта – 1,9–2,1 г/см³. Естественная влажность породы в массиве несколько больше, чем в современных образованиях, в основном за счет большего содержания мелкозема и равна 3–6 %, достигая иногда 10–12 % (в весеннее время), влажность на пределе текучести – 5–10 %, полная влагоемкость – 7–19 %, пористость – 25–35 %.

Другим широко распространенным стратиграфогенетическим комплексом альпийского высокогорного пояса являются верхнечетвертично-современные делювиально-гравитационные образования (Q_{III-IV}), к которым приурочено много селевых очагов типа селевой рывтины. Эти образования почти сплошь покрывают склоны долин, скальные породы среди них обнажаются в виде отдельных массивов на склонах и в осевой части водоразделов основных притоков. Поверхность делювиально-гравитационных образований хорошо задернована, отмечаются отдельные куртины арчевника, местами, переходящие в сплошные заросли. Из наиболее крупных и известных селевых очагов, приуроченных к склоновым образованиям, можно назвать У. и К. Игузек (У. Алматы), Чертово ущелье (К. Алматы).

В составе отложений отмечается значительное содержание крупных обломков (65–80 %), среди которых преобладают фракции 20–200 мм (40–60 %), наиболее крупные обломки, размером 500–1000 мм, составляют 5–10 %, встречаются отдельные обломки размером 1–3 м. Количество мелкоземистого заполнителя колеблется в широких пределах и зависит от петрографии материнских пород, абсолютной отметки, экспозиции склонов (14–35 %). Исследованиями в бассейне р. К. Алматы было установлено, что гранулометрический состав пород, формирующихся за счет выветривания гранитов различного возраста и петрографического состава, зависит от экспозиции склона и абсолютной отметки: с увеличением абсолютной отметки и разворотом склона к северу заметно уменьшается содержание мелкозема и глинисто-пылеватых фракций; наиболее существенное увеличение мелкозема и глинисто-пылеватых фракций отмечается в нижней части склонов, независимо от экспозиций, абсолютных отметок и материнских пород. В составе заполнителя преобладает крупный песок, количество глинисто-пылеватых фракций составляет в среднем 16–20 %.

Естественная влажность породы в массиве зависит от глубины и экспозиции склона, а также плотности пород и степени задернованности поверхности. Максимальная влажность отмечается в весеннее время после таяния снега на склонах северных румбов, где она до глубины 4–5 м близка к полной влагоемкости. На склонах южной экспозиции снег тает более интенсивно, и значительная часть талой воды стекает по крутым склонам. Поэтому здесь влажность на глубине более 1 м редко бывает больше предела раскатывания (максимальной молекулярной влагоемкости). Объемная масса влажного грунта – 2,1–2,35 г/см³, скелета грунта – 2,0–2,1 г/см³, плотность частиц грунта – 2,7 г/см³, пористость – 20–25 %, полная влагоемкость – 10–12 %, влажность на

пределе текучести – 5–6 %, число пластичности – 2–3 %. Прочностные характеристики склоновых отложений не определялись, однако в связи с большой схожестью грансостава и плотности можно принимать значения, характерные для верхнечетвертичных морен.

Мощность образований изменяется по мере продвижения от водораздела к подошве склона, увеличиваясь от 0,0–0,5 до 7–10 м у подошвы склонов, что установлено по глубине вреза селевых очагов и многочисленным шурфам. Делювиально-гравитационные образования прослеживаются на скальных склонах от альпийского высокогорья вплоть до прилавков. При этом невозможно четко выделить границы изменения состава и свойств образований. Можно лишь с уверенностью полагать об увеличении в грунтах мелкоземистого заполнителя, а также глинисто-пылеватых частиц в нем по мере продвижения от верховий к прилавкам. Кроме того, уменьшается число крупных обломков (диаметром 0,5 м и более) за счет замещения их более мелкими. Однако во всех случаях породы сохраняют жесткий скелет из обломков крупнее 2 мм, т.е. их содержание не бывает меньше 65 %.

В среднегорном поясе склоны долин становятся более пологими, округлыми и мягкими за счет уменьшения площади выходов скальных пород и увеличения площади и мощности делювиально-гравитационных образований, занимающих здесь не только склоны, но и водораздельную часть. Донную часть основных долин и их притоков слагают аллювиально-пролювиальные верхнечетвертично-современные образования, сменившие верхнечетвертичные морены и сформировавшиеся в значительной мере за счет их размыва. Это зона преимущественного транзита селевых потоков, и донные отложения селевых бассейнов есть ничто иное, как селевые отложения разных генераций. Поэтому горный аллювий не имеет четко выраженной сортировки обломков по крупности сверху вниз по долине. Например, на конусе выноса р. К. Алматы (а тем более в горном русле) по улицам Пушкина, Уалиханова на пересечении с улицей Курмангазы и ниже еще совсем недавно можно было видеть глыбы размером до 3–4 м, принесенные селом 1921 г.

В толще русловых отложений и в обрывах селевых террас часто встречаются глыбы размером от 2–3 до 5–7 и даже 11 м (р. К. Алматы). Степень окатанности крупных обломков хорошая и средняя, реже плохая, обломки 5–50 мм часто угловатые, неокатанные. Однако характер сортировки крупнообломочного материала селевых отложений определяется особенностями формирования и движения селевого потока, его структурно-реологическим типом. Например, при экспериментах на Шамалганском полигоне получали грязекаменные несвязные селе-

вые потоки. В нижней части селевого очага у потока формировалась «голова», представляющая собой вал высотой 2–4 м, состоящий из самых крупных обломков размером 2–4 м, далее двигалось основное тело потока из обломков различной величины с большим количеством грязевой составляющей. При остановке «голова» формировала вал высотой 2–4 м, состоящий из обломков от 0,5 до 2–4 м без заполнителя, обломки лежали в 1–2 ряда. По краям селевого потока тоже формировались гряды, реже продольные валы обломков разного размера, которые выпадали из потока при достижении им глубины менее $2/3$ диаметра обломка вследствие невозможности движения на данном уклоне. Следы подобной сортировки наблюдались в руслах р. К. Алматы в 1979 г., р. Есик в 1963 г. После прохождения селей 1975–1977 гг. в русле р. У. Алматы отмечались валы и террасы, состоящие из обломков различной величины и грязевой суспензии. Такие образования могут формировать только грязекаменные связные селевые потоки, селевая масса которых при остановке не распадается. Очень часто грязекаменные сели завершаются довольно мощными хвостовыми паводками, которые в значительной степени перерабатывают свежие селевые отложения. Их разрушительную работу продолжают в течение длительного времени бытовые сток и весенне-летние паводки. При этом из отложений вымывается в первую очередь мелкозем. Однако мощности водных потоков не хватает для переработки отложений по всему периметру русла и тем более по всей мощности отложений. Поэтому состав и свойства русловых отложений изменяются в широких пределах как по мощности, так и по простирацию. Немалое значение при этом имеют преобладающие структурно-реологические типы селевых потоков. Во всех случаях отложения сохраняют жесткий скелет из крупных обломков, а состав заполнителя (мелкозема) может варьировать от крупного песка до супесей и даже суглинка. При крупнопесчаном заполнителе объемная масса породы составляет $1,8\text{--}2,1 \text{ г/см}^3$, при супесчаном и суглинистом может достигать $2,3\text{--}2,4 \text{ г/см}^3$. Грансоставу заполнителя соответствуют пористость и влажность: максимальная пористость и влагоемкость будут у отложений с песчаным заполнителем – 30–40 и 17–25 % соответственно и минимальная – у отложений с песчаным и суглинистым заполнителем – 17–25 и 8–12 %. Естественная влажность в русле сохраняется на уровне максимальной влагоемкости, а более высокая отмечается у супесчаного и суглинистого заполнителя. Описываемые образования прослеживаются на всем протяжении русла, пересекая все ландшафтно-климатические зоны, при этом состав и свойства образований практически не изменяются. Здесь не имеются

в виду аллювиальные отложения, местами прослеживающиеся в виде останцов вдоль бортов некоторых долин, хотя и их принадлежность к аллювиальным образованиям соответствующего возраста подлежит подтверждению специальными методами. Мощность отложений измеряется первыми десятками метров, составляя обычно 40–50 м. По данным бурения в районе Каменского плато в руслах У. и К. Алматы мощность отложений достигает 70–80 м. При этом местами подстилающими иногда являются не скальные породы, а неогеновые глины.

В описываемом ландшафтном поясе ширина русел составляет 80–200 м, редко более. При прохождении селевого потока отложения прорезываются на глубину от 10 до 20–40 м в суженных частях русла, являясь продолжением селевого очага, а в расширениях происходят распластывание потока и частичная его остановка. Продольные уклоны русла – 8–12°, увеличиваясь иногда до 15°.

Таким образом, в среднегорной зоне в русловой части происходят трансформация уже сформированного селевого потока, частичное увеличение или уменьшение объема и других параметров. На склонах боковых притоков формируются относительно небольшие селевые потоки преимущественно ливневого происхождения, которые редко проходят сколько-нибудь значительное расстояние по основной долине, чаще всего останавливаются на боковом конусе выноса.

В низкогорном поясе склоны становятся ниже, формы их в плане и профиле более мягкие, скальные обнажения встречаются редко. В приводораздельной части склонов порой наблюдаются террасовидные поверхности, сложенные дресвяно-щебенистыми суглинистыми делювиально-пролювиальными образованиями средне- и верхнечетвертичного возраста. Большая же часть склонов представлена скальными породами, перекрытыми делювиально-гравитационными рыхлообломочными образованиями. Склоны в профиле имеют прямолинейную выпуклую форму, что, в свою очередь, способствует проявлению оползневых процессов, часто переходящих в грязекаменные потоки или пополняющих и стимулирующих их возникновение. Такая часть долин выполнена аллювиально-пролювиальными валунно-галечными отложениями преимущественно с грубопесчаным заполнителем. Эта зона преимущественного торможения и остановки селевых потоков, продольные уклоны русел, как правило, не превышают 4–6°, ширина русел достигает нескольких сотен метров, бытовое русло блуждает, меандрирует по всей длине. В русле растут кустарники, лиственные и хвойные деревья, сбитости на стволах которых помогают установить возраст наиболее крупных селевых генераций. Состояние поверхности

русел в этой зоне является косвенным показателем селевой активности бассейна: обнаженная поверхность, отсутствие травяной и кустарниковой растительности, наличие бревен в отложениях, содранная кора и раны на древесине стволов в прикорневой части деревьев, грязевые заплески и примазки на стволах деревьев, на бортах долины и крупных обломках указывают на недавнее прохождение грязекаменного селевого потока.

Для этой ландшафтной зоны характерны щебенисто-суглинистые средне-верхнечетвертичные делювиальные образования, мощность которых составляет 15–20 м, редко увеличиваясь до 40–50 м. На скальных породах залегают щебенисто-дресвяные образования с большим количеством суглинистого заполнителя. Судя по визуальным наблюдениям, эти образования не имеют жесткого скелета и перекрываются лёссовидными суглинками мощностью 10–12 м. Суглинки обладают четко выраженной вертикальной устойчивостью, в сухом состоянии хорошо держат вертикальные откосы, но очень быстро размокают в воде, что определяет их эрозионную размываемость, а следовательно, склонность к оврагообразованию.

Особенно четко описываемый ландшафтный пояс выражен на северном склоне Иле Алатау. Значительное количество осадков (твердых и жидких), особенности текстуры и структуры суглинков предопределяют широкое развитие оползней и оврагов в этой зоне в бассейнах рек У. и К. Алматы. Характерным для этой части бассейнов является ручей Милютинский (левый борт р. У. Алматы ниже противоселевой плотины). Практически все склоны ручья поражены оползнями, при этом часто в процесс оползания вовлекаются не только суглинки, но и щебенисто-дресвяные отложения. Объем оползней измеряется многими сотнями кубических метров при глубине захвата 10–20 м и площади развития 100–200 м². Оползни округлой формы в плане, преимущественно блокового типа, но имеются и оползни-течения, которые дают начало селевому грязекаменному потоку высокой плотности и вязкости. Сформированный селевой очаг в основной долине руч. Милютинский имеет обрывистые стенки, глубину до 15–18 м при ширине 8–10 м. Здесь часто проходят селевые потоки небольшой мощности.

Еще одной геолого-геоморфологической особенностью низкогорного ландшафтного пояса является наличие благоприятных условий для накопления рыхлообломочного материала в образованиях древней коры выветривания вблизи новейших сейсмоструктур, по которым очень быстро формируется густая эрозионная сеть, состоящая из мелких борозд, рывин (селевые очаги Кокшоки и Акжар

в бассейнах рек У. Алматы и Аксай). Формированию селевых очагов подобного типа в значительной степени способствуют сейсмические подвижки и новейшие тектонические движения. В частности, формирование селевых очагов Кокшоки и Акжар произошло в результате сильного Верненского землетрясения 1887 г. Скорость накопления рыхлообломочного материала в подобных селевых очагах настолько велика, что формирование селевых потоков происходит до 4–5 раз в год. При этом основными процессами транспортирования рыхлого материала являются осыпание, оползание, делювиальный снос и микро-селевые процессы. Общий объем смещенных пород в виде оползней, обвалов, грязевых и грязекаменных потоков составил в бассейне р. У. Алматы 104 млн м³, в бассейне р. К. Алматы 260 млн м³. Масштабы отдельных смещений достигали нескольких миллионов кубических метров. Вот как описывает происхождение селевого очага Кокшоки И. В. Мушкетов: «Оплывина эта ... в долине Большой Алматинки имеет до 60 м толщины; она совершенно завалила ущелье во всю ширину до 300 м и по длине около 3000 м... В состав ее входит не только бурая грязь, но и множество громадных валунов гранита и стволов деревьев. Масса ее, во всяком случае, не менее 54 млн м³».

Многолетними наблюдениями установлено, что в большинстве формирующиеся сели грязекаменные связные, с высокой вязкостью и плотностью селевой массы, достигающей 2,1–2,3 г/см³, при практическом отсутствии в пробах обломков крупнее 100 мм. Скорость движения селевой массы обычно не превышает 1,5–2 м/с. Содержание глинисто-пылеватых фракций в селеформирующих породах составляет 14–16 %, а в селевых отложениях – не более 16–17 %.

В низкогорном поясе выделяется полоса предгорных ступеней. Основной особенностью этого региона является ступенчатое строение и широкое распространение лёссовидных суглинков большой мощности (многие десятки метров). Уступы высотой от 40–50 до 100–200 м и даже более имеют, как правило, выпуклую форму и крутизну от 20–25 до 40–45°. Поверхность уступов слабо холмистая, расчленена широкими долинами, наклонена на север под углом 8–10°.

По днищам наиболее крупных долин имеется постоянный поверхностный сток, большая же часть долин не имеет постоянного поверхностного стока. Верхняя часть суглинков до глубины 5–10 м проявляет четко выраженные просадочные свойства, что в комплексе с геоморфологическими, гидрометеорологическими и сейсмотектоническими условиями предопределяет возможность формирования оползней, овражной эрозии. Склоны долин, пересекающих эти образования, сплошь

покрыты оползнями преимущественно блокового типа, встречаются и оползни-течения.

Большая часть оползней блокового типа сформирована в результате катастрофических землетрясений 1887 и 1911 гг. Это наиболее крупные оползни, глубина захвата которых достигает 10–20 м и более, плоскости смещения их и оползневые тела хорошо задернованы и не имеют каких-либо следов современной активизации. Не отмечается также какой-либо закономерности в их пространственном распределении.

Зато оползни-течения имеют в плане изометрическую форму, сильно вытянутый оползневый язык, завершающийся крутым валом высотой от 2–3 до 5–6 м, плоскость скольжения нередко сохраняется обнаженной длительное время. Подавляющее большинство оползней-течений приурочено к выпуклым склонам крутизной 20° и более северной, северо-западной экспозиции.

На противоположном борту оползни встречаются очень редко. В такой части наиболее крупных долин четко прослеживаются боковые террасы высотой до 3–4 м, которые являются, вероятно, останцами размытых отложений грязевых селей, так как аллювиально-пролювиальным образованиям такой мощности взяться здесь просто неоткуда. В верховьях многих логов сохранились старые хорошо задернованные селевые рывины. Видимо, соответствующая селеобразующая гидрометеорологическая обстановка реализуется достаточно редко (ливневые дожди высокой интенсивности, затяжные дожди, сложные зимы с последующей ранней и теплой весной и т.д.). Лёссовидные суглинки в природном залегании представляют плотную породу от палево-желтого до буровато-коричневого цвета с макропористой структурой. Размеры макропор составляют 0,3–0,5 мм, редко достигая 1 мм. В сухом состоянии хорошо держат вертикальные стенки высотой до 8–10 м. Среди суглинков преобладают средние и тяжелые разновидности. Содержание пылеватых фракций составляет 20–35 %, глинистых – 17–27 %. Анализ интегральных графиков показывает, что породы довольно однородны по составу. Естественная влажность зависит в основном от гидрометеорологической обстановки и вне зоны капиллярного насыщения колеблется от 10 до 20%, чаще всего приближаясь к максимальной молекулярной влагоемкости (13–17 %). Плотность частиц породы составляет 2,69–2,79 г/см³, объемная масса – 1,40–1,77 г/см³, объемная масса скелета – 1,25–1,55 г/см³, пористость – 43–55 %, коэффициент пористости – 0,710–1,155, пределы пластичности: верхний – 26–28 %, нижний – 20–22%. Практически все изученные образцы показали просадочные свойства. Значения относительной просадоч-

ности варьируют от 0,02 до 0,15. Прочностные характеристики при естественной влажности: угол внутреннего трения – 10–25°, сцепление – 10–17 кПа, в водонасыщенном состоянии угол внутреннего трения – 14–25°, сцепление – 0,5–4,5 кПа.

2.4. Ледники

Для изучения ледников применялись различные по разрешению космические снимки: Landsat 7 ETM+ с наземным разрешением 30 м; IRS (LISS-3) – 23,5 м; ALOS – 10 м; IKONOS – с наземным разрешением 1 м. Приведённый масштаб для ДЗЗ оценивается соответственно как 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 и 1:5 000 (по данным компании «Совзонд»). Наиболее качественные снимки IKONOS охватывали часть долины р. Левый Талгар и часть бассейна Киши Алматы, снимки ALOS применялись для дешифрирования гляциологической обстановки в бассейнах Левого Талгара, Улкен и Киши Алматы, для остальной территории Иле Алатау использованы космические снимки Landsat 7 и IRS.

При сравнении результатов дешифрирования объектов гляциологического мониторинга с использованием ДЗЗ различного разрешения установлена точность определения площадей полигонов: отклонение определений площадей отдельных полигонов по снимкам Landsat 7 и IRS составило менее 4 % (с разными знаками) от результатов определений по снимкам ALOS и IKONOS. Результаты определения площади (с использованием космического снимка Landsat ETM+) отдельных ледников и моренных комплексов сопоставимы с результатами фотограмметрической съёмки горно-ледникового бассейна Туйыксу [37]. Данные определения площади ледника Туйыксу по результатам дешифрирования космических снимков и наземной ежегодной теодолитной съёмки [38] отличаются менее чем на 1 %. Это позволяет доверять полученным результатам дешифрирования космических снимков в целях гляциологического мониторинга.

Важные параметры при оценке оледенения – объём горных ледников и объём погребённых льдов (таблица 2.1, рисунок 2.6). В результате сравнения и анализа существующих методик расчёта были выбраны формулы П. А. Черкасова и Ю. Я. Мачерета [39]. Эти формулы, полученные при исследовании оледенения Жетысу Алатау, наиболее подходят для наших условий. Большинство оценок объёмов льда в ледниковых системах предыдущих каталогов (по состоянию на 1974 и 1990 гг.) даётся по этим формулам, которые учитывают морфологи-

Таблица 2.1 – Характеристика ледников в изучаемых бассейнах рек северного склона Иле Алатау по состоянию на 2008 г.

Бас- сейн реки	Число ледников			Площадь открытой части, км ²			Объём открытой части, км ³			Пло- щадь мо- рен, км ²	Объём льда под мо- ре- нами, км ³
	$S < 0,1$ км ²	$S > 0,1$ км ²	Все- го	$S < 0,1$ км ²	$S > 0,1$ км ²	Все- го	$S < 0,1$ км ²	$S > 0,1$ км ²	Все- го		
Аксай	17	14	31	0,35	8,91	9,26	0,006	0,298	0,304	6,22	0,102
Кар- галы	11	3	14	0,38	1,97	2,35	0,007	0,055	0,062	2,05	0,027
Про- ходная	29	11	40	0,51	2,83	3,34	0,010	0,109	0,119	3,95	0,050
Улкен Алматы	19	27	46	0,55	13,54	14,09	0,010	0,479	0,489	8,56	0,147
Киши Алматы	3	8	11	0,13	5,54	5,67	0,001	0,215	0,216	2,70	0,050

Таблица 2.2 – Изменение площади открытой части ледников в изучаемых бассейнах рек с 1955 по 2008 г.

Бассейн реки	Площадь ледников, км ²					Изменение площади ледников		Коэф- фи- циент детер- мина- ции
						за год	за весь период	
	1955	1974	1979	1990	2008	км ² /%	км ² /%	
Аксай	13,5	13,3	12,5	10,2	9,3	-0,09/-0,68	-4,77/-36	0,864
Каргалы	3,9	3,2	2,9	2,8	2,3	-0,03/-0,74	-1,59/-39	0,947
Улкен Алматы (с р. Проходной)	33,9	27,2	25,3	21,0	17,4	-0,32/-0,94	-16,96/-50	0,982
Киши Алматы	9,3	7,4	8,1	6,5	5,7	-0,07/-0,74	-3,71/-39	0,911

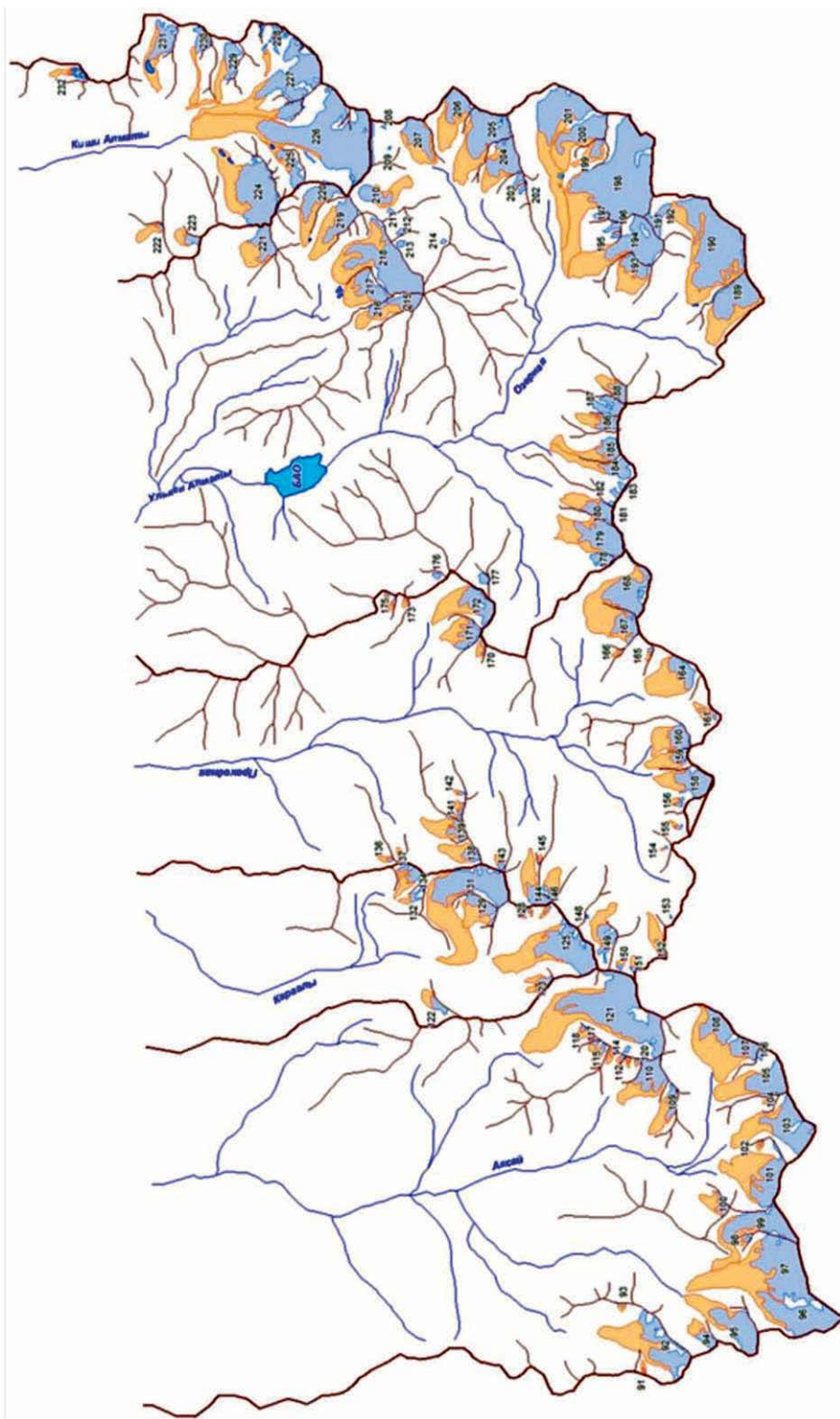


Рисунок 2.6 – Ледники и моренные комплексы в бассейнах рек Аксай, Каргалы, Улкен и Киши Алматы по состоянию на 2008 г.

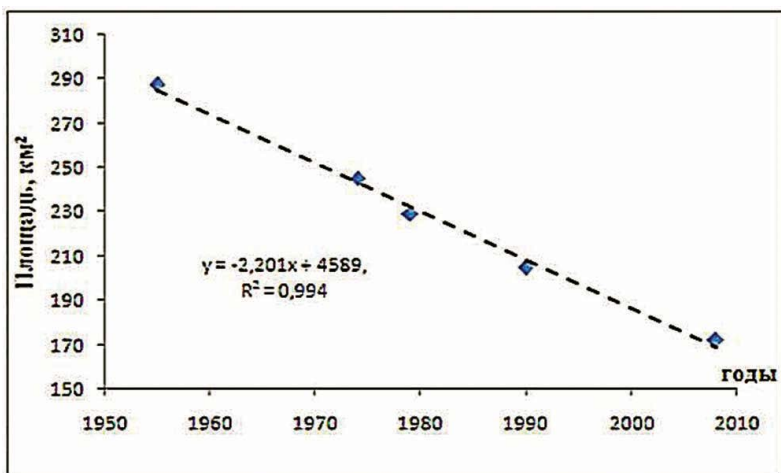


Рисунок 2.7 – Динамика изменения площади открытой части ледников северного склона Иле Алатау с 1955 по 2008 г.

ческие типы горных ледников. Этими исследователями разработаны формулы расчёта объёмов погребённых льдов горных ледников, причём нами погребённые льды понимаются в трактовке П. А. Черкасова как суммарное количество погребённых ядер льда ледникового генезиса фронтальных и боковых морен. Расчёты объёмов погребённого льда следует считать ориентировочными, так как достаточно точно определить площади погребённого льда пока невозможно.

В таблице 2.2 и на рисунке 2.7 показано изменение площади ледников с 1955 по 2008 г.

2.5. Моренные озера

Исследование моренных озёр можно разделить на три этапа. Первый – с начала 1950-х до середины 1960-х годов. Именно в этот период у исследователей гляциосферы, а именно Н. Н. Пальгова, П. А. Черкасова, Н. Ф. Колотилина и Д. А. Качалова, появился интерес к озёрам, находящимся на современных моренах. Они заявляли, что эти озёра прорывоопасны и в случае прорыва могут нанести существенный материальный ущерб народному хозяйству. Но детального изучения озёр в то время не проводилось. В этот период в Киши Алматы зафиксированы катастрофические сели в 1951 и 1956 гг. Причём про причины селя 1956 г. мнения исследователей разделились. Например, А. П. Горбунов назвал основной его причиной не прорыв моренного озера, а ливни и оползни. На тот момент для многих исследователей казалось явным несоответствие объёма озера (20 тыс. м³) и объёма селя

(до 1 млн м³). Чтобы как-то обосновать это кажущееся несоответствие, назывались дополнительные причины: воды от ливневых дождей, опорожнение подледниковых и внутриморенных резервуаров, образование заторов. В итоге именно в этот период гляциальной зоне Иле Алатау стало уделяться особое внимание, а именно начали проводиться аэрофотосъёмки потенциально прорывоопасных территорий, а в верховьях реки Киши Алматы на моренном комплексе Туйыксуских ледников начались систематические наблюдения за моренными озёрами.

С середины 1960-х до начала 1970-х годов – второй этап изучения моренных озёр. В это время катастрофических прорывов не происходило, но было положено начало создания базы данных по исследованию приледниковых и моренных озёр. Эти работы проводились в 1967–1969 годах. Были обследованы бассейны ледниковых рек северного склона хребта Иле Алатау. На наиболее крупных озёрах были проведены инструментальные геодезические изыскания. Впервые были получены довольно точные данные по морфометрии озёрных котловин. Тогда же результаты работы гляциологов показали тесную связь деградации оледенения с образованием приледниковых озёр.

Систематические исследования моренных озер стали проводиться с 1973 г. после создания Казглавселезащиты [40]. Именно в эти годы в связи с увеличением темпа деградации оледенения значительно выросла и гляциальная селеопасность, количество разрушительных селей увеличилось. Начали проводиться наземные обследования селевых врезов. На самых потенциально прорывоопасных озёрах были организованы стационарные посты наблюдений. Всё это дало возможность перейти на новый качественный уровень изучения моренных озёр. Были получены фактические данные по морфометрии самих озёр и моренных комплексов, на которых они расположены, данные по температурному режиму воды и водному балансу озёр.

В настоящее время продолжается пополнение базы данных о динамике прорывоопасных озёр с применением современных методов исследований, таких, как использование автоматических датчиков измерения температуры озёрной воды, воздуха и грунта на близлежащих территориях, геодезические съёмки современными высокоточными инструментами, геоэлектро- и радиолокация морен. Помимо комплекса наземных измерений всё шире применяются методы дистанционного зондирования. По космоснимкам с высоким разрешением с применением современного программного обеспечения проводится мониторинг динамики моренных озёр. Это особенно актуально для труднодоступных объектов, расположенных в наиболее опасных и удалённых местах.

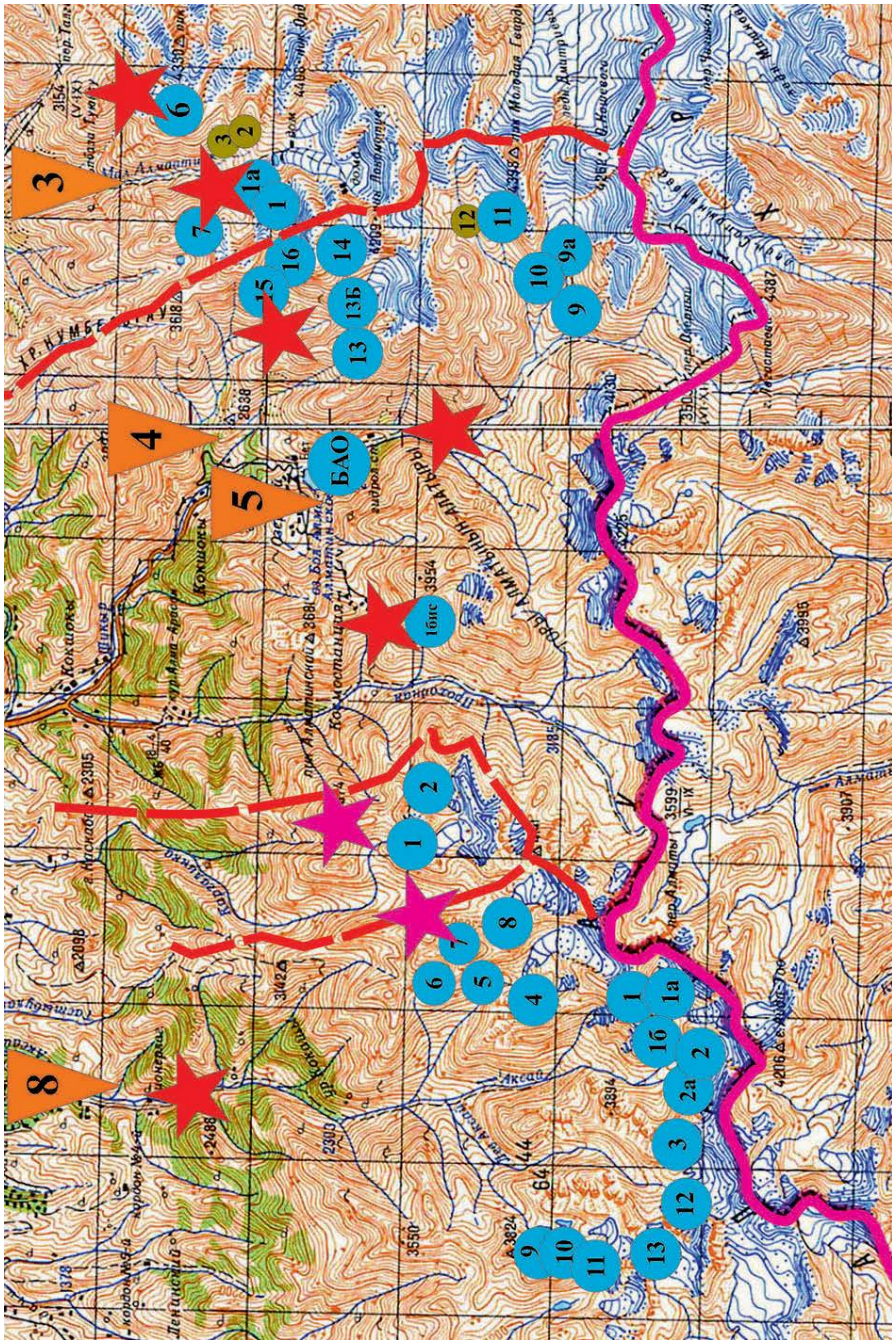


Рисунок 2.8 – Расположение моренных озер. Номера озер даны по данным Казселезащиты

На рисунке 2.8 показано расположение моренных озер в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай, а в таблице 2.3 приведены данные о морфометрических параметрах этих озер.

Таблица 2.3 – Площади и объемы ледниковых озер

Номер озера	Год измерения	Площадь, м ²	Объем, м ³
<i>Киши Алматы</i>			
1	2014	7100	32000
1	2017	6240	29 400
6	2012	24 300	206 100
6	2017	20 100	143 600
<i>Улкен Алматы</i>			
9	2017	10 000	30 700
10	2013	11 500	28 200
10	2017	20 300	101 700
11	2013	17 200	73 300
11	2017	9850	25 400
12	2012	13 400	43 300
13	2011	5100	5650
13 а	2011		1600
13 бис	2015	43 000	305 000
13 бис	2017	37 200	182 300
14	2011	2500	8700
14	2017	7900	22 000
15	2011	2000	2900
<i>Каргалы</i>			
1	2015	10 400	Нет данных
2	2015	6100	Нет данных
<i>Аксай</i>			
1	2015	41 000	Нет данных
2	2015	10 600	Нет данных
3	2015	80 190	198 195
4	2015	21 000	Нет данных
5	2015	4700	Нет данных
6	2015	2000	91 705
7	2015	7600	Нет данных
8	2015	8600	228 436
9	2015	2000	Нет данных
9	2017	68 200	418 000
10	2015	7100	Нет данных
10	2017	62 400	375 000
11	2015	18 700	Нет данных
12	2015	65 600	Нет данных
13	2015	77 500	Нет данных

Механизмы прорыва ледниковых озер. Механизмы прорыва приледниковых озер в Иле Алатау подробно исследованы Н. В. Поповым на основе наблюдений за реальными случаями прорыва озер [41]. По Н. В. Попову, прорывы ледниковых озер происходят по проранам в талых массивах, по подземным тоннелям либо по открытым ледовым каналам.

Прорывы озер по проранам в талых массивах. Это наиболее катастрофичный механизм опорожнения. Прорывные паводки такого генезиса отличаются исключительной мощностью. Процесс разрушения плотин и образования проранов занимает обычно несколько минут и вызывает стремительный рост площади живого сечения водного потока на гребне перелива в голове прорана, что приводит к образованию ярко выраженных прорывных волн. Талый массив, залегающий в зоне воздействия прорывного паводка, оказывается практически полностью вынесенным. Подобным образом прорывались озеро №2 в бассейне р. К. Алматы 15 июля 1973 г., озеро №13 в бассейне р. У. Алматы 3 августа 1977 г.

Немногочисленные разработки по моделированию процесса опорожнения озер, имеющих немерзлые грунтовые плотины, основаны на описании интенсивности углубления прорана и падения уровня воды в озере, что предусматривает ввод коэффициентов, характеризующих способность грунтов препятствовать размыву. Значительно усложняют расчет возможность активного протекания суффозии в глубине обводняемых плотин, а также сдвиги переувлажненных грунтов.

Для расчета максимальных прорывных расходов при прорывах стационарных озер по проранам, образующимся в талых массивах озерных плотин, можно использовать формулу, описывающую связь объемов прорывных паводков с максимальными расходами истечения воды из котловины:

$$Q_{max} = 0,0048V^{0,896},$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м³/с; V – объем прорывного паводка, м³.

Прорыв озера № 2 в бассейне р. Киши Алматы 15 июля 1973 г. произошёл в восточном направлении через межозерную перемычку в котловину озера № 1. Прорыву предшествовали незначительная просадка в зоне гребня перелива, интенсивное возрастание расхода с последующей эрозией или сдвигом талого массива, лежащего в зоне воздействия поверхностного и фильтрационного обводнения. Как следствие – катастрофическое разрушение перемычки и сброс огромной массы

воды из озера № 2. Талый массив уже на начальном этапе опорожнения оказался полностью вынесенным из плотины, что обусловило стремительный рост живого сечения потока и прорывного расхода.

Процесс истечения основного объема водной массы из озера занял только 36 мин. Уровень воды в озере упал на 5,8 м, а объем сброшенной массы воды (с учетом воды из озера № 3) составил 225 тыс. м³. В результате прорыва сформировался мощный прорывной паводок с максимальным расходом до 350 м³/с, что более чем на два порядка превышает обычный сток реки, что привело к образованию катастрофического селевого потока в нижележащей долине.

Одни из самых трагических событий в Казахстане, связанные с природными катастрофами, произошли в августе 1977 г. в бассейне реки Кумбелсу – правой составляющей реки Улкен Алматы, где у ледника Советов располагалось озеро № 13.

Южные и частично восточные склоны котловины озера слагались непосредственно телом языка ледника, а водоудерживающей плотинной служил гребень современной морены, имевший сливное русло шириной 3-4 м, глубиной 0,4 м, по которому в теплый сезон года осуществлялся поверхностный сток. В зимний период в котловине озера сохранялся значительный объем воды. В июле 1974 г. площадь водного зеркала озера составляла уже 34,7 тыс. м², а объем – 220 тыс. м³.

В этой ситуации были предприняты меры по принудительному опорожнению озера №13 путем разрыхления поверхностного моренного чехла и последующих попусков воды. За 1974–1975 гг. уровень воды в озере был понижен на 2,5 м, а его объем сократился до 80-90 тыс. м³. В течение 1976–1977 гг. никаких мелиоративных работ на морене ледника Советов не проводилось. 3 августа 1977 г. во второй половине дня произошел внезапный прорыв озера.

Под кровлей мерзлоты на всю более чем 20 м глубину образовавшегося прорана грунты в теле плотины озера оказались размороженными (обводненными). Это свидетельствует о том, что размораживание происходило в течение многих лет под воздействием фильтрационного стока из озера, сохранявшего значительный объем воды подо льдом и в зимнее время. Непосредственно моменту прорыва предшествовали, видимо, просадка или сдвиг части талого массива, резкое увеличение площади живого сечения на гребне перемычки и последующее катастрофическое разрушение переувлажненного моренного грунта.

Особенности механизма прорыва ледниковых озер по туннелям. В общем виде механизм образования катастрофических паводков при прорыве нестационарных озер по дренажным туннелям представляется

следующим образом. В результате стечения ряда факторов еще до начала периода абляции котловина нестационарного озера заполняется тальми водами. Вследствие роста гидростатического давления воды и активного протаивания временное перекрытие в туннеле в определенный момент времени разрушается, вызывая прорыв озера.

Принимая во внимание незначительные длины ледовых туннелей у нестационарных озер Иле Алатау, максимальный прорывной расход можно рассчитать следующим образом:

$$Q_{max} = aW^{1,25}H^{0,5},$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м³/с; a – коэффициент, зависящий от длины туннеля (для озер Иле Алатау 2,7); W – площадь поперечного сечения туннеля, м²; H – превышение горизонта воды над входом в туннель, м.

В 1980 г. произошел прорыв нестационарного озера №16 в бассейне р. Каскелен по ледовому туннелю длиной около 240 м.

В 8 ч утра 23 июля 1980 г. объем озера составлял около 240 тыс.м³. В 9 ч со стороны перемычки послышался грохот и на фронтальный откос современной морены вырвался мощный водный поток. Максимальный прорывной расход воды в первоначальный момент достигал 23 м³/с. Основная часть водной массы озера сработалась за 3 ч. В ходе опорожнения озера резких пульсаций прорывного расхода не наблюдалось, а происходило плавное уменьшение его величины, и в 13 ч он составлял 1,5–2,0 м³/с.

Механизм опорожнения озер по открытым ледовым каналам. По открытым ледовым каналам прорывались ледниковые и моренно-ледниковые озера. В Иле Алатау отмечалось более десятка случаев опорожнения озер по открытым ледовым каналам.

Гидрографы опорожнения озер в этом случае имеют ярко выраженные ветви подъема и спада. Паводки, образовавшиеся при прорывах озер по открытым ледовым каналам, селевых проявлений не вызвали, так как процесс опорожнения занимал продолжительное время.

16 июня 1984 г. во время облета Иле Алатау около 16 ч было отмечен поверхностный перелив из озера №5, расположенного у ледника Калесника в бассейне р. Л. Талгар. Максимальный объем этого обычно пустующего водоема, располагавшегося на морене ледника Калесника в верховьях р. Левый Талгар, превышал 250 тыс. м³. Озеро №5 уже трижды до этого прорывалось в 1970, 1971 и 1976 гг. по ледовому туннелю с образованием мощных гляциальных селей.

В 16 ч 30 мин уровень в озере понизился на 0,8 м при ширине ледового канала 2 м. Мощность моренного чехла не превышала 0,2–0,4 м. В это же время на внешнем откосе плотины глубина была более 10 м. К 18 ч интенсивность понижения уровня воды составила 0,9 см/мин. Именно в этот период прошел пик паводка с максимальным расходом 7,6 м³/с.

В 1985 г. при проведении профилактического опорожнения крупнейшего в Казахстане приледникового озера Богатырь в бассейне р. Шылик этот механизм истечения был вызван искусственно, что позволило ликвидировать угрозу крупной селевой катастрофы.

Расход воды при истечении озера по открытому ледовому каналу в любой момент времени определяется выражением:

$$Q_{max} = \lambda F,$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м³/с; λ – интенсивность падения уровня воды (протаивания канала), м/с; F – площадь водного зеркала озера на соответствующий уровень, м².

Непосредственные наблюдения показали, что максимальные значения λ оказались очень близкими и в среднем составляли 0,00017 м/с. Поэтому для оценки максимального расхода предлагается уравнение:

$$Q_{max} = 0,00017F,$$

где Q_{max} – максимальный расход воды, м³/с; F – площадь водного зеркала озера, м².

Прорывы озер, подпруженных активным льдом. Существует несколько гипотез, объясняющих прорывы гляциальных озер, подпруженных активным льдом. Их критический анализ проведен Г. Н. Голубевым [42]. Согласно его выводам, наиболее реальными признаются лишь две гипотезы.

Суть первой гипотезы состоит в том, что прорывы озер происходят при всплытии ледниковой плотины, когда уровень в водоеме достигает 9/10 ее высоты. В этом случае, как предполагается, в теле ледника открываются законсервированные внутриледниковые каналы стока и трещины, которые быстро расширяются за счет тепломеханического воздействия на них водных потоков, что и обуславливает лавинообразный характер сброса воды из озера.

Второй тип прорыва озер предполагает разрушение ледниковой плотины путем ее поверхностного размыва (распиливания). Г. Н. Голубев [42] приводит примеры таких явлений, наблюдавшихся на озерах острова Аксель Хейберг. В Иле Алатау достоверно известен лишь

один подобный случай опорожнения приледникового озера у ледника Правый Жарсай в конце июня 1977 г. [43]. В результате такого «прорыва» приледниковое озеро объемом более 430 тыс. м³ в течение 2 сут было опорожнено с расходами, не превышающими 10 м³/с.

В 1985 г. искусственными сбросовыми расходами воды была пропилена морена, состоящая из погребенного льда у подножия ледника Богатырь [27].

Прорывы озер, расположенных у концов ледников и на мерзлых моренах. Механизмы прорывов приледниковых и моренных озер, подпруженных мерзлыми моренами, начали изучаться на Тянь-Шане и Кавказе в 1970-х годах. В результате было выявлено, что такие озера могут прорываться многими способами: путем «мгновенного» выброса под действием гидростатического давления части озерной плотины в местах развития в ней таликовых массивов, вследствие развития обратной эрозии на озерных плотинах при переполнении водоемов [43, 44], при внезапном открытии грота в зоне расположения старых внутриморенных каналов стока и размыве (продавливании) временных закупорок в каналах стока [45].

Весьма детально изучены механизмы прорывов озер на современных моренах В. Л. Познаниным [46], которым на основе обобщения многочисленной специальной литературы и материалов собственных исследований за прорывами озера Кахаб-Россона в бассейне реки Темир в Дагестане разработана качественная схема механизмов опасного его опорожнения.

Гидрологические режимы МЛО. По гидрологическому режиму моренно-ледниковые озера в Иле Алатау на первой ступени разделяются на две основные группы: озера круглогодичного наполнения и озера сезонного наполнения или, как отмечалось в других классификациях, выделяются так называемые «стационарные» и нестационарные озера.

На второй ступени моренно-ледниковые целесообразно разделять по гидрологическому режиму на: 1) сильно проточные снегово-ледникового питания с полным оборотом водного объема озера за 1–2 сут; 2) слабо проточные также снегово-ледникового питания с полным оборотом большого водного объема озера от 2 до 7 сут и 3) практически непроточные снегового питания с полным оборотом водного объема в течение абляционного периода.

Выбранные гидрологические типы озер изначально во многом характеризуют их «стартовый» уровень селеопасности. Очевидно, что самыми селеопасными будут озера слабо проточные сезонного наполнения, у которых уже имеются выходы в подземные внутриморенные

каналы стока, подверженные временным закупоркам, и где температура воды в озерах успевает прогреться в отдельные дни до 8–10 °С.

Опыт превентивного опорожнения моренных озер. Первые работы по опорожнению селеопасных моренных озер северного склона Иле Алатау осуществлялись под методическим руководством начальника Казглавселезащиты Б. С. Ниязова [40]. За 25 лет было опорожнено около 20 водоемов.

Туйыксу 1964–1966 гг. Началом работ превентивного опорожнения озер в Казахстане можно считать работы на озере № 2 в бассейне р. Киши Алматы в 1964–1966 гг. [38, 47]. Для понижения уровня воды был использован метод сифонов. Трубы для сифонов были выполнены из гофрированной прорезиненной ткани, диаметром 200 мм и для удобства транспортировки и монтажа представляли собой отдельные секции по 3–4 м. На перемычке озера с помощью соединительных муфт секции были собраны в три нити по 190 м каждая (общая длина конструкции составляла 570 м).

Способ сифонов предназначен для откачки воды из озера с целью предотвращения перелива. Сами причины, ведущие к прорыву, не изменяются. С годами, как показала практика, котловина озера растет, объем воды увеличивается. Таким образом, возрастает вероятность прорыва и формирования более мощного селевого потока. Поэтому метод сифонов можно применять только в комплексе с другими мероприятиями.

Профилактические работы по опорожнению селеопасных ледниковых озер в Иле Алатау были продолжены в 1974–1975 гг. первоначально в бассейнах рек К. и У. Алматы. В последующие годы подобные работы проводились и в других бассейнах рек [47].

Снижение селеопасности озер достигалось путем уменьшения заполнения озерных котловин за счет открытых каналов-траншей. На перемычке озера строилась эвакуационная траншея. По подготовленной траншее в зимний период сбрасывалась накопленная в озерной котловине вода с расходом, с одной стороны, обеспечивающим формирование на дне траншеи самоотмокки из валунов определенного диаметра, с другой – гарантирующим снижение уровня воды до безопасных отметок или полное осушение озерной котловины.

С учетом того, что опасные озера находятся в труднодоступных условиях высокогорья, а сроки в пределах одного полевого сезона ограничены, для ускорения работ по проходке траншей предлагалось широко использовать взрывчатые вещества для формирования профиля траншеи взрывами на выброс. При этом величина одного заряда не должна превышать 300 кг, а глубина одного слоя дробления – 0,5 м для мокрого грунта и 1,5 м для сухого грунта.

Работы по указанной методике проводились достаточно длительное время и были главным направлением превентивных мероприятий. Каналы-траншеи сооружались с помощью взрывов на выброс, разборкой русла вручную или с применением механизмов (бульдозер, гидрант-мотопомпа, буровые установки). Однако во многих случаях работы приостанавливались после вскрытия многолетней мерзлоты и погребенного льда, что исключало дальнейшее углубление каналов предлагавшимся методом. В ходе выполнения этих работ были существенно снижены объемы более десяти озер в бассейнах рек К. и У. Алматы, Каскелен и Есик.

Кумбел 1980 г. В 1980 г. были проведены работы по искусственному опорожнению селеопасного озера № 13 в бассейне реки Кумбелсу. Комплекс мероприятий включал не только работы, связанные с опорожнением озерной котловины, но также специальные и гидрологические наблюдения.

За прошедшие годы после катастрофы 1977 г. моренно-ледниковый комплекс ледника Советов претерпел значительные изменения. Бывшая часть котловины озера № 13, расположенная в 30 м от опорожненной чаши, начала быстро развиваться. Быстрый рост водной массы озера способствовал уменьшению прочности водоудерживающей перемычки, которая подпруживала озеро. К 1980 г. в верховьях реки Кумбелсу вновь сложилась селеопасная ситуация.

Исходя из этого было принято решение о проведении превентивных работ на озере № 13. В их основу был положен способ опорожнения по поверхностному эвакуационному каналу. Однако уже были внесены существенные изменения, направленные на повышение безопасности.

Выбранный вариант опорожнения озера заключался в следующем. Проложить эвакуационный канал в теле водоудерживающей перемычки вне зоны воздействия поверхностного и фильтрационного стока. Для понижения гребня перемычки до уровня воды в озере верхнюю часть моренного чехла предлагалось разобрать вручную и при помощи мотопомп. Этот вариант основывался на предположении, что под мореным чехлом должен находиться погребенный глетчерный лед.

Снятие моренного чехла, вернее его верхней части, и предварительное заглубление эвакуационного канала проводились на нижнем бьефе перемычки вручную и с использованием мотопомпы. Мотопомпой смывался мелкозем и мелкие камни, а крупнообломочный материал (валуны до 1 м в диаметре) удалялся вручную. На глубине 2,5 м от гребня перемычки была вскрыта многолетнемерзлая толща. Температура воды в начале проведения работ по опорожнению озера была около 3°C. Приток воды в сентябре не превышал 0,02-0,03 м³/с.

К 17 сентября 1980 г. подготовительные работы были закончены. Оставшаяся часть перемычки была разрушена одновременно по всей ширине канала, и процесс опорожнения начался. Максимальный расход воды сформировался в первые 10 мин. Пиковые расходы достигали 3,2 м³/с. На этом этапе сработки водной массы можно было контролировать водный поток из озера, поскольку скорость у порога перелива была невелика. В первые пять часов была сработана основная масса озерной воды. Затем расходы воды пошли на убыль. Существенного углубления канала в толщу многолетнемерзлых пород не наблюдалось, поскольку мерзлая порода содержала около 50 % рыхлообломочных включений. За день было сброшено 10 тыс. м³ воды без учета бытового стока, расходы которого к концу дня повысились до 0,1–0,2 м³/с.

К 19 сентября уровень воды в озере понизился незначительно. Однако к этому времени была сброшена основная масса воды из озера № 13а в объеме около 16 тыс. м³.

Вследствие того, что основная задача проведения профилактических работ была выполнена, а дальнейшее углубление канала было сопряжено со значительными затратами сил и времени, было принято решение о прекращении работ. Нижняя точка порога перелива соответствовала объему 5 тыс. м³ воды в чаше озера.

Богатырь 1985 г. В 1985 г. в бассейне реки Шылик сложилась селеопасная ситуация. Началась пульсация крупного ледника Богатырь [47]. В 1984 году началась подвижка его средней ветви, площадь которой превышала 10 км². В следующем 1985 г. ледовый поток из центральной камеры вовлек в движение часть левой пассивной ветви ледника и продвинулся на расстояние более 1 км. До озера оставалось около 700 м. Углы наклона фронтальной части языка возросли до значений, близких к 90°. Это могло привести к катастрофическому прорыву крупнейшего в Казахстане приледникового озера.

Наиболее вероятным был прорыв озера Богатырь поверхностным путем с образованием прорана на ослабленном фильтрацией участке озерной перемычки в районе сливного русла. Подобный механизм опорожнения наиболее катастрофичен и обеспечивает образование разрушительного прорывного паводка с максимальным расходом в несколько тысяч м³/с. В зону воздействия потока по долине реки Шылик попадали села Саты, Алгабас, автодороги, мосты, отгонные пастбища, сельхозугодья.

Приледниковое озеро Богатырь расположено на современной морене под языком ледника, на высоте 3460 м над уровнем моря. Перед началом работ озеро имело следующие размеры: длина – 1850 м, шири-

на – 670 м, средняя глубина – 13,3 м, максимальная глубина – 34,9 м, площадь водного зеркала – 690 тыс. м². Максимальный объем достигал 9,3 млн м³.

В русле поверхностного канала проходящими максимальными расходами воды была сформирована самоотмостка, препятствующая размыву его дна и нижней части бортов. Максимальные размеры обломков, сформировавших русловую самоотмостку, достигали 3 м в диаметре.

До проведения мелиоративных работ на озере поверхностный канал стока имел следующие характеристики: длина – 850 м, средняя ширина по дну – 25 м, глубина – 1,5–3 м. Средний уклон составлял 7°, однако в русле имелись участки, уклон которых превышал 10–12°.

Основная идея метода заключалась в следующем: проложить на нетронutom фильтрацией участке морены открытый эвакуационный канал, оголить мерзлое или ледовое ядро в озерной плотине, вызвать поверхностный перелив на этом участке. Сработка воды из котловины в дальнейшем обеспечивалась за счет постепенного протаивания дна канала под действием теплообмена между водным потоком и мерзлыми грунтами.

Участок озерной плотины, отвечающий необходимым требованиям, был выбран в 50 м к востоку от порога перелива существующего естественного русла. Гребень плотины здесь на 10 м превышал горизонт максимального уровня. Предусматривалось взрывом на выброс сформировать открытый канал, обеспечивающий сброс бытовых расходов на начальном этапе опорожнения. Заряд взрывчатых веществ закладывался в шурфы, пройденные по линии намеченного канала на глубину от 3 до 11 м. На случай резкого увеличения расхода воды, при наличии в морене таликовых зон, предусматривалось перекрытие горловины канала искусственной плотиной из мешков с грунтом. Таким образом получили дальнейшее развитие работы, проведенные в 1980 г. на озере в бассейне реки Кумбелсу.

Утром 23 июля 1985 г. все приготовления к искусственному опорожнению озера Богатырь были завершены. Суммарная масса заложенной взрывчатки в пересчете на аммонал составляла 14 т. В 10 ч утра был произведен взрыв перемычки озера Богатырь, в результате которого было выброшено около 10 тыс. м³ мерзлого моренного грунта и погребенного льда. В озерной перемычке образовался канал, поверхностный сток по которому начался через 38 мин после взрыва.

Уже через час расход воды повысился до 20 м³/с. В течение первых шести часов наблюдалось плавное увеличение расходов истечения

воды до $105 \text{ м}^3/\text{с}$, затем началось их постепенное уменьшение. Утром 24 июля расход снизилась до $30 \text{ м}^3/\text{с}$, а весь процесс опорожнения озера Богатырь продолжался около двух суток.

Несмотря на то, что озерные воды из искусственного канала поступали в старое сливное русло, имеющее мощную самоотмопку, способную, казалось бы, без существенных изменений выдержать сбросные расходы воды, срыв ее и интенсивное углубление русла начались уже при расходах воды порядка $30 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом интенсивное развитие обратной эрозии в первую очередь происходило на наиболее крутых (более 10°) участках русла. Особенно активно эрозионные процессы проявлялись при прохождении пика паводка. Углубление русла сопровождалось значительными обрушениями его бортов. Однако прочный мерзлый массив морены на участке искусственного канала сдерживал эрозию, что обеспечило плавное понижение уровня.

К 25 июля процессы размыва полностью завершились и канал стока по всей длине стабилизировался. Объем сработки водной массы за время профилактических работ составил $6,2 \text{ млн м}^3$. Уровень воды в озере понизился на $14,5 \text{ м}$. Искусственный канал углубился от отметки, полученной взрывом, еще на $15\text{--}20 \text{ м}$, а его горловина продвинулась в акваторию озера на 200 м .

Манишук Маметова 1997 г. Озеро № 6, образовавшееся в бассейне реки Киши Алматы на высоте 3600 м над ур. м. под ледником Манишук Маметовой, в 1950-х годах имело размеры $70 \times 25 \text{ м}$. Объем воды был настолько незначительным, что этот водоем не был включен в реестр опасных при проектировании селезащитного комплекса в урочище Медео. Интенсивно котловина развивалась в 70-х годах, когда его объем составлял 43 тыс. м^3 . В 1976–1978 гг. на озере проводились профилактические мероприятия, позволившие понизить уровень воды в озере на $3,4 \text{ м}$ и уменьшить его объем до 36 тыс. м^3 . В дальнейшем ситуация значительно изменилась: ледник отступал, термокарстовые процессы продолжались, объем озера интенсивно возрастал. В 1990-е годы озеро № 6 стало наиболее опасным в Иле Алатау. Его объем превысил 190 тыс. м^3 при максимальной глубине $18,5 \text{ м}$. Объем воды в озере повышался за счет вытаивания погребенных ледовых толщ и отступления языка ледника [47].

Водоудерживающей плотиной озера служит вал современной морены. Полного промерзания морены в холодный период не происходит, а перемычка озера на участке сливного русла разморожена, т.е. приобрела крайне неустойчивый характер. Прорывы озер, имеющих подобные плотины, осуществлялись с образованием проранов на месте талых

массивов и неизбежно заканчивались катастрофами. Селезащитная плотна в урочище Мынжылкы на высоте 3000 м рассчитана только на удержание прорывных паводков из зоны морен ледников Туйуксуской группы (объем селехранилища 220 тыс. м³). Однако самопроизвольный прорыв озера № 6 мог вызвать образование селя объемом не менее одного миллиона кубометров, что приведет к практически полному разрушению плотины Мынжылкы. В этом случае селевые расходы в створе разрушенной плотины могут значительно превысить расход водного паводка 15 июля 1973 г. И тогда, теперь уже непосредственно в Малоалматинском селевом врезе, неизбежно сформируется грандиозный сель с расходами, многократно превышающими расчетные.

Объем такого селя может превысить 10 млн м³, что создает непосредственную угрозу самой плотине Медео и нижележащим сооружениям в долине реки.

Работы, связанные с контролируемым сбросом воды из озера № 6, были начаты 20 июля и завершены 20 сентября 1997 г. Однако подготовка к ним началась еще в 1996 г. Прежде всего, было принято решение выполнить большой комплекс научно-исследовательских и изыскательских работ с целью получения максимально большего объема информации о строении и составе грунтов современной морены ледника, выбора оптимального метода выполнения профилактического мероприятия. Важным был даже такой вопрос, как и до какого уровня опорожнять озеро, хотя наиболее приемлемым результатом был сброс всего объема водной массы.

Основная идея работ заключалась в использовании природной энергии воды (эрозионный размыв грунта, высокая транспортирующая способность потока, интенсивный теплообмен) для формирования искусственного эрозионного канала (вреза) в теле морены, постепенном вхождении врез в озеро и контролируемом сбросе озерных вод. Технологически это предполагалось реализовать с помощью системы брезентовых экранов и мягких затворов.

Для повышения безопасности работ брезентовые листы в русле и акватории озера должны были играть роль противоэрозионных и противоточных экранов, которые до максимума снижали возможность обводнения талого массива и, следовательно, неконтролируемый прорыв озерной перемычки. Более того, эта же цель преследовалась и другим условием – продолжительность попусков должна быть небольшой, а суммарный объем сброшенной за сутки воды не должен был превышать естественный сток.

Для предотвращения внезапного прорыва озера были устроены экраны из листов брезента размерами 6х15 м, уложенные непосредственно в русле канала стока и в верхнем бьефе плотины озера.

На выходе из озера был установлен типовой металлический (твердый) затвор, рассчитанный на пропуск воды с расходом до 4,2 м³/с.

В 50 м от уреза озера была смонтирована брезентовая емкость, разработанная КазНИИМОСК, для формирования волны паводка с пиковым расходом, необходимым для начала эрозии и углубления вреза в теле перемычки. Однако указанное устройство в реальных условиях не сработало. В этой связи пришлось вернуться к ранее предложенному Казселезащитой варианту мягкого брезентового затвора на тросовой системе.

Кроме того, оказалось, что для обеспечения активного размыва моренных отложений в канале стока потребовались попуски воды с расходами 8–12 м³/с, а не рекомендованные изначально 1,5–2,0 м³/с.

Уже на первом этапе работ, при формировании вреза водными попусками, на глубине около 8 м (против прогнозируемых 15 м) была вскрыта кровля слоистых мерзлых пород с включением крупных валунов, что можно считать погребенным древним руслом или поверхностью древней морены. Мерзлота и валуны забронировали дно канала стока, препятствовали его углублению до намеченных отметок и потребовалось применение накладных зарядов взрывчатых веществ для дробления особо крупных, размером более 2–3 м, валунов.

Все эти не учтенные ранее факторы тем не менее не нарушили утвержденной технологической схемы, позволили продолжить углубление канала стока и продвижение вреза к озеру.

На этапе формирования вреза для попусков использовалась вода, накопленная системой затворов только непосредственно в русле канала (объем попусков не превышал 30–120 м³), а количество воды регулировалось металлическим затвором. Общий объем попусков за сутки не превышал половины суточного объема естественного стока (5–10 тыс. м³) воды из озера. Благодаря кратковременным водным попускам рыхлый материал, выносимый из углубляющегося канала стока, откладывался на верхней ступени древней морены в 400 м от озера, не угрожая нижележащей горной долине.

На заключительном этапе работ при вхождении канала в озеро использовался прием доработки канала стока вручную с последующим переносом мягкого затвора в акваторию и постепенной сработкой намеченного объема воды в ночное время при полном отсутствии приточности.

В итоге выполненных работ основная задача по ликвидации селевой угрозы в бассейне реки К. Алматы была решена. Угроза катастрофического прорыва озера № 6 у ледника М. Маметовой с образованием разрушительного селевого потока устранена. Опасный объем талых ледниковых вод, сброшенный в результате контролируемого опорожнения, составил 110 тыс. м³, т. е. более половины первоначального объема озера.

Талый массив морены, наиболее опасный в прорывном отношении, удален из тела морены водными попусками. Суммарный объем смытого рыхлого материала составил более 25 тыс. м³. Сформирован искусственный канал стока устойчивого профиля длиной более 120 м, сложенный в нижней части крупными валунами и мерзлыми породами.

Разработана и опробована на практике новая отечественная технология превентивного опорожнения селеопасных озер с применением системы мягких затворов и экранов. Общие затраты на проведение аварийных работ оказались в сотни раз меньше прямого ущерба от возможного самопроизвольного прорыва озера.

Предметом дискуссии является минимально допустимый объем озера №6. При этом следует иметь в виду, что даже при прорыве 10 тыс. м³ воды на древней морене ледника Маншук Маметовой сформируется сель с объемом около 200 тыс. м³, который заполнит водохранилище в урочище Мынжылкы и тем самым создаст условия для образования катастрофических селей при прорыве водоемов на ледниках Молодежный и Туйыксу.

Озеро Капкан 2012 г. Озеро расположено в верховьях реки Коргас. Параметры озера: длина – 830 м, ширина – 320 м, максимальная глубина – 41,2 м, средняя глубина – 18,8 м, площадь – 198,2 тыс. м², объем – 3,727 млн м³. Обследование озера специалистами Казселезащиты и Института географии в 2011 г. показало, что оно является прорывоопасным. В случае его прорыва будет переполнено лежащее ниже озеро Казанколь (высота 2171 м, объем 2,44 млн м³), что приведет к формированию катастрофического селя, который нанесет большой ущерб Международному центру приграничного сотрудничества, расположенному на конусе выноса на границе Казахстана и Китая. Поэтому было принято решение провести на этом озере превентивное понижение уровня воды. На эти цели из резерва Правительства Казахстана было выделено 129 млн тенге.

Работы начались 10 июля 2012 г. На вертолетах Казавиаспаса были доставлены рабочие, техника и снаряжение. В работах участвовало 90 человек. В первую очередь была организована служба наблюдения

и оповещения, укомплектованная средствами связи, в том числе спутниковыми. 11 июля 2012 г. начали проводиться гидрометеорологические наблюдения за температурой воздуха и воды, осадками, высотой снега, притоком в котловину озера воды.

Для укладки 10 сифонных труб диаметром 200 мм, длиной 150 м каждая бригадой рабочих из 80–90 человек были подготовлены ручную площадки на перемычке озера под установку сифонных труб, расширен по дну до 4 м и углублен эвакуационный канал до 15–16 м (негабаритные камни подвергались дроблению взрывами). Для уменьшения риска вручную выполнен эвакуационный канал между озером № 2 и озером № 1. Канал между двумя небольшими нижерасположенными озерами формировался с помощью мини-экскаватора, но ручной труд понадобился и здесь.

Установили 10 сифонов, откачивающих воду с суммарным расходом 600 л/с. Сброс воды из озера с помощью сифонов за сутки составил более 50 тыс. м³. Уровень озера был понижен на 8,5 м. Общий объем воды, откаченный из озера сифонами, составил 2,5 млн м³.

На втором этапе сооружался эвакуационный канал. Крупные валуны дробились взрывами. Расчистка канала производилась вручную. В результате получился канал длиной 75 м, шириной по верху 23 м, по низу 4 м, максимальной глубиной 16,5 м. После завершения работ объем воды в озере составлял 2,093 млн м³.

Озеро Тасколь 2015 г. Оно расположено на высоте 3400 м над ур. м. под ледником Сарытас (№ 229 по Каталогу ледников 1975 г.) в бассейне реки Средний Усек в хребте Жетысу Алатау. Озеро образовалось в результате отступления ледника в котловине между конечными и боковыми моренами и языком ледника. В последние 50 лет площадь озера увеличивалась за счет отступления языка ледника, а его глубина – за счет таяния льда на ложе озера.

По данным батиметрической съемки, выполненной Казселезащитой, длина озера составляет 700 м, ширина – 280 м, площадь – 139 тыс. м², объем – 2914 тыс. м³.

В августе 2015 г. на озере Тасколь ГУ «Казселезащита» провело работы по снижению уровня воды в озере. На озерной перемычке расширен и углублен эвакуационный канал. В результате ширина перемычки увеличилась с 17 до 50 м. Расчистка эвакуационного канала проводилась мини-экскаватором и вручную с применением ВВ. Вода сбрасывалась сифонами и электрическим насосом. Для его работы был смонтирован электрогенератор. После проведения работ уровень воды понижен на 3 м. Объем воды в озере уменьшился на 420 тыс. м³.

Озера в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай в 2016 и 2017 гг. До 2016 г. превентивные работы в этих бассейнах проводились только на озерах № 6 в Киши Алматы и № 13 в Улкен Алматы. Озера опорожнялись прокладкой эвакуационного канала и откачкой воды сифонами. В 2016 г. работы проводились уже на 6 озерах. Кроме озер № 6 и 13 добавились озера №4, 8, 10 в Аксае и 1б в Проходной. Для откачки воды стали применяться сифоны диаметром 300 мм и насосы производительностью 50 л/с. Для прокладки эвакуационных каналов стали использоваться мини-экскаваторы. На озеро № 6 была проложена тракторная дорога, по которой поднялись большой экскаватор и бульдозер, что значительно повысило темпы работ. В 2017 г. превентивные работы проводились уже на 9 озерах. Добавились озера № 1а в Киши Алматы и № 9 в Аксае. В результате было откачено 7,7 млн м³ воды. Четыре озера были полностью опорожнены. В пяти озерах уровень воды был понижен на 5–9 м.

2.6. Многолетняя мерзлота

Характеристики многолетней мерзлоты приведены по работе [48]. В вертикальном профиле Северного Тянь-Шаня выделяется несколько структур высотной поясности (климатическая, ландшафтная, геоморфологическая и др.). Наиболее полно условия формирования и закономерности распространения селевых потоков и других опасных экзогенных геологических процессов и явлений отражает геокриологическая поясность, поскольку температурным режимом, льдистостью и мощностью многолетне-сезонномерзлых пород определяются возможности и масштабы их проявления и закономерности пространственно-временной изменчивости.

Присущие Северному Тянь-Шаню закономерности распространения многолетнемерзлых пород (ММП) и рассмотренные особенности пространственно-временных изменений глубины и характера сезонного промерзания обуславливают формирование своеобразной структуры геокриологической высотной поясности региона [40].

Два геокриологических высотных пояса – многолетнемерзлых (ММП) и сезонномерзлых (СМП) пород включают несколько элементов более низкого ранга, каждый из которых характеризуется особенностями распространения ММП и характера сезонного промерзания.

Граница между геокриологическими поясами располагается на высотах 1800–1900 м и совпадает с нижним пределом спорадического распространения небольших (сотни и первые тысячи м²) островков вечной мерзлоты.

Пояс сезонного промерзания простирается от подножий хребтов, которые обычно имеют отметки 800–900 м, до высот 1800–1900 м. Среднегодовые температуры воздуха составляют 8–9 °С в нижней части пояса и 4–5 °С в верхней.

В большинстве районов Северного Тянь-Шаня, в том числе на северном склоне Иле Алатау, устойчивый снежный покров формируется в начале декабря у нижней границы пояса и в первой декаде ноября на высотах 1800–2000 м, а разрушается соответственно в середине марта и в первой декаде апреля. Средняя максимальная высота снежного покрова на северных склонах увеличивается в пределах пояса от 20–30 см у нижней его границы до 60–70 см у верхней.

В пределах пояса выделяются два подпояса: низкогорный неустойчивого сезонного промерзания и среднегорный устойчивого промерзания. Граница между ними располагается на высотах 1400–1500 м.

В низкогорном подпоясе наиболее важной климатической особенностью, определяющей режим сезонного промерзания, является температурная инверсия воздуха в холодный период: холодный воздух стекает с прилавков на предгорную равнину, что обуславливает относительно мягкую зиму в низкогорном подпоясе. Так, средняя температура января на метеостанции «Алматы» (671 м над ур. м.) составляет -11,5 °С, а на Каменском плато (1350 м) – только -3,8 °С; средний и абсолютный минимумы температур воздуха в январе по этим двум пунктам соответственно равны -17,4, -43,0 и -7,6, -28,0 °С. Естественно, что такое различие в термическом режиме зимы обуславливает существенно иной характер промерзания почв низкогорного подпояса в сравнении с предгорной равниной и в среднегорном подпоясе. Глубина промерзания на северных луговых склонах не превышает здесь 50 см, а на южных в 1,5–2,0 раза меньше. Под пологом елового леса, где снежный покров практически отсутствует, глубина промерзания достигает 1,0 м и только в крупнообломочных толщах увеличивается до 3 м. Особенностью является неустойчивый характер промерзания почв на склонах южной экспозиции: большую часть холодного периода южные склоны лишены снежного покрова и радиационные оттепели препятствуют интенсивному промерзанию; здесь типично чередование непродолжительных периодов с талой и мерзлой почвой. Характерно, что средние годовые температуры почв низкогорного подпояса несколько ниже таковых на предгорной равнине. Различия обусловлены тем, что в более продолжительный теплый период почвенный покров на равнине прогревается лучше, чем на прилавках.

Вне зоны инверсий средние годовые температуры пород закономерно уменьшаются с высотой со средним градиентом около $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

Низкогорный подпояс характеризуется наиболее слабым проявлением криогенных процессов. Главную роль среди них играют процессы образования стебелькового льда, который может формироваться и разрушаться в течение 200–230 дней. Особенно благоприятны для его развития те участки склонов южной экспозиции, где по какой-либо причине повышена влажность поверхности почвы и изрежен травяной покров. Здесь даже в середине зимы создаются условия для формирования стебелькового льда: полное или частичное оттаивание почвы и последующие циклы кратковременного ночного промерзания на глубину 1–3 см и полного протаивания днем.

Многочисленное чередование промерзания и протаивания обуславливает смещение частиц почвы по склону, особенно заметное на лишенных растительности участках. Физическое моделирование процесса, проведенное И. М. Бурыкиным (1969), показало, что в условиях низкогорий Иле Алатау на склоне крутизной 30° такое смещение частичек почвы размером менее 5 мм за два месяца (с 10 января по 10 марта 1967 г.) составило 14–15 см, а на менее крутом (до 15°) – 2–3 см.

Не менее характерным рельефообразующим процессом в зоне прилавков Северного Тянь-Шаня является «суточная» (мелкая, поверхностная) солифлюкция. Она проявляется как в медленном сползании уплощенных блоков земли мощностью в несколько сантиметров и площадью до нескольких квадратных метров, так и в виде линейных быстрых сплывов, которые логичнее отнести к разряду микроселей. Они приурочены чаще к откосам дорожных выемок и представляют собой грязевые язычки шириной до нескольких десятков сантиметров и длиной до нескольких метров. На незадернованных участках склонов суточная солифлюкция способна перемещать значительные массы грунта – не менее нескольких тысяч кубических сантиметров с одного квадратного метра в год.

Среднегорный подпояс устойчивого сезонного промерзания характеризуется более суровой зимой: у верхней границы подпояса в январе средняя температура воздуха составляет $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а средний и абсолютный минимум соответственно $-10,5$ и $-33,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура пород на глубине 3,2 м в пределах подпояса снижается до $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Причем градиент ее увеличивается по абсолютной высоте и составляет около $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ против $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ в нижележащем подпоясе (Северский И.В. и др., 1986).

Сезонное промерзание здесь устойчиво на склонах всех экспозиций, кроме склонов южной четверти горизонта, где даже в январе-феврале возможно частичное или полное оттаивание почвы.

В отличие от предыдущего подпояса здесь более разнообразны ландшафтные условия сезонного промерзания: гораздо чаще встречаются осыпные склоны, широко распространены ельники, отмечаются скалы. Поэтому диапазон глубин сезонного промерзания более значителен, как и сами глубины промерзания: на лугах промерзание достигает 0,6–0,7 м, в хвойном лесу – 1,5 м, а в крупнообломочных отложениях – до 3,5 м.

Криогенные процессы в среднегорном подпоясе имеют такой же характер, как и на прилавках: главную роль здесь играют стебельковый лед и суточная солифлюкция, приуроченные к оголенным участкам почвы. Кроме того, в отдельные годы могут развиваться небольшие (десятки и первые сотни квадратных метров) наледи грунтовых вод.

Пояс вечной (многолетней) мерзлоты располагается выше 1800–1900 м. Средние годовые температуры воздуха составляют 5–4 °С у нижней границы пояса и -13 – -14 °С на уровне высочайших вершин Иле Алатау, средняя максимальная высота снежного покрова в пределах пояса увеличивается до 100 см на высотах 2700–2800 м и до 200 см и более в зоне питания ледников.

В зависимости от характера распространения, мощности и температур пород пояс делится на четыре подпояса: спорадического, островного, прерывистого и сплошного распространения вечной мерзлоты.

Верхняя граница подпояса спорадического распространения вечной мерзлоты расположена на высотах 2700–2800 м. Этот подпояс целиком находится в среднегорье, в зоне хвойных лесов. Ему присущи положительные среднегодовые температуры воздуха. Исключение составляют замкнутые котловины, где отрицательные среднегодовые температуры воздуха отмечаются уже на высоте 2200 м (долина р. Асы, Иле Алатау). Но такие котловины в Северном Тянь-Шане редки и, исключая Асинскую, не велики по площади. Зимний термический режим замкнутых котловин подпояса определяется застаиванием холодного воздуха, что вызывает значительные инверсии температур и аномально холодную зиму. Например, средняя температура воздуха января, средний и абсолютный минимумы январских температур воздуха в Асы (абсолютная высота 2216 м) соответственно равны -14,0, -20,0 и -41,0 °С, тогда как в условиях свободного стока холодного воздуха в типичных горных долинах Северного Тянь-Шаня на той же высоте (Верхний Горельник, высота 2272 м) почти вдвое теплее.

В рассматриваемом подпоясе период, в течение которого возможны заморозки на почве, с высотой увеличивается от 270 дней у нижней границы до 365 дней у верхней. В Асинской котловине безморозный период на почве исчезает уже на уровне 2100–2200 м.

У нижней границы подпояса на южных склонах температуры почв на глубине 3,2 м составляют 6–7 °С, а в моховых ельниках – около 0 °С. К верхней границе подпояса они снижаются до -1,0 °С на северных склонах.

Подпояс отличается наибольшим разнообразием ландшафтов, что в сочетании с рассмотренными особенностями пространственного изменения снежности в зависимости от ориентации склонов и типа растительности предопределяет дробную мозаичность условий и глубины сезонного промерзания. Среднегодовые температуры почвы на глубине 3,2 м в зависимости от типа ландшафта различаются на 6–8 °С. Этим определяется широкий диапазон глубин сезонного промерзания и факт присутствия перелетков и массивов вечной мерзлоты. Максимальная глубина сезонного промерзания варьирует здесь от 1–1,5 м на луговых участках до 5 м и более в крупнобломочных толщах.

Особенностью подпояса являются массивы вечной мерзлоты, которые формируются в специфических сугубо локальных условиях. Наиболее низко (до 1800 м) островки мерзлоты встречаются в глубоких долинах Иле Алатау – Иссыкской, Шинтургенской и Улкен Алматы и приурочены к участкам моховых ельников на грубообломочных отложениях. Мерзлые грунты вскрываются здесь с глубины 30–40 см под моховым покровом. Как показали наблюдения, на высоте 2500 м температуры почв на глубине 1,6 м под лесом на 2,4 °С ниже, чем на лугу (Северский Э., 1978), а под моховым ельником соответствующая температура в 2–2,5 раза ниже.

Подпояс островного распространения вечной мерзлоты занимает высотную ступень от 2700 до 3200 м, располагаясь целиком в высокогорном ярусе, в поясе субальпийских и альпийских лугов. В нижней части подпояса до изогипсы 2800–2850 м распространены одиночные ели, а до 3000–3100 м прослеживаются заросли можжевельника, приуроченные преимущественно к склонам восточной и западной ориентации.

Особенностью подпояса являются отрицательные среднегодовые температуры воздуха и отсутствие безморозного периода на почве. В пределах подпояса нет замкнутых котловин, поэтому инверсии температуры воздуха здесь не характерны.

Подпояс отличается меньшим ландшафтным разнообразием, поэтому диапазон температур почв здесь уже: у верхней границы подпояса он близок к 3–4 °С (на глубине 3,2 м на южных наиболее прогреваемых склонах средние температуры около 1,0 °С, а на северных -2 – -3 °С).

Массивы вечной мерзлоты в подпоясе приурочены к северным склонам, к горизонтальным участкам, а также к западным и восточным склонам, на которых развиты каменистые покровы (осыпи, россыпи, каменистые русла временных и эпизодических водных потоков и т.п.). На южных склонах вечномерзлые толщи можно встретить только под зарослями можжевельника.

Вечная мерзлота занимает в подпоясе менее 30% территории, мощность ее не превышает 50 м. Набор и морфология криогенных форм рельефа подпояса островной вечной мерзлоты мало отличаются от таковых нижележащего подпояса, но часть из них несравненно более широко распространена. Это солифлюкционные террасы и каменные глетчеры. Здесь же проявляются первые структурные грунты типа отсортированных полигонов и полос.

Подпояс прерывистого распространения вечной мерзлоты занимает высотный интервал от 3200 до 3600 м. В подпоясе зона альпийских лугов постепенно замещается нивальной, в которой набор природно-территориальных комплексов сокращается до минимума. Это рыхлообломочные толщи морен, каменных глетчеров и осыпей, лишенных почвенно-растительного покрова, голые скалы и ледники. Изредка встречаются озерные отложения с фрагментами лугов и горных тундр.

Термической особенностью подпояса является отсутствие безморозного периода в воздухе. Здесь нет котловин с переохлажденным зимним воздухом, но широко распространены перевальные и пригребневые участки, где на ветреных склонах снег почти полностью сдувается ветром и разность между температурами воздуха и почвы сокращается. У верхней границы подпояса средняя годовая температура на поверхности грунта снижается до -5 °С, а если наветренным склоном оказывается северный – до -6 °С.

На большей части южных склонов вечномерзлые толщи в подпоясе отсутствуют, исключение составляют крутые участки с грубообломочными осыпями и каменные глетчеры. Местами мерзлые породы отсутствуют на подветренных (обычно это восточные и северо-восточные) склонах, где формируются надувы снега толщиной 2–4 м.

Под руслами потоков талых вод здесь широко распространены несквозные (замкнутые) межмерзлотные талики, по тектоническим разломам обычны сквозные талики. Температура вечномерзлых толщ у верхней границы подпояса снижается до $-2 - -3$ °С.

Из криогенных форм рельефа здесь широко распространены каменные глетчеры, солифлюкционные образования, структурные грунты, термокарстовые просадки на моренах, каменных глетчерах и в озерных отложениях, наледи подмерзлотных и ледниковых вод, гидролакколиты. Встречаются и все другие криогенные формы, которые были свойственны нижележащим геокриологическим подпоясам. На верхней границе многие из них («бороздящие» валуны, наледи) исчезают или сохраняются на участках с выровненным рельефом.

Подпояс сплошного распространения вечной мерзлоты простирается выше 3600 м и лежит целиком в нивально-гляциальной зоне. Здесь отсутствует почвенно-растительный покров, только у нижней границы подпояса встречаются фрагментарные скелеты примитивных почв и отдельные куртины высших растений. До изогипсы 4000 м прослеживаются рыхлообломочные толщи морен и каменных глетчеров; выше господствуют ледники, скалы и фирновые поля, изредка – небольшие осыпи.

Вечная мерзлота развита здесь повсеместно. Талики возможны под наиболее крупными и мощными фирновыми полями и ледниками и то только у нижней границы подпояса. Сезонное оттаивание грунтов не превышает 2,0–2,5 м в нижней части подпояса и 1,0–1,5 м на уровне 4000 м. На высотах около 4500 м слой сезонного оттаивания выклинивается и заменяется слоем суточного оттаивания.

Температуры вечномерзлых пород у изогипсы 4000 м снижаются до $-5 - -6$ °С, а на высочайших вершинах региона, на высотах 4700–4900 м – до $-10 - -12$ °С.

Криогенные формы рельефа в большинстве своем исчезают на высотах 3600–3800 м, выше прослеживаются только каменные глетчеры (до 3950 м) и структурные грунты (до 4000–4100 м), еще выше криогенез проявляется в морозном выветривании, криогенной десерпции и морозобойном растрескивании скальных пород.

СЕЛЕВАЯ ОПАСНОСТЬ В БАССЕЙНАХ РЕК КИШИ И УЛКЕН АЛМАТЫ, КАРГАЛЫ И АКСАЙ

3.1. История изучения селей

Первые сведения о селевых явлениях в Казахстане содержатся в публикации И. В. Мушкетова, описывающей события, обусловленные землетрясением 1887 года [49]. Затем рядом исследователей были опубликованы описания катастрофического селевого потока, сформировавшегося в бассейне р. Киши Алматы в 1921 году. Это событие послужило импульсом для организации сети наблюдений за селевыми явлениями в целом. Более или менее упорядоченный характер последние стали приобретать с 1929 г. сначала с учреждением Казахского метеорологического бюро при наркомземе КазАССР и последующим объединением его в 1931 г. с гидрологическим бюро (ранее находившимся при Управлении водного хозяйства), а затем в результате создания Гидрометеорологического комитета и организованного при нем научно-исследовательского института.

Одновременно с этим с 1932 года начинает создаваться Академия наук Казахской ССР. В 1938 году в ее составе организуется Сектор географии, а в 1940 г. – Институт геологических наук. Деятельность гидрометеорологической службы в 30–40-е годы прошлого столетия была сосредоточена преимущественно на наблюдениях, исследованиях и предупреждении о селевых потоках в бассейне р. Киши Алматы. Селевые явления становятся предметом исследований академических подразделений. Появляется достаточно много публикаций, восстанавливающих картину селевых явлений, имевших место в прошлом. Но систематизации и обобщению получаемых при этом материалов наблюдений и обследований, а также научной информации о реконструированных данных о селях не уделялось должного внимания, хотя потребность в них уже ощущалась в связи разработкой первых проектов противоселевой защиты г. Алматы.

50–60-е годы были ознаменованы прохождением крупных селей в Иле и Жетысу Алатау (1950 г. – по р. Улкен Алматы, 1951 и 1956 гг. – по р. Киши Алматы, 1958, 1963 гг. – в бассейне р. Есик, 1959 г. – в бассейне р. Текели.), а также созданием в 1951 году в соответствии с постановлением СМ СССР Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института (КазНИГМИ) на базе Алма-Атинской геофизической и Алма-Атинской гидрологической обсер-

ваторий. Возросшая повторяемость селевых явлений, а также обострение проблемы защиты от них обусловили активизацию процессов исследований и обобщения данных. В это время проводятся обследования следов прошедших селей, краткие результаты которых публикуются в виде научных статей, а полные в виде технических отчетов архивируются. Параллельно издаются методические указания по обобщению сведений о селях: «Методические указания по составлению обзоров селевой деятельности» (ГУГМС при СМ СССР, КазНИГМИ, 1958 г.); «Методические рекомендации по составлению каталога селеопасных рек СССР» (ГУГМС при СМ СССР, КазНИГМИ, 1964 г.). Реализация их осуществляется силами института при активном участии Алматинской гидрологической обсерватории, Алматинской селестоковой станции и двух гидрографических партий.

В этот период начинают публиковаться «Материалы наблюдений селестоковой станции» и «Обзор особо опасных гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся на территории Казахстана». Одновременно ведутся работы по составлению «Каталога селеопасных рек Казахстана, Средней Азии и Восточной Сибири» [50], призванного отразить полную информацию о фактах прохождения селей. Готовятся монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР» [35], издаются монографии «Сели Заилийского Алатау» С. П. Кавецкого [51], «Селевые потоки» Е. Д. Дуйсенова [52], в которых содержатся сведения о прошедших селях.

В 70–80-х годах происходит интенсификация исследований селей, в определенной степени обусловленная селевыми явлениями 1973 г. в бассейне р. Киши Алматы и 1977 г. в бассейне р. Улкен Алматы, 1980 г. в бассейне р. Каскелен Иле Алатау, 1982 г. в бассейне р. Сарыкан Жетысу Алатау. Значительно расширяется территория исследований селей, проводимых КазНИГМИ, сеть наблюдений в системе Гидрометслужбы, создается Казглавселезащита при СМ КазССР, одним из направлений деятельности которой является мониторинг селевых явлений, усиливаются работы по селевой тематике в академической среде, в системе Министерств геологии, водного хозяйства, образования, Агентства по ЧС, Казахским филиалом Гидропроекта СССР и т.д. Вопрос систематизации данных о селях решается аналогично предыдущему периоду. Издаются методические основы ее реализации в виде раздела «Руководство по изучению селей», которыми предусматривается составление и издание ежегодников «Селевые потоки на территории СССР», «Атласа селевых явлений на территории СССР», «Каталога селевых бассейнов и очагов на территории СССР», «Материалов наблюдений селевой станции», включающих сведения о прошедших селях и сопутствующей им метеоро-

логической ситуации, а также вся информация о выдающихся селях. В связи с началом работ по созданию автоматизированных информационных систем для ведения Государственного водного кадастра СССР подготавливаются «Методические указания по ведению ГВК. Раздел 1. Поверхностные воды. Вып. 6. Подготовка первичных данных. Ч. 4. Селевые потоки» (1986 г.). Публикуется большое количество научных статей, посвященных каким-либо конкретным селям. Во многих из них содержится обобщение информации по происхождению селей либо по территориальному признаку (А. Р. Медеу, Т. Л. Киренская, В. А. Керемкулов, П. А. Плеханов и др.). Выходят в свет ряд монографий, освещающих отдельные, как правило, крупные сели или их статистику (Ю. Б. Виноградов, А. Ю. Хегай, А. Р. Медеу и В. А. Керемкулов и др.). При этом обширный материал по наблюдению за селевыми явлениями, обследованию следов прошедших селей и обобщению сведений о них оформляется в виде научных и технических отчетов, включается в состав проектов селезащитных сооружений или комплексных схем защиты территорий и оставляется в создающих их организациях для внутриведомственного использования.

В 1972 г. КазНИГМИ провел уникальный эксперимент по искусственному воспроизведению селевого потока на Шамалганском полигоне. В ходе эксперимента были получены очень ценные данные о механизме формирования и движения селевого потока. Всего на этом полигоне с 1972 по 2003 г. было проведено 8 экспериментов.

90-е годы характеризуются резким спадом исследований селей. Значительно сокращаются соответствующие научные подразделения в КазНИГМИ и проектные в ПО «Казселезащита», сеть наблюдений за селями в Казгидромете, экспедиционные обследования сводятся к единичным, уменьшается объем проектирования и возведения противоселевых защитных сооружений. В начале периода выпускается «Руководство селестокосным станциям и гидрографическим партиям. Вып. 1. Организация и проведение работ по изучению селей РД 52.30.238». В разделе «Систематизация материалов» предполагается информацию представлять в виде технических отчетов или материалов наблюдений, осуществлять подготовку к изданиям ежегодных данных о селевых потоках и каталогов селевых бассейнов и очагов согласно «Методическим указаниям по ведению Государственного водного кадастра». Но выполнять работы в соответствии приведенным РД практически становится некому. Постепенно заканчивается поток публикаций, содержащих информацию о селях. Тем не менее выходят в свет монографии А. Р. Медеу и М. Т. Нурланова [53], а также Н. К. Би-

жанова, В. Н. Виноходова, Ш. К. Кулмаханова, М. Т. Нурланова и Н. В. Попова (под редакцией А. Р. Медеу) [47], посвященные научно-обоснованным системам управления селевыми процессами.

С начала XXI века отмечается возрождение исследований селей, причем с ярко выраженным научным уклоном. Сеть наблюдений за селями хотя и продолжает функционировать, но в сокращенном виде и только в системе Казселезащиты. Экспедиционные работы проводятся одиночно, локально с четко определенным целевым назначением. Доступной для использования является информация, содержащаяся в продолжающихся изданиях Казгидромета «Обзорах стихийных гидрометеорологических явлений», а также размещаемая на сайтах МЧС РК в Интернете. Но научные исследования, центром которых становится Институт географии МОН РК, направлены как на обобщение достигнутых результатов в познании природы селей, условий и механизмов их возникновения и развития, так и на получение новых знаний в рамках современной парадигмы – управления селевыми рисками. Вследствие оживившихся научных исследований издаются монографии, содержащие в том числе свод и обзор информации о прошедших на территории республики селей (А. Р. Медеу [36], А. П. Горбунов [48], Р. К. Яфязова [13]). Главным же достижением текущего периода является издание «Национального атласа Республики Казахстан» и «Атласа природных и техногенных опасностей и рисков ЧС РК», значимость которых подтверждена присвоением Государственной премии Республики Казахстан возглавившему работу научному руководителю – профессору А. Р. Медеу и ряду ученых, внесших наибольший вклад в ее выполнение. Названные атласы содержат разделы, посвященные селевым явлениям. Для оценки селеопасности горных и предгорных территорий республики и селевого риска, представленной в картографическом виде, при подготовке атласов проанализирован обширный материал по селевым явлениям.

3.2. Ретроспективный анализ селевой активности

За последние 90 лет отмечалось около 800 случаев прохождения селевых потоков, часть из них носила катастрофический характер и сопровождалась значительными разрушениями и человеческими жертвами. Основными причинами формирования селей являлись интенсивные дожди (70 %), прорывы приледниковых (20 %) и завальных озер, искусственных водохранилищ (10 %) [40].

Самым катастрофическим дождевым селем в бассейне р. Киши Алматы был сель 8 июля 1921 г. Причиной селя были ливневые осадки, их слой мог достигать 116 мм. Объем селя превышал 3 млн м³. Селем были вызваны большие разрушения в юго-восточной части г. Алматы и многочисленные человеческие жертвы.

Землетрясение 1887 г. стало причиной очень крупных обвалов в бассейнах рек Улкен Алматы и Аксай и вызвало массовое образование грандиозных оползней в низкогорной зоне центральной части хребта. Результаты исследований последствий катастрофических землетрясений в Иле Алатау: Верненского (1887 г.), Шыликского (1889 г.), Кеминского (1911 г.), выполненных под руководством И. В. Мушкетова [49], свидетельствуют о том, что наибольшую опасность для описываемого региона представляли оползни, формировавшиеся в результате разжижения лёссов верхней предгорной ступени. Источниками их увлажнения служили выходы подземных вод, приуроченные к контакту верхней предгорной ступени с коренным хребтом или отрогами, имеющими широтную ориентацию. Там, где увлажнение грунтов было аномально большим, оползни трансформировались в сели.

Крупные и практически непрерывные разрушения на северном склоне Иле Алатау начинались с долин рек Бельбулак и Котурбулак и заканчивались на предгорной ступени, расположенной в междуречье Аксай–Каскелен. Наибольшие размеры имели оползни Прямой Щели. «Длина главной оплывины от соединения восточной и западной частей до нижнего ее конца около 7000 м, ширина от 100 до 500 м, а толщина от 30 до 60 м. Общий объем 126 млн м³» [49]. Особый интерес представляет сель, сформировавшийся в долине р. Проходная. «Поражает своей величиной громадная оплывина, тоже с валунами, вышедшая из левого притока Урта-сай (Проходная щель). Из этого ущелья с необыкновенной быстротою извергалась громадная оплывина. Оплывина эта, даже в конце, т.е. в долине р. Большой Алматинки (ныне р. Улкен Алматы), имеет до 60 м толщины; она совершенно завалила ущелье на всю ширину до 300 м и по длине версты на 3 ... Даже в августе она еще была непроходима вследствие больших неровностей и громадных трещин, в ее состав входили громадные валуны гранита... Объем не менее 54 млн м³» [62]. Результаты обследований показали, что этот сель образовался в результате разжижения грунта морены рисского оледенения, закончившегося 127 тыс. лет назад. С высокой степенью достоверности можно утверждать, что при потеплении климата на 2–3 °С ареной сейсмообусловленных оползней-потоков, имеющих катастрофические характеристики, могут стать морены последнего (вюрмского)

оледенения, каменные глетчеры, а также современные морены, содержащие в своем составе большие объемы льда и расположенные на уклонах 10–35°.

Перегораживание в 1887 г. обвальными и оползневыми массами русла р. Аксай привело к созданию водоёма, при прорыве которого образовался сель, вышедший за пределы гор и отложившийся на предгорной равнине.

Наличие достаточно мощного оледенения, деградирующего в климатических условиях XX века, способствовало образованию поверхностных и подземных водоемов моренно-ледниковых комплексов, прорыв которых с большими расходами приводил к формированию катастрофических селей. Гляциальные сели 1958 и 1963 гг. в бассейне р. Есик, 1956 и 1973 гг. в бассейне р. Киши Алматы, 1975 и 1977 гг. в бассейне р. Улкен Алматы и др. нанесли большой материальный ущерб и стали причиной смерти около 200 человек.

Потепление, последовавшее после окончания Малого ледникового периода в середине XIX века, создало условия для формирования селей дождевого генезиса. Наибольший ущерб был нанесен селем 1921 г., разрушившим восточную часть г. Верного (ныне г. Алматы). Погибло около 500 человек. Менее значительные по масштабам дождевые сели в окрестностях г. Алматы формировались в 1947, 1950, 1999 и 2006 гг. и др.

Наиболее крупный антропогенный сель (с объемом около 72 млн м³), нанесший большой материальный ущерб и приведший к гибели людей, образовался в 1988 г. в результате прорыва накопителя сточных вод г. Алматы, располагавшегося в пустыне Жаманкум [54].

21 июля 2013 г. на руч. Левый Шымбулак (приток р. Сарысай) сформировался антропогенный дождевой сель. По имеющимся данным, слой осадков не превышал 30 мм. Сель имел кратковременный характер (около 2 мин). После слияния с водами р. Сарысай селевой поток разрушил сквозное сетчатое сооружение. Обследование очагов селеформирования 21 июля 2013 г. показало, что причиной селя стало нарушение устойчивости рыхлообломочных пород, перемещенных в результате создания горнолыжной трассы на высотах 2800–3000 м. Их перемещение привело к нарушению подземных каналов дождевого стока. В результате при выпадении осадков в предыдущие сутки произошло аномальное увлажнение рыхлообломочных пород. Вследствие выпадения интенсивных осадков 21 июля 2013 г. на некоторых участках сформировался поверхностный сосредоточенный сток. Взаимодействие водных потоков с рыхлообломочными породами приводило к

формированию селевой массы. В результате эрозионного углубления поверхностных каналов стока обрушался увлажненный грунт, который также вовлекался в селеобразование. Слияние этих потоков привело к созданию единого потока, который увеличивал свои характеристики за счёт вовлечения рыхлообломочных пород, которыми было засыпано естественное русло временных дождевых потоков. После того как эти породы были вынесены, селевой процесс из-за резкого возрастания устойчивости к эрозии пород, слагавших русло временного водотока, прекратился. Этим, а также незначительной длительностью выпадения интенсивных осадков и объясняется кратковременность селевого процесса.

Поскольку письменные свидетельства о катастрофических селях, имевших место до середины XIX столетия на северном склоне Иле Алатау, отсутствуют, в качестве исторических данных о селевой активности могут служить устные и археологические материалы. О селях, образовавшихся 4–5 тыс. лет назад, свидетельствуют сакские рисунки на селевых валунах, лежащих в верховьях конуса выноса р. Каскелен [40]. Одному из авторов этой работы удалось записать рассказ жителя пос. Жандосова Д. Сопокова о том, что, по словам его деда, примерно в середине XVIII века по р. Узынкаргалы прошел катастрофический сел, который, в совокупности с селями в других речных бассейнах хребта, привел к исходу джунгар из этих мест. Достоверные сведения о селях XIII–XIV и XVII веков, полученные в результате археологических исследований, приведены в [55].

О селе 1841 г. в бассейне р. Киши Алматы упоминается во многих источниках, посвященных селевым явлениям. Со слов русских старожилов, лишь не более 10 % калмыков, проживавших на территории г. Алматы, остались в живых. Это стало причиной их исхода в Китай. И хотя 1841 г. фигурирует и в определениях дат крупных селей в бассейнах других рек Иле Алатау, нетрудно согласиться с Е. Дуйсеновым, что «... этот сам по себе примечательный исторический «факт» требует тщательной проверки» [55].

К наблюдениям, касающимся к исторической селевой активности, может быть отнесена и датировка селей, осуществляемая лихенометрическим, дендрохронологическим, седиментационным, радиоуглеродным и другими методами. С помощью радиоуглеродного анализа образца древесины, отобранного из ствола тянь-шаньской ели, обнаруженной в одной из свит селевых отложений в долине р. Есик, было установлено, что дерево погибло 1300 ± 200 лет назад. Поскольку над этой свитой залегают три более молодых свиты, был сделан вывод о

том, что за этот период прошло не менее 4 селей. Дата отложений второй сверху свиты была определена по возрасту елей, произрастающих на отложениях [48].

Таблица 3.1 – Повторяемость крупных селевых потоков и возраст их отложений в бассейнах рек Аксай, Киши и Улкен Алматы за последние 300 лет [48]

Главный бассейн и боковые притоки	Возраст ¹ , лет													
	<20	25-30	35-40	45-50	50-55	65-75	85-110	115-120	120-140	140-150	180-190	210-220	280-300	300>
	Годы													
		1960-1965	1950-1956	1940-1945	1935-1940	1915-1925	1880-1905	1870-1875	1850-1870	1840-1850	1800-1810	1770-1780	1690-1710	
Киши Алматы: Кимасар Горельник Шымбулак-Сарысай Чергово ущелье	+ ²		+	+		+	+		+		+	+		+
Улкен Алматы: Проходная Аюсай Кумбель Сай №1 Сай №2 Сай №4	+		+			+		+	+			+	+	+
Аксай: Шымулды Каспаксай Токтысай Шымбулак	+	+	+	+	+		++	+		+	+			

¹Возраст селевых отложений приведен к 1991–1992 гг.
²Каждый знак «+» соответствует одному крупному селевому потоку за указанный период.

По данным седиментационного анализа донных отложений озера Есик было установлено, что за последние 300 лет сели, по масштабам сравнимые с селями 1958 и 1963 гг., в бассейне р. Есик не формировались. Авторами работы [56] установлено, что в одном из массивов ленточного осадка озера Есик, который осаждался в течение 700 лет, имеется лишь одна ленточка, которая свидетельствует о прохождении селя. Установить, к какому временному отрезку относится этот массив, авторам этой работы не удалось.

Данные дендрохронологических исследований в бассейнах рек Аксай, Киши и Улкен Алматы, Шамалган (таблица 3.1) позволили изучить динамику селепроявлений за последние 200–300 лет [48]. Основной объем информации о времени прохождения селей получен дендрохронологическим и лишенометрическим методами в горных долинах. К сожалению, исторические данные не позволяют определять ни генезис селей, ни их характеристики (расход и объем). Незначительные по масштабам сели (с объемами тысячи–десятки тысяч кубометров) в обсуждаемом районе – явление ординарное, они многократно имели место на протяжении последних 10 тыс. лет. Такие сели, оставляя следы в виде сбитостей коры, повреждения стволов, отложений на бортах и дне долин (в которых могут сохраняться фрагменты деревьев) и т.д., отлагаются в пределах горных долин, не нанося существенного ущерба. По этой причине сведения о маломощных селях не используются при проектировании селезащитных сооружений, защищающих населенные пункты, расположенные на предгорной равнине. При прохождении катастрофических селей отложения маломощных селей могут вовлекаться в селевой процесс и выноситься на конусы выноса.

Наиболее крупным недостатком данных об исторической селевой активности является практически полное отсутствие сведений о дальности селевых выбросов и объеме селевых масс, отложившихся на конусах выноса, расположенных на предгорной равнине. Это исключает возможность использования исторических сведений при планировании (проектировании) и проведении противоселевых мероприятий.

Описанными методами датировано более 250 селей, но только около 10 из них отложились на конусах выноса, что хорошо согласуется с данными, полученными об объемах селей, отложившихся на лёссовом покрове упомянутых территорий. Это позволяет сделать предположение о том, что в последние 300–400 лет селевая активность многократно превышала среднюю селевую активность за последние 125–130 тыс. лет.

3.3. Селевые катастрофы в бассейнах рек Улкен и Киши Алматы, Каргалы и Аксай

С 3 по 31 августа 1977 г. в бассейне р. У. Алматы отмечался ряд селевых явлений различной мощности, возникающих в бассейне р. Кумбелсу [40, 57-59].

Общая картина возникновения и развития этих явлений, восстановленная в результате анализа перечисленных источников информации, выглядит следующим образом. Импульсом возникновения селевых явлений 3 августа 1977 г. явился прорыв озера №13 под пиком Советов в бассейне р. Кумбелсу. Во второй половине дня 3 августа в процессе прорыва и опорожнения озера на фронтальном уступе современной морены формировался селевой поток средней мощности, который вышел в троговую долину. Здесь происходило ослабление потока за счет растекания и отложения крупных камней его твердой составляющей. Тем не менее, продвигаясь далее, осветленный селевой поток достиг селевого вреза, расположенного на древней морене бассейна р. Кумбелсу, где начались новые процессы селеформирования. Возникающие при этом валы селевого потока в течение дня 3 августа последовательно выходили в русло р. Улкен Алматы, где постепенно дошли до устья р. Проходная.

Вечером этого дня процессы селеформирования прекратились. Но ночью на 4 августа и днем в селевом врезе р. Кумбелсу селеформирующие процессы возобновились. По р. Улкен Алматы прошел самый крупный, катастрофических размеров сель, который не только дошел до выхода из гор, но и проследовал далее (значительно уменьшившись в размерах) вплоть до водохранилища «Сайран». Имели место и несколько селевых потоков средних и небольших размеров. Затем с 5 по 31 августа в селевом очаге р. Кумбелсу в результате обрушения бортов формировались селевые потоки, почти каждый из них состоял из ряда селевых валов различной мощности, которые выходили в долину р. У. Алматы и отлагались, не доходя до устья р. Аюсай.

Предыстория селевых явлений 3 -31 августа 1977 г. такова. Озеро №13 расположено в верховьях р. Кумбелсу, на высоте 3400 м на верхнем уступе современного моренного комплекса ледника Советов. Котловина озера представляла собой западину в рельефе современной морены. Приток и отток осуществлялся преимущественно поверхностным путем по выраженному в морене тальвегу. Последний прослеживался до входного грота, расположенного 300 м от бровки перелива. Область последующего выклинивания стока находилась у подножия

фронтального уступа современной морены. Согласно съемке, выполненной селевой партией УГМС КазССР в 1969 г., озеро имело объем 138 000 м³, площадь водного зеркала – 27 300 м², среднюю глубину – 5,7 м, максимальную – 10 м. По материалам съемки Казглавселезащиты в конце июня 1974 г. площадь зеркала составляла 37,4 тыс. м², а объем – 220 тыс. м³.

В 1974–1977 гг. Алматинским бассейновым управлением Казглавселезащиты на озере № 13 проводился комплекс работ, направленных на искусственное снижение относительной отметки порога перелива. После проведения Казглавселезащитой инженерно-мелиоративных работ в 1974–1975 гг. объем воды был снижен до 96,4 тыс. м³.

В середине дня 3 августа 1977 г. произошел прорыв озера. По данным селевой гидрографической партии КазУГМС, из озера было сброшено 74,5 тыс. м³ в течение 1 ч 25 мин, при этом уровень упал на 4,2 м. Средний расход воды через перемычку составил 15 м³/с, а максимальный превысил 30 м³/с. За счет притока воды с ледника в период опорожнения русловых запасов воды и запасов влаги в грунте, участвовавшем в процессе селеформирования, дополнительный объем воды может быть оценен в 16 тыс. м³.

В материалах и публикациях Казглавселезащиты приводятся данные: при сбросе воды из озера средний расход составил 74 м³/с, а максимальный сбросной расход, рассчитанный по ВСК-03-76, – около 210 м³/с (против обычного 0,8–1,0 м³/с).

Опорожнение озера проходило по прорану в талом массиве. Объем паводка составил 57 тыс. м³ [57]. За несколько минут в результате обратной эрозии образовался глубокий проран длиной 200 м, шириной 22 м и глубиной до 25 м, в который в течение 20 мин произошел сброс воды из озера объемом 88,4 тыс. м³.

На выположенном участке троговой долины длиной 2650 м произошло частичное отложение сброшенного с морены рыхлообломочного материала, аккумуляция твердого материала отмечена только на нижнем 1000-метровом участке в виде метрового шлейфа. В ниже расположенный селевой врез поступило около 250 000 м³ селевой массы, достаточно равномерно распределенной в течение 85 мин, что соответствует среднему расходу селя 49 м³/с (рисунок 3.1).

Селевой врез, расположенный на абсолютных высотах 2567–2930 м, имеет протяженность около 1,1 км и до начала селеформирования представлял собой значительное углубление (до 100–150 м) в верхнечетвертичных гляциальных отложениях. Средний уклон вреза 19°. Борта вреза имели равномерный уклон 28–35° и были задернова-



Рисунок 3.1 – Отложения селевого потока 3.08.1977 г. в устье реки Кумбелсу

ны и покрыты субальпийским разнотравьем. В результате селеформирования врез превратился в труднодоступный каньон с почти отвесными бортами высотой до 80 м.

Селевые валы, формирующиеся 3 августа в селевом очаге, после выхода из него проходили в русло р. Улкен Алматы, где двигались со скоростью от 15 м/с до долей м/с. За четыре с лишним часа отмечено прохождение около 200 четко выраженных волн. Каждые 3–6 мин проходила волна, которая продвигалась ниже предыдущей на 70–100 м. Высота волн колебалась от 1 до 10 м и более. При выходе на «сухой» участок долины происходило резкое торможение волны и ее полная остановка, на поворотах наблюдалось захлестывание селевой массы на высоту 15–20 м. В 20 ч 07 мин селевая масса достигла устья р. Проходная, в 21 ч 29 мин – моста у ГЭС-2. В 22 ч 08 мин на шлейфе очередной волны наблюдался жидкий поток, расход которого в створе моста у ГЭС-2 колебался в значительных пределах. К 23 ч волна с расходом 25–30 м³/с прошла у моста на с/з «Вторая пятилетка». С 23 ч расход уменьшился и не превышал 6–8 м³/с.

В 3 ч 40 мин в селевом врезе Кумбелсу вновь сформировалась волна очень крупного селевого потока, которая несла большое количество камней, но плотность потока была значительно меньше. В 5 ч 25 мин селевой поток с расходом 25–30 м³/с достиг улицы аль-Фараби, а к 6 ч с расходом 20–25 м³/с подошел к водохранилищу «Сайран».

5, 6, 19–20, 26, 27, 28, 30 31 августа наблюдались кратковременные селевые выбросы из селевого очага Кумбелсу, но значительно мень-

ших размеров. Наибольший селевой вал этого периода зафиксирован 20 августа высотой до 7 м и расходом до 250 м³/с.

По руслу реки Улкен Алматы селевой поток проходил скачкообразно за счет следующих один за другим валов со скоростью 0,2–0,3 м/с, а движение селевой массы между валами практически не наблюдалось. В «голове» валов перемещалось большое количество валунов, некоторые из них достигали 5–7 м в диаметре. Расходы отдельных валов колебались от 50 до 500 м³/с. После 22 ч вторичный селевой поток направился к г. Алматы с расходом до 60 м³/с. В месте пересечения реки с проспектом аль-Фараби он транспортировал валуны диаметром 1–1,5 м, а в районе впадения в водохранилище «Сайран» – 0,8–1,0 м.

По данным инструментальной съемки и совмещенных поперечных профилей до и после селя максимальные расходы самых крупных селевых потоков в этот день составляли в селевом очаге 1000 м³/с, в устье р. Кумбелсу – 3400–3900 м³/с, на участке между ГЭС-1 и створом строящейся плотины – 7000–11 000 м³/с, в створе плотины – 380 м³/с, у пр. аль-Фараби – 76 м³/с, у водохранилища «Сайран» – 46 м³/с. Всего зафиксировано около 400 селевых валов, проходивших с интервалом 4–5 мин. Высота отдельных из них в районе устья р. Кумбелсу достигала 10–15 м, а в долине р. У. Алматы – 8–12 м. Скорость движения их в среднем была около 8 м/с, а на отдельных участках – 12–15 м/с. Слой селевых отложений (рисунок 3.2) в долине р. У. Алматы с большим количеством включений очень крупных валунов достигал 3–5 м.

15 июля 1973 г. по долине р. Киши Алматы прошел очень крупный селевой поток 1-й категории, вызванный прорывом моренного озера № 2, расположенного под ледником Орталык Туйыксу. Процессы прорыва озера и формирования селевого потока, а также их основные характеристики достаточно подробно описаны в научной литературе [60-67].

Гидрометеорологическая обстановка, предшествовавшая селевому явлению по данным источников, была следующей. Обильные снегопады зимой, позднее и резкое таяние ледников в летний период, вызванное аномально высокими температурами воздуха (в первой декаде июля среднесуточная температура воздуха превысила норму на 5–8 °С), создали в высокогорной зоне Иле Алатау селеопасную обстановку. Необычно высокий температурный фон в районе морены Туйыксу (до 20 °С – дневной максимум) вызвал активное таяние ледника и переполнение моренных озер.

С 8 июля интенсивность притока тепла к поверхности высокогорной части Иле Алатау непрерывно возрастала. К 14 июля средняя суточная



Рисунок 3.2 – Отложения селя 1977 г. в районе ГЭС-1

температура на метеорологической станции «Мынжылкы» достигла $12,7^{\circ}\text{C}$, высота нулевой изотермы поднялась утром 13 июля до 4800 м. В этой ситуации быстро повышался уровень моренного озера № 2.

Гляциологи Сектора географии АН КазССР [64] констатировали, что днем 15 июля начался сброс воды из озера №2 в озеро №3, уровень которого лежал на 7–8 м ниже. Произошло быстрое разрушение перемычки между ними с образованием прорана шириной 30 м в верхней части. Котловина озера №3 объемом лишь в несколько тысяч кубических метров не могла быть серьезным препятствием на пути масс воды, хлынувших в нее из озера №2, и в 17 ч 54 мин поток устремился вниз по откосу с морены. После прорыва в котловине осталось 36 тыс. м^3 воды. Уровень озера №2 опустился на 5,8 м. По восстановленному гидрографу прорыва определено, что максимальный расход истечения воды из озера составлял $350 \text{ м}^3/\text{с}$ [66].

На первом этапе опорожнения озер на фронтальном уступе современной морены при взаимодействии слагающего ее рыхлообломочного материала с прорывными водами формировались грязекаменные потоки небольшого масштаба, твердая составляющая которых откладывалась на дне троговой долины Мынжылкы в виде 800-метровой полосы объемом 140 тыс. м^3 , а водная достигла габийонной плотины «Мынжылкы» в 17 ч 57 мин – быстро заполняла емкость в ее верхнем бьефе. За 5–6 мин водохранилище емкостью около 35 тыс. м^3 было заполнено, затем плотина была размыва до основания (рисунок 3.3) [54].



Рисунок 3.3 – Разрушение плотины в районе примыкания водослива к правобережной части, которое сопровождалось размывом нижнего бьефа

После прорыва поток устремился в расположенный ниже МС «Мынжылкы» селевой врез, где начались процессы селеформирования. В результате взаимодействия в селевом очаге водного потока и рыхлообломочной породы сформировался мощный грязекаменный поток, пронесшийся с большой скоростью (в среднем около 10 м/с) по руслу р. Киши Алматы. Движение потока носило исключительно бурный лавинообразный характер. Над потоком клубилось облако грязевой пыли. Перекос потока на поворотах $15\text{--}20^\circ$, что при 60–70-метровой ширине русла составило разницу в уровнях на разных берегах до 20 м. В 1600 м выше завальной плотины находилось селезащитное сквозное металлическое сооружение. Грязекаменная лавина лишь как бы споткнулась о него, выбросив при этом на многие десятки метров вокруг громадные камни. Металлическая противоселевая плотина была практически мгновенно разрушена грязекаменным потоком, и первый вал селя (высотой более 15 м) уже через несколько минут (в 18 ч 15 мин) входил в селехранилище в урочище Медео (рисунки 3.4, 3.5).

По мнению Б. С. Степанова, «при ударе селевой волны разрушение сквозной плотины (расположенной в районе турбазы «Горельник») не было мгновенным, в результате подпора уровень потока поднялся примерно на 10 м. В это же время плотина была снесена и селевой вал



Рисунок 3.4 – Селевой поток 15 июля 1973 г. на входе в селехранилище.
Скорость около 10 м/с. Высота вала около 20 м. Расход 10 ± 3 тыс. м³/с



Рисунок 3.5 – Селехранилище полностью аккумулировало селевой поток
(фото 16 июля 1973 г.)



Рисунок 3.6 – Разрушительная сила даже у берегов потока, распластавшегося по долине, была велика

прошел вниз по течению. В момент удара волны селя о плотину в результате сжатия ее фронтальной части произошел выброс глыб и камней. Дальность разлета камней достигала 70-100 м. Наиболее крупная глыба массой не менее 1 т упала на жилое строение, располагавшееся на расстоянии 15–20 м от потока и на 8–10 м выше гребня плотины» (рисунок 3.6).

Дно ущелья превратилось в мощный послеселевой каньон со средней глубиной 12–15 м и средней площадью поперечного сечения 600 м².

Оценки расходов, скорости и объема селевого потока, наиболее обоснованно определенные КазНИГМИ, таковы. Объем селевого потока составил 3,8 млн м³ при средней плотности грязекаменной массы 2350–2400 кг/м³. Характер гидрографа прорыва и анализ сейсмограммы дают основание полагать, что грязекаменная масса была выброшена в селехранилище в основном за 10 мин. Если предположить, что 3,0 из 3,8 млн м³ селевой массы действительно поступили за 10 мин, то средний расход потока за это время оказывается равным 5000 м³/с, а максимальный (при простейшей треугольной форме гидрографа) – 10 000 м³/с. Самые различные способы оценки максимального расхода селевого потока позволяют думать, что его истинное значение не

слишком отличается от 10 ± 3 тыс м³/с. На своем пути селя обогащался не только рыхлообломочным материалом, но и водой различного генезиса, основную часть которой составляла поровая вода (455 тыс. м³). Объем поровой воды, вовлеченной в селеобразование, в 2 раза превышал объем воды, поступившей из озера. В результате этого объем селя увеличился в 3 раза.

Сель причинил значительный материальный ущерб, погибли десятки людей. Возникла необходимость проведения аварийных работ по предотвращению возможности перелива через гребень плотины «Медеу» и формирования вторичного селя. Более месяца в напряженном режиме, круглосуточно в работах участвовали десятки организаций, сотни единиц техники, около 5 тысяч человек.

Сель 23 июля 2015 г. по реке Каргалы. При аэровизуальном обследовании, проведенном совместно с Казселезащитой 30 июня 2015 г. в бассейне р. Каргалы, под ледником Каргалинским было зафиксировано ледниково-моренное озеро (рисунок 3.7). Параметры озера, определенные по космическому снимку Landsat, сделанному 11 июля,



Рисунок 3.7 – Ледниковое озеро в бассейне р. Каргалы
30 июня 2015 года до прорыва

оказались следующими: длина – 550 м, средняя ширина – 120 м, площадь – 65 тыс. м². Высота озерной перемычки, определенная по топографической карте М 25 000, составляет 3530 м над ур. м. Дно озерной котловины находится на высоте 3520 м над ур. м. Если принять среднюю глубину озера при его максимальном наполнении 5 м, то объем его получится 325 тыс. м³. По данным Казселезащиты, 23 июля озеро опорожнилось на 80%. Значит объем вытекшей из озера воды составил 260 тыс. м³.

В ночь с 22 на 23 июля 2015 г. это озеро прорвалось, что привело к формированию гляциального селевого потока, нанесшего ущерб Наурызбайскому району города Алматы.

Вызвавшее формирование селя опорожнение озера происходило по вновь появившимся внутриморенным каналам стока через 3 грота. Опорожнение озера шло с расходом около 5 м³/с. Два грота расположены в западной части озера, один – под каналом стока. После опорожнения озера произошло обрушение перемычки над внутриморенным каналом стока. Обрушение поверхности внутриморенных каналов в современной морене продолжается до сих пор. Следов прорыва озера поверхностным путем не выявлено.

В селевых очагах на уступах современной, а затем древней морен формировался грязекаменный поток с плотностью не выше 2000 кг/м³. При движении с небольшими деформациями по селевому руслу селевой поток подошел к плотине, удаленной на 16,5 км от озера, с расходом 25–30 м³/с.

Обследование русла реки Каргалинка выше плотины показало, что селевой поток двигался как наносоводный паводок повышенной плотности. При этом в поток включались только песчаные и глинистые частицы, галька перекачивалась по дну, а каменные обломки и валуны только вымывались из русла или передвигались на небольшое расстояние. Об этом говорит, в частности, то, что в русле реки во многих местах остались стоять деревья, на стволах которых видны следы грязи до высоты 3 м.

Максимальная ширина селевых отложений в верхнем бьефе плотны – 80 м, длина – 500 м, площадь – 15 тыс. м³, толщина отложений – 2–3 м. Ориентировочный объем твердой составляющей селя – 30–45 тыс. м³. Поверх селевых отложений в селехранилище образовалось озеро из воды, поступившей с селем и в постселевом паводке. Уровень воды поднимался до середины высоты дамбы, то есть до 14–15 м. Суммарный объем селя (грязекаменной массы и воды) достигал 150 тыс. м³ – около 13% объема селехранилища.

Водная составляющая селя и послеселевого паводка сбрасывалась через два шлюза в теле плотины в русло реки Каргалы. Ниже плотины происходил размыв русловых отложений с выработкой эрозионных врезов глубиной до 2 м, и сформировался селевой паводок с расходом $15 \text{ м}^3/\text{с}$.

Далее расход селя возрос до $30 \text{ м}^3/\text{с}$. Сужение русла неграмотно возведенными постройками привело к тому, что селевая масса широко разливалась, происходило выбрасывание камней из потока.

Через 2 км селевой поток вышел на широкую равнину с низкими берегами, где началось затопление территории и расположенных на ней строений. В центре пос. Каргалы селевая масса откладывалась, подтапливала близлежащие дома и участки, территорию школ и другие объекты (рисунок 3.8).

По данным Комитета по чрезвычайным ситуациям, в результате прохождения селя пострадало 456 домов, из них 9 получили повреждения, повреждены также 32 автомашины. В ходе спасательных операций эвакуировано 1036 человек. Медицинская помощь оказана 78 пострадавшим. Разрушено 7 мостов и пешеходных переходов. Смыто 27 опор линий электропередач. Повалено 119 деревьев. С затопленных



Рисунок 3.8 – Разрушения в поселке Каргалы

территорий вывезено 276 тыс. м³ грязекаменной массы. В аварийно-спасательных работах задействовано 1748 человек, 308 единиц техники и 3 вертолета. На ликвидацию последствий прохождения селя потребовалось более 2,2 млрд тенге.

3.4. Селевая опасность и селевой риск

Классификация селевой опасности по автоматизированному мониторингу. Потенциальная селевая опасность определяется на основе двух показателей [68]: степени селевой активности и степени освоенности территории или значимости объектов, расположенных в зоне возможной селевой угрозы в стоимостном выражении. Для оценки селевой активности во времени в пределах одного селевого бассейна используют показатели повторяемости и объема селевых выносов.

Все селевые бассейны по селевой активности (длительность цикла 100 лет) делят на четыре или пять градаций по категории селевой опасности [30, 69]: для грязекаменных селей (плотность потока 2100–2500 кг/м³) объем селевой массы составляет более 10⁶ м³ (I категория); в интервале 10⁵–10⁶ м³ (II категория); 10⁴–10⁵ м³ (III категория); < 10⁴ м³ (IV категория). Наносоводные сели (1100–1600 кг/м³) характеризуются максимальными расходами: более 250 м³/с (I категория), 100–250 м³/с (II), 10–100 м³/с (III), < 10 м³/с (IV). Пятая категория характеризует селевой паводок, который отличается слабой насыщенностью потока обломочным материалом (плотность менее 1100 кг/м³).

На основании обобщения статистических данных по северу Евразии принята следующая градация повторяемости селей [68]: частая повторяемость – 3–5 лет и чаще; 2) средняя – 6–15 лет; 3) редкая – 16 лет и реже.

По данным наблюдений за селевыми явлениями в горах Иле Алатау отмечается увеличение числа случаев дождевых селей (в среднем 1 раз в 2 года), тогда как гляциальные сели повторяются реже (1 раз в 6 лет) по сравнению с ливневым обводнением очагов (соответственно как 3 к 1 в годах) [70, 71]. За период 1970–2000 гг. в бассейне р. Улкен Алматы зафиксировано 48 селевых явлений (выше 2300 м количество селевых очагов 61) [72]. Эрозионный тип зарождения селей характерен для дождевых селей. Повторяемость последних оценивается по величине суточных сумм жидких осадков с вероятностью превышения 1% (1 раз в 100 лет).

При проектировании инженерной защиты учитывают максимальный объем селя W_1 , который принимается равным [73]:

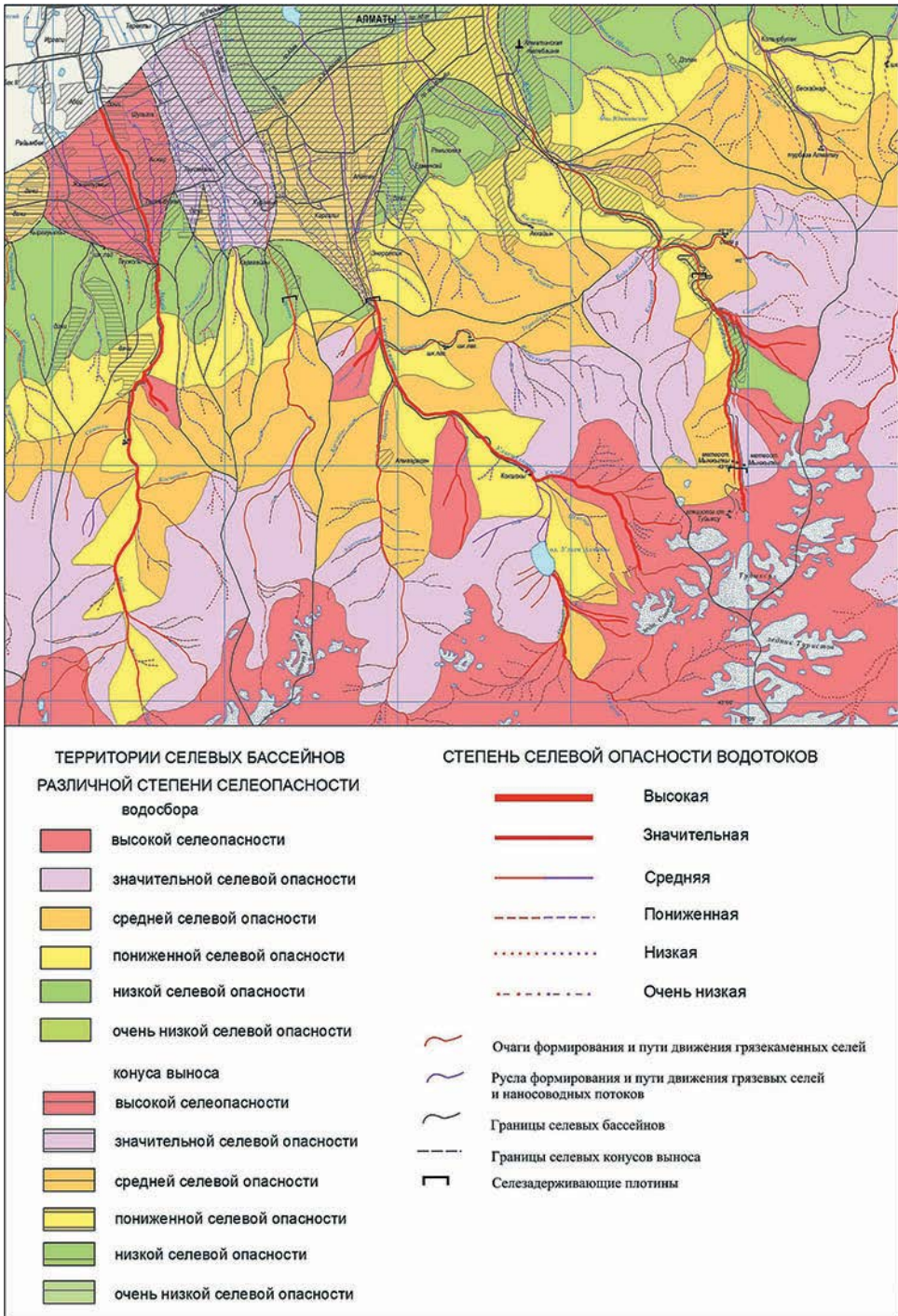


Рисунок 3.9 – Карта селевой опасности бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай

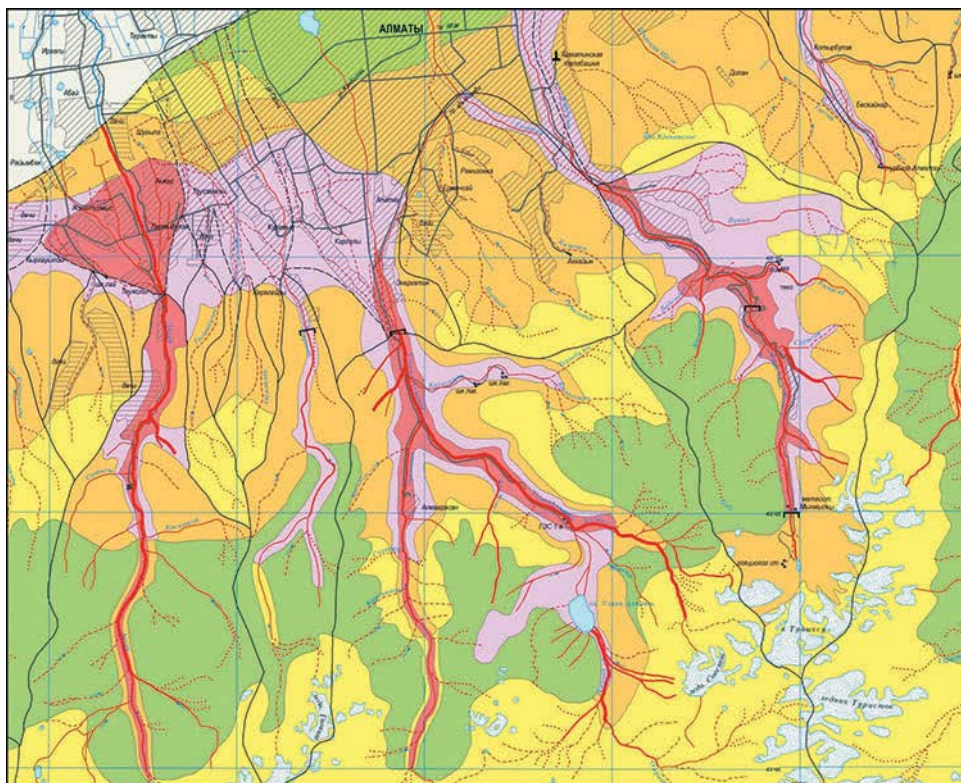


Рисунок 3.10 – Карта селевого риска бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай

для селей, вызываемых дождевыми и ледниково-прорывными паводками, – объему селя, вызванного прохождением паводка с вероятностью превышения 1%;

для селевых потоков другого генезиса – на основании результатов изучения следов прошедших селей.

Таблица 3.2 – Рассчитанные характеристики селевых потоков

Река, створ	Расход селя, м ³ /с		Объем селя, тыс.м ³	
	P=0,01%	P=1%	P=0,01%	P=1%
Улкен Алматы				
В 2 км выше БАО	573,0	102,0	2232,0	376,0
Руч. Серкебулак, устье	51,2	6,92	123,0	30,9
Руч. 1, устье	13,0	2,1	10,0	2,3
Руч. 2, устье	11,7	1,9	11,0	3,4
Кумбел, устье	2390,0	340,0	5190,0	1142,0
Аюсай, устье	542,0	79,8	1124,0	282,0
Проходная, устье	582,0	76,3	1100,0	253,0
Кокшека, устье	190,0	26,9	224,0	56,9
Малютинский, устье	63,0	9,0	122,0	30,0
Тересбутак, устье	337,0	51,9	656,0	165,0
Киши Алматы				
Створ плотины в урочище Медео (без притоков)	1250,0	109,0	3154,0	392,0
Чергово ущелье, устье	925,0	120,0	636,0	181,0
Шымбулак, устье	1590,0	206,0	1352,0	391,0
Сарысай, выше устья р. Шымбулак	538,0	72,5	822,0	172,0
Горельник, устье	749,0	109,0	1465,0	262,0
Кимасар, устье	546,0	73,2	1153,0	207,0
Казачка, устье	564,0	75,8	811,0	155,0
Бугаковка, устье	442,0	59,9	554,0	120,0
Каргалинка				
Створ на отм.3060 м	34,0	47,4	754,0	157,0
Сай 1, створ на отм.2800 м	239,0	28,2	811,0	163,0
Сай 2, створ на отм.2000 м	110,0	17,8	278,0	50,9
Каргалинка при выходе из гор	681,0	93,4	1843,0	391,0
Аксай				
Устье Лев.Аксая	797,0	323,0	4557,0	583,0
Сай 1, устье	179,0	81,4	795,0	111,0
Сай 2, устье	91,0	34,2	211,0	47,8,0
Сай 3, устье	66,0	27,0	170,0	43,3
Аксай при выходе из гор	1133,0	466,0	5733,0	783,0

Селезадерживающие плотины, разрушение которых угрожает катастрофическими последствиями, необходимо проверять на воздействие селя с вероятностью превышения его параметров 0,01%.

Специалистами Института географии составлены карты селевой опасности и селевого риска на бассейны рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай (рисунки 3.9, 3.10).

На картах селевой опасности отдельно оценивалась степень селевой опасности водосборов, конусов выноса и водотоков. Степень селевой опасности ранжировалась на пять категорий: высокая, значительная, средняя, пониженная, низкая и очень низкая. Критериями степени селеопасности являются объемы селей, их повторяемость, доля площади водосбора, участвующего в селеформировании, и наличие селезащитных сооружений.

Степень селевого риска также делилась на 5 уровней. Степень селевого риска оценивалась по сочетанию селеопасности и показателю риска негативного воздействия.

В таблице 3.2 приведены расчетные значения расходов и объемов селей 1 % и 0,01 % обеспеченности по бассейна рек и гидрологическим створам. Максимальные расходы селей могут достигать 2390 м³/с, а максимальные объемы – 5,7 млн м³. Расчеты выполнены проектно-конструкторским бюро Казселезащиты по методике КазНИГМИ.

3.5. Селевые русла, селевые очаги и селевые врезы

На карте селевых русел выделены все русла, по которым имеются сведения о прохождении селей независимо от их объемов и повторяемости (рисунок 3.11).

На карте селевых очагов показаны все участки, на которых возможно зарождение селевых потоков (рисунок 3.12). В бассейне Киши Алматы насчитывается 30 селевых очагов, Улкен Алматы – 75, Каргалы – 9, Аксая – 27.

Основными селевыми врезами являются в бассейне Киши Алматы – Туйыксуский и Шымбулакский; в бассейне Улкен Алматы – Кумбелский, Озерный, два вреза на западном склоне п. Советов, Кокшека и Милютинский; в бассейне Каргалы – Каргалинский; в бассейне Аксая – Акжарский.

В таблице 3.3 приведен перечень основных селевых очагов. Он включает в себя: в бассейне Киши Алматы – 18 очагов; в бассейне Улкен Алматы – 63 очага; в бассейне Каргалы – 9 очагов; в междуречье Каргалы-Аксая – 7 очагов; в бассейне Аксая – 27 очагов. На рисун-

ках 3.13–3.21 показаны наиболее значимые селевые очаги и селевые врезы. В таблице 3.4 приведен перечень объектов, подверженных воздействию селей.

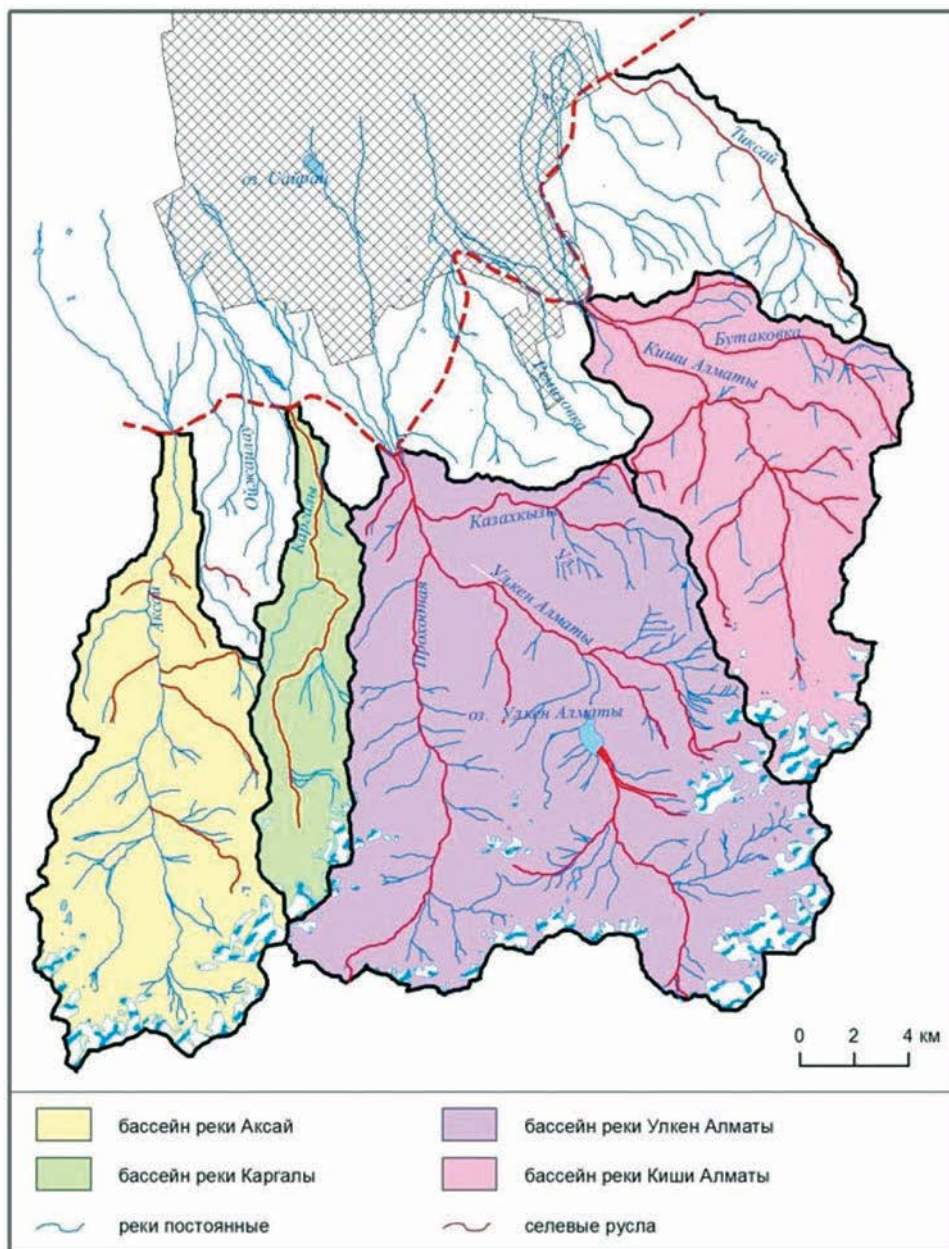


Рисунок 3.11 – Карта селевых русел

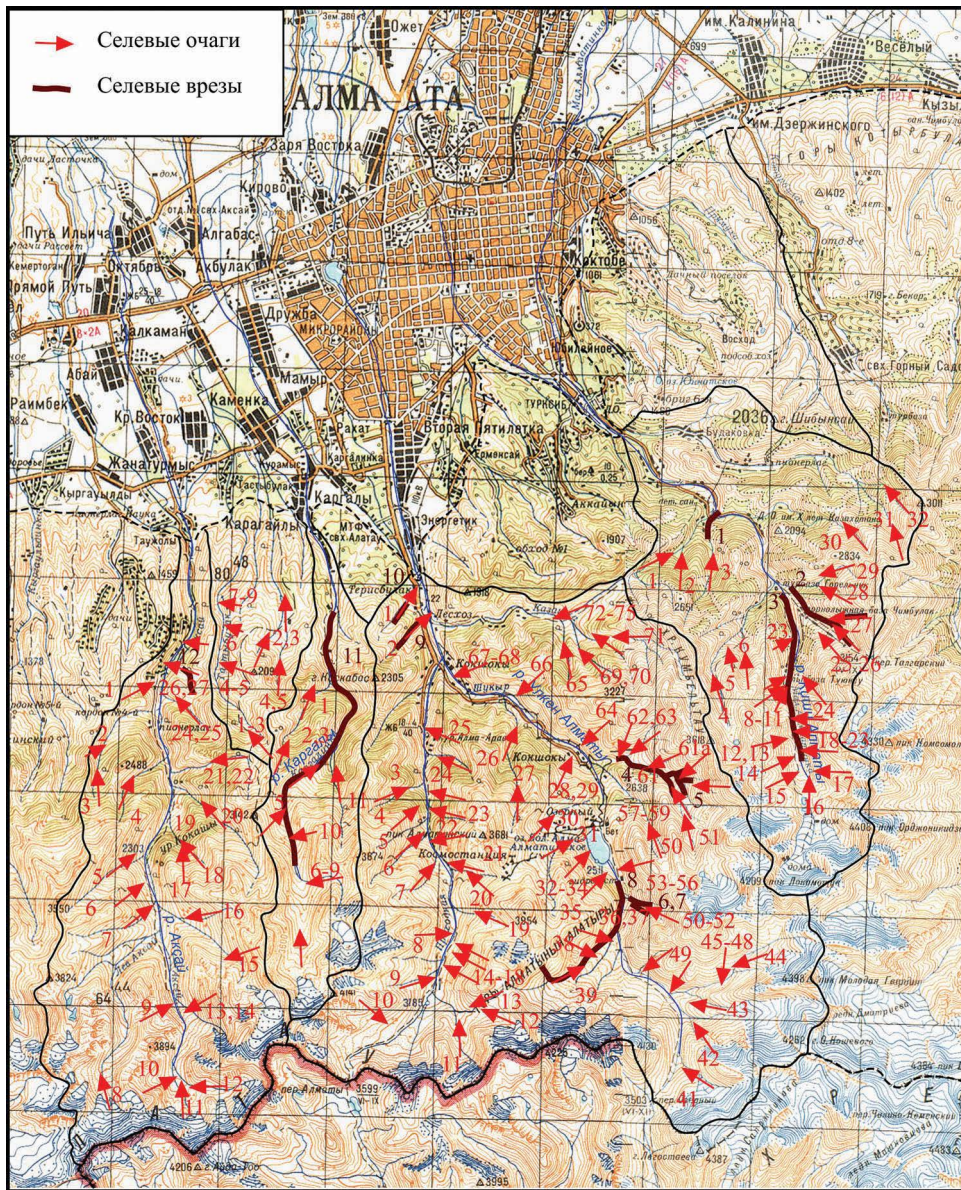


Рисунок 3.12 – Карта селевых очагов и селевых врезов



Рисунок 3.13 – Селевой очаг № 27 в бассейне р. Шымбулак
(бассейн Киши Алматы)



Рисунок 3.14 – Очаг Милютинский
(№ 1 в бассейне р. Улкен Алматы)



Рисунок 3.15 – Селевой очаг Кокшоки
(№ 2 в бассейне р. Улкен Алматы)



Рисунок 3.16 – Верхняя часть бассейна р. Аюсай
(очаги № 26 и 27 в бассейне р. Улкен Алматы)



Рисунок 3.17 – Врез №38 на р. Озерная в бассейне р. Улкен Алматы, выработанный селевым потоком 03.07.1994 г.



Рисунок 3.18 – Селевые очаги № 50 и 51 на правом склоне р. Озерная в бассейне р. Улкен Алматы



Рисунок 3.19 – Врез № 61 в бассейне р. Кумбелсу в бассейне р. Улкен Алматы



Рисунок 3.20 – Селевой врез № 62 на правом склоне бассейна р. Кумбелсу в бассейне р. Улкен Алматы



Рисунок 3.21 – Селевые очаги № 26 и 27 в ущелье Акжар в бассейне р. Аксай

Таблица 3.3 – Перечень очагов формирования грязекаменных селей в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы, Аксай

Номер очага	Место расположения	Характеристика
1	2	3
<i>Бассейн р. Киши Алматы</i>		
1, 2	Беделбай	Рытвины – формирование и прохождение грязекаменного селея ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу дороге на Медео
3	Казаккызы	Рытвины в верховье, врез – формирование и прохождение грязекаменного селея ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу дороге на Медео
4, 5, 6	Кунгенсай	Рытвины, врез – формирование и прохождение грязекаменного селея ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу автодороге на Медео
14, 15	Левый борт долины	Рытвины – формирование и прохождение грязекаменного селея ливневого генезиса в прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу дороге на Туйыксу
16	Правый борт долины, выше морены и озера М. Маметовой в районе морены л. Туйыксу	Врез – следы формирования и прохождения грязекаменного селея ливневого или гляциального генезиса в прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу дороге на оз. М. Маметовой
17	Правый борт акватории оз. М. Маметовой	Рытвина и врез – следы формирования грязекаменного селея ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу деформации каналов стока с оз. М. Маметовой и выхода в долину р.Киши Алматы ниже плотины Мынжилкы, угрозу дороге на морену Туйыксу

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
18	Правый борт долины ниже плотины Мынжилкы	Рытвина, неоднократное формирование селей ливневого генезиса в настоящее время, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу дороге на морену Туйыксу
24	Шайтан Шаткалы	Селевые рытвины и врез – формирование селя ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу оздоровительному комплексу, дороге на Туйыксу
25–27	Шымбулак	Рытвины и врез – формирование селей в прошлом и в настоящее время, возможны (с повышенной степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу спортивному комплексу «Шымбулак»
30	Кимасар	Рытвина и врез – формирование грязекаменного селя ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, представляющие угрозу ресторану, гостинице, комплексу строений в районе стадиона «Медео»
31–32	Бутак	Рытвины – возможно формирование небольших грязекаменных потоков, обусловливающих прохождение наносоводных селей по р. Бутак
<i>Бассейн р. Улкен Алматы</i>		
1	Милютинский	Очаг рассредоточенного селеформирования – частое (раз в несколько лет) формирование грязевых селей ливневого генезиса, возможны (с высокой степенью вероятности) селевые потоки, представляющие угрозу дачному массиву
2	Кокшокы	Очаг рассредоточенного селеформирования – частое (ежегодное) формирование грязекаменных селей ливневого генезиса, возможны (с высокой степенью вероятности) селевые потоки
5, 6, 7	Проходная	Рытвины – формирование грязекаменного селя ливневого генезиса в прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем
9, 10, 11, 12	Проходная	Рытвины – формирование грязекаменного селя гляциального генезиса в прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем

1	2	3
14–25	Проходная	Рытвины – формирование грязекаменного селя ливневого генезиса в прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие автодороге на Алма-Арасан, объектам хозяйственного назначения
26, 27	Аюсай	Рытвины, врез – формирование грязекаменного селя ливневого генезиса в прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие автодороге на БАО, объектам культурно-развлекательного назначения
28, 29, 30	Левый борт долины Улкен Алматы	Рытвины – возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие автодороге на БАО, Космостанцию, объектам культурно-развлекательного назначения
32–34	Левый борт долины Улкен Алматы	Рытвины – формирование грязекаменного селя ливневого генезиса в прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие БАО
35–37	Арчалы	Рытвины, врез – формирование грязекаменных селей ливневого и гляциального генезиса в прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие БАО
39–42	Верховье р. Озерная	Рытвины – формирование грязекаменного селя гляциального генезиса в недавнем прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем
43, 48	Кызылсай	Рытвины – формирование грязекаменного селя гляциального генезиса в недавнем прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем
49	Озерная	Рытвины – формирование грязекаменного селя ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем
50–53	Правый борт долины	Рытвина и врезы – частое формирование грязекаменных селей ливневого и гляциального генезиса в недавнем прошлом, возможны (с высокой степенью вероятности) сели в будущем
57–59	Шукур	Рытвины – возможны (с низкой степенью вероятности) грязекаменные сели ливневого генезиса в будущем

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
60	Кумбелсу	Врез – частое формирование грязекаменных селей гляциального генезиса и афтерселей, угрожающих автодороге на БАО и объектам культурно-оздоровительного и хозяйственного назначения в долине Улкен Алматы
61	Мынжылкы – правый приток Кумбелсу	Рытвины и врез – формирование грязекаменных селей ливневого и гляциального генезиса в недавнем прошлом, возможны (с высокой степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие (при развитии селеформирующего процесса до значительных масштабов) автодороге на БАО и объектам культурно-оздоровительного и хозяйственного назначения в долине Улкен Алматы
61а, – 63	Правый борт долины Кумбелсу	Рытвины – формирование грязекаменных селей ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (с высокой степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие (при развитии селеформирующего процесса до значительных масштабов) автодороге на БАО и объектам культурно-оздоровительного и хозяйственного назначения в долине Улкен Алматы
64, 66	Правый борт долины Улкен Алматы	Рытвины – редкое формирование грязекаменных селей ливневого генезиса, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие автодороге на БАО
67, 68	Лог Дикий	Рытвины – формирование грязекаменных селей ливневого генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие поселку Кокшоки
65, 69–75	Тересбутақ	Рытвины – формирование грязекаменных селей ливневого генезиса в прошлом, возможны (с низкой степенью вероятности) сели в будущем, обеспечивающие прохождение наносоводных паводков по р. Тересбутақ, угрожающих хозяйственным объектам
<i>Бассейн р. Каргалы</i>		
1, 2, 3	Левобережный приток в среднегорной зоне	Мелкие рытвины, возможны мелкие грязекаменные потоки, обуславливающие прохождение наносоводного потока

1	2	3
6–9	Верховье	Рытвины и врез – формирование грязекаменных селей гляциального генезиса в недавнем прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие поселку, автодороге
11, 12	Правобережные притоки	Рытвины и врез – формирование грязекаменных селей ливневого генезиса в прошлом, возможны (со средней степенью вероятности) сели в будущем, угрожающие поселку, автодороге
<i>Междуречье Каргалы – Аксай</i>		
1, 9, 1–5	Мелкие реки междуречья	Мелкие рытвины – формирование мелких грязекаменных и грязевых селей ливневого генезиса, обуславливающих наносоводные паводки, угрожающие нижерасположенным поселкам, дачам, автодороге
<i>Бассейн р. Аксай</i>		
1	Левобережные притоки	Рытвина – частое формирование небольших грязекаменных селей ливневого генезиса, повышающих расходы и мутность реки
2–7	Левобережные притоки	Рытвины – возможное (с низкой вероятностью) формирование небольших грязекаменных селей ливневого генезиса, повышающих расходы и мутность реки
8, 10–15	Верховье	Рытвины – возможное (с высокой и средней вероятностью) формирование грязекаменного потока гляциального генезиса, при развитии процесса селеформирования угрожающего дачам, поселкам, автодороге
15–20	Правобережные притоки (в том числе ур.Кокашик)	Рытвины – формирование грязекаменных селей ливневого генезиса в прошлом, возможное (со средней степенью вероятности) формирование селей в будущем, угрожающих (при развитии селеформирующего процесса) дачам, поселкам, автодороге
21–25	Правобережные притоки	Рытвины – возможное (с низкой вероятностью) формирование небольших грязекаменных селей ливневого генезиса, повышающих расходы и мутность реки
26–27	Акжар	Очаги рассредоточенного селеформирования – частое формирование грязекаменных селевых потоков ливневого генезиса, угрожающих автодороге

Таблица 3.4 – Перечень объектов, подверженных воздействию селей
(по данным ГУ «Казселезащита»)

Бассейн реки	Объекты	Количество объектов	Количество людей, проживающих, работающих или отдыхающих в зоне риска
Киши Алматы	Каток «Медео», жилые дома, гондольная дорога, а/д, мосты	10	49
	Мост через р. Сарысай		
Киши Алматы	Противоселевая плотина «Мынжилкы»		
Кимасар	Кордон, здание Казселезащиты	13	55
Беделбай	Жилые дома, мосты	34	80
Бутаковка	Жилые дома	90	440
Есентай	Особняки, посольства	112	522
Улкен Алматы	ГЭС-1, ГЭС-2, кафе: Ак-Орда, Айгуль, Лия-Н, У Аслана, Сехла, Холлам, Орлиный приют, Старая мельница, В гостях у Исабая, Гянджа, Кумбель, рестораны: Тау-Дастархан, Сарбат, 2 п/л	1919	11 161
	Кокшека, мост, коттеджи		
	Мосты через реки Кумбел и Улкен Алматы, дорога ГЭС-2 – ГЭС-1, ГЭС-1		
	Рекреационная зона от ГЭС-2 до ГЭС-1		1000
	Лог Милютинский, дачные участки		
	Гидротехнические сооружения на озере Улкен Алматы		
Проходная	Базы отдыха, гостиницы, кафе, рекреационная зона от ГЭС-2 до санатория «Алма-Арасан»		500
Каргалы	Поселок Карагайлы	150	1000
Аксай	С. Жанатурмыс, кордон, дачи, гидротехнические сооружения, рекреационная зона	152	600

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В БАССЕЙНАХ РЕК КИШИ И УЛКЕН АЛМАТЫ, КАРГАЛЫ И АКСАЙ

4.1. Наблюдения за селеопасными объектами

4.1.1. Выделение селеопасных объектов

В основу настоящей методики выбора и обоснования критериев выделения селеопасных объектов положены следующие принципы:

пространственный (расположение селеопасного объекта относительно селитебной территории и хозяйственных объектов);

масштабный (размеры селеопасного объекта, обуславливающие степень угрозы формирования селей, селевых паводков различного генезиса);

исторический (имеющиеся документированные факты селепроявлений, зафиксированные в литературных источниках, определенные с использованием методов палеогеографии, дендрохронологии и др.).

Под термином селеопасный объект понимаются природные и искусственные объекты, расположенные в селевых бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай, способные вызвать, сформировать селевые потоки или принять участие в неблагоприятном изменении режима селевых потоков различного генезиса.

Выбор селеопасных объектов. В целях максимального приближения к местным природным условиям бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай в качестве селеопасных, предлагаемых для автоматизированного мониторинга, следует определить следующие объекты:

1. Селевые бассейны указанных рек, обозначающие водосборные бассейны, в которых формируются селевые потоки, а движение селей происходит по главному руслу. Как правило, в селеформировании принимает участие не вся площадь селевого бассейна.

В случаях гляциальных селей – это относительно узкий участок бассейна реки от места зарождения импульса (пульсации, подвижки или обрушения ледниковых масс, выброса внутриледниковых вод, прорыва ледникового, моренного или завального озера), локализованный селевым руслом, очагом, врезом и зоной отложения селя (конусом выноса).

Для дождевых (ливневых) селей в формировании селеформирующего стока может принимать участие значительная часть водосборного бассейна, ограниченная диапазоном высот, в которых отмечалось наибольшая интенсивность атмосферных осадков, а далее селевые рытвины, русла, врезы и зона отложения селей.

Для сейсмогенных селей, даже при обширной площади эпицентральной зоны, основные нарушения земной поверхности (сбросы, разрывы, обвалы, оползни) будут иметь локальный характер. Основную угрозу могут представлять блокирующие оползни и последующие прорывы возникших временных подпрудных озер.

2. Ледники, располагающиеся в верхних частях селевых бассейнов рек на высотах в среднем от 3400 до 4500 м. Несмотря на относительно небольшие площади и линейные размеры, ледники исследуемого района представляют потенциальную опасность в случае резкого изменения их режима, пульсации, подвижки или обрушения части ледовых масс.

Внезапное обрушение части ледника может вызвать формирование разрушительных ледово-грязекаменных потоков. Подвижка ледника может привести к блокированию русел рек и возникновению временных (подпрудных) озер. Пульсация возможна как на этапах наступления ледников, так и в результате их деградации, распада.

3. Моренно-ледниковые комплексы, под которыми понимаются языки ледников и современные морены, содержащие ледовое ядро, покрытое чехлом рыхлообломочного материала. Как правило, моренно-ледниковые комплексы включают развитую сеть подземных каналов водного стока, емкости, прорыв которых может вызывать формирование прорывных паводков и гляциальных селей в нижележащих долинах рек.

4. Ледниковые (приледниковые), моренные озера, располагающиеся в непосредственной близости от языков ледников, на поверхности современных морен, в котловинах, образованных в результате сокращения ледника и/или процессов термокарста. Указанные объекты представляют высокую опасность, поскольку их прорывы формируют мощные паводки, способные привести к формированию селей в нижележащих долинах.

5. Завальные озера. К объектам этого типа в исследуемом районе относится только озеро Улкен Алматы, расположенное в бассейне реки Улкен Алматы на высоте около 2500 м. Несмотря на то, что в настоящее время оно представляет собой регулируемое водохранилище, оборудованное системой водозабора и подземного трубопровода,

укрепленной плотиной с наращенным гребнем и поверхностным аварийным водосбросным каналом, потенциальная опасность выброса значительным масс воды при возможном обрушении скальных пород непосредственно в акваторию сохраняется.

6. Селевые врезы, которые представляют собой мощное морфологическое образование, выработанное в толще древних моренных отложений и чаще всего приуроченное к резким перегибам склона. Наличие огромного количества рыхлообломочного материала, слагающего толщи моренных отложений, интенсивное обводнение их подземным стоком определяют потенциальную возможность активизации эрозионных процессов, обрушений и обвалов при прохождении по селевому врезу паводков, что приводит к образованию селевых потоков, устремляющихся далее по селевому руслу в нижележащую долину.

7. Селевые русла, представляющие собой русла рек (водотоков) в селевом бассейне, по которому осуществляется транзит селевых потоков. В зависимости от местных особенностей рельефа на отдельных участках селевых русел могут происходить как отложение селевой массы, так и рост объема селевых потоков за счет эрозионных процессов.

8. Активные сейсмические разломы, по которым в историческое время происходило смещение пород или возникали очаги землетрясений.

9. Сооружения селезащитного комплекса, такие, как плотины различных типов, селепропускные каналы, селехранилища, а также другие гидротехнические и инженерные сооружения (гидроузлы, мосты и пр.), которые в случае возникновения «запроектных» ситуаций вследствие превышения расчетных параметров селей способны вызвать изменения в режиме прохождения селевых потоков и паводков (увеличение объемов селей за счет разрушения плотин, подпоры, способствующие изменению направления движения и зон отложения селевой массы).

Критерии выделения селеопасных объектов для исследуемого района, имеющие качественные и количественные характеристики, приведены в таблице 4.1.

Критерии оценки прорывоопасности моренных озер. Большинство авторов выделяет три степени прорывоопасности озер: непрорывоопасные; потенциально прорывоопасные; прорывоопасные [53].

К непрорывоопасным относятся озера, имеющие или очень маленький объем, или очень устойчивую дамбу. При наличии устойчивой дамбы вероятность прорыва озера очень мала. При небольшом объеме воды (менее 10 000 м³), даже в случае опоружнения озера, ве-

роятность образования разрушительного паводка или селевого потока незначительна. Поэтому такие озера требуют только эпизодического мониторинга.

Таблица 4.1 – Критерии выделения селеопасных объектов

№ п/п	Селеопасный объект	Критерии
1	2	3
I	Селевой бассейн	<ol style="list-style-type: none"> 1. Площадь водосборного бассейна, км². 2. Длина селевого русла, км. 3. Количество документированных катастрофических селей за весь период наблюдений. 4. Повторяемость селепроявлений, количество/год. 5. Расчетное время добегания селевой волны от зоны зарождения селя (опасного ледника, места формирования прорывного паводка, селевого вреза, очага землетрясения и места возможных блокировок оползнями) до селитебной зоны, селезащитных и инженерных сооружений, ч
II	Ледники	<ol style="list-style-type: none"> 1. Площадь ледника, км². 2. Линейные размеры, км. 3. Наличие сведений о подвижках (пульсациях) ледника в прошлом. 4. Наличие данных о возможных обрушениях, подвижках ледника, подтвержденных специальными наблюдениями и расчетами. 5. Появление явных признаков начавшейся пульсации (резкое продвижение языка ледника, трещины и разрывы на поверхности ледника).
III	Моренно-ледниковые комплексы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие сведений о селепроявлениях, связанных с опорожнением внутриморенных (внутриледниковых) емкостей. 2. Формирование провалов на поверхности морен, вскрытие внутриморенных путей стока талых вод (ледовых туннелей, гротов). 3. Наличие следов деятельности прорывных паводков в прошлом
IV	Ледниковые (приледниковые) и моренные озера	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объем воды, м³. 2. Линейные размеры озера, м. 3. Сведения о режиме озера. 4. Данные о документированных прорывах. 5. Интенсивное развитие озерной котловины (приращение объема и линейных размеров)

1	2	3
V	Озеро Улкен Алматы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объем водной массы, м³. 2. Линейные размеры, м. 3. Сведения об образовании озера в результате крупного сейсмогенного оползня, перекрывшего долину реки Озерной. 4. Наблюдения за фильтрацией из озерной котловины. 5. Наличие прогнозных расчетов о возможном прорыве (вытеснении) значительного объема воды в результате возможного обрушения горных пород при сильном землетрясении
VI	Селевые врезы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линейные размеры селевого вреза, км. 2. Документированные сведения о формировании селевого вреза (активизации). 3. Свидетельства активизации эрозионных процессов (свежие обрушения склонов, изменения морфометрических параметров вреза)
VII	Селевые русла	<ol style="list-style-type: none"> 1. Документированные сведения о прохождении селей. 2. Линейные размеры селевых русел, км. 3. Расчетное время движения селей на транзитных участках, ч
VIII	Активные сейсмические разломы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линейные размеры активных разломов в выделенных селевых бассейнах, км. 2. Сведения о сильных землетрясениях, связанных с активизацией разломов. 3. Параметры очага землетрясения – размеры эпицентральной зоны, глубина очага, км
IX	Сооружения селезащитного комплекса	<ol style="list-style-type: none"> 1. Максимальные проектные параметры сооружений (емкость селеохранилища, линейные размеры плотин и других инженерных сооружений), превышение которых в случае прохождения селей с «запроектными» характеристиками способны привести к негативным последствиям. 2. Характеристика возможных изменений режима селевых потоков (усиление процессов селеформирования при разрушении сооружений, изменения направления движения селей и зон отложения селевой массы)

Потенциально прорывоопасными являются озера, имеющие объемы более 10 000 м³ и неустойчивую дамбу, сложенную мерзлыми высокольдистыми рыхлообломочными грунтами с массивами погребенного льда. Прорыв озера и образование разрушительного селевого

потока возможны в ближайшие 10 лет. Необходим периодический аэровизуальный мониторинг.

Прорывоопасными являются нестационарные озера с быстро меняющимся уровнем воды, объем которых в летнее время превышает 100 000 м³, подпруженные неустойчивой дамбой. Прорыв озера с образованием разрушительного селя возможен в текущем году. Необходим постоянный наземный мониторинг и превентивный спуск воды.

Эти критерии используются в практической деятельности Казселезащиты (таблица 4.2). Основанием для них является классификация озер В. А. Керемкулова [74] (таблица 4.3). В этой классификации, помимо гидрологического режима озера (стационарные, нестационарные), используются также генезис и морфология озерной котловины (термокарстовые, западинные, каровые, подпруженные) и стадия развития озера (возникновение, развитие, исчезновение).

Таблица 4.2 – Критерии прорывоопасности ледниковых озер, применяемые в Казселезащите

<i>Прорывоопасные озера</i>						
Объект	Характеристики					
	Тип	Объем, м ³	Режим наполнения	Котловина	Сток	Канал стока
Озеро	Периодически заполняющееся	Более 40 000	Внезапное наполнение ранее пустующей котловины в начале селеопасного сезона	Крутые борта канала стока и котловины. Участки с обнаженным погребенным льдом. Уклон дна в сторону перемычки	Отсутствует	Не прослеживается
	Стационарные	Более 40 000. Наибольшая глубина у перемычки или в центральной части	Интенсивный рост объема в последние 2-10 лет (от десятков до сотен тысяч м ³)		Частичный поверхностный сток Внутригрунтовый	Легко размываемый Легко перекрываемый обрушениями грунта, льда, снега

Пере- мычка	Состав	Размеры	Состояние	
	Мерзлая брекчия Лед	Менее 10 м по ширине	Просадки грунта. Пустоты, гроты. Поверхностный сток. Выходы фильтрационных вод в нижнем бьефе	
Морена	Состояние			
	Наличие свежих следов прохождения локальных и микроселей. Трещины, просадки, провалы, гроты, термокарстовые воронки			
Уступ морены	Параметры		Состояние	Расположение озера относительно уступа морены
	Высота 10 м и более		Неоднородный грануло- метрический состав. Выходы грунтовых вод. Оползни. Высокая обводненность	Ближе 300 м
Ледник	Тип	Размеры	Расположение озера относительно ледника	
	Долин- ный	0,5 км ² и более	Озеро примыкает к леднику или находится на расстоянии не более 500 м	
	Висячий	Около 0,25 км ²		

Потенциально прорывоопасные озера

Объект	Характеристики					
Озеро	Тип	Объем, м ³	Режим наполнения	Котловина	Сток	Канал стока
	Стацио- нарные (заваль- ные, под- пружен- ные)	Более 50 000. Наи- большая глубина у пере- мычки или в цент- ральной части	Медленный рост объема в последние 10 лет (от десят- ков тыс. м ³)	Пологие борта котловины. Участки с обнажен- ным по- гребенным льдом. Слабый уклон дна в сторону перемычки	Час- тичный поверх- ност- ный сток Внутри- грунто- вый	Размы- вае- мый Пере- кры- вается обру- шения- ми грунта
	Неста- ционар- ные					
Пере- мычка	Состав	Размеры	Состояние			
	Мерзлая брекчия. Лед	Более 10 м по ширине	Отдельные пустоты, гроты. Поверхностный сток. Выходы фильтрационных вод в нижнем бьефе.			

Продолжение таблицы 4.2

Морена	Состояние		
	Незначительные просадки, небольшие трещины. Следы прохождения микроселей. Процесс формирования канала стока. Средняя обводненность		
Уступ морены	Параметры	Состояние	Расположение озера относительно уступа морены
	Высота около 10 м	Неоднородный грансостав. Отдельные следы оползней, оползневые воронки. Средняя обводненность	На расстоянии около 500 м
Ледник	Тип	Размеры	Расположение озера относительно ледника
	Долинный	0,5 км ² и более	На расстоянии около 500 м
	Висячий	Около 0,25 км ²	

Непрорывоопасные озера

Объект	Характеристики					
Озеро	Тип	Объем, м ³	Режим наполнения	Котловина	Сток	Канал стока
	Стационарные (завальные, подпрудные)	Менее 40 000. Наибольшая глубина в центре или на противоположной стороне от перемычки	Отсутствие роста объема в последние 10 лет или деградация озерной котловины	Пологие борта котловины. Слабый уклон дна в сторону перемычки	Частичный поверхностный сток Внутригрунтовый	Не размываемый Возможность перекрытия обрушениями грунта отсутствует
Перемычка	Состав	Размеры	Состояние			
	Уплотненные грунты	Менее 10 м по ширине	Поверхностный сток отсутствует или незначительный. Выходов фильтрационных вод нет. В перемычке есть выходы коренных пород.			

Морена	Состояние		
	Отсутствие просядок и трещин. Следов прохождения микроселей нет. Процесс формирования канала стока завершен или отсутствует. Средняя или низкая обводненность		
Уступ морены	Параметры	Состояние	Расположение озера относительно уступа морены
	Высота менее 10 м	Неоднородный грансостав. Отдельные следы оползней, оползневые воронки. Средняя обводненность	На расстоянии около или более 500 м
Ледник	Тип	Размеры	Расположение озера относительно ледника
	Долин- ный Каровый Висячий	Менее 0,5 км ²	На расстоянии более 500 м

Таблица 4.3 – Критерии прорывоопасности ледниковых озер
по В. А. Керемкулову [74]

Категории прорыво- опасности	Критерии	
	Гидрологический режим	Тип озера и стадия развития
Неопасные	Стационарные и периодически заполняющиеся	Каровые. Западинные и термокарстовые в стадии возникновения или исчезновения
Потенциально опасные	Нестационарные	Западинные и термокарстовые в стадии возникновения
	Стационарные и периодически заполняющиеся	Подпруженные в стадии возникновения
Опасные	Нестационарные	Западинные и термокарстовые в стадии развития
	Периодически заполняющиеся	Западинные и термокарстовые в стадии развития и исчезновения
	Стационарные	Западинные и термокарстовые в стадии развития и исчезновения. Подпруженные в стадии возникновения

К недостаткам классификации В. А. Керемкулова можно отнести отсутствие в явном виде критериев объема озера и устойчивости дамбы, а также возможностей формирования разрушительного селевого потока и нанесения им социально-экономического ущерба. Очевидно, эти критерии применяются «по умолчанию».

А. Р. Медеу предлагает использовать для оценки прорывоопасности озер следующие критерии: генезис озерной котловины (термокарстовый, приледниково-западинный, каровый), состояние дамбы (монолитная, с мерзлыми породами, с погребенными льдами), гидро-

Таблица 4.4 – Критерии прорывоопасности приледниковых озер по А. Р. Медеу [53]

Степень селеопасности	Тип озера	Строения водоудерживающей перемычки	Условия разгрузки	Гидрологический режим	Объем воды, тыс. м ³	Микро-рельеф поверхности дамбы
Прорывоопасные	Термокарстовый, приледниково-западинный	Морена с множеством пустот	Преимущественно подземный сток	Резкие внутригодовые изменения уровня воды	n · 10– n · 100	На поверхности появляются просадки, провалы и термокарстовые воронки
Потенциально прорывоопасные	Термокарстовый, приледниково-западинный	Озерная перемычка монолитна, состоит из мерзлых обломочных пород с линзами погребенного льда	Преимущественно поверхностный сток	Незначительные внутригодовые изменения уровня воды	n · 100– n · 1000	Видны следы прохождения микроселей, формируются сбросовые каналы
Непрорывоопасные	Каровый	Монолитная с полным отсутствием погребенного льда, мерзлых слоев и пустот	Преимущественно фильтрация сквозь дамбу	Устойчивый гидрологический режим	Любой	Поверхность дамбы задернована, со сглаженными формами микро-рельефа

логический режим (устойчивый, неустойчивый), характер стока (поверхностный, подземный), объем воды (таблица 4.4) [53]. Применение этой классификации на практике затруднено тем, что большинство критериев имеет качественный характер, поэтому иногда бывает трудно отнести озеро к той или иной категории. Также в этой классификации нет критериев по условиям окружающей и нижерасположенной местности.

П. А. Плеханов к трем категориям опасности озера добавляет еще «очень опасное» [75]. В эту категорию попадают опасные озера, прорыв которых может иметь особо тяжкие последствия и вызвать чрезвычайную ситуацию регионального масштаба. Критериями для оценки прорывоопасности озер являются положение озера (на молодой морене, на старой морене, на древней морене), стадия развития озера (возникновение, развитие, исчезновение), режим заполнения (постоянный, плавные сезонные колебания, резкие внутрисезонные колебания), размер озера (таблица 4.5). Все эти критерии имеют логическое обоснование, но нет четкого алгоритма отнесения озера к той или иной категории прорывоопасности.

Таблица 4.5 – Критерии прорывоопасности ледниковых озер по П. А. Плеханову [75]

Категории прорывоопасности озера	Критерии			
	Расположение озера	Стадия развития озера	Режим заполнения озера	Площадь водной поверхности, тыс. м ²
Неопасное	Поверхность открытого ледника.	Стадия возникновения.	Озеро постоянного заполнения водой с сезонными колебаниями уровня.	< 5
Потенциально опасное	Современная морена с погребенным льдом.	Стадия развития.	Озеро летнего заполнения водой.	5-10
Опасное	Старая морена, сложенная из мерзлых пород.	Стадия деградации	Озеро случайного заполнения водой в связи с закупоркой дренажных каналов	10-50
Очень опасное	Древняя морена без многолетней мерзлоты			50-100
				> 100

Наиболее формализованной является методика немецких ученых [76], примененная ими для приледниковых озер Северного Тянь-Шаня. При этом большинство характеристик определяются дистанционными методами, путем автоматизированного дешифрирования космических снимков. В качестве критериев используются следующие характеристики: размеры озера и их изменчивость, устойчивость дамбы, близость озера к леднику и уклон конца ледника, возможность падения в озеро ледовых или горных обвалов, возможность переполнения озера в результате паводка или селя по долине выше озера, возможность трансформации прорывного паводка в селевой поток, возможность нанесения ущерба. Авторами разработана система относительной важности этих критериев в виде таблицы веса (баллов). Степень прорывоопасности озера определяется по пороговым значениям сумм баллов. Степень опасности прорыва озера делится на 4 категории: опасности нет, опасность низкая, опасность средняя, опасность высокая. Эта методика наиболее проработана. Единственным ее недостатком является слабая обоснованность весов отдельных критериев, что может привести к ошибкам в определении категории прорывоопасности озера.

Используемые критерии: увеличение размеров озера, устойчивость дамбы, наличие мерзлых пород в дамбе, уклон языка прилегающего ледника, контакт с ледником, возможность падения в озеро ледовых или каменных обвалов, площадь озера, возможность формирования паводка или селя.

4.1.2. Анализ динамики селеформирующих процессов

Анализ динамики селеформирующих процессов выполняется с целью оценки:

степени подготовленности территории к возникновению процессов селеформирования в зависимости от изменения характеристик селеформирующих факторов во времени и их состояния на текущий момент;

степени опасности возникновения селеформирующих процессов исходя из текущего состояния селеформирующих факторов и прогноза их изменения;

степени опасности развития селеформирующих процессов исходя из характеристик возникшего селевого потока.

Состав анализируемой информации определяется исходя из:

перечня факторов, обуславливающих возникновение селей согласно принятым вербальным моделям селевых явлений;

перечня критериев опасности возникновения селей согласно принятым методикам прогноза селеопасности;

перечня параметров возникшего селевого потока согласно принятым математическим моделям процессов селеформирования.

Анализ осуществляется по фактическим данным о селеформирующих факторах, поступающим из системы мониторинга (АМС), в том числе:

вновь созданных автоматизированных постов наблюдения ДЧС;
неавтоматизированных постов наблюдения Казселезащиты;
автоматических метеорологических станций Казгидромета,
гидрологических постов Казгидромета;
аэровизуальных обследований, проводимых Казселезащитой и Казгидрометом;

наземных обследований, проводимых Казселезащитой.

Селеформирующие процессы при ливневых селях развиваются в системе «атмосферные процессы – водосборные поверхности – селевые очаги (или селевые русла)».

Местом возникновения грязекаменных селевых потоков ливневого генезиса являются участки земной поверхности, характеризующиеся уклоном и условиями концентрации стока и рыхлообломочного материала. Такой участок, где возможно формирование грязекаменного или грязевого потока, называется *селевым очагом*.

Довольно часто очагами формирования селевых потоков гидрометеорологического генезиса являются приуроченные к притокам первого порядка горных рек (обладающие большими уклонами) рытвины, ложбины в полускальных массивах, курумах, на уступах морен с явно выраженным скоплением рыхлообломочного материала, а также задернованные и залесенные ложбины – *селевые рытвины*.

Участки, характеризующиеся наличием рыхлообломочного материала и значительным уклоном, могут иметь место там, где русло врезается в толщу древнеморенных отложений или каких-либо иных достаточно легко размываемых образований. Эти очаги селеформирования называются *селевыми врезам*.

Селевые потоки различны по объемам и расходам селевой смеси. Предметом исследования они стали в силу больших значений указанных характеристик, обуславливающих разрушительное воздействие селей и нанесения им значительного социально-экономического ущерба. Однако селевые потоки могут быть и невелики. И если отнесение к разряду селей потоков смеси воды и рыхлообломочного материала, характеризующихся большими значениями расходов и объемом,

очевидно, то идентификация небольших потоков может вызывать затруднение. Единого количественного критерия для решения данного вопроса нет. Он определяется для каждого селевого очага как минимальное значение характеристик потока, при которых его влияние на гидрологический режим становится значимым. Потоки с меньшими установленными для исследуемого района значениями характеристик, но явно выраженными качественными признаками селей называются *селепроявлениями, селевыми выбросами*. Совокупность различных по составу селевых потоков, а также их неразвитых форм (селепроявлений, селевых выбросов) составляет класс природных явлений – *селевые явления*.

Небольшие по значениям характеристик грязекаменные селевые потоки (с расходом 5–50 м³/с) отмечаются, когда процесс формирования непродолжителен и ограничивается пределами одного-двух локальных селевых очагов, на конусах выноса которых происходит отложение селевой массы (*III категории*).

Если в селевом очаге достигаются характеристики потока, обеспечивающие выход его в русло основной реки (расход 50–200 м³/с), где происходят разложение и остановка или небольшое развитие, не обеспечивающее, однако, выход его за пределы гор, то такие грязекаменные селевые потоки относятся ко *II категории*.

Катастрофические грязекаменные селевые потоки (*I категории*) характеризуется высокими значениями расходных (200–1000 м³/с) и объемных характеристик, обеспечивающими огромную разрушительную способность селя не только в пределах селевого бассейна, но и при выходе из гор. Катастрофические сели возникают, как правило, благодаря формированию селевых потоков одновременно в нескольких селевых очагах селевого бассейна, вносящих одновременно или последовательно вклад в развитие селевых процессов в русле основной реки.

Критическими расходами являются: для селей III категории – 5 м³/с, для селей II категории – 50 м³/с, для селей I категории – 200 м³/с.

Необходимые для возникновения селевых процессов расходы воды формируются на прилегающих водосборах при выпадении осадков. При этом вода может вступать во взаимодействие с рыхлообломочным материалом как при поверхностном, так и при быстром грунтовым стоке.

Условия возникновения наносоводных селевых потоков достаточно многообразны. Они могут представлять собой послеселевой паводок, что довольно часто отмечается в русле основной реки после прохождения грязекаменных селей II категории. Наносоводные селевые

потоки могут наблюдаться вследствие разбавления паводочными водами основной реки грязекаменных селей, входящих в нее из боковых притоков. Они могут формироваться непосредственно в русле основной реки при прохождении паводков в результате срыва самоотмостки и переноса достаточно большого количества твердого материала во взвешенном состоянии. Наносоводные сели могут формироваться и на сильно эродированных поверхностях при интенсивном поверхностном стоке.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями селевых процессов установлено, что грязекаменные селевые потоки возникают в результате выхода из равновесного состояния системы «вода – рыхлообломочный материал» и развития селеформирующих процессов: *эрозионно-сдвигового и сдвигового*.

Эрозионно-сдвиговый селевой процесс возникает при взаимодействии сосредоточенного водного потока с рыхлообломочным материалом, приводящем к лавинному вовлечению твердого материала в поток и существенному (многократному) увеличению его расходных характеристик.

Сдвиговый селевой процесс возникает при увлажнении толщ рыхлообломочных пород до состояния, обеспечивающего превышение сдвигающих сил над удерживающими и движение их при разрушении внутренней структуры.

Транспортный возникает при взаимодействии водного потока с рыхлообломочным материалом, приводящем к срыву и переформированию рыхлообломочного материала, обуславливающим возрастание исходных характеристик потока, но не столь значительное, как при эрозионно-сдвиговом и сдвиговом процессе. В результате транспортного процесса формируются наносоводные селевые потоки.

Обобщенная вербальная модель селеформирующих процессов при ливневых селях представлена на рисунке 4.1.

Факторы, обуславливающие подготовленность территории к процессам селеформирования, степень возможности возникновения ливневых селей и их характеристик и подлежащие режимному (в целях отслеживания динамики изменений) экспресс-анализу, следующие:

водосборы очагов формирования грязекаменных селей, стокообразующие поверхности наносоводных селей – наличие, степень покрытия, высота или отсутствие снежного покрова, увлажненность, расходы воды;

селевые очаги – отсутствие или наличие снежников, рыхлообломочного материала (в том числе осыпей, обвалов) и его увлажненность, расходы воды, а при возникновении селей – селевые расходы;



Рисунок 4.1 – Модель селеформирующих процессов при ливневых селях

температурный фон, определяющий сход снежного покрова, фазовое состояние осадков и влияющий на увлажненность стокообразующих поверхностей,

осадки – определяющие увлажненность, опасность возникновения селей (при достижении критических значений слоя).

В результате экспресс-анализа выявляется последовательное включение в процессы возможного селеформирования низкогорной, среднегорной и высокогорной зон.

Степень опасности возникновения селеформирующих процессов на определенной территории определяется по приближенности текущих характеристик вышеуказанных факторов к их критическим значениям:

Для селей, зарождающихся в высокогорье, на м/с «Мынжилки»:

суточный слой ожидаемых осадков не менее 40 мм;

температура воздуха в предшествующие сутки не менее 5 °С;

сумма среднесуточной температуры воздуха за 5 и 10 предшествующих суток 30 и 55 °С соответственно и более;

высота нулевой изотермы 4000 м и более;

сумма осадков за 10 и 30 предшествующих суток 30 и 95 мм соответственно и более.

Характеристики грязекаменных селей зависят от высотного распространения ожидаемых осадков. Если таковые ограничиваются только

высокогорной зоной, то селевые явления здесь могут быть небольшого и среднего масштаба – III–II категории, а в среднегорной и низкогорных зонах – наносоводные паводки или без них. Если предполагается распространение очень сильных осадков также на среднегорные и даже низкогорные зоны (сумма осадков по м/м «Мынжилки», «БАО» и «Алматы» 150 мм), то ожидается формирование крупных селевых потоков I категории.

Для селей, формирующихся в среднегорной зоне, на м/с «Большое Алматинское озеро»:

суточный слой ожидаемых осадков не менее 40 мм;

температура воздуха в предшествующие сутки не менее 10 °С;

сумма среднесуточной температуры воздуха за 5 и 10 предшествующих суток 40 и 75 °С соответственно и более;

высота нулевой изотермы 3800 м и более;

сумма осадков за 10 и 30 предшествующих суток 30 и 95 мм соответственно и более.

При такой ситуации в среднегорной зоне отмечаются селевые потоки II–III категории, в низкогорной зоне – наносоводные паводки, в отдельных случаях – селепроявления или без них.

Для селей низкогорья на м/с «Алматы», «Медео»:

суточный слой ожидаемых осадков 20 мм и более;

температура воздуха в предшествующие сутки не менее 10 °С;

сумма среднесуточной температуры воздуха за 5 и 10 предшествующих суток 55 и 85 °С соответственно и более;

высота нулевой изотермы 3200 м и более;

сумма осадков за 10 и 30 предшествующих суток 30 и 95 мм соответственно и более.

При такой ситуации в низкогорной зоне наблюдаются селевые потоки III категории, наносоводные паводки.

Селеформирующие процессы при гляциальных селях развиваются в системе «атмосферные процессы – ледник – морена (в том числе моренные озера) – селевые очаги – селевые русла»

Потенциальные селевые массивы, при взаимодействии водного потока с которыми происходит формирование гляциальных селей, представлены рыхлообломочным материалом уступов современных морен, озерных перемычек, разрушающихся при прорывах, а также селевых очагов, расположенных на древних моренах, и русловых отложений по пути движения прорывных паводков.

Водная составляющая система, нарушающая ее равновесное состояние с формированием селевого потока, создается в ледниково-

моренном комплексе. Повышенный сток может возникнуть в результате прорыва водоемов, расположенных в зоне ледниково-моренного комплекса – внутри ледниковых и внутриморенных водоемов, поверхностный или внутри моренный повышенный сток с ледника – при интенсивном его таянии, высокий сток по дренажной системе морены – вследствие таяния погребенных концов ледника, линз льда и вечной мерзлоты морены.

В зависимости от условий обводнения потенциального селевого массива и характера возникающих при этом селеформирующих процессов гляциальные селевые потоки могут быть разделены на оползневые и прорывные.

Оползневые гляциальные сели возникают в результате сдвиговых селеформирующих процессов вследствие обводнения массивов рыхлообломочного материала по каналам дренажной системы, прорывные – вследствие опорожнения водоемов, расположенных в ледниково-моренном комплексе.

Водоемы гляциальной зоны, являющиеся поставщиками водной составляющей, нарушающей равновесие системы с формированием селей, могут быть разделены на внутренние и поверхностные.

Прорывы внутрiledниковых и внутриморенных водоемов происходят при некотором критическом наполнении емкостей, при котором прочность ледяных затворов оказывается недостаточной.

Горные поверхностные водоемы могут иметь различный генезис и быть представленными озерами, возникающими в результате:

подпруживания стока ледниками, снежными лавинами или моренами;

заполнения водой западин, трещин, провалов, расположенных на пути поверхностных и внутренних каналов стока на ледниках и моренах.

Место расположения водоемов в ледниково-моренном комплексе или бассейне может быть постоянным или меняющимся.

По времени существования озера могут быть разделены на:

озера долговременного (многолетнего) существования;

озера кратковременного (одно-, двухлетнего и более короткого периода) существования.

По водному режиму горные водоемы являются:

периодически наполняющимися – ежегодно заполняющиеся в весенне-летний период и сокращающиеся в объеме (частично или полностью) в осенне-зимний период;

апериодически наполняющимися – пребывающие с незначительно наполненными или пустыми озерными котловинами в течение дли-

тельных (в несколько лет) периодов, прерываемых внезапным резким наполнением.

По изменениям во времени морфометрических характеристик и объема воды озера проходят стадии:

возникновения – начального заполнения (впервые формирующейся или существующей, но пустующей) котловины за счет перекрытия какала стока или деформации тела морены, ледника;

развития – интенсивного увеличения площади водной поверхности или глубины;

консервативного состояния – незначительных отклонений от среднелетних значений объема воды;

исчезновения.

Сток из водоемов как при медленной деградации или достаточно быстром опорожнении, так и при прорывах может происходить поверхностным путем и внутренним – через грот по туннелям.

Исходя из возможности интенсивного опорожнения водоемы подразделяются на потенциально прорывоопасные и непрорывоопасные.

Потенциально прорывоопасные водоемы в различных стадиях своего существования характеризуются различной (малой, средней и высокой) вероятностью прорыва.

Другой разновидностью подпруженных озер являются снеголавинные. Плотины, создаваемые снежными лавинами, недолговечны, но образующиеся при их прорывах паводки могут вызвать эрозионно-сдвиговые и транспортные селеформирующие процессы. Снежные плотины прорываются в результате формирования канала стока в природной части перемычки. Расширение канала стока в снежной перемычке происходит в результате механического воздействия потока на насыщенные водой своды снежного туннеля. Возникновение озер, подпруженных снежными лавинами, и их прорывы имеют место в первой половине селеопасного сезона при нарастании температурного фона.

Подпруженные мореной озера приурочены к местам перекрытия мореной, расположенной в основной долине некоторого частного притока. Нередко подпруживание озера обеспечивается моренами нескольких ледников. Сток из озер этого типа осуществляется как поверхностным так и подземными путями. Подпруженные моренами озера, как правило, стабильные по внутригодовому ходу летнего заполнения и осенне-зимней сработке. В период консервативной стадии они мало изменяются в размерах, имеют поверхностный сток и малую вероятность катастрофического опорожнения. В случае увеличения

размеров озера такого типа вероятность прорыва с опасно-высокими значениями расхода возрастает.

Озера могут возникать в замкнутых понижениях между открытой частью ледника и фронтальным уступом морены, а также в провалах и в массивах погребенного льда. Приток воды в озеро и сток из него осуществляются внутриморенным путем. Прорывы их чаще всего происходят через внутреннюю дренажную систему. Вероятность прорыва увеличивается с ростом размеров озера. Вероятность селеформирующего прорыва повышается у тех озер, у которых выходное отверстие грота расположено не более чем на 500 м от озера.

Возможны два способа опорожнения озер: путем поверхностного перелива воды через перемычку и истечения через внутреннюю дренажную систему плотины водоема. Опорожнение принимает катастрофический характер, если поток воды оказывает на породы, слагающие перемычку, механическое и тепловое воздействие, способен увеличить живое сечение канала стока.

Сложенные талыми рыхлообломочными породами перемычки завальных и моренных озер прорываются в результате увеличения поверхностного стока до некоторого критического, при котором происходит срыв самоотмоксти. Прорывы по внутренним каналам стока происходят в результате разрушения преграды, препятствующей истечению воды из озерной чаши в дренажную систему. Преграда разрушается вследствие протаивания снежных и ледовых пробок, образующихся в зимний период, преобразования трещин и просадок, гидродинамического воздействия воды.

Периодически заполняющиеся моренные озера опорожняются катастрофически через внутреннюю дренажную систему.

При поступлении прорывных вод или оползневых масс твердого материала в пределы трога может происходить их распластывание. В этом случае процесс селеформирования завершается. Это случай формирования небольших селевых потоков.

Если прорывные воды или массы оползшего грунта продолжают движение и поступают в ниже расположенные селевые очаги, то в них может формироваться эрозионно-сдвиговый процесс. В зависимости от расхода и объема поступления водных или грязекаменных масс в очаге селеформирующий процесс может либо быстро затихать либо интенсивно развиваться. В первом случае формируются средние по масштабу селевые явления, во втором – катастрофические сели. В селевых руслах проходят наносоводные селевые потоки, образующиеся либо в следствии трансформации поступивших туда грязекаменных

потоков в результате их разложения на водную и твердую составляющие, либо при возникновении собственного транспортного процесса при поступлении повышенного ледникового стока или стока повышенного снеготаяния в ледниково-моренном комплексе.

Графическое отображение изложенной вербальной модели селеформирующих процессов при гляциальных селях приводится на рисунке 4.2.

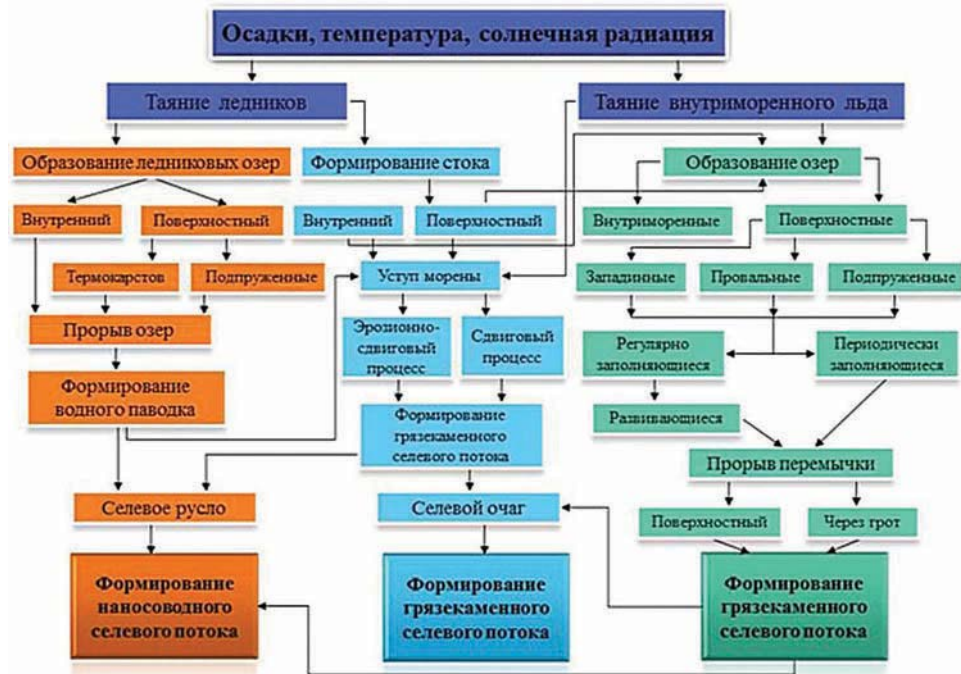


Рисунок 4.2 – Вербальная модель селеформирующих процессов при гляциальных селях

Факторы, обуславливающие подготовленность территории к процессам селеформирования, степень возможности возникновения гляциальных селей и их характеристик и подлежащие режимному (в целях отслеживания динамики изменений) экспресс-анализу, следующие:

ледники – наличие, степень или отсутствие снежного покрова, наличие и характеристики ледникового стока, признаки накопления воды во внутриледниковых емкостях;

морены – наличие, степень или отсутствие снежного покрова, степень промерзания и оттаивания, увлажненность, наполнение поверхностных и внутриморенных каналов стока, признаки наполнения

внутриморенных водоемов, наличие выходов стока на уступах морен, оползневые процессы на уступах морен;

моренные озера – наличие и степень ледового покрова или его отсутствие, степень наполнения озер;

перемычки моренных озер – наличие трещин, оползаний, выходов воды;

селевые очаги – отсутствие или наличие снежников, рыхлообломочного материала (в том числе осыпей, обвалов) и его увлажненность, расходы воды, а при возникновении селей – селевые расходы;

температурный фон, определяющий сход снежного покрова, фазовое состояние осадков и влияющий на увлажненность морен, таяние ледников, термокарстовые процессы в морене, наполнение моренных озер;

осадки – определяющие увлажненность морен.

Признаками наполнения внутриледниковых и внутриморенных водоемов является нарушение синхронности в изменении расходов на соседних ледниковых реках или отклонение расходов от зависимости их от температуры воздуха.

Таблица 4.6 – Критические величины сумм среднесуточных температур воздуха на различные даты селеопасного периода

Критические значения сумм температуры воздуха, °С							
Июнь		Июль			Август		
Даты							
20	30	10	20	31	10	20	31
160	212	290	368	455	535	616	700

Таблица 4.7 – Критические величины средней высоты нулевой изотермы и суммы осадков за различные интервалы времени, предшествующие селевым потокам

Критические значения высоты нулевой изотермы и суммы осадков		
Критерий	Число суток	
	10	30
Высота нулевой изотермы, м	4200	4000
Сумма осадков, мм	30	95

Критическими для возникновения селеформирующих процессов при гляциальных селях являются значения метеорологических характеристик, приведенные в таблицах 4.6, 4.7.

4.1.3. Наблюдения за геологическими факторами

Геологические факторы селеформирования обуславливают состояние потенциальных селеобразующих массивов: гранулометрический и минералогический состав грунтов, которые могут вовлекаться в селевой процесс; их мощность и прочность. В конечном итоге от них зависят консистенция и объем селевой массы. Целью исследований геологических факторов селеобразования является инженерно-геологическая карта современных рыхлообломочных отложений, на которой показывается состав грунтов, их генезис и мощность.

Значительная неоднородность геологического строения Иле Алатау и сейсмотектонический режим определяют большую селевую активность этого района, а также особенности возникновения, развития и последствий различных генетических типов селевых потоков. Наличие достаточного количества рыхлообломочного материала в селевом очаге является важным и необходимым условием зарождения селя. Сейсмотектонические условия определяют зарождение селевого потока посредством формирования ослабленных зон вблизи новейших тектонических структур, развития вследствие этого густой эрозионной сети, опасных процессов (оползней, обвалов, лавин и т.д.) и селевых очагов.

Горные породы обуславливают характер рельефа, развитие экзогенных рельефообразующих процессов, гидрогеологические особенности территории и обладают различным составом, строением и физико-механическими свойствами. Важнейшими критериями выделения этого подтипа источников селевого риска являются генезис, возраст, состав, инженерно-геологические свойства и состояние пород. К геолого-генетическим комплексам, принимающим наиболее активное участие в селеформировании, относятся гляциальные, флювиогляциальные, элювиально-делювиальные, аллювиально-пролювиальные, гравитационные отложения.

К комплексу *гляциальных отложений* принадлежат моренные образования, которые весьма широко развиты в нивальной зоне с современным оледенением и зоне высокогорья. Распространение, мощность и гранулометрический состав отложений ледникового генезиса связаны с периодами и размерами оледенений. Как правило, морены в рельефе выражены несколькими фронтальными уступами, соответствующими положениям ледников в периоды их наступания и отступания. Высота фронтальных уступов достигает 100-150 м. Мощность современных морен изменяется от 30 до 100 м. Гранулометрический состав

моренных отложений неоднороден. В общей массе преобладают крупнообломочные фракции (60–75%), валунно-глыбовый материал имеет размер 1–2 м и более. В дресвяно-гравийно-суглинистом заполнителе содержание пылевато-глинистых фракций колеблется от 1,5 до 15%.

Древние и относительно современные морены под влиянием факторов переувлажнения, сейсмического воздействия или регрессивной эрозии могут быть подвержены гравитационной подвижности. Наибольшую опасность представляют лобовые участки фронтальных малоуплотненных морен. Преобладающие объемы селевых выносов обычно образуются за счет моренных отложений.

Породы комплекса *флювиогляциальных отложений* обнажаются в уступах глубоких речных долин в высокогорных и средневысотных ландшафтных поясах. Мощность их колеблется от 30 до 50 м. По гранулометрическому составу – валунно-галечниковые накопления с песчано-гравийным заполнителем. Породы отличаются рыхлым сложением и относительно слабой устойчивостью на склонах. Поэтому при оценке селеопасности того или иного бассейна они рассматриваются как один из потенциально возможных источников пополнения твердой составляющей потока.

Комплекс *элювиально-делювиальных отложений* представляют собой уплощенные слабоволнистые денудационные равнины. Его породами сложены значительные площади на поверхности водоразделов и горных склонов. Мощность отложений в зависимости от высоты местности и экспозиции участка колеблется от 3 до 30 м. Элювиально-делювиальные породы характеризуются значительной неоднородностью гранулометрического состава, зависящего от их приуроченности к определенному высотному поясу. В литологическом отношении это преимущественно суглинки с 40% содержанием грубообломочного неокатанного выветрелого материала. В мелкоземистой части содержится большое количество пылеватых частиц (56%), меньше глинистых (19%) и песчаных (15%). Естественная влажность пород связана с высоким положением и экспозицией склонов, также низкая степень плотности самих пород нередко способствует активизации оползневой деятельности и проявлению различных форм поверхностного смыва. Поступающие в русло оползневые массы частично перекрывают живое сечение потоков, а при соответствующей гидрометеорологической обстановке обогащают твердой составляющей уже сформировавшийся селевой поток.

Аллювиально-пролювиальные отложения слагают русловые и пойменные части, террасы речных долин и конусы выноса отличаются

средней окатанностью и довольно рыхлым сложением. Низкое содержание пылевато-глинистой фракции в русловых отложениях объясняется их вымыванием водотоками и определяет практическое отсутствие пластичных свойств и связности. Все эти характеристики обуславливают высокую гравитационную и эрозионную неустойчивость аллювиально-пролювиальных отложений и их вовлечение в селевой процесс.

Многочисленные осыпи и обвалы в высокогорье и среднегорье, оползни и оплывины в низкогорье образуют здесь значительные массы *гравитационных отложений* в виде шлейфов осыпей вдоль подножий склонов, оползневых и обвальных масс. Гравитационные грунты подразделяются на отложения склонов и их подножий, отложения оползневых масс и отложения обвалов и обрушений. Материал осыпей представлен угловатыми неокатанными обломками с гравитационной дифференциацией их по склону. В высокогорье осыпи содержат больше крупных обломков, в среднегорье и низкогорье, как правило, увеличивается процентное содержание средних и мелких обломков. Это связано как с особенностями свойств пород и морфологией склонов, так и со спецификой экзогенных условий формирования осыпей. В высокогорье осыпи отличаются высокой мобильностью осыпных тел, движение которых к подошве склона замедляется. Коллювиальные отложения гляциальной зоны перемещаются лавинами и процессами попеременного замерзания и оттаивания и активно участвуют в селеформировании. Коэффициент фильтрации этих отложений от 0,1 до 0,7 м в сутки. При увеличении в их составе крупных обломков наблюдается преобладание процесса инфлюации.

Оползневые процессы на горных склонах, как правило, имеют место при наличии в грунте достаточного количества тонких и мелкоземистых частиц, придающих оползневому массиву хорошую водонасыщаемость и пластические свойства. В бассейнах рек северного склона Иле Алатау оползневые отложения представлены чаще всего лёссовидными суглинками или щебенисто-дресвяным грунтом с суглинистым заполнением. Лёссовые макропористые суглинки являются довольно устойчивыми в сухом состоянии, но при переувлажнении теряют структурные связи между макрочастицами и приобретают подвижность. Отложения обвалов и обрушений крупноглыбовые с щебенисто-дресвяным заполнением, образуют беспорядочные нагромождения каменного материала. Наиболее крупные оползни и обвалы связаны с крупными сейсмопроявлениями. Они нередко образуют естественные запруды в долинах рек, создавая селеопасную ситуацию.

Инженерно-геологические свойства рыхлообломочных (нескальных) грунтов. Нескальные грунты (песчаные, глинистые) имеют по сравнению со скальными и полускальными существенно более низкое сопротивление сдвигу и большую деформируемость, что приводит к возможности включения их в селевой поток.

Одной из основных характеристик грунта, которая во многом определяет их свойства, является гранулометрический (зерновой) состав. Название отдельных фракций грунтов зависит также и от состояния поверхности частиц. Мелкозернистыми называют частицы диаметром $d < 2$ мм, крупнообломочными (крупнозернистыми) – частицы с $d > 2$ мм. Если крупнообломочные частицы имеют окатанную поверхность, их называют гравийно-галечниковыми и валунными, а если они имеют неокатанную (угловатую) поверхность – соответственно дресвяными, щебенистыми или рваным камнем.

Часто грунты бывают разнозернистыми, представляющими смесь мелко- и крупнозернистых фракций. К разнозернистым грунтам относятся моренные грунты и селевые отложения, имеющие глинистые фракции. При отсутствии глинистых фракций образуются сыпучие крупнообломочные грунты: песчано-гравийные, гравийно-галечниковые, песчано-гравийно-галечниковые. Разнозернистость грунта устанавливается коэффициентом разнозернистости (неоднородности):

$$k = d_{60} / d_{10},$$

где d_{60}/d_{10} – размеры тех частиц, меньше которых содержится в грунте соответственно 60 и 10 % по массе. Этот коэффициент обычно используется для оценки сыпучих грунтов. Принято считать, что если $k < 3$, то грунт однородный, если $k > 3$, то неоднородный.

Мелкозернистые грунты, которые в гранулометрическом составе имеют глинистые частицы ($d < 0,005$ мм), называют глинистыми; к ним относят глины, суглинки и супеси. Классификация по гранулометрическому составу позволяет быстро оценить тип грунта при отсутствии данных о числе пластичности.

Глинистые грунты, находящиеся в начальной стадии формирования, часто называют илами. В соответствии с числом пластичности илы, так же, как и глинистые грунты, делятся на супесчаные, суглинистые и глинистые. Особенностью илов является малая плотность сложения, влажность илов превышает влажность на пределе текучести. Илы обладают структурной прочностью, и если эти связи разрушить, они переходят в текучее состояние.

Другой разновидностью глинистых грунтов являются лёссовые грунты чаще всего золотого происхождения с преобладающим количеством пылеватых фракций. Лёссовые грунты обычно имеют коэффициент водонасыщения значительно ниже 1, а пористость – выше 50%. Лёссовые грунты обладают фильтрационной анизотропией (в вертикальном направлении коэффициент фильтрации существенно выше, чем в горизонтальном) и характеризуются просадкой при замочке, особенно при нагрузках больших, чем от собственного веса.

Минералогический состав грунта в совокупности с гранулометрическим определяет свойства грунтов. Основные соединения, образующие минералы, это кремнезем SiO_2 , глинозем Al_2O_3 , окись железа Fe_2O_3 , а также окислы MgO , CaO , Na_2O , K_2O . По минералогическому составу в грунтах различают фракции, представленные первичными или вторичными минералами. Первичными минералами являются обломки скальных пород, обычно это крупнозернистые фракции. Фракции песка ($0,05 < d < 2$ мм) и пыли ($0,005 < d < 0,05$ мм) также представлены первичными минералами (кварцем, но могут встречаться и другие). Вторичные минералы обычно образуют глинистые фракции.

Вторичные минералы, образующие глинистые частицы, делятся на несколько групп: каолинитовые, галлуазитовые, монтмориллонитовые и др. Особенности групп вторичных минералов проявляются, прежде всего, в их взаимодействии с водой. Так, монтмориллонит склонен к набуханию, галлуазит характеризуется отсутствием впитывающей способности, даже если перед этим вода из него была удалена нагреванием; каолинит не склонен к набуханию.

Плотность частиц грунта – одно из основных свойств грунтов – отношение массы твердых частиц (сухого грунта) к объему твердой части этого грунта. Плотность частиц грунта зависит только от минералогического состава и обычно изменяется в довольно узком интервале от 2,65 до 2,77 г/см³.

Плотность сложения сухого грунта – отношение массы твердых частиц грунта к объему, занимаемому этим грунтом. Наряду с плотностью сложения сухого грунта используется удельный вес сухого грунта. Широко применяется плотность грунта, равная отношению массы грунта, включая массу воды в порах, к занимаемому этим грунтом объему.

Пористость – важнейшее исходное свойство грунта – объем пор в единице объема грунта в относительных единицах.

4.1.4. Наблюдения за гидрометеорологическими факторами

Наблюдения за гидрометеорологическими факторами проводятся на традиционных метеостанциях 8 раз в сутки, а также на полуавтоматических станциях и полностью автоматических станциях с необходимым набором датчиков. При наличии автоматических средств измерений гидрометеорологические данные поступают в режиме онлайн и/или через заданные интервалы времени (10 мин, 0,5 ч, 1 ч и т.д. в зависимости от задач).

Автоматическая метеостанция (АМС) предназначена для определения параметров окружающей среды в удаленных точках. В зависимости от состава датчиков АМС может иметь как общеметеорологическое применение, так и узкоспециальное.

АМС комплектуется датчиками:

- температуры воздуха;
- относительной влажности воздуха;
- атмосферного давления;
- направления и скорости ветра;
- вида и количества осадков.

Для селевого мониторинга АМС дополнительно комплектуется:

датчиком измерения высоты снежного покрова и запасом воды в снеге;

датчиками температуры и влажности почвы.

При создании сети мониторинга селевой опасности следует учитывать физико-климатические условия региона, вертикальную зональность, локальный характер ливневых осадков в горах. Количество и расположение постов наблюдений определяются таким образом, чтобы наблюдениями была охвачена зона высот 800–3700 м над ур. м. и в область мониторинга были включены бассейны основных селеопасных рек.

Наблюдения за атмосферными осадками состоят из определения:

1) количества выпавших осадков – высоты слоя воды (в миллиметрах), образовавшегося на горизонтальной поверхности от выпавшего дождя, растаявшего снега, крупы, града за определенный период времени при отсутствии стока, просачивания и испарения;

2) интенсивности дождя – количества осадков, выпавших за единицу времени (10 мин), вычисляется в мм/мин с точностью до 0,01 мм/мин;

3) вида атмосферных осадков, времени выпадения (начало и конец).

На традиционных метеостанциях количество осадков измеряется 2 раза в сутки, в 8 и 20 ч местного времени.

На автоматических станциях выпадение осадков можно наблюдать через заданные интервалы времени. Для мониторинга сильных дождей, которые могут привести к формированию наносоводных паводков и селей, интервал времени составляет 10 мин.

Наблюдения за снежным покровом на традиционных метеостанциях ведутся ежедневно – по постоянной рейке на метеоплощадке, с определенной периодичностью – на снегомаршрутах.

При ежедневных наблюдениях за снежным покровом определяют высоту снежного покрова на метеоплощадке и степень покрытия снегом окрестности станции в баллах.

При снегосъемках на маршрутах устанавливают высоту снежного покрова, плотность снега, структуру снежного покрова, состояние почвы под снегом (мерзлая, талая), степень покрытия снегом маршрута. Запас воды в снеге вычисляется по измеренной высоте снежного покрова и плотности снега.

Автоматические станции определяют высоту снежного покрова на метеоплощадке и плотность снега. Запас воды в снеге находится по измеренной высоте снежного покрова и плотности снега. Наблюдения за снежным покровом ведутся как в режиме онлайн, так с определенной периодичностью. В обычных условиях информация о высоте снежного покрова и запасе воды в снеге поступает один раз в сутки. Для контроля за лавинной опасностью в время снегопадов или оттепелей необходимы учащенные наблюдения.

Наблюдения за температурой и влажностью воздуха. Температура воздуха на традиционных метеостанциях определяется при помощи метеорологического психрометрического термометра (диапазоны измерения от -30 до $+40^{\circ}\text{C}$, от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$), метеорологического минимального термометра (диапазоны измерения от -70 до $+20^{\circ}\text{C}$, от -60 до $+30^{\circ}\text{C}$, от -50 до $+40^{\circ}\text{C}$), метеорологического максимального термометра (диапазоны измерения от -35 до $+50^{\circ}\text{C}$, от -20 до $+70^{\circ}\text{C}$).

На автоматических станциях наблюдения ведутся с помощью датчиков температуры воздуха с заданной периодичностью получения данных, например 1 раз в час.

Влажность воздуха характеризуется парциальным давлением водяного пара, дефицита насыщения (измеряются в гектопаскалях – гПа), относительной влажностью воздуха (в %) и точкой росы (в градусах Цельсия).

На автоматических станциях устанавливаются датчики, определяющие относительную влажность воздуха от 0 до 100%. Периодичность

получения данных об относительной влажности воздуха устанавливается в соответствии с получением данных о температуре воздуха.

Наблюдения за состоянием подстилающей поверхности. Подстилающая поверхность – это поверхность земли, т.е. почвы, растительности, снега, льда и т.д., которая, непосредственно взаимодействуя с атмосферой, поглощает солнечную и атмосферную радиацию и излучает ее в атмосферу, участвуя в процессах тепло- и влагообмена и регулируя термический режим почвы. Кроме того, термический режим почвы зависит от теплофизических характеристик почвы, ее механического состава и других факторов. Степень прогрева почвы характеризуется температурой. На традиционных метеостанциях наблюдения за состоянием подстилающей поверхности проводятся визуально один раз в сутки в срок, ближайший к 8 ч. Для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова используется термометр ртутный метеорологический ТМ-3 с пределами шкал от -10 до $+85^{\circ}\text{C}$, от -25 до $+70^{\circ}\text{C}$ (ТМЗ-2), от -35 до $+60^{\circ}\text{C}$ (ТМЗ-1). Влажность почвы определяют в летний период.

На автоматических станциях температура и влажность почвы измеряются с помощью специальных датчиков.

Наблюдения за направлением и скоростью ветра. Скорость ветра – числовое ее значение пути, проходимого индивидуальным объемом воздуха за единицу времени относительно земной поверхности. Скорость ветра выражается в метрах в секунду (м/с).

За направление принимается азимут точки, откуда дует ветер, отсчитываемый от точки севера через восток. На традиционных метеостанциях скорость ветра у земной поверхности измеряется анеморумбометрами, анемометрами разной конструкции, которые вращаются с большей или меньшей скоростью в зависимости от давления на них ветра или флюгером Вильда.

Направление ветра обозначается названием той части горизонта, т.е. того румба, откуда дует ветер. Для обозначения направления ветра в метеорологии пользуются 16 румбами, название которых отмечается начальными буквами русского алфавита, т.е. от точки севера восемь основных румбов горизонта: север, северо-восток, восток, юго-восток, юг, юго-запад, запад, северо-запад, и восемь промежуточных румбов между ними: северо-северо-восток, восток-северо-восток, восток-юго-восток, юго-юго-восток, юго-юго-запад, запад-юго-запад, запад-северо-запад, северо-северо-запад. Если направление характеризуется азимутом, то направление ветра указывается в градусах. Северному ветру

будет соответствовать 0° (360°), северо-восточному – 45° , восточному – 90° , южному – 180° , западному – 270° .

На автоматических станциях направление и скорость ветра определяются с помощью специального датчика, информация с которого поступает в заданные отрезки времени.

Определение высоты нулевой изотермы. Высота нулевой изотермы – параметр, входящий во все методики прогноза селевой опасности, предоставляется Казгидрометом. Аэрологическая станция г. Алматы измеряет высоту нулевой изотермы один раз в сутки в 6 ч.

Наблюдения за расходом дождевых паводков. Расход воды в реке – это объем воды, протекающий через поперечное сечение водотока за единицу времени. Измеряется обычно в кубометрах в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$), на малых водотоках – в литрах в секунду ($\text{л}/\text{с}$):

$$Q = F \cdot V,$$

где Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; F – площадь поперечного сечения, м^2 ; V – средняя скорость течения, $\text{м}/\text{с}$.

Расходы воды могут быть среднесуточными, среднемесячными, среднегодовыми и т.д. При определении характеристик паводка должен быть установлен максимальный расход воды.

Дождевыми паводками называются относительно кратковременные и быстрые подъемы уровней и увеличение расходов воды под влиянием выпадающих в речном бассейне дождей и столь же быстрый спад их. На реках Иле Алатау Аксай, Киши и Улкен Алматы дождевые и талодождевые паводки наблюдаются в низкогорной зоне – в марте-мае, в среднегорной и высокогорной – в июне и июле, редко – в августе.

Примеры. 23–24 июля 2003 г. в результате сильных ливневых дождей, выпавших в горах Иле Алатау, по рекам Киши Алматы, Сарысай, Беделбай прошли высокие наносоводные паводки, была подтоплена нижняя часть г. Алматы. Селевой наносоводный паводок прошел по р. Кумбел. На реках Есик, Турген, Талгар паводковыми водами были разрушены мосты и повреждены участки автодорог. В эти дни на некоторых реках, например р. Сарысай (правый приток р. Киши Алматы), расходы воды были самыми высокими за весь период наблюдений. Реки выходили из берегов, при этом происходили размыв и деформация русла, повреждены гидропосты.

Весенние паводки в низкогорной и среднегорной зонах имеют две составляющие: сильные дожди плюс снеготаяние. 29–30 апреля в Алматинской области прошли сильные дожди, в Иле Алатау – очень сильные. В связи с обильными дождями и снеготаянием повсеместно

на реках Иле Алатау отмечались высокие дождевые и наносоводные паводки. На р. Киши Алматы в районе г. Алматы уровни воды повысились более чем на метр, все русло реки выше и ниже поста было занесено камнями и песком. На реках Киши Алматы (ГП «Медео»), Бутак, Есик на гидрпостах смыло сваи. Высокие паводки также отмечались на реках Батарейка, Каскелен, Турген, подъемы уровней воды составили 0,4–0,5 м. В ущелье р. Сарысай сформировался склоновый сток. Отмечались подтопления на территории г. Алматы (в Алатауском, Жетысуском районах) и в г. Талгаре.

Измерение расходов воды. Расходы воды в реках, в том числе во время паводков, как правило, измеряются на специально оборудованных гидрологических постах.

Место оборудования гидрологического поста. Участок реки, предназначенный для стационарных гидрологических наблюдений за стоком воды, должен быть прямолинейным на протяжении, по крайней мере, пятикратной ширины между бровками русла реки при низких уровнях воды, с однообразными по длине участка шириной, глубиной и продольным уклоном водной поверхности и по возможности с правильной формой профиля поперечного сечения. На горных реках участок должен располагаться непосредственно выше стремнин и порогов и отличаться относительно спокойным течением и наиболее ровным, не загроможденным камнями руслом.

Берега и русло должны быть более устойчивыми, свободными от древесной и кустарниковой растительности.

Выше и ниже поста не должно быть островов или других препятствий, которые могут вызвать косоструйность или создать подпор воды и исказить естественный уровенный режим.

Уровнем воды в реке называется высота водной поверхности над условной горизонтальной плоскостью сравнения. Эту плоскость, неизменную по высоте, принимают за нуль графика гидрологического поста.

Современный арсенал средств измерения уровня воды включает как простейшие уровнемерные устройства, например гидрометрические рейки, так и высокоточные автоматизированные измерительные приборы и датчики. Методы измерения уровней воды достаточно отработаны.

Отечественная и зарубежная практика применения уровнемерных устройств предполагает два основных метода измерения уровней. В первом случае уровнемерное устройство размещается в водном пото-

ке, во втором – в успокоительном колодце. Второй метод является основным и предполагает размещение уровнемерных устройств в успокоительном колодце, соединенном с открытым каналом при помощи водовода. Выбор методов средств измерения уровней регламентируется требованиями к точности и достоверности результата измерения, а также возможностей его осуществления. При установке автоматических уровнемеров необходимо обеспечить энергоснабжение электронных датчиков и сигнализаторов уровня.

Выбор того или иного типа устройства для измерения уровня воды определяется величиной амплитуды колебания уровня при прохождении паводков, особенностями строения берега реки, наличием мостов и гидротехнических сооружений.

Площадь поперечного сечения русла в створе гидропоста устанавливается путем промера глубин (при определенном уровне воды).

Промер глубин при съемке участка гидрологического поста проводится для получения отметок глубин и поперечного профиля русла реки. Частота промерных точек устанавливается с таким расчетом, чтобы в результате промера выявить все особенности рельефа дна и с достаточной подробностью изобразить его на плане с помощью горизонталей или изобат. Промерные работы наиболее целесообразно и удобно проводить при низких (меженных) уровнях.

Отсчеты глубин проводятся с точностью до 1–2 см, а при глубинах более 1 м, когда отсчеты с точностью 1–2 см становятся затруднительными, – с точностью 5–10 см.

Расходы воды в реках измеряются в настоящее время следующими способами:

1. Способом «скорость-площадь», при котором тем или иным путем определяется средняя скорость в живом сечении потока и посредством промеров глубин устанавливается площадь водного сечения. Для измерения скорости течения обычно применяют гидрометрические вертушки или поверхностные (также глубинные) поплавки.

2. Способом «уклон-площадь», при котором измерению подлежат продольные уклоны водной поверхности потоков и площади водного сечения, а расходы получают расчетным путем по формуле Шези. Этот способ применяется при экстраполяции кривых расходов до наивысших уровней, а также при определении прошедшего максимального расхода по его следам (меткам высоких вод) на берегах.

3. Путем сооружения на реках гидрологических расходомеров-контрольных русел, гидрометрических лотков и водосливов; эти расходомеры позволяют получать расход непосредственно по значению

измеренного уровня воды на основании соответствующей теоретической (гидравлической) или тарировочной зависимости.

Методы и средства измерения скорости течения воды отличаются большим разнообразием. Основными методами измерения скорости являются:

поверхностными поплавками (самый простой, но и самый неточный);

аналитический метод с использованием измерителей скорости (наиболее точен для рек);

гидравлический метод (применяется, если нет возможности измерить скорости течения);

измерение расхода водосливами (рекомендуется для измерения расходов небольших водотоков);

метод смешения.

1. Поплавки применяются для разовых приближенных определений расхода воды (например, во время паводка) на необорудованных створах.

Для измерения поверхностных скоростей выбирают прямой участок длиной не менее $L=50V_{\text{макс}}$, где $V_{\text{макс}}$ – максимальная скорость.

Поверхностная скорость $V_{\text{п}}=L/t$, где t – время движения поплавка на участке длиной L .

Средняя скорость $V_{\text{ср}}=KV_{\text{макс}}$, где K – поправочный коэффициент от поверхностной скорости к средней. Наибольшая измеренная скорость $V_{\text{макс}}$ умножается на поправочный коэффициент K , который зависит от степени шероховатости русла. В результате получается средняя скорость реки. Для горных рек с валунным дном, типа Киши Алматы, $K = 0,55$, для рек с гравелистым дном $K = 0,65$, для рек с неровным песчаным и глинистым ложем $K = 0,85$.

2. Аналитический метод позволяет использовать приборы, основанные на гидродинамическом взаимодействии с потоком воды, – гидрометрические вертушки, гидродинамические трубки, гидрофлюгеры, механические и электронные динамометры. Из всего многообразия средств измерения скорости течения в гидрометрии наибольшее применение получили гидрометрические вертушки и ультразвуковые установки.

Наиболее широко используемые динамические измерители скорости типа «гидрометрическая вертушка» по метрологическим характеристикам не имеют существенных отличий. Диапазон измерения скорости 0,15–10,0 м/с, погрешность измерения $\pm 1,0$ –2,0 %. Следует отметить более низкую погрешность измерения зарубежных вертушек

фирм ОТТ Германия и Swoffer (США) $\pm 1,0$ %, что достигается более высоким качеством изготовления элементов устройства. Выходная информация о скорости потока представляет собой осредненные по времени итерации данные, выведенные на дисплей прибора.

При измерении средней скорости потока гидрометрической вертушкой на первом этапе работ производится разбивка скоростных вертикалей. Число таких вертикалей определяется необходимой точностью, изменчивостью рельефа дна русла, глубиной и шириной русла реки.

Количество точек измерения скорости на вертикали также зависит от степени необходимой точности и от глубины:

измерение в 5 точках: $V=0,1(V_{\text{пог}}+3V_{0,2h}+3V_{0,6h}+2V_{0,8h}+V_{\text{д}})$;

измерение в 3 точках: $V=0,25(V_{0,2h}+2V_{0,6h}+V_{0,8h})$;

измерение в 2 точках: $V=0,5(V_{0,2h}+V_{0,8h})$;

измерение в 1 точке: $V=V_{0,6h}$;

где $V_{\text{пог}}$, $V_{0,2h}$, $V_{0,6h}$, $2V_{0,8h}$, $V_{\text{д}}$ – скорости, измеренные у поверхности, на 0,2 глубины, 0,6 глубины, 0,8 глубины и у дна.

При глубинах менее 1 м рекомендуется измерять скорость течения в одной точке (на глубине 0,6h).

Весьма перспективным для усовершенствования методики определения расходов воды является метод измерения скорости течения реки с помощью ультразвука. В русле реки (под водой) устанавливают возбудитель ультразвуковых колебаний и на некотором расстоянии от него ниже по течению – приемник этих колебаний. Измеряют скорость прохождения ультразвука сначала по течению, затем против течения (для этого не требуется менять местами возбудитель колебаний и приемник, они взаимозаменяемы), и по тому, насколько быстрее проходят ультразвуковые колебания по течению реки, чем против течения, вычисляют скорость течения.

Ультразвуковой метод позволяет измерять скорости течения с берега и расход воды сколь угодно часто.

Измерив площадь поперечного сечения реки и среднюю скорость течения, можно вычислить расход воды.

3. Метод расчета расхода воды «уклон – площадь». Если нет возможности установить скорость потока (например, во время обследования после прошедшего паводка), применяется формула Шези:

$$Q = W(1/n)R^{1/6}(Ri)^{0,5},$$

где Q – расход, $\text{м}^3/\text{с}$; W – площадь живого сечения, м^2 ; R – гидравлический радиус, м ; $R = W/\chi$; χ – смоченный периметр; n – коэффициент

шероховатости русла (принимается по справочникам в зависимости от состояния русла, для горных рек Иле Алатау 0,07–0,08); i – уклон свободной поверхности потока.

Продольный уклон водной поверхности воды в водотоке – это отношение разности высотных отметок уровня воды между двумя створами к расстоянию между ними. Выражается, как правило, в промиллях ‰ (в метрах на 1000 м длины реки) или (в формуле Шези) в долях от единицы.

4. Измерение расходов воды путем сооружения на реках гидрометрических лотков и водосливов. Эти расходомеры позволяют получать расход непосредственно по значению измеренного уровня воды на основании соответствующей тарифовочной зависимости.

5. Измерение расходов воды способом смешения (разбавления) потока, при котором в поток вводится определенное количество того или иного индикатора (обычно используется поваренная соль), который после достаточно полного перемешивания с потоком обнаруживается в пробах воды, взятых в некотором створе ниже по течению от места пуска индикатора. По уравнению баланса вещества-индикатора находят значение расхода водотока. Этот метод применим в основном на малых горных реках с расходами, не превышающими 15–20 м³/с.

4.1.5. Наблюдения за моренными озерами

Наблюдения за моренно-ледниковыми озерами проводится по трем блокам: 1) топографо-гидрографическому; 2) озерно-гидрологическому и 3) гляциометеорологическому.

Топографо-гидрографический блок наблюдений и исследований на участке расположения опасного моренно-ледникового озера:

ежегодные (в конце абляционного периода), а также по мере необходимости (в случаях видимых изменений озерного ложа) топографические съемки озера и прилегающей территории;

исследование и картографирование дренажной сети, а также ее изменений на входе в озеро;

изучение и картографирование выходов стока из моренных отложений, а также дренажной сети в гляциально-нивальном зоне;

исследование и наблюдение за геодинамическими данными по моренным отложениям в районе расположения озера по методике, предусмотренной для наблюдения за гляциологическими факторами;

детальное изучение морфологии ложа озера в целях выявления на ложе воронковых углублений и установление максимальных глубин озера.

Гидрологические наблюдения на озере и водотоках, втекающих и вытекающих из озера:

непрерывные наблюдения за уровнем и температурой воды в озере на озерном гидрологическом посту, установленным и работающим в соответствии с требованиями, действующими в системе РГП «Казгидромет»;

гидрометрические измерения стока на водотоках, втекающих и вытекающих из озера (по мере возможности), с целью определения водно-балансовых ежедневных данных;

глубинные измерения температуры воды в характерные дни абляционного периода (ясный теплый день с большим притоком талой воды, облачный день, дни с отсутствием притока талой воды в озеро и т.п.);

наблюдения за характерными фазами уровня озера (периоды наполнения и опорожнения) и их регистрация;

наблюдения за ледовыми явлениями на озере (ледостав, забереги, шуга и др.).

Гляциометеорологические наблюдения на участке расположения моренно-ледникового озера. Комплекс гляциометеорологических наблюдений проводится по стандартным срокам по основным метеорологическим параметрам: температура воздуха, атмосферные осадки (твердые, жидкие), ветер, облачность, высота снежного покрова на метеорологической станции, температура поверхностного слоя грунта на горизонтальной площадке метеорологической станции и др. в зависимости от требований.

Батиметрическая съемка моренных озер. С целью определения объема водной массы моренного озера как одного из главных морфометрических параметров при оценке степени селеопасности озера проводится батиметрическая съемка. Для выполнения батиметрической съемки используется надувная резиновая лодка рассчитанная на двух человек и обладающая небольшой массой (рисунок 4.3), что очень важно, так как в большинстве случаев для выполнения батиметрии добираться до моренного озера приходится пешком.

Для измерения глубин используется эхолот марки Lowrance LMS 480 m, с погрешность измерения глубины до 10 см. Питание эхолота осуществлялось за счет компактной 12-вольтовой аккумуляторной батареи. Рабочая частота излучателя звуковых волн устанавливается равной 200 кГц. Датчик эхолота монтируется на горизонтальную поверхность и крепится на поплавок (пенопласт, надувной баллон, пластиковые бутылки). Эта модель эхолота оснащена 12-канальным



Рисунок 4.3 – Лодка для выполнения батиметрической съемки, масса 9 кг



Рисунок 4.4 – Варианты крепления эхолота и GPS приемника

GPS-приемником, который располагается прямо над датчиком эхолота (рисунок 4.4). Также для более точного позиционирования на месте используется портативный 24-х канальный приемник Garmin GPSMAP 64, который помимо спутников GPS принимает сигналы со спутников ГЛОНАСС, что существенно повышает точность определения координат точек на местности.

Глубины измеряются через каждые 3–10 м, в зависимости от строения дна котловины озера (рисунок 4.5). Замеры проводятся по профилям, количество которых также зависит от строения дна озера и площади водной поверхности: чем неоднородней дно, тем чаще закладываются профили промеров глубин. Каждое значение представляет собой информацию о координатах точки съемки, глубине, дате и времени (рисунок 4.6).

Анализ полученного массива данных обрабатывается с помощью программы ArcGis 10.1. Координаты точек и значения глубин экспортируются в шейп-файл. С помощью модуля 3D Analyst на основании шейп-файла, содержащего координаты точек и значение их глубины (X Y Z), строится батиметрическая карта методом аппроксимации поверхности элементарными треугольниками – TIN (Triangular Irregular Networks – нерегулярные триангуляционные сети). Существуют раз-



Рисунок 4.5 – Рабочий момент батиметрической съемки озера № 13 в 2017 г.

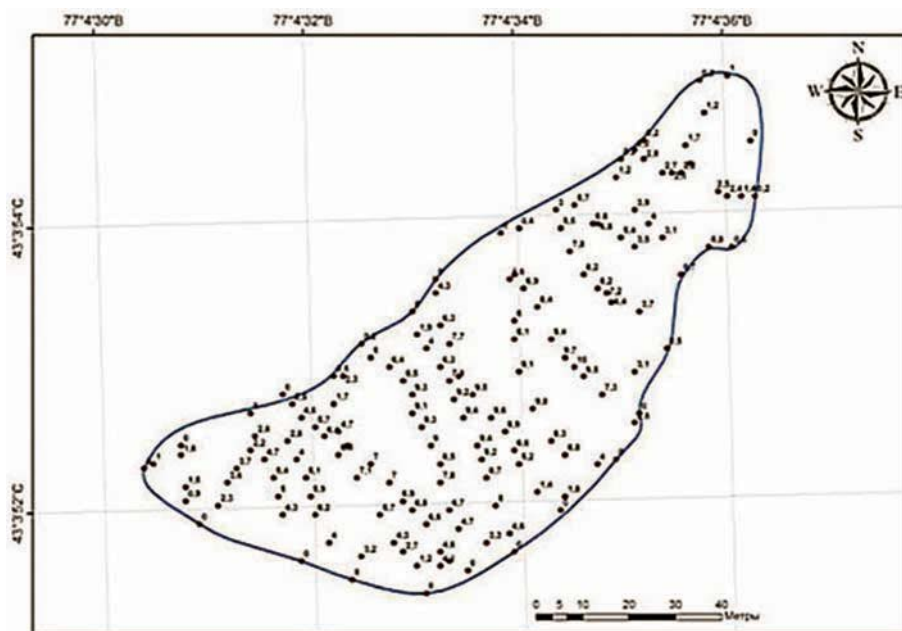


Рисунок 4.6 – Измеренные глубины озера №1
в бассейне реки Киши Алматы 14.07.2017 г.

личные методы интерполяции для формирования этих треугольников, например триангуляция Делоне. ArcGIS поддерживает метод триангуляции Делоне. В результате полученная батиметрическая карта (рисунок 4.7) хорошо отображает рельеф дна озера, и на ее основе вычисляются объем водной массы и площадь водной поверхности.

По данным батиметрической съемки строятся зависимости объема воды в озере от уровня воды (рисунок 4.8).

Составление карты рельефа озерной перемычки. Данные о рельефе озерной перемычки очень важны для проектирования профилактического опорожнения прорывоопасного озера. На основе этих данных определяются длина и глубина эвакуационного канала, объем и стоимость работ.

Карта рельефа озерной перемычки составляется по данным тахеометрической съемки, выполняемой лазерным тахеометром ТС407 (рисунок 4.9), который специально разработан для решения строительных, топографических и инженерно-изыскательских задач. Он очень прост в использовании и имеет большой набор встроенных программ. Для изучения работы с ТС407 требуется минимальное количество времени. Электронный тахеометр ТС407 обеспечивает максимальную простоту выполнения измерений. Инструмент легко и быстро устанавливается

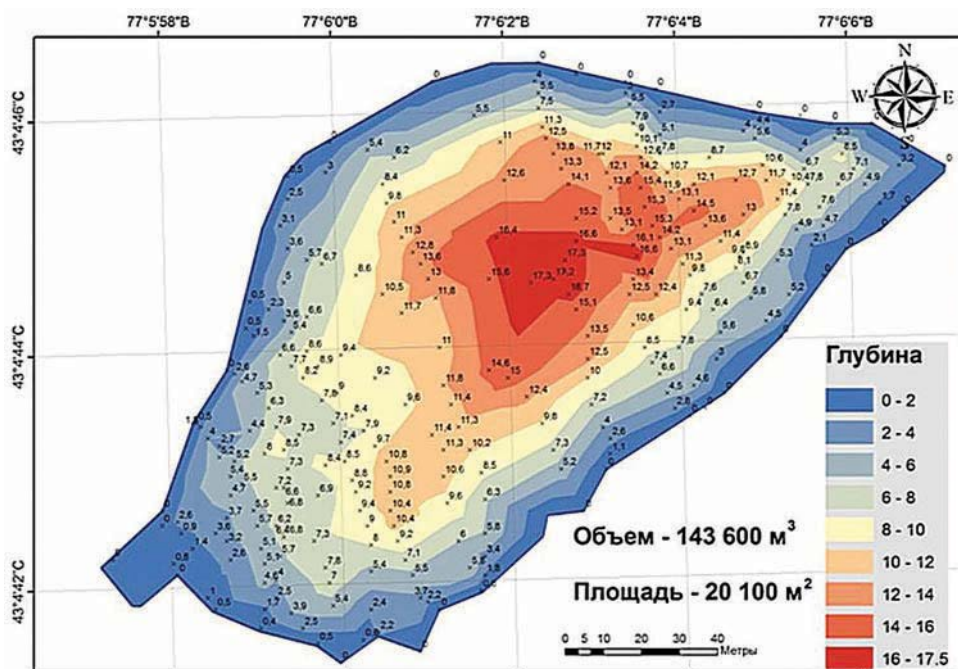


Рисунок 4.7 – Батиметрическая карта озера № 6 в бассейне реки Киши Алматы.
Дата проведения съемки 14.07.2017 г.

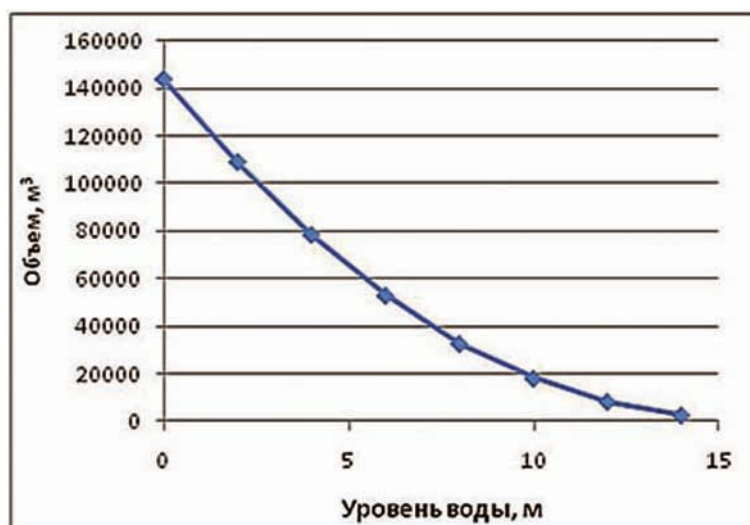


Рисунок 4.8 – Зависимость объема от уровня воды на озере № 6



Рисунок 4.9 – Рабочий момент тахеометрической съемки

ливаются на пункте с использованием лазерного центра и электронного уровня. Доказавшие свою надежность бесконечные винты точной наводки в совокупности с отличной оптикой визирной трубы Leica с увеличением 30 позволяют безошибочно наводить теодолит на точки измерений.

Расчёт площадей и объёмов, построение карт и трёхмерных моделей осуществляются в программном обеспечении ArcGis и Surfer (рисунки 4.10–4.15).

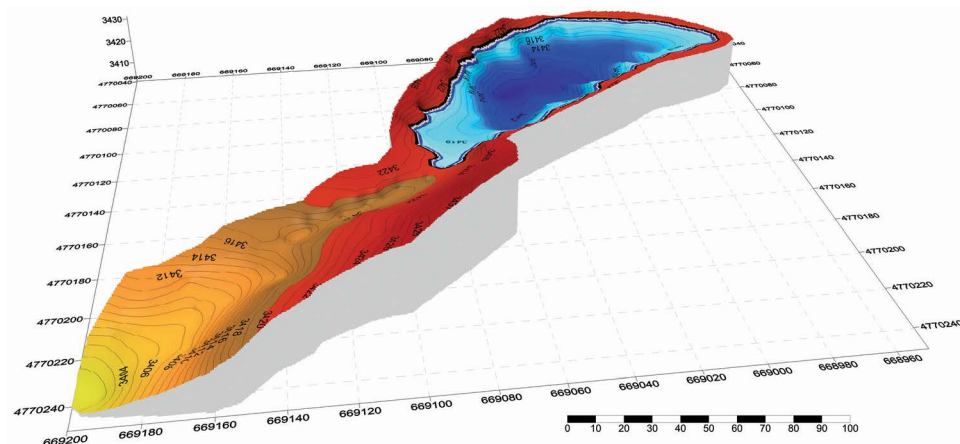


Рисунок 4.10 – 3D-модель озера № 1 и озерной перемычки

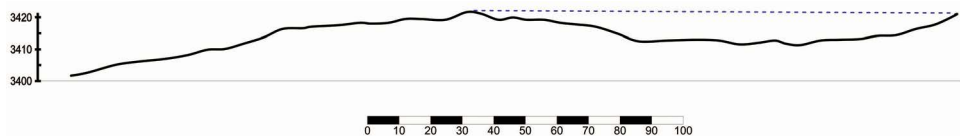


Рисунок 4.11 – Продольный профиль озерной котловины и озерной перемычки на озере №1

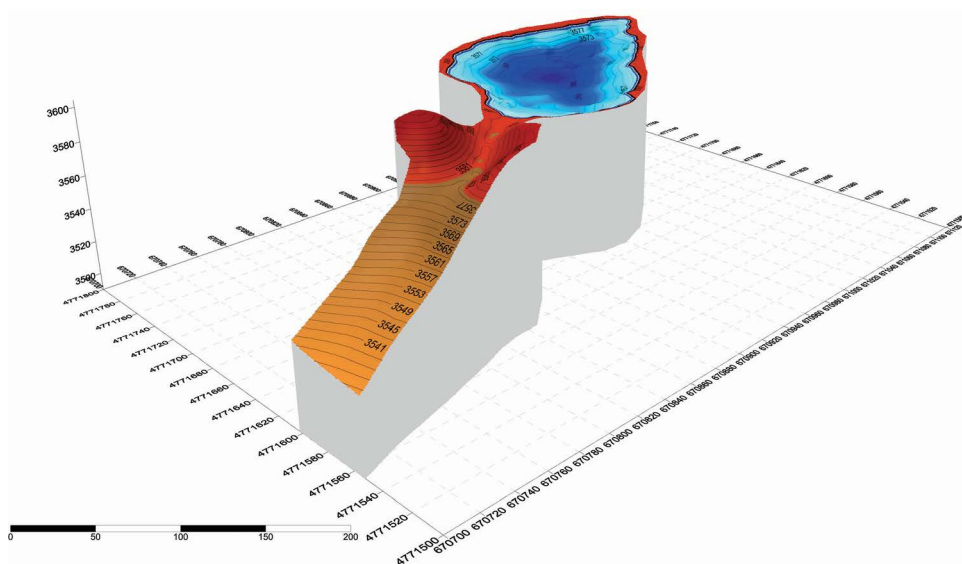


Рисунок 4.12 – 3D-модель озера № 1 и озерной перемычки

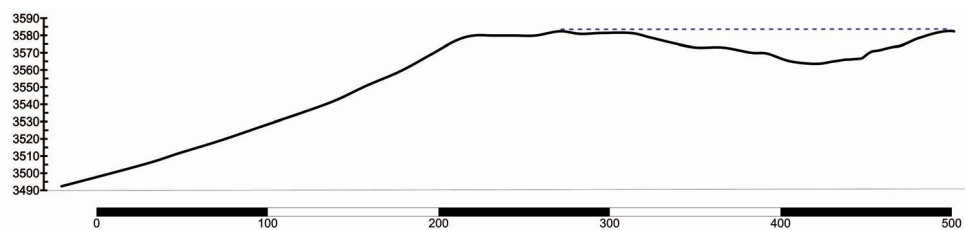


Рисунок 4.13 – Продольный профиль озерной котловины и озерной перемычки на озере № 6

Геофизические исследования строения озерной перемычки. Данные о внутреннем строении озерной перемычки необходимы для выявления линз и массивов погребенного льда, внутриморенных каналов стока и определения возможных мест прорыва. Для этой цели используется метод геоэлектроразведки, основанный на измерении электрической проводимости толщ, слагающих озерную перемычку. Совместно с германским специалистом Яном Лентчке методом электроразведки про-

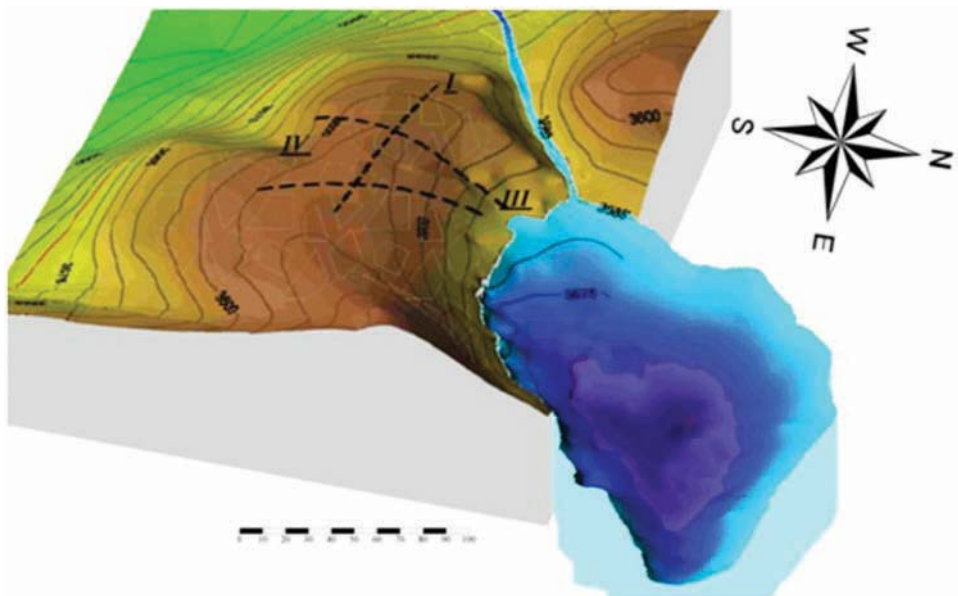


Рисунок 4.16 – 3D-модель морены ледника Маметовой и озера №6 с предполагаемыми контурами ледяных линз

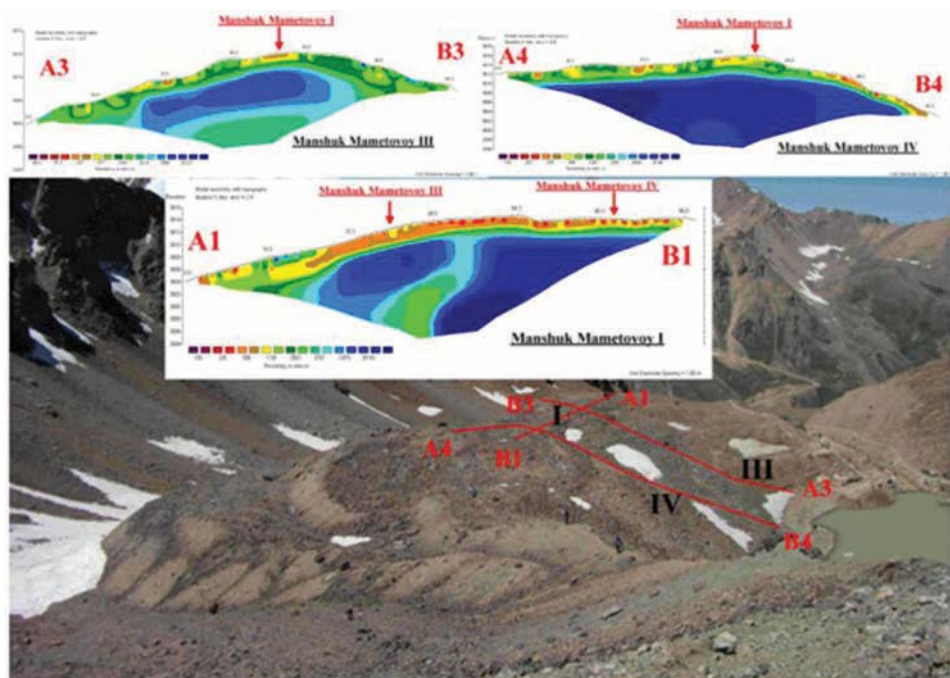


Рисунок 4.17 – Профили геоэлектроразведки и схема их расположения на фронтальной морене ледника Маншук Маметовой (на дамбе озера №6)

Под обеими точками пересечения профилей, а значит и между ними, очень хорошо отбивается верхний слой моренных отложений мощностью от 2 до 3 м, состоящий из отсортированных валунных галечников с щебенистым заполнителем. Аналогичную картину мы наблюдали в 40 м от места пересечения профилей I и III на левом борту канала стока после того, как сотрудниками ГУ «Казселезащита» был вручную снят именно такой слой грунта – около 2 м. Примечателен тот факт, что моренный материал лежал непосредственно на чистом льду явно глетчерного генезиса. Можно с большой долей вероятности сказать, что мы видели именно ту линзу погребённого фронтальной мореной льда, которая находится в правой ветви. Её толщина в точке пересечения I/III по данным геоэлектроразведки – около 7 м, длина по профилю I – около 20 м, а по профилю III – около 35 м. Под ней на глубине более 10 м начинается слой с большей электропроводностью и, следовательно, с меньшей льдистостью. Это могут быть сильно льдистые слои с базальной криогенной текстурой. Формирование таких слоёв, по мнению Е. Д. Ермолина, возможно при промерзании водоносных горизонтов, возникающих в результате фильтрации талых ледниковых вод через морену. По мере продвижения по профилю I от точки пересечения с профилем III к точке пересечения с профилем IV мощность верхнего слоя плавно уменьшается с 3 до 2 м. Примерно в 11–12 м от точки I/III правая ледяная линза заканчивается и начинается 6–7-метровая почти вертикальная прослойка с меньшей льдистостью. Затем мы видим левую ледяную линзу, которая начинается примерно 25 м от точки I/IV на глубине около 2,5 м с расширением к низу в сторону точки I/III. Её мощность пока определить не возможно, так как глубина проникновения электроволн ограничена 20 м. Видно только, что её толщина более 16 м, длина по профилю I свыше 50 м, а по профилю IV свыше 100 м.

Автоматические измерения температуры воды и глубины озера. Для непрерывной регистрации температуры воды на фиксированных глубинах 2 августа 2010 г. в озеро № 6 был установлен логгер MDS Dиррег-3, данные которого позволяют оценить изменения уровня воды в озере. Логгер был установлен до начала работ по принудительному сбросу воды, поэтому все изменения уровня зафиксированы с интервалом в 1 ч. Дополнительно были установлены еще два логгера НОВО U23-003 для измерения температуры воздуха (рисунок 4.18). Первый из них – на морене в непосредственной близости от озера (на высоте $H = 3590$ м), а второй – на леднике Маншук Маметовой ($H = 3732$ м).



Рисунок 4.18 – Места расположения логгеров температуры воды и воздуха и глубины воды на озере № 6

Эти логгеры фиксируют температуру воздуха синхронно с MDS Dipper-3. Температура воды озера в течение абляционных периодов оставалась устойчивой и изменялась, за редким исключением, от 3 до 5 °С. Отметим, что резкое понижение температуры воздуха с 4 по 13 сентября 2010 г. (на 22 °С) практически не сказалось на температуре воды озера. Очевидная причина столь значительных различий температур озерной воды и воздуха в том, что термический режим озера определяется не столько динамикой температуры воздуха, сколько температурой поступающих в озеро талых ледниковых вод, которая относительно стабильна.

4.1.6. Применение ГИС для изучения условий селеформирования

Географическая информационная система (ГИС) обеспечивает сбор, хранение, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Геоинформационные технологии объединяют традиционные операции работы с базами данных (например, запрос и статистический анализ) с преимуществами полноценной визуализации и географического анализа, которые предоставляет карта. Это отличает ГИС от других информационных систем и обеспечивает уникальные возможности их применения для решения задач, связанных с анализом явлений и событий окружающего мира, с выделением главных факторов и причин, с планированием стратегических

решений и анализом возможных последствий предпринимаемых действий.

ГИС являются эффективным инструментом для изучения условий селеформирования, моделирования селей, мониторинга и раннего предупреждения о селевой опасности. Основу таких систем составляют средства оперативного анализа состояния местности для задач принятия решений в период селевой опасности, а также в период раннего предупреждения с использованием цифровых моделей рельефа (ЦМР) и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Важнейшим качеством данных, используемых в системах принятия решений в ЧС, являются их актуальность, полнота, объективность и быстрота привязки к местности. Данные ДЗЗ позволяют получать наиболее актуальную и оперативную информацию на интересующую территорию, что особенно важно для проведения ситуационного анализа в целях выработки эффективного решения. ЦМР являются источником статичной информации (рельеф, дорожная сеть, гидрография, населенные пункты, границы), что обеспечивает возможность пространственного моделирования и анализа на реальной местности с последующей визуализацией географических и ситуационных данных на основе 2D и 3D графики.

Применение цифровых моделей рельефа. В последние два десятилетия широко применяются автоматизированные методы цифровой параметризации земной поверхности с использованием ГИС. Это послужило основой для последующего перевода на картографическую основу методов обработки цифровых моделей рельефа (ЦМР) для гидрологического анализа, в результате которого строятся разнообразные картограммы, включающие границы частных водосборов и речных бассейнов, синтетической сети водотоков, а также ряд морфометрических характеристик земной поверхности (длина и уклон русла, площадь и средний уклон бассейна, наивысшая и наименьшая высотные отметки бассейна и его экспозиция, длина склонов русла). Эти методы оказались значительно более эффективными по сравнению с традиционными методами измерений по топографическим картам, обеспечивающим при этом получение точных, достоверных, легко проверяемых и воспроизводимых характеристик.

Для получения результатов расчетов используется модуль набора инструментов HydrologicalAnalyses картографической среды ArcMap программного обеспечения ArcGIS 10.x. Входными данными для проведения гидрологического и морфометрического анализа являются данные радарной интерферометрической топографической спутни-

ковой съемки SRTM (Shuttle radar topographic mission). Доступные данные SRTM имеют вид растрового файла цифровой модели рельефа (ЦМР), в котором значение пиксела является высотой над уровнем моря в данной точке. Математической основой данных служат референц-эллипсоид (датум WGS84) и проекция GCS_WGS_1984. Данные SRTM представляют собой матрицу высот с размером ячейки 3 угловые секунды (от 60–90 м).

Для детального анализа эрозионной сети, формирующей водосборный бассейн, на первом этапе проводится обработка топографических геоданных для перевода их в растровый формат представления ЦМР. Формирование соответствующего растрового слоя заканчивается вырезанием территории водосбора речной сети по ее маске. Для этого создается векторный объект этой маски для выделения растровых данных, содержащихся внутри ее периметра, с использованием оператора ExtractByMask.

На втором этапе заполнения локальных понижений растровый слой, созданный на первом этапе, корректируется с использованием инструментов Sink и Fill.

На третьем этапе маршрутизации линий тока поверхностных вод производится создание слоя направлений линий тока с использованием метода восьми направлений D8. Для получения раstra направлений линий тока применяется растровый слой, созданный на втором этапе. Это реализуется с помощью инструмента FlowDirection.

На четвертом этапе определяются водосборы ячеек растрового слоя с использованием слоя направлений тока с помощью инструмента FlowAccumulation.

На пятом этапе формируются водосборные территории, в результате создается векторный слой их границ. Для этого используется инструмент Snappoint, а также Basin.

По результатам формирования границ водосборных территорий с использованием набора геоинформационных инструментов проводится статистический анализ высотных отметок с помощью инструмента ZonalStatistics и уклонов земной поверхности с помощью инструмента Slope. Результаты анализа записываются в соответствующие таблицы отметок и уклонов земной поверхности водосборных территорий.

С использованием инструментов модуля 3D Analyst программного обеспечения ArcGIS 10.1 обрабатывают и вычисляют входную цифровую модель рельефа для создания его трехмерной визуализации (рисунков 4.19). В результате анализа морфометрических особенностей

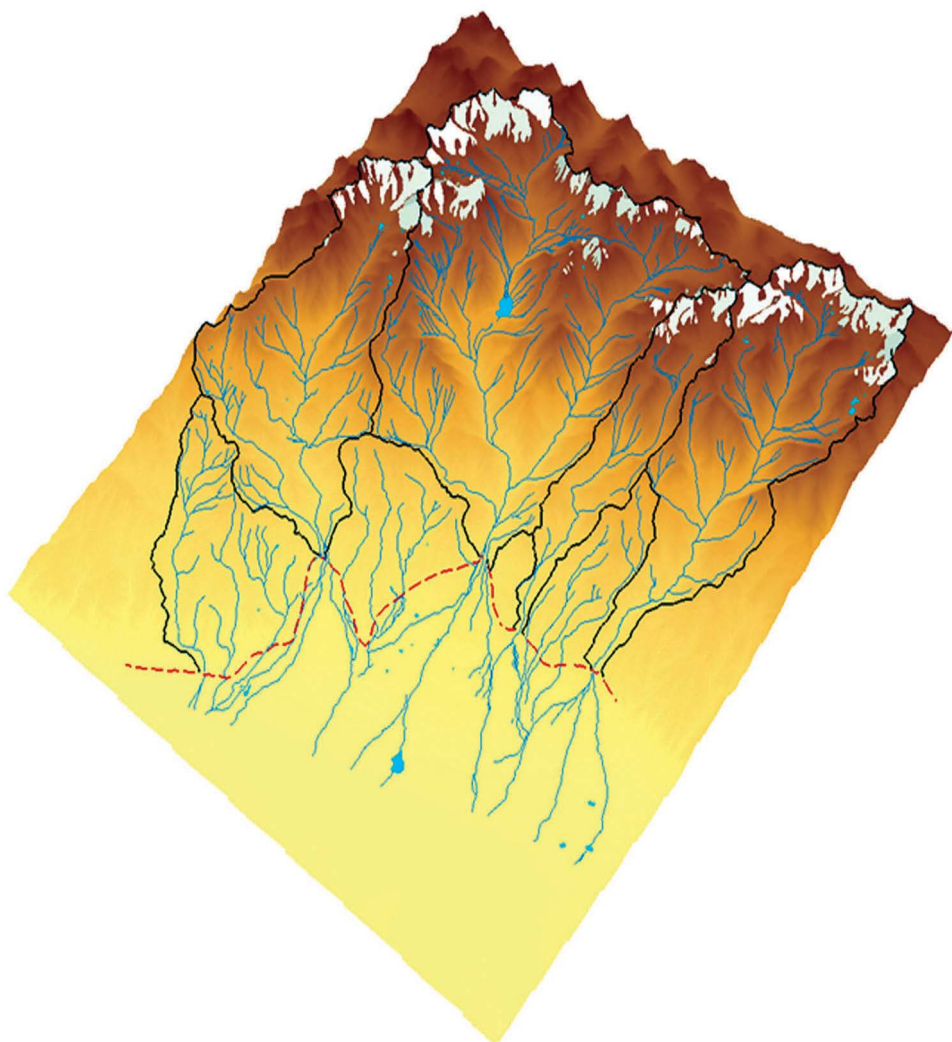


Рисунок 4.19 – 3D-модель бассейнов рек Аксай, Каргалы, Улкен и Киши Алматы

исследуемых территорий, влияющих на гидрологические и геоморфологические параметры, можно построить продольные и поперечные профили основных рек бассейна и создать их 3D-модели.

Расчет гидрографических и морфометрических характеристик речной сети на основе результатов гидрологического анализа и анализа поверхности ЦМР, реализуемых геоинформационными инструментами HydrologicalAnalyses картографического приложения ArcMap ПО ArcGIS 10.x, позволяет автоматизировать процесс получения данных, необходимых для изучения условий селеформирования, моделирования селей, мониторинга и раннего предупреждения селевой опасности.

Использование космоснимков для предупреждения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Для мониторинга чрезвычайных ситуаций необходимы разнообразные информационные ресурсы, в том числе картографические материалы, данные дистанционного зондирования, различные описания. Данные ДЗЗ могут быть использованы в условиях, когда невозможны наземные методы исследования, например при изучении труднодоступных мореных озер. С развитием компьютерных технологий и широким распространением географических информационных систем с конца XX в. стало развиваться более интенсивно использование космической информации. Изображения Земли из космоса позволяют наглядно представить земную поверхность, те процессы и явления, которые происходят в атмосфере, на суше и в океане. В настоящее время ведется дистанционное зондирование Земли – получение информации о земной поверхности без непосредственного контакта с ней, путем регистрации приходящего от нее электромагнитного излучения.

Космические снимки наиболее эффективны для решения следующих задач:

мониторинг чрезвычайных ситуаций, связанных с природными и техногенными воздействиями;

изучение транспортной доступности в пределах тех или иных территорий по данным ДЗЗ и дополнительным материалам;

планирование аварийно-спасательных работ в районах стихийных бедствий и антропогенных катастроф;

картографирование последствий ЧС, разрушенных зданий, сооружений и коммуникаций.

Данные дистанционного зондирования применяются и при создании баз данных для различных ГИС-систем, в том числе и в качестве «базовой» подложки. Обработка ДЗЗ разделяется на предварительную и тематическую и осуществляется в специализированном ПО. Предварительная обработка данных ДЗЗ включает в себя геометрическую, радиометрическую, атмосферную коррекцию изображения, географическую привязку снимка. Данные дистанционного зондирования позволяют получить более подробную информацию о территории, поскольку не все мелкие объекты могут быть отражены на специализированных картах по причине генерализации данных (мелкие озера, просеки, смена пород деревьев и т.д.).

Качество и область применения материалов ДЗЗ зависит от следующих характеристик:

пространственного разрешения;

спектрального разрешения;
радиометрического разрешения
временного разрешения.

По пространственному разрешению аппаратура съемки Земли подразделяется на несколько классов (таблица 4.8): низкого разрешения (от 250 м до 1 км); среднего разрешения (от 10 до 250 м), высокого разрешения (1–10 м) и сверхвысокого разрешения (менее 1 м).

Таблица 4.8 – Классификация космических снимков по пространственному разрешению

Классификация снимков	Разрешение, м
Очень высокого разрешения	0,3–0,9
Высокого разрешения	1–40
Среднего разрешения	50–200
Низкого разрешения	300–1000
Очень низкого разрешения	Более 10000

Эффективная система мониторинга должна содержать космический сегмент, включающий космические аппараты на круговых солнечно-синхронных орбитах, оснащенные приборами активного и пассивного зондирования различного пространственного разрешения в максимально широком диапазоне электромагнитного спектра. В первую очередь для регулярной съемки территории Казахстана целесообразно использовать такие общедоступные космические системы, как NOAA (разрешение 1100 м) и EOS AM TERRA (разрешение 250 м). Из систем высокого разрешения наиболее доступны данные КА «Метеор-3М» (разрешение 37 м) и индийских спутников IRS 1C/1D (разрешение PAN 5,6 м).

Поскольку территория Казахстана часто закрыта сильным облачным покровом, препятствующим проведению регулярных космических съемок в микроволновом диапазоне, необходимо использовать данные активного зондирования, в частности, канадского спутника RADARSAT-1. На этом спутнике установлен радар, позволяющий получать качественные изображения земной поверхности независимо от наличия облачного покрова и времени суток с разрешением от 8 до 100 м. Радарные снимки особенно эффективны при картировании ледовой обстановки, распознавании нефтяных пятен на водной поверхности, мониторинге наводнений и паводков. В сочетании с космосъемками в видимом и тепловом диапазонах эта информация чрезвычайно полез-

на для обнаружения и контроля развития различных стихийных бедствий. Основу инфраструктуры наземного сегмента СКМ ЧС образует система приема данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Как показывает опыт других стран, наиболее разумное решение заключается в создании дублирующих универсальных станций приема и распределенной сети обработки космических изображений.

Космические снимки с казахстанских спутников. KazEOSat-1 (Kazakhstan Earth Observation Satellite – казахстанский спутник наблюдения Земли) – первый казахстанский спутник дистанционного зондирования Земли, создан по заказу Правительства Республики Казахстан европейской компанией Airbus Defence and Space (ранее EADS Astrium) на базе спутниковой платформы Leostar-500-ХО.

30 апреля 2014 года с космодрома Куру (Французская Гвiana) осуществлен успешный запуск первого казахстанского спутника ДЗЗ высокого разрешения KazEOSat-1. В качестве полезной нагрузки на борту спутника установлено сканирующее устройство NAOMI (New AstroSat Optical Modular Instrument), которое позволяет выполнять съемку с разрешением до 1 м (в панхроматическом режиме) и до 4 м (в мультиспектральном режиме).

Производительность съемки космического аппарата KazEOSat-1 составляет 220 000 км² в сутки. Максимальная длина полосы съемки – 2000 км.

KazEOSat-2 (Kazakhstan Earth Observation Satellite – казахстанский спутник наблюдения Земли) – второй казахстанский спутник дистанционного зондирования Земли (таблица 4.9), создан по заказу

Таблица 4.9 – Характеристики съемочной аппаратуры KazEOSat-2

Диаметр апертуры	145 мм
Фокусное расстояние	633 мм
Спектральные каналы	Синий – 0,45–0,52 мкм Зеленый – 0,53–0,60 мкм Красный – 0,62–0,69 мкм Крайний красный – 0,69–0,73 мкм ИК – 0,76–0,89 мкм
Пространственное разрешение	6,5 м (в надире) 5 м (при создании ортофото)
Радиометрическое разрешение	12 бит
Полоса захвата	77 км
Отклонение от надира	+/- 35°
Масса инструмента	150 кг
Возможность получения стереопары	Да, с одного витка

Правительства Республики Казахстан на базе спутниковой платформы SSTL-150+ британской компанией SSTL. SSTL является дочерним предприятием Airbus Defence and Space (ранее EADS Astrium).

Производительность съемки космического аппарата KazEOSat-2 составляет 1000 000 км² в сутки.

Космическая съемка выполняется с двух искусственных спутников Земли – KazEOSat-1 и KazEOSat-2. Снимки со спутника KazEOSat-2 имеют пространственное разрешение 6,5 м. Размер сцены 77x77 км². Периодичность съемки 3–5 дней. Снимки со спутника KazEOSat-1 имеют пространственное разрешение 1 м. Размер сцены 20x20 км². Периодичность съемки 3–5 дней. Последовательные снимки с одного витка позволяют получать стереопары.

Классическое трансформирование снимков – это преобразование наклонного снимка в горизонтальный заданного масштаба. Как известно, снимок – это центральная проекция местности, а топографическая карта ортогональная. Горизонтальный снимок плоской местности соответствует ортогональной проекции, т.е. проекции ограниченного участка топографической карты. В связи с этим, если преобразовать наклонный снимок в горизонтальный заданного масштаба, то положение контуров на снимке будет соответствовать положению на топографической карте, что позволяет измерять длину и площади.

АО «НК "Қазақстан Ғарыш Сапары"» поставляет космические снимки с разным уровнем обработки. Уровень L1 – сырые, необработанные снимки. Уровень L2 – снимки, приведенные к картографической проекции. Уровень L3 – ортотрансформированные снимки. Уровень

Таблица 4.10 – Цены на геопродукты KazEOSat-1 уровня обработки L1 и L2

Вид съемки	Площадь сцены, км	Стоимость за 1 км ² , KZT	Минимальная площадь заказа, км ²
<i>Моносъемка</i>			
Архивные снимки (от 60 дней и более поздние)	20x20	1080	25
Недавний архив (до 60 дней)	20x20	1470	25
Новая съемка	20x20	1860	100
<i>Стереосъемка</i>			
Архивные снимки (от 60 дней и более поздние)	20x20	2160	25
Недавний архив (до 60 дней)	20x20	2940	25
Новая съемка	20x20	3720	100

L4 – цифровые модели рельефа. Уровень L5 – мозаика, созданная из геопродуктов. Снимки уровней 1 и 2 поставляются государственным организациям бесплатно. Снимки уровней 3–5 являются геопродуктами с добавленной стоимостью и поставляются за плату (таблица 4.10).

Для мониторинга моренных озер необходимы ортотрансформированные снимки с разрешением 1 м KazEOSat-1 с уровнем L3. Они позволяют с периодичностью через 3–5 дней получать данные о площади водного зеркала озер. При наличии батиметрической кривой озерной котловины, полученной предшествующими батиметрическими съемками или по цифровой модели рельефа с высоким разрешением, можно определять объем воды в озере. Использованию этих снимков в оперативной работе может помешать высокая облачность в момент съемки.

4.2. Прогнозирование селевой опасности

Классификация метеорологических и гидрологических прогнозов проводится по срокам и степени их заблаговременности. Под заблаговременностью прогноза понимается отрезок времени между моментом оглашения этого прогноза и наступлением прогнозируемого события. Сам прогноз при этом может касаться как факта появления этого события или же его предварительной количественной оценки на определенный период времени.

Основными вариантами прогнозов, принятыми в гидрометслужбе, являются краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные. В первом случае это предсказание событий или метеорологических параметров от 12 до 72 ч (3 сут), во втором – прогноз от 3 до 10 сут, в третьем – прогноз от 10 до 30 сут. Дополнительными к основным видам прогнозов являются сверхкраткосрочные прогнозы (менее 24 ч) и сверхдолгосрочные прогнозы (более 30 сут) [77].

4.2.1. Среднесрочный прогноз

Среднесрочный прогноз гляциальных селей. Алгоритм составления среднесрочных на 10 дней и долгосрочных на месяц прогнозов селей гляциального генезиса соответствует алгоритму для краткосрочных прогнозов.

По данным Казгидромета составляются таблицы подсчета критериев селевой опасности по прогностическим величинам температур воздуха (максимальной, минимальной) и количества осадков по метео-

Таблица 4.11 – Случаи селей гляциального генезиса

Дата	Температура воздуха по МС «Мынжылкы», град.С		Суммы осадков		Высота нулевой изотермы, м			Факт селепроявлений
	средне-сут.	сумма с 1.05 $\geq 108\% N$	30 мм	95 мм	≥ 4200	≥ 4200	≥ 4000	
			10 сут	30 сут	в 6 ч	10 сут	30 сут	
23.07.2015	14,8	560 крит. 486	1,1	89,3	4960	5070	4479	Прошел сель на р. Каргалы в ночь с 22 на 23 июля в 2:30 ч
25.07.2015	11,3	590 крит. 503	22	85	4595	4990	4517	На реках Талгар и Улкен Алматы днем (13 ⁵⁰ –15 ⁰⁰) отмечались селевые выбросы

станции «Мынжылкы» на 10 и на 30 дней соответственно. Затем проводятся расчет и оценка, как указано в алгоритмах для краткосрочных прогнозов селевой опасности гляциального генезиса (таблица 4.11).

Среднесрочный прогноз ливневых селей. Алгоритм составления среднесрочных на 10 дней и долгосрочных на месяц прогнозов селей ливневого генезиса для трех зон (высокогорной, среднегорной и низкогорной) соответствует алгоритмам для краткосрочных прогнозов.

По данным Казгидромета составляются таблицы подсчета критериев селевой опасности по прогностическим данным температур воздуха (максимальной, минимальной) и количества осадков по метеостанциям «Мынжылкы», «Оз. Улкен Алматы», «Г. Алматы» на 10 дней и на месяц соответственно. Затем осуществляются расчет и оценка, как указано в алгоритмах для краткосрочных прогнозов селевой опасности ливневого генезиса (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Прогноз ливневых селей

Дата	Прогноз т-ры воздуха на 3 тыс. м				Ожид. высота «0», м	Осадки, мм	
	Интервал ожид. значений		Ср. сут.	Мин.		Интервал ожид. величин, мм	В методику
	мин.	макс.					
02.07	3 - 5	12 – 14	8,5	4	3960	0 - 1	0,5
03.07	4 - 6	14 – 16	10,0	5	4090	0	0
04.07	9 – 11	18 – 20	14,5	10	4560	0	0
...
11.07	6 – 8	15 – 17	11,5	7	4310	0	0

Дата	Прогноз т-ры воздуха 2 тыс.м			Ожид. высота «0», м	Осадки, мм	
	Интервал ожид. значений		Ср. сут.		Интервал ожид. величин, мм	В методику
	мин.	макс.				
02.07	10 – 12	21 – 23	16,5	3960	0 - 1	0,5
03.07	10 – 12	21 – 23	16,5	4090	0	0
04.07	15 – 17	25 – 27	21,0	4560	0	0
...
11.07	15 – 17	26 – 28	21,5	4310	0	0

Дата	Прогноз т-ры воздуха МС «Алматы»			Ожид. высота «0», м	Осадки, мм	
	Интервал ожид. значений		Ср. сут.		Интервал ожид. величин, мм	В методику
	мин.	макс.				
02.07	20 – 22	33 – 35	27,5	3960	0 - 1	0,5
03.07	20 – 22	33 – 35	27,5	4090	0	0
04.07	25 – 27	35 – 37	31,0	4560	0	0
11.07	25 – 27	36 – 38	31,5	4310	0	0

4.2.2. Краткосрочный прогноз

Краткосрочный прогноз гляциальных селей. Критическими условиями для формирования гляциальных селей при краткосрочном прогнозе являются следующие гидрометеорологические факторы:

сумма среднесуточной температуры воздуха с 1 мая до даты составления прогноза по м/с «Мынжылки» не менее 108% среднемноголетней ее величины (таблица 4.13);

Таблица 4.13 – Критические величины сумм среднесуточных норм температур воздуха (T_i , °C) на различные даты селеопасного периода

Критерий	Июнь		Июль			Август		
	Даты							
	20	30	10	20	30	10	20	30
$T_i = 108\% \sum T_n$	201	284	370	479	551	655	743	821
<i>Примечание.</i> n = 1, 2, 3, ... n – количество суток, начиная с 1 мая до определенной даты последующих месяцев.								

Таблица 4.14 – Критические величины высоты нулевой изотермы

Критерий	Число суток	
	10	30
$Z_i = \sum (Z_{t=0})_n / n$, м	4200	4000

Таблица 4.15 – Критические величины слоя осадков (P_i , мм) за различные интервалы времени, предшествующие селявым потокам

Критерий	Число суток	
	10	30
$H_i = \sum H_n$, мм	30	95

средняя высота нулевой изотермы за десять дней до даты составления прогноза не ниже 4200 м, а за 30 дней – 4000 м (таблица 4.14);

сумма осадков по м/с «Мынжылкы» за десять дней до даты составления прогноза равна или больше 30 мм, за 30 дней – 95 мм (таблица 4.15).

В случае появления нового моренного озера (наполнение ранее пустовавшей котловины) составляется прогноз «возможно прохождение селявых потоков» независимо от метеорологических условий в гляциальной зоне (таблица 4.16).

При температурном фоне воздуха ниже критического и отсутствии существенных изменений в режиме стока реки Киши Алматы составляется прогноз «неселеопасно».

Если температурный фон воздуха и еще хотя бы один из метеорологических элементов (высота нулевой изотермы, осадки) выше критических их величин, то составляется прогноз «прохождение селявых потоков» при условии аномальных отклонений среднесуточных расходов воды реки Киши Алматы, а при невыполнении последнего усло-

Таблица 4.16 – Составление прогнозов прохождения селя или его отсутствия при различных сочетаниях гидрометеорологических факторов

№ п/п	Метеорологические факторы	Гидрологические факторы	Прогнозы
1	Независимо от метеорологических условий	1. Наполнение пустовавшей котловины. 2. Аномальное отклонение в режиме стока реки. 3. Прохождение селевого потока	Возможно прохождение селевых потоков
2	Превышение критических величин: температуры воздуха и одного из элементов – высоты нулевой изотермы или осадков	1. Аномальное отклонение в режиме стока реки. 2. Не наблюдается аномальных отклонений в режиме стока реки	Ожидается прохождение селевых потоков, селевых потоков не ожидается
3	Превышение критических величин по всем трем метеорологическим элементам – температура воздуха. Высота нулевой изотермы и осадки	Независимо от гидрологических условий	Селеопасно
4	Сумма среднесуточных температур воздуха ниже критической ее величины	Не наблюдается аномальных отклонений в режиме стока реки	Неселеопасно

вия составляется противоположный по содержанию прогноз «селевых потоков не ожидается».

В случае одновременного выполнения всех трех критериев метеорологических факторов, значения которых превышают критические величины, составляется прогноз «селеопасно» независимо от режима ледникового стока реки К. Алматы.

Для оценки прогнозов прохождения гляциальных селевых потоков или их отсутствия применяется альтернативная оценка: «оправдался» (100 %) или «не оправдался» 0 %. При этом в случае составления в течение двух и более суток подряд прогнозов одинакового содержания (критерии сходятся за нескольких дней) они объединяются в группу, которая принимается за один прогноз.

Если наблюдавшийся селевой поток был предусмотрен прогнозом, составленным на текущие сутки или в течение нескольких суток подряд, то прогноз считается оправдавшимся (100 %). Если селевой поток не наблюдался и не был предусмотрен прогнозом, составляемым на

текущие сутки или в течение нескольких суток подряд, то прогноз считается оправдавшимся (100 %).

Если же наблюдавшийся селевой поток не был предусмотрен прогнозом или, наоборот, предусматривался, но не наблюдался, то такой прогноз считается неоправдавшимся (0 %).

Если в летний период года было составлено несколько прогнозов, противоположных по содержанию, то оправдываемость методики прогноза находится по уравнению

$$P = \frac{N_1(+)+100\% + N_1(-)+0\% + N_2(+)+100\% + N_2(-)+0\%}{N},$$

где N – общее количество составленных в течение года прогнозов, включающих в себя оправдавшиеся (+) и неоправдавшиеся (–) прогнозы.

В качестве исходных гидрометеорологических данных для составления прогноза селей гляциального генезиса используются:

1) среднесуточная температура воздуха по м/с «Мынжылкы» за сутки, предшествующие составлению прогноза;

2) суточная сумма осадков по м/с «Мынжылкы» за сутки, предшествующие составлению прогноза;

3) высота нулевой изотермы по данным аэрологической станции «Г. Алматы» за 6 ч текущих суток;

4) среднесуточные расходы воды по гидропостам р. Киши Алматы – Мынжылкы, р. Улкен Алматы – выше озера, р. Талгар – поселок ГЭС, р. Иссык – Иванов лог, р. Турген – у выхода из гор за сутки, предшествующие составлению прогноза;

5) сведения о состоянии наполнения моренных озер, поступающие с временных постов ГУ «Казселезащита» или полученные в результате аэровизуальных и наземных рекогносцировочных обследований.

Алгоритм составления краткосрочного прогноза селевой опасности гляциального генезиса:

1. Начиная с 1 мая проводится последовательное суммирование с учетом знака среднесуточной температуры воздуха.

Если среднемесячная температура воздуха за май по м/с «Мынжылкы» равна или менее 0°C, то сумма температур этого месяца не принимается в расчет и суммирование проводится с июня. Сумма среднесуточных температур воздуха на конкретную дату сопоставляется с их критическим значением.

2. По данным о суточных суммах осадков проводится скользящее суммирование этих осадков за 10 и за 30 сут, предшествующих состав-

лению прогноза. Полученные суммы осадков сопоставляются с соответствующими критическими величинами.

3. По данным среднесуточной высоты нулевой изотермы проводится скользящее осреднение из значений за 10 и за 30 сут, предшествующих составлению прогноза. Полученные результаты сопоставляются с критическими величинами средней высоты нулевой изотермы за различные интервалы времени, предшествующие селевым потокам.

4. Сбор значений среднесуточных расходов воды по гидропостам р. Киши Алматы – Мынжылки, р. Улкен Алматы – выше озера, р. Кумбель – устье, р. Талгар – г. Талгар, р. Иссык – Иванов лог, р. Тургень – у выхода из гор (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Значения среднесуточных расходов воды по постам Иле Алатау

Дата (число, месяц, год)	Q , м ³ /с						\bar{Q} , м ³ /с
	р. Турген – у выхода из гор	р. Есик – Иванов лог	р. Талгар – поселок ГЭС	р. Кумбель – устье	р. Улкен Алматы – выше озера	р. Киши Алматы – Мынжылки	Суммарный ср. сток
13 июля 2017 г.	19,2	9,14	21,3	2,41	9,53	0,66	11,04
Коэффициент	0,7	1	0,7	5	1,2	8	

5. Корреляционные графики строятся на основе текущих данных среднесуточных расходов воды по гидропостам в целях выявления аномальных отклонений точек от основной полосы корреляции на графике. Расходы воды для расчета суммарного стока берутся с определенными коэффициентами: Турген и Талгар – 0,7, Кумбель – 5, Улкен Алматы – 1,2, Киши Алматы – 8. Средний суммарный расход воды вычисляется по формуле

$$Q_{\text{ср.}} = (0,7Q_{\text{Тург.}} + Q_{\text{Есик}} + 0,7Q_{\text{Талг.}} + 5Q_{\text{Кумб.}} + 1,2Q_{\text{У.Алм.}} + 8Q_{\text{К.Алм.}}) / 6 .$$

6. Отклонение среднесуточных расходов воды по гидропосту р. Киши Алматы от регрессионной прямой связи более чем на 70 % считается аномальным и является признаком возможного накопления талой воды во внутриледниковых емкостях.

7. Анализ динамики объемов моренных озер (по мере поступления информации) и оценка возможности их прорыва. Для прогноза селей, вызванных прорывом временных водоемов, могут служить данные аэровизуальных обследований о заполнении ранее пустовавших

озерных чаш. При выявлении подобных объектов (если не удастся осуществить контролируемое опорожнение озера) представляется возможным предупредить население и назвать примерные размеры селя (объем, расход, дальность выброса селевой смеси).

8. Составление прогноза прохождения гляциальных селевых потоков или их отсутствия на текущие сутки и ближайшие по данным прогноза температуры воздуха по м/с «Мынжылкы».

При этом высота нулевой изотермы на последующие сутки рассчитывается по зависимости высоты нулевой изотермы от минимальной температуры воздуха по м/с «Мынжылкы» (рисунок 4.20) по формуле

$$H_{\langle 0 \rangle} = -5,7738 (T_{\min})^2 + 181,68 T_{\min} + 3322,5.$$

03.07.2017 г. Прогноз температуры воздуха на 3000 м на ближайшие сутки 04.07.2017 г. На высоте 3000 м: ночью 9–11°С тепла, днем 15–20°С тепла.

Таким образом, минимальная температура воздуха ожидается 10°С (середина интервала ожидаемой величины). Высота нулевой изотермы при $T_{\min} = 10^\circ\text{C}$ по формуле $y = -5,7738x^2 + 181,68x + 3322,5$ завтра ожидается 4560 м.

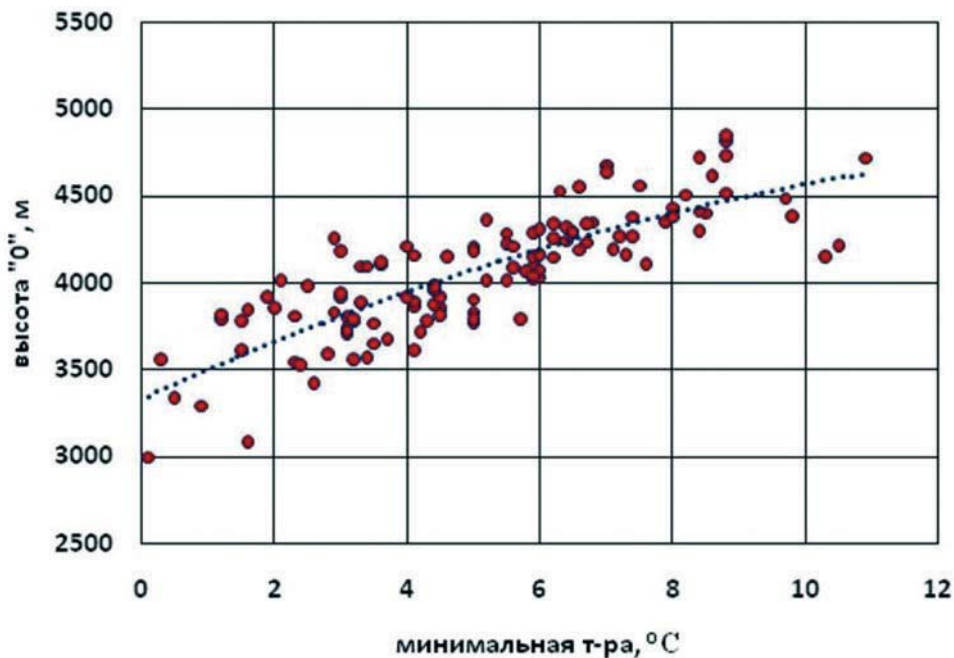


Рисунок 4.20 – График связи минимальной температуры воздуха на м/с «Мынжылкы» и высоты нулевой изотермы в 6 ч

Для составления прогноза селевой опасности на последующие трое суток в качестве среднесуточных температур воздуха в расчет закладывается среднеарифметическое значение прогнозных данных Казгидромета минимальных и максимальных температур воздуха (таблица 4.18); по прогнозу минимальных температур вычисляются ожидаемые высоты нулевой изотермы.

Таблица 4.18 – Пример: прогноз по Иле Алатау на 2–4 июля 2017 г.

Дата	Прогноз т-ры воздуха на 3 тыс.м				Ожид. высота «0», м	Осадки, мм	
	Интервал ожид. значений		Ср. сут.	Мин.		Интервал ожид. величин, мм	В методику
	мин.	макс.					
02.07	3 – 5	12 – 14	8,5	4	3960	0 – 1	0,5
03.07	4 – 6	14 – 16	10,0	5	4090	0	0
04.07	9 – 11	18 – 20	14,5	10	4560	0	0

Краткосрочный прогноз ливневых селей. Критериями, определяющими возможность возникновения селей ливневого генезиса, являются [78]:

Для селей, зарождающихся в высокогорье на м/с «Мынжылкы»:

суточный слой ожидаемых осадков не менее 40 мм;

температура воздуха в предшествующие сутки не менее 5 °С;

сумма среднесуточной температуры воздуха за 5 и 10 предшествующих суток 30 и 55 °С соответственно и более;

высота нулевой изотермы 4000 м и более;

сумма осадков за 10 и 30 предшествующих суток 30 и 95 мм соответственно и более.

Характеристики прогнозируемых при этом селей зависят от высотного распространения ожидаемых осадков. Если таковые ограничиваются только высокогорной зоной, то селевые явления здесь могут быть небольшого и среднего масштаба – III–II категории, а в среднегорной и низкогорных зонах – наносоводные паводки или без них. Если предполагается распространение очень сильных осадков также на среднегорные и низкогорные зоны (сумма осадков по м/с «Мынжылкы», м/с «Оз. Улкен Алматы» и «Алматы» 150 мм), то ожидается формирование крупных селевых потоков.

Для селей, формирующихся в среднегорной зоне на м/с «Оз. Улкен Алматы»:

суточный слой ожидаемых осадков не менее 40 мм;

температура воздуха в предшествующие сутки не менее 10 °С;

сумма среднесуточной температуры воздуха за 5 и 10 предшествующих суток 40 и 75 °С соответственно и более;
высота нулевой изотермы 3800 м и более;
сумма осадков за 10 и 30 предшествующих суток 55 и 110 мм соответственно и более.

При такой ситуации в среднегорной зоне отмечаются селевые потоки II–III категории, в низкогорной зоне – наносоводные паводки, в отдельных случаях – селепроявления или без них.

Для селей, формирующихся в низкогорье на м/с «Алматы», «Медеу»:
суточный слой ожидаемых осадков 20 мм и более;
температура воздуха в предшествующие сутки не менее 10 °С;
сумма среднесуточной температуры воздуха за 5 и 10 предшествующих суток 55 и 85 °С соответственно и более;
высота нулевой изотермы 3200 м и более;
сумма осадков за 10 и 30 предшествующих суток 40 и 100 мм соответственно и более.

При такой ситуации в низкогорной зоне наблюдаются селевые потоки III категории, наносоводные паводки.

Алгоритм составления прогноза селевых явлений ливневого генезиса для высокогорья. Алгоритмом составления прогноза селевых явлений в высокогорье является следующая последовательность действий:

1. Утром (в 9 ч) текущих суток по опорной метеостанции «Мынжылкы» собирается информация о среднесуточных значениях температуры воздуха и сумме осадков за прошедшие сутки, а также о количестве осадков, выпавших за ночь, температуре воздуха и высоте нулевой изотермы за 6 ч утра текущего дня.

2. По систематизируемым ежедневно с начала селеопасного сезона данным о среднесуточной температуре воздуха по м/с «Мынжылкы» рассчитываются их суммы за 5 и 10 прошедших суток. По систематизированным данным о суточных слоях осадков рассчитываются их суммы за 10 и 30 прошедших суток.

3. По данным о температуре воздуха и высоте нулевой изотермы за утро и количестве осадков, прошедших за ночь, о зафиксированных селевых явлениях определяется (на качественном уровне) соответствие текущей обстановки спрогнозированным накануне на текущие сутки значениям температуры воздуха, осадков и селевой опасности.

4. В случае совпадения текущей обстановки с предсказанной на текущие сутки накануне прогноз, составленный накануне, остается действующим на день текущих суток.

5. В случае значительных различий между наблюдаемыми и спрогнозированными значениями, а также при наличии корректировки прогноза осадков и температуры прогноз селеопасности на день текущих суток корректируется. Это может быть в случае, если ожидаемые по прогнозу осадки выпали за ночь и днем не предвидятся; если за ночь произошло снижение температурного фона и ожидаемые днем осадки будут иметь другие фазовые характеристики и высотное распределение и др.

6. В 14 ч текущих суток на основе прогноза Казгидромета осадков и температуры воздуха по горам на последующие сутки составляется прогноз селевых явлений на последующие сутки:

а) проводится совместный анализ:

ожидаемого по прогнозу Казгидромета среднесуточного значения температуры воздуха на высоте 3000 м,

ожидаемого по прогнозу Казгидромета минимального значения температуры воздуха на высоте 3000 м,

ожидаемой высоты нулевой изотермы, рассчитанной по прогнозу минимальной температуры воздуха по формуле

$$H \llcorner 0 \gg = -5,7738 (T_{\min})^2 + 181,68 T_{\min} + 3322,5,$$

значений сумм среднесуточной температуры воздуха на м/с «Мынжылкы» за 5 и 10 прошедших суток, рассчитанных при сборе информации в 9 ч,

определяется ожидаемое фазовое состояние осадков в высокогорье;

б) по рассчитанным утром значениям сумм суточных слоев осадков по метеостанции «Мынжылкы» за прошедшие 10 и 30 сут с учетом осадков, выпавших за ночь текущих суток, определяется состояние увлажненности почвы в последующие сутки;

в) по высотному распределению прогнозируемой на последующие сутки температуры воздуха находится высотное распределение ожидаемых в последующие сутки осадков;

г) в результате сравнения прогнозируемых значений осадков, фазового состояния осадков и увлажненности с их критическими значениями составляется прогноз селевых явлений или их отсутствия на последующие сутки.

Алгоритм оценки текущей и прогнозной ситуации по критериям:

1. Оценка фазового состояния прогнозируемых осадков на последующие сутки, составляемая в 14 ч текущих суток по критериям (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Критерии фазового состояния ожидаемых осадков на м/с «Мынжылкы»

Если			То
$T_{\text{ср.сут.}}$ прогнозируемая на последующие сутки, °С	сумма $T_{\text{ср.сут.}}$ за 5 прошедших суток, °С	сумма $T_{\text{ср.сут.}}$ за 10 прошедших суток, °С	
< 5	Любая	Любая	В высокогорье осадки ожидаются в твердом виде
>5	> 30	>55	На высоте 3000 м осадки ожидаются в жидком виде
>10–12	> 30	>55	В высокогорье осадки ожидаются в жидком виде
>5	> 30	<55	В высокогорье осадки ожидаются в смешанном виде
>5	<30	>55	В высокогорье осадки ожидаются в смешанном виде

Таблица 4.20 – Критерии прогнозируемого увлажнения почвы на м/с «Мынжылкы»

Если		То
сумма осадков за 10 прошедших суток, мм	сумма осадков за 30 прошедших суток, мм	
>30	>90	Высокая увлажненность
>30	<90	Средняя увлажненность
<30	<90	Низкая увлажненность

Таблица 4.21 – Прогнозируемое высотное распределение осадков на м/с «Мынжылкы»

Если прогнозируемое на последующие сутки значение $T_{\text{ср.сут.}}$ °С	То распределение прогнозируемых на последующие сутки осадков
10–12	Максимум осадков – в высокогорной зоне, в среднегорной и низкогорной зонах – меньшее количество осадков
8	Максимум осадков – в среднегорной зоне, в высокогорной и низкогорной зонах – меньшее количество осадков
5	Максимум осадков – в низкогорной зоне, в высокогорной и среднегорной зонах – меньшее количество осадков

2. Оценка прогнозируемой на последующие сутки увлажненности почвы в высокогорной зоне, составляемая в 14 ч текущих суток по критериям (таблица 4.21).

3. Определение высотного распределения ожидаемых в последующие сутки осадков в зависимости от ожидаемого в последующие сутки значения температуры воздуха на м/с «Мынжылкы», осуществляемое в 14 ч текущих суток (таблица 4.22).

Таблица 4.22 – Критерии прогноза селевых явлений

Если				То
ожидаемое количество осадков, мм	ожидаемая зона выпадения мах осадков	фазовое состояние ожидаемых осадков в зоне выпадения мах осадков	увлажненность в зоне выпадения мах осадков	прогноз селевых явлений
< 40	Высокогорье	В виде дождя	Высокая, средняя, низкая	Селевые явления не ожидаются
40		В виде дождя	Высокая	Возможны грязекаменные потоки в высокогорной зоне
>40 (50 и более)		В смешанном виде	Высокая, средняя, низкая	Селевые явления в высокогорной зоне не ожидаются
40		В виде дождя	Низкая	Селевые явления в высокогорной зоне не ожидаются
>40 (50 и более), сумма осадков по высокогорью, среднегорью и низкогорью 150 и более		В виде дождя	Высокая	Ожидаются крупные селевые явления
>40 (50 и более)		В виде дождя	Средняя, низкая	Возможны грязекаменные потоки в высокогорной зоне, в среднегорной и низкогорной зонах наносоводные паводки и небольшие грязекаменные сели

4. Уточнение у синоптиков Казгидромета количества ожидаемых в последующие сутки осадков: 20; 30; 40 и 50 мм?

5. Анализ прогнозируемой на последующие сутки обстановки и составление прогноза селевых явлений в высокогорье или их отсутствия (таблица 4.23).

На ближайшие трое суток прогноз селевой опасности составляется по такой же схеме, при этом в последующие три дня закладываются прогнозные величины температуры воздуха и осадков, а также расчетные значения высоты нулевой изотермы. Порядок расчетов описан в разделе «Сели гляциального генезиса».

Алгоритмом составления прогноза селевых явлений ливневого генезиса в среднегорье является следующая последовательность действий:

1. Утром (в 9 ч) текущих суток по опорной метеостанции «БАО» (оз. Улкен Алматы) собирается информация о среднесуточных значениях температуры воздуха и сумме осадков за прошедшие сутки, а также о количестве осадков, выпавших за ночь, температуре воздуха и высоте нулевой изотермы за 6 ч утра текущего дня.

2. По систематизируемым ежедневно с начала селеопасного сезона данным о среднесуточной температуре воздуха по м/с «БАО» рассчитываются их суммы за 5 и 10 прошедших суток. По систематизированным данным о суточных слоях осадков находятся их суммы за 10 и 30 прошедших суток.

3. По данным о температуре воздуха и высоте нулевой изотермы за утро и количестве осадков, прошедших за ночь, о зафиксированных селевых явлениях определяется (на качественном уровне) соответствие текущей обстановки спрогнозированным накануне на текущие сутки значениям температуры воздуха, осадков и селевой опасности.

4. В случае совпадения текущей обстановки с предсказанной на текущие сутки прогноз, составленный накануне, остается действующим на день текущих суток.

5. В случае значительных различий между наблюдаемыми и спрогнозированными значениями, а также при наличии корректировки прогноза осадков и температуры прогноз селеопасности на день текущих суток корректируется. Это может быть в случае, если ожидаемые по прогнозу осадки выпали за ночь и днем не предвидятся; если за ночь произошло снижение температурного фона, и ожидаемые днем осадки будут иметь другие фазовые характеристики и высотное распределение и др.

6. В 14 ч текущих суток на основе прогноза Казгидромета осадков и температуры воздуха по горам на последующие сутки составляется прогноз селевых явлений на последующие сутки:

а) по прогнозируемому значению среднесуточной температуры воздуха на высоте 2000 м по градиенту $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ рассчитывается температура воздуха для м/с «Оз. Улкен Алматы»; по полученному значению ожидаемой среднесуточной температуры воздуха на м/с «Оз. Улкен Алматы» и рассчитанным (по собранным утром сведениям) значениям ее сумм за 5 и 10 прошедших суток определяется ожидаемое в последующие сутки фазовое состояние осадков в среднегорной зоне;

г) по рассчитанным утром значениям сумм суточных слоев осадков по метеостанции «Оз. Улкен Алматы» за прошедшие 10 и 30 сут с учетом выпавших за ночь текущих суток определяется состояние увлажненности почвы в последующие сутки;

д) по высотному распределению прогнозируемой на последующие сутки температуры воздуха определяется высотное распределение ожидаемых в последующие сутки осадков;

е) в результате сравнения прогнозируемых значений осадков, фазового состояния осадков и увлажненности с их критическими значениями составляется прогноз селевых явлений или их отсутствия на последующие сутки.

Алгоритм оценки текущей и прогнозной ситуации в среднегорной зоне по критериям:

1. Оценка фазового состояния прогнозируемых осадков на последующие сутки, составляемая в 14 ч текущих суток по критериям, изложенным в таблице 4.23.

2. Оценка прогнозируемой на последующие сутки увлажненности, составляемая в 14 ч текущих суток по критериям, представленным в таблице 4.24.

3. Определение высотного распределения ожидаемых в последующие сутки осадков в зависимости от ожидаемого в последующие сутки значения температуры воздуха на м/с «Мынжылкы», осуществляемое в 14 ч текущих суток (таблица 4.25).

4. Уточнение у синоптиков количества ожидаемых в последующие сутки осадков: 20; 30 мм; 40 и 50 мм?

5. Анализ прогнозируемой на последующие сутки обстановки и составление прогноза селевых явлений или их отсутствия (таблица 4.26).

Алгоритмом составления прогноза селевых явлений ливневого генезиса в низкогорье является следующая последовательность действий:

1. Утром (в 9 ч) текущих суток по опорной метеостанции «Алматы» собирается информация о среднесуточных значениях температуры воздуха и сумме осадков за прошедшие сутки, а также о количестве осадков, выпавших за ночь, температуре воздуха и высоте нулевой изотермы за 6 ч утра текущего дня.

Таблица 4.23 – Критерии фазового состояния прогнозируемых осадков на м/с «Оз. Улкен Алматы»

Если			То
$T_{\text{ср.сут.}}$ прогнозируемая на последующие сутки, °С	сумма $T_{\text{ср.сут.}}$ за 5 прошедших суток, °С	сумма $T_{\text{ср.сут.}}$ за 10 прошедших суток, °С	
< 5	Любая	Любая	В среднегорье осадки ожидаются в твердом виде
>5	> 45	>75	На высоте 2500 м осадки ожидаются в жидком виде
>10	> 45	>75	В среднегорье осадки ожидаются в жидком виде
>5	< 45	<75	На высоте 2500 м осадки ожидаются в смешанном виде
>10	< 45	<75	В среднегорье осадки ожидаются в смешанном виде

Таблица 4.24 – Критерии прогнозируемого увлажнения почвы на м/с «Оз. Улкен Алматы»

Если		То
сумма осадков за 10 прошедших суток, мм	сумма осадков за 30 прошедших суток, мм	
>55	>110	Высокая увлажненность
>55	110	Средняя увлажненность
<55	<110	Низкая увлажненность

Таблица 4.25 – Критерии прогнозируемого высотного распределения осадков на м/с «Мынжылкы»

Если прогнозируемое на последующие сутки значение $T_{\text{ср.сут.}}$, °С	То распределение прогнозируемых на последующие сутки осадков
10-12	Максимум осадков – в высокогорной зоне, в среднегорной и низкогорной зонах – меньшее количество осадков
8	Максимум осадков – в среднегорной зоне, в высокогорной и низкогорной зонах – меньшее количество осадков
5	Максимум осадков – в низкогорной зоне, в высокогорной и среднегорной зонах – меньшее количество осадков

Таблица 4.26 – Критерии прогноза селевых явлений

Если				То
ожидаемое количество осадков, мм	ожидаемая зона выпадения осадков	фазовое состояние ожидаемых осадков в зоне выпадения осадков	увлажненность в зоне выпадения осадков	Прогноз селевых явлений
1	2	3	4	5
< 40	Высокогорье	В виде дождя	Высокая, средняя, низкая	Селевые явления не ожидаются
40		В виде дождя	Высокая	Возможны грязекаменные потоки в высокогорной зоне, в среднегорной и низкогорной зонах – наносоводные паводки и небольшие грязекаменные сели
>40 (50 и более)		В смешанном виде	Высокая, средняя, низкая	Селевые явления в высокогорной зоне не ожидаются
40		в виде дождя	низкая	Селевые явления в высокогорной зоне не ожидаются
>40 (50 и более), сумма осадков по высокогорью, среднегорью и низкогорью 150 и более		В виде дождя	Высокая	Ожидаются крупные селевые явления
>40 (50 и более)		В виде дождя	Средняя, низкая	Возможны грязекаменные потоки в высокогорной зоне, в среднегорной и низкогорной зонах наносоводные паводки и небольшие грязекаменные сели

Окончание таблицы 4.26

1	2	3	4	5
< 40 (40–30)	Средне- горье	В виде дождя	Высокая	Селевые явления в среднегорной зоне не ожидаются. Возможны наносоводные паводки и селевые выбросы в низкогорной зоне
40		В смешанном виде	Высокая, средняя, низкая	Селевые явления в среднегорной зоне не ожидаются. Возможны наносоводные паводки и селевые выбросы в низкогорной зоне
40		В виде дождя	Высокая	Ожидаются селевые потоки в среднегорной зоне. Возможны наносоводные паводки и селевые выбросы в низкогорной зоне
40		В виде дождя	Низкая	Селевые явления в среднегорной зоне не ожидаются. Возможны наносоводные паводки и селевые выбросы в низкогорной зоне
>40		В виде дождя	Высокая, средняя	Ожидаются селевые потоки в среднегорной зоне. В низкогорной зоне – наносоводные паводки, селевые и небольшие грязекаменные сели
20 и более	Низко- горье	В виде дождя	Высокая	Ожидаются наносоводные паводки, небольшие грязекаменные сели в низкогорной зоне
20 и более		В смешанном или твердом виде	Высокая, средняя, низкая	Селевые явления не ожидаются
20 и более		В виде дождя	Низкая	Селевые явления не ожидаются
< 20		В виде дождя	Высокая, средняя, низкая	Селевые явления не ожидаются

2. По систематизируемым ежедневно с начала селеопасного сезона данным о среднесуточной температуре воздуха по м/с «Алматы» рассчитываются их суммы за 5 и 10 прошедших суток. По систематизированным данным о суточных слоях осадков находятся их суммы за 10 и 30 прошедших суток.

3. По данным о температуре воздуха и высоте нулевой изотермы за утро и количестве осадков, прошедших за ночь, о зафиксированных селевых явлениях определяется (на качественном уровне) соответствие текущей обстановки спрогнозированным накануне на текущие сутки значениям температуры воздуха, осадков и селевой опасности.

4. В случае совпадения текущей обстановки с предсказанной на текущие сутки прогноз, составленный накануне, остается действующим на день текущих суток.

5. В случае значительных различий между наблюдаемыми и спрогнозированными значениями, а также при наличии корректировки прогноза осадков и температуры прогноз селеопасности на день текущих суток корректируется. Это может быть в случае, если ожидаемые по прогнозу осадки выпали за ночь и днем не предвидятся; если за ночь произошло снижение температурного фона, и ожидаемые днем осадки будут иметь другие фазовые характеристики и высотное распределение и др.

6. В 14 ч текущих суток на основе прогноза осадков и температуры воздуха по горам составляется прогноз селевых явлений на последующие сутки:

а) по прогнозируемому значению температуры воздуха на м/с «Алматы» и рассчитанным значениям сумм для м/с «Алматы», «Медеу» за 5 и 10 прошедших суток определяется фазовое состояние ожидаемых осадков в низкогорной зоне;

г) по рассчитанным утром значениям сумм суточных слоев осадков по метеостанциям «Алматы», «Медеу» за прошедшие 10 и 30 сут с учетом выпавших за ночь текущих суток определяется состояние увлажненности почвы в последующие сутки;

д) по высотному распределению прогнозируемой на последующие сутки температуры воздуха находится высотное распределение ожидаемых в последующие сутки осадков;

е) в результате сравнения прогнозируемых значений осадков, фазового состояния осадков и увлажненности с их критическими значениями составляется прогноз селевых явлений или их отсутствия на последующие сутки.

Алгоритм оценки текущей и прогнозной ситуации по критериям:

1. Оценка фазового состояния прогнозируемых осадков на последующие сутки, составляемая в 14 ч текущих суток по критериям (таблица 4.27).

2. Оценка прогнозируемой на последующие сутки увлажненности, составляемая в 14 ч текущих суток по критериям (таблица 4.28).

3. Определение высотного распределения ожидаемых в последующие сутки осадков в зависимости от ожидаемого в последующие сутки значения температуры воздуха на м/с «Мынжылкы», осуществляемое в 14 ч текущих суток (таблица 4.29).

4. Уточнение у специалистов-синоптиков Казгидромета количества ожидаемых в последующие сутки осадков: 20; 30; 40 и 50 мм?

5. Анализ прогнозируемой на последующие сутки обстановки и составление прогноза селевых явлений или их отсутствия (таблица 4.30).

Таблица 4.27 – Критерии прогноза фазового состояния осадков на м/с «Алматы», «Медеу»

Если			То
< 5°C	любая	любая	В низкогорье осадки в твердом виде
> 10°C	> 55°C	> 85°C	В низкогорье осадки в жидком виде

Таблица 4.28 – Критерии прогноза увлажненности почвы на м/с «Медеу»

Если		То
сумма осадков за 10 прошедших суток, мм	сумма осадков за 30 прошедших суток, мм	
>40	>100	Высокая увлажненность
>40	<100	Средняя увлажненность
<40	<100	Низкая увлажненность

Таблица 4.29 – Критерии прогноза высотного распределения осадков на м/с «Мынжылкы»

Если Прогнозируемое на последующие сутки значение $T_{cp.сут.}$ °C	То Распределение прогнозируемых на последующие сутки осадков
10-12	Максимум осадков в высокогорной зоне, в среднегорной и низкогорной зонах – меньшее количество осадков
8	Максимум осадков в среднегорной зоне, в высокогорной и низкогорной зонах – меньшее количество осадков
5	Максимум осадков в низкогорной зоне, в высокогорной и среднегорной зонах – меньшее количество осадков

Таблица 4.30 – Критерии прогноза селевых явлений

Дата	Прогноз т-ры воздуха на 3 тыс. м, °С				Ожид. высота «0», м	Осадки, мм	
	Интервал ожид. значений		Ср. сут.	Мин.		Интервал ожид. величин, мм	В мето- дику
	мин.	макс.					
02.07	3 – 5	12 – 14	8,5	4	3960	0 – 1	0,5
03.07	4 – 6	14 – 16	10,0	5	4090	0	0
04.07	9 – 11	18 – 20	14,5	10	4560	0	0

Дата	Прогноз т-ры воздуха 2 тыс. м, °С			Ожид. высота «0», м	Осадки, мм	
	Интервал ожид. значений		Ср.сут.		Интервал ожид. величин, мм	В мето- дику
	мин.	макс.				
02.07	10 – 12	21 – 23	16,5	3960	0 – 1	0,5
03.07	10 – 12	21 – 23	16,5	4090	0	0
04.07	15 – 17	25 – 27	21,0	4560	0	0

Дата	Прогноз т-ры воздуха м/с «Алматы», °С			Ожид. высота «0», м	Осадки, мм	
	Интервал ожид. значений		Ср. сут.		Интервал ожид. величин, мм	В мето- дику
	мин.	макс.				
02.07	20 – 22	33 – 35	27,5	3960	0 - 1	0,5
03.07	20 – 22	33 – 35	27,5	4090	0	0
04.07	25 – 27	35 – 37	31,0	4560	0	0

4.2.3. Сверхкраткосрочный прогноз селевой опасности

Основной задачей сверхкраткосрочного прогноза селей является предотвращение гибели людей. Это достигается тем, что заблаговременность предупреждения превышает время добегания селя до объектов массового пребывания людей. Упомянутое требование является основным при разработке сверхкраткосрочного прогноза селей и системы оповещения о селевой опасности [79]. Реальность возможности своевременного сверхкраткосрочного предупреждения о формировании селей была подтверждена многолетней эксплуатацией в РГП «Казгидромет» системы РОС (радиооповеститель селя) на реках северного склона Иле Алатау и работой наблюдателей ГУ «Казселезащита» в высокогорной зоне.

Качество метода прогноза селей зависит от многих факторов:

- степени склонности разработчика метода прогноза к проведению научно-исследовательских работ;
- понимания разработчиком метода прогноза физических процессов, определяющих зарождение, развитие и деградацию селей;
- знания разработчиком метода прогноза методов прогнозирования, применявшихся ранее, их достоинств и недостатков;
- объема и достоверности информации о селевых процессах, использованной при разработке метода прогноза;
- качества и своевременной доступности гидрометеорологической информации, используемой в процессе прогнозирования.

В ситуации, когда сели образуются в результате выпадения ливневых жидких осадков, оправдываемость прогнозов селей в значительной мере определяется качеством прогноза осадков. Развитие численных краткосрочных методов прогноза осадков сдерживается недостаточной «плотностью» сети метеостанций и необходимостью уменьшения в 2–3 раза погрешности наблюдений. Используемый в настоящее время синоптический метод прогноза осадков приводит к большому числу перестраховочных прогнозов селей.

Сверхкраткосрочный прогноз селей дождевого генезиса (с заблаговременностью 1–1,5 ч) разработан для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы. Поскольку заблаговременность сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей относительно невелика, представляется целесообразным увеличение его эффективности за счет предварительной подготовленности к возникновению чрезвычайной ситуации подразделений Казгидромета и ЧС, принимающих участие в мониторинге и проведении мероприятий, направленных на предотвращение и смягчение ущерба, наносимого селями. Положительный эффект достигается поэтапным оповещением государственных органов и населения о потенциальной угрозе, что позволит практически на порядок увеличить оправдываемость прогноза катастрофических селей дождевого генезиса при заблаговременности, обеспечивающей безопасность людей, оказавшихся в потенциально опасной зоне.

Для северного склона Иле Алатау слоем осадков, при превышении которого вероятность формирования селя дождевого генезиса резко возрастает, принято считать 40 мм. В среднегорной и высокогорной зонах северного склона Иле Алатау подобные осадки выпадают в среднем один раз в 2–3 года. В последние десятилетия сели, угрожающие здоровью и жизни людей и наносящие существенный ущерб, формируются в среднем один раз в 4 года. Следовательно, если выпадение

40 мм жидких осадков принять за критерий целесообразности предупреждения о селевой опасности, оправдываемость прогноза будет близка к 50 %, а один из двух прогнозов можно квалифицировать как перестраховочный.

Прогноз селей осуществляется отдельно для селевых очагов, высота водосборов которых не превышает 3500 м, и селевых очагов, водосборы которых превышают 3500 м. В дальнейшем селевые бассейны, водосборы которых не превышают 3500 м, будем условно называть среднегорье, а селевые бассейны, водосборы которых превышают 3500 м, – высокогорье.

Исходными данными для прогноза селевой опасности являются:

- высота снеговой линии;
- данные об осадках за предшествующие 60 сут по МС «Шымбулак» для среднегорья;
- данные об осадках за предшествующие 60 сут по МС «Мынжылкы» для высокогорья;
- прогностическое значение осадков для высот 2000 и 3000 м;
- время начала выпадения осадков на МС «Мынжылкы» и (или) МС «Шымбулак»;
- температура воздуха на МС «Мынжылкы» и МС «Шымбулак» на момент начала выпадения жидких осадков;
- фазовый состав осадков на МС «Мынжылкы» и (или) МС «Шымбулак»;
- время, когда слой выпадающих жидких осадков на МС «Мынжылкы» и (или) МС «Шымбулак» превысит 40 мм;
- температура воздуха на МС «Мынжылкы» и МС «Шымбулак» на момент выпадения 40 мм;
- фазовый состав осадков на МС «Мынжылкы» и (или) МС «Шымбулак» на момент выпадения 40 мм;
- время, когда слой выпадающих жидких осадков на МС «Мынжылкы» и МС «Шымбулак» превысит 50 мм или осадки прекратятся, не достигнув 50 мм;
- время возобновления жидких осадков в течение прогнозируемого периода на МС «Мынжылкы» и МС «Шымбулак»;
- температура воздуха на МС «Мынжылкы» и МС «Шымбулак» в момент возобновления осадков;
- время, когда слой выпавших за дождь жидких осадков превысит 60, 70 мм и т.д.;
- время изменения фазового состава осадков.

Алгоритм сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса для бассейнов рек Киши и Улкен Алматы. Алгоритм сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса представлен на рисунке 4.21.

Таблица 4.31 – Алгоритм расчетов влагозапасов

1	Расчет влагозапасов производится в программе Excel
2	Расположить значения осадков и даты их выпадения сверху вниз по мере нарастания дат. Пронумеровать осадки и даты их выпадения снизу вверх
3	Напечатать (не копировать) значения осадков из столбца “Осадки” в столбец “Образец”
4	В конце столбца “Образец” ввести формулу для расчета показателя S_0
	$=\text{СУММ}(\text{число1}:\text{число2})+0,9*\text{СУММ}(\text{число3}:\text{число10})+$ $+0,8*\text{СУММ}(\text{число11}:\text{число20})+0,7*\text{СУММ}(\text{число21}:\text{число30})+$ $+0,6*\text{СУММ}(\text{число31}:\text{число40})+0,5*\text{СУММ}(\text{число41}:\text{число50})+$ $+0,4*\text{СУММ}(\text{число51}:\text{число60})$ (Enter)
5	Ниже этой строки столбца “Образец” ввести формулу для расчета влагозапасов W_{150}
	$=255,7-0,33*S_0+0,019*\text{СТЕПЕНЬ}(S_0; 2)-0,00008*\text{СТЕПЕНЬ}(S_0; 3)+$ $+1,06*\text{СТЕПЕНЬ}(10; -7) * \text{СТЕПЕНЬ}(S_0; 4)$ (Enter)
6	Ежедневно вносится информация об осадках следующим образом: первая строка столбцов (“Даты, Осадки”) удаляется со сдвигом всех последующих значений на одну строку (меню Правка/команда Удалить/Ячейки, со сдвигом вверх), в конце этих столбцов вносится дата и соответствующее значение осадков
7	Измененные значения столбца “Осадки” скопировать и поместить их в столбец “Расчет влагозапасов”. Скопировать в конце столбца “Образец” формулу для расчета показателя S_0 и формулу для расчета влагозапасов W_{150} , поместить их в конец столбца “Расчет влагозапасов”. Произойдет автоматический расчет показателя S_0 и влагозапасов W_{150}
8	Рассчитанное значение влагозапаса W_{150} напечатать в таблицу “Влагозапасы”. Затем данные из столбца “Расчет влагозапасов” таблицы “Расчет влагозапасов” стереть
9	Для дальнейшего ежедневного расчета влагозапасов повторить действия 6-8

Схема составления прогноза:

Шаг 1. Определение высоты снеговой линии. Наблюдения начинают с момента, когда фронт снеговой линии находится на высотах 2500–

2700 м. Результаты наблюдений записываются с указанием даты и высоты положения снеговой линии. Если высота положения снеговой линии для среднегорья более 3000 м, а для высокогорья менее 3500 м, прогноз осуществляется для среднегорья.

Если высота положения снеговой линии для высокогорья превышает 3500 м, прогноз осуществляется для среднегорья и высокогорья.

Шаг 2. Расчет показателя предшествующего увлажнения:

где $\sum_1^2 h_i$, $\sum_3^0 h_i$ и т.д. – сумма осадков соответственно за первые и

$$S_o = \sum_1^2 h_i + 0,9 \sum_3^0 h_i + 0,8 \sum_1^0 h_i + 0,7 \sum_2^0 h_i + 0,6 \sum_3^0 h_i + 0,5 \sum_4^0 h_i + 0,4 \sum_5^0 h_i,$$

вторые, третьи – десятые и т.д. сутки до расчетной даты) и влагозапасов в слое грунта 150 см (формула А. Ф. Литовченко, усовершенствована в ходе работы над прогнозом $W_{150} = 255,7 - 0,3 S_o + 0,019 S_o^2 - 0,00008 S_o^3 + 1,06 \cdot 10^{-7} S_o^4$).

Расчет выполняется для среднегорья и высокогорья по алгоритму, приведенному в таблице 4.31.

Шаг 3. Если слой прогнозируемых осадков по МС «Мынжылкы» и (или) МС «Шымбулак» более 15 мм, прогноз продолжается. Информация о прогнозе сильных осадков передается на МС «Мынжылкы» и МС «Шымбулак» (с целью подготовки персонала к наблюдениям за ходом выпадения осадков, изменением температуры воздуха и фазы выпадающих осадков), а также «Группе прогноза селей».

Шаг 4. Если слой прогнозируемых осадков по МС «Мынжылкы» и (или) МС «Шымбулак» более 15 мм, находится высота нулевой изотермы на момент начала осадков. По данным прогноза температуры воздуха на 2000 и 3000 м устанавливается высота нулевой изотермы.

Расчет высоты нулевой изотермы осуществляется по формуле где 3017 – высота МС «Мынжылкы», м; 817 – разница высот МС

$$H^i = 3017 + \frac{817 T_M}{T_o - T_M},$$

«Мынжылкы» и МС «Шымбулак», м; T_M – температура воздуха на МС «Мынжылкы» на начало дождя, °С; T_o – температура воздуха на МС «Шымбулак» на начало дождя на МС «Мынжылкы», °С.

Если Н° для среднегорья превышает 3000 м – составление прогноза для среднегорья продолжается. Если Н° для высокогорья превышает 4000 м – составление прогноза для высокогорья продолжается.

Шаг 5:

1. О превышении слоя дождя 40 мм наблюдатели метеостанций информируют «Группу прогноза селей».

2. Если влагозапасы по МС «Мынжылкы» менее 500 мм и по МС «Шымбулак» менее 400 мм, а температура воздуха на МС «Мынжылкы» менее 3 °С, а на МС «Шымбулак» более 3 °С, «Группой прогноза селей» дается прогноз «Ожидается сель в среднегорье».

3. Если влагозапасы по МС «Мынжылкы» более 500 мм и по МС «Шымбулак» более 400 мм, а температура воздуха на МС «Мынжылкы» превышает 3 °С, «Группой прогноза селей» дается прогноз «Ожидается сель в среднегорье» и «Ожидается катастрофический сель в высокогорье».

Шаг 6:

1. О превышении величины слоя дождя 50 мм наблюдатели метеостанций информируют «Группу прогноза селей».

2. Об изменении фазового состава осадков наблюдатели метеостанций должны информировать «Группу прогноза селей» в течение 5 мин.

За один дождь принимается сумма жидких осадков, если перерыв между ними не превышал 6 ч.

Если прогноз селей осуществляется по данным: «быстрое уменьшение уровня воды в водоеме», «внезапный выход водного потока из современной морены», «слияние селя (образовавшегося в бассейне притока) с водами основной реки», предупрежденность становится равной времени добегания селя до объекта поражения, т.е. 20–30 мин.

4.3. Оповещение о селевой опасности

4.3.1. Основные принципы функционирования системы оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях

Оповещение и информирование населения о селевой опасности является частным случаем оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях.

Оповещение населения о чрезвычайных ситуациях – это доведение до населения сигналов оповещения и экстренной информации об опасностях, возникающих при угрозе возникновения или возникнове-

нии чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также о правилах поведения населения и необходимости проведения мероприятий по защите.

Информирование населения о чрезвычайных ситуациях – это доведение до населения через средства массовой информации и по иным каналам о прогнозируемых и возникших чрезвычайных ситуациях, принимаемых мерах по обеспечению безопасности населения и территорий, приемах и способах защиты, а также проведение пропаганды знаний в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в том числе обеспечения безопасности людей на водных объектах и обеспечения пожарной безопасности.

Зона экстренного оповещения населения – это территория, подверженная риску возникновения быстроразвивающихся опасных природных явлений и техногенных процессов, представляющих непосредственную угрозу жизни и здоровью находящихся на ней людей.

Границы зон экстренного оповещения населения определяются нормативными актами органов государственной власти по согласованию с территориальными органами исполнительной власти, в полномочия которых входит решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также с органами местного самоуправления и организациями, на территориях которых может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Оповещение населения о чрезвычайных ситуациях позволяет защитить жителей от негативных последствий опасного явления. Оно включает в себя комплекс мер, которые позволяют заблаговременно предупредить жителей о возможных чрезвычайных ситуациях, а также их последствиях. Значительная экономическая целесообразность функционирования систем оповещения подтверждена на практике.

Для того чтобы эффективно отреагировать на различные угрозы, органы ЧС, совместно с органами власти, формируют определенные обращения, при помощи которых можно будет дать сжатую и предельно актуальную информацию населению. Для этого изначально моделируются различные возможные ситуации, для каждой из них составляется текст. Вся информация не должна занимать больше 5 мин.

Оповещение и информирование населения о чрезвычайных ситуациях крайне важно еще и по той причине, что отсутствие конкретных данных и соответствующей реакции местных властей в случае ЧС способно создать условия для возникновения панических настроений. Стоит отметить, что паника потенциально опасна не менее, чем сама угроза. Более того, информационный блок должен быть понятным.

Люди, услышав информацию и рекомендации, должны осознать ее без искажений и неверных выводов.

Порядок оповещения населения предусматривает сначала при любом характере опасности включение электрических сирен, прерывистый (завывающий) звук которых означает единый сигнал опасности: «Внимание всем!». Услышав этот звук (сигнал), люди должны немедленно включить имеющиеся у них средства приема речевой информации – радиоточки, радиоприемники и телевизоры, чтобы прослушать информационные сообщения, а также рекомендации по поведению в сложившихся условиях.

Для решения задач оповещения на всех уровнях создаются специальные системы централизованного оповещения. Системы оповещения имеют несколько уровней – республиканский, региональный, территориальный, местный и объектовый. Основными уровнями, связанными непосредственно с оповещением населения, являются территориальный, местный и объектовый. Система оповещения любого уровня представляет собой организационно-техническое объединение оперативно-дежурных служб органов управления данного уровня, специальной аппаратуры и средств оповещения, а также каналов связи, обеспечивающих передачу команд управления и речевой информации в чрезвычайных ситуациях. Основным способом оповещения и информирования населения – передача речевых сообщений по сетям вещания. При этом используются радиотрансляционные сети, радиовещательные и телевизионные станции.

Система оповещения города. Верхнее звено системы оповещения крупного города устанавливается в органе управления ДЧС города, где организовано постоянное дежурство ответственных лиц.

Основным средством доведения до населения условного сигнала об опасности являются электрические сирены. Они устанавливаются по территории городов и населенных пунктов с таким расчетом, чтобы обеспечить, по возможности, их сплошное звукопокрытие. Сирены наружной установки обеспечивают радиус эффективного звукопокрытия в городе порядка 300–400 м.

Другим эффективным элементом систем оповещения населения служат сети уличных громкоговорителей. В отличие от электросирен, передающих лишь условный сигнал опасности, с помощью уличных громкоговорителей можно транслировать звук электросирен и осуществлять затем передачу речевых информационных сообщений.

В зависимости от характера и масштаба угрозы населению применяются различные формы и способы оповещения населения – от са-

мых простых, таких, как «подворовый обход», до более современных с использованием системы автодозвона по проводным линиям связи, сети теле-радиовещания, ресурсов операторов сотовой связи, интернет-технологий и т.д.

Необходимо проводить обучение, занятия и тренировки по эксплуатации комплексных систем экстренного оповещения с соответствующими должностными лицами, а также обучение населения порядку действий при получении сигналов оповещения и экстренной информации.

Редакции средств массовой информации обязаны незамедлительно и на безвозмездной основе выпускать в свет (в эфир) по требованию органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, экстренную информацию об опасностях, возникающих при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Непосредственная организация выполнения практических работ по созданию, поддержанию в готовности к применению систем оповещения населения, в том числе экстренного оповещения населения, возлагается на органы исполнительной власти, органы местного самоуправления и организации, эксплуатирующие потенциально опасные объекты, включая объекты с большим скоплением людей, вне зависимости от формы их собственности.

Локальные системы оповещения. Они создаются на объектах с большими скоплениями людей (в гостинцах, ресторанах, развлекательных центрах), расположенных в селеопасной зоне. С их помощью можно своевременно оповещать не только служащих и посетителей этих объектов, но и население, находящееся в непосредственной близости от этих объектов. Локальные системы, хотя и самостоятельны, но в то же время являются частью территориальной системы централизованного оповещения.

Главное преимущество локальных систем – их оперативность, которая в условиях ЧС имеет решающее значение. В критической ситуации дежурный диспетчер сам принимает решение и немедленно подает сигнал. Первоначально он включает сирены, звук которых означает сигнал "Внимание всем!". Затем следует речевая информация, поясняющая порядок действий в создавшейся обстановке.

Локальная система должна включаться очень быстро, чтобы информация об угрозе ЧС дошла до граждан раньше опасного явления и чтобы осталось время для выполнения мер защиты.

Все действия по предотвращению и снижению угрозы и негативного воздействия селевого потока можно разделить на стратегические, тактические и оперативные.

К стратегическим относятся действия, имеющие решающее значение и направленные на долгосрочную перспективу снижения селевой угрозы. Такие действия выполняются в период между сходами селей, к ним относятся:

- строительство селезащитных сооружений;
- опорожнение морено-ледниковых озер;
- составление карт селевой опасности и селевого риска;
- регулирование землепользования на селеопасных территориях;
- подготовка формирований КЧС к ликвидации последствий схода селей;

информирование населения о селевой опасности и обучение действиям при селевой угрозе.

Тактические действия выполняются в период возникновения селевой угрозы (прогноз сильных осадков или усиленного таяния ледников). К ним относятся:

- экстренное понижение уровня прорывоопасного озера;
- приведение в повышенную готовность спасательных формирований;
- ограничение доступа населения в селеопасные зоны;
- предупреждение населения о возникновении селевой угрозы.

Оперативные действия выполняются при высокой вероятности схода селя (достижение критической суммы осадков или уровня воды в прорывоопасном озере) и при возникновении селя. Такими действиями являются:

- экстренное оповещение населения;
- эвакуация населения из зоны возможного поражения селем;
- поисково-спасательные работы;
- ликвидация последствий схода селя.

4.3.2. Организация системы оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях

В Казахстане оповещение государственных органов, предприятий и населения производится на основании Закона Республики Казахстан от 11 апреля 2014 г. № 188-V «О гражданской защите».

Система оповещения гражданской защиты организуется на разных уровнях:

- 1) республиканском уровне – республиканская система оповещения с охватом территории Республики Казахстан;

2) территориальном уровне – система оповещения области, города республиканского значения, столицы с охватом территорий области, города республиканского значения, столицы;

3) объектом уровне – локальная система оповещения с охватом территории объекта с массовым пребыванием людей, опасного производственного объекта и населения, попадающего в расчетную зону распространения чрезвычайной ситуации.

Республиканская система оповещения обеспечивает доведение сигналов оповещения и информации до:

- 1) населения Республики Казахстан;
- 2) органов управления гражданской защиты;
- 3) сил гражданской защиты;
- 4) территориальных подразделений ведомства уполномоченного органа.

Поддержание в постоянной готовности республиканской системы оповещения обеспечивает уполномоченный орган (КЧС МВД РК).

Система оповещения области, города республиканского значения, столицы обеспечивает доведение сигналов оповещения и информации до:

1) населения области (части территории области), города республиканского значения, столицы либо до населения района, города областного значения, района в городе, города районного значения, поселка, села, сельского округа по распоряжению акима соответствующей административно-территориальной единицы;

2) местных исполнительных органов и иных государственных органов;

3) экстренных и аварийных служб;

4) сил гражданской защиты на территории соответствующей административно-территориальной единицы.

Поддержание в постоянной готовности системы оповещения области, города республиканского значения, столицы обеспечивает территориальное подразделение ведомства КЧС.

Локальная система оповещения обеспечивает доведение сигналов оповещения и информации до:

1) населения, попадающего в расчетную зону распространения чрезвычайной ситуации;

2) работников организации, эксплуатирующей опасный производственный объект;

3) физических лиц, находящихся на территории объекта с массовым пребыванием людей;

4) аварийно-спасательных служб и формирований, обслуживающих опасные производственные объекты;

5) руководителей и дежурно-диспетчерских служб юридических лиц, расположенных в расчетной зоне распространения чрезвычайной ситуации.

Поддержание в постоянной готовности локальной системы оповещения обеспечивает юридическое лицо, эксплуатирующее объект с массовым пребыванием людей, опасный производственный объект.

Распоряжение на задействование системы оповещения отдается:

на республиканском уровне – премьер-министром Республики Казахстан – начальником гражданской обороны Республики Казахстан при чрезвычайных ситуациях глобального масштаба, руководителем уполномоченного органа при чрезвычайных ситуациях регионального масштаба, технической проверке республиканской системы оповещения и проведении республиканских учений по гражданской защите;

на территориальном уровне – акимом области, города республиканского значения, столицы либо нижестоящим акимом для оповещения населения соответствующих административно-территориальных единиц при чрезвычайных ситуациях местного масштаба, руководителем территориального подразделения ведомства уполномоченного органа при проведении технических проверок системы оповещения области, города республиканского значения, столицы и учений по гражданской защите;

на объектовом уровне – руководителем организации, эксплуатирующей объект с массовым пребыванием людей, опасный производственный объект, или уполномоченным им лицом.

При задействовании сигнала оповещения «Внимание всем!» система оповещения должна обеспечить одновременное и многократно повторяемое доведение информации об угрозе возникновения или возникновении чрезвычайной ситуации до населения и о порядке действий людей в сложившейся ситуации.

Финансирование мероприятий по созданию и эксплуатации системы оповещения республиканского и территориального уровня производится за счет бюджетных средств.

Финансирование мероприятий по созданию и эксплуатации локальной системы оповещения производится за счет средств юридического лица, эксплуатирующего объект с массовым пребыванием людей, опасный производственный объект.

Комитетом по чрезвычайным ситуациям МВД РК разработаны «Правила организации системы оповещения гражданской защиты и

оповещения населения, государственных органов при чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время» [80], а также «Правила информирования, пропаганды знаний, обучения населения и специалистов в сфере гражданской защиты» [81].

Согласно этим правилам процесс оповещения заключается в оперативном доведении до населения, организаций и органов государственного управления на соответствующей территории единого сигнала оповещения «Внимание всем!» информационных сообщений о чрезвычайной ситуации и порядке действий в создавшихся условиях.

В правилах прописан следующий порядок оповещения. Информация об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций формируется службами наблюдения, контроля обстановки и прогнозирования, в том числе системами селевого оповещения независимо от их формы собственности, и передается в государственное учреждение «Республиканский кризисный центр» (ГУ «РКЦ») Комитета по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел Республики Казахстан.

Получение ГУ «РКЦ» такой информации является основанием для организации оповещения населения и государственных органов. С момента поступления информации о чрезвычайных ситуациях республиканского или регионального масштаба уполномоченный орган согласовывает с премьер-министром Республики Казахстан – начальником гражданской обороны Республики Казахстан задействование системы оповещения республиканского уровня, посредством которой незамедлительно оповещаются население, территориальные подразделения ведомства уполномоченного органа, органы государственного управления и местные исполнительные органы.

С момента поступления информации о чрезвычайных ситуациях регионального масштаба оперативный дежурный территориального подразделения ведомства уполномоченного органа незамедлительно информирует об этом ГУ «РКЦ», акима соответствующей административно-территориальной единицы и руководителя территориального подразделения ведомства уполномоченного органа для задействования системы оповещения территориального уровня в установленном порядке.

Ведомством уполномоченного органа и его территориальными подразделениями в целях своевременного оповещения органов управления государственной системы гражданской защиты об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций формируются списки лиц, которые утверждаются руководителями ведомства уполномоченного

органа и его территориальных подразделений для их оповещения с использованием существующих технических средств.

После получения распоряжения о задействовании системы оповещения гражданской защиты оперативным дежурным организуется оповещение должностных лиц в соответствии со списками оповещения, а также подача единого сигнала оповещения «Внимание всем!» для привлечения внимания населения.

С момента подачи единого сигнала оповещения «Внимание всем!» должностными лицами дежурно-диспетчерских служб ведомства уполномоченного органа незамедлительно организуется передача информационных сообщений о чрезвычайной ситуации и инструкции о действиях населения в сложившейся ситуации посредством: передачи информационных видео- и аудиосообщений путем прерывания трансляций телерадиовещания (перехват радио- и телеканалов); передачи текстовых сообщений по сетям операторов сотовой связи на мобильные телефоны населения; передачи звуковых и голосовых сообщений с использованием мобильных средств оповещения различной ведомственной принадлежности;

передачи текстовых сообщений с использованием информационных терминалов в местах массового пребывания населения; размещения информации в глобальных и ведомственных информационных сетях и иных доступных средствах массовой информации.

Создание систем оповещения гражданской защиты республиканского и территориальных уровней, а также техническое обслуживание, плановый и текущий ремонт оборудования, организация и содержание каналов связи систем оповещения осуществляются ведомством уполномоченного органа в сфере гражданской защиты и его территориальными подразделениями.

Создание, эксплуатация, техническое обслуживание, плановый и текущий ремонт оборудования систем оповещения объектового уровня, а также организация и содержание необходимых для их бесперебойного функционирования каналов связи, в том числе до управляющего оборудования системы оповещения гражданской защиты территориального уровня, осуществляются организациями, эксплуатирующими объекты с массовым пребыванием людей и гидротехнические сооружения.

Передача информационных видео- и аудиосообщений путем прерывания трансляций телерадиовещания в целях оповещения населения осуществляется в соответствии с пунктом 4 статьи 27 Закона Республики Казахстан от 18 января 2012 года «О телерадиовещании».

При нарушении работы сетей энергоснабжения и телекоммуникаций оповещение организуется с использованием доступных средств информирования, автомобилей оповещения ведомства уполномоченного органа, служебных транспортных средств государственных органов, имеющих громкоговорящие установки.

При задействовании систем оповещения действия оперативных дежурных территориальных подразделений ведомства уполномоченного органа, нормативы оповещения (время, сроки доведения), тексты информационных сообщений разрабатываются и принимаются департаментами по чрезвычайным ситуациям областей, городов Астаны и Алматы.

В целях обеспечения надежности систем оповещения всех уровней не реже одного раза в квартал осуществляется проверка их готовности с подачей единого сигнала оповещения «Внимание всем!» и передачей населению информационных сообщений по средствам массовой информации.

Финансирование мероприятий по созданию и эксплуатации системы оповещения республиканского и территориального уровня производится за счет бюджетных средств. Мероприятия по созданию и эксплуатации локальной системы оповещения финансируются за счет средств юридического лица, эксплуатирующего объект с массовым пребыванием людей.

Информирование и пропаганда знаний в сфере ЧС. Государственные органы, организации и общественные объединения осуществляют информирование и пропаганду знаний в сфере ЧС в соответствии с полномочиями, возложенными на них Законом Республики Казахстан «О гражданской защите».

Службы наблюдения, контроля обстановки и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (сейсмологическая служба, системы селевого оповещения, контроля за радиационной безопасностью и другие) в целях предупреждения при угрозе возникновения чрезвычайной ситуации на территории Республики Казахстан и (или) на приграничной территории сопредельных государств незамедлительно предоставляют необходимую информацию с указанием его характеристик соответствующему территориальному подразделению ЧС.

Территориальное подразделение ЧС при получении информации об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации незамедлительно информируют об этом население, находящееся в прогнозируемой зоне чрезвычайной ситуации, а также о порядке их действий при возникновении чрезвычайной ситуации.

Информирование и пропаганда знаний в сфере гражданской защиты включают:

1) организацию информирования населения через средства массовой информации, в том числе путем создания на республиканских и областных (городских) телеканалах специальных программ, о порядке действий при чрезвычайных ситуациях;

2) организацию регулярных публикаций в печати, на интернет-ресурсах, передач по сетям телерадиовещания, пропагандирующих знания в сфере гражданской защиты, правила безопасности в быту и на производстве.

Пропаганда знаний в сфере гражданской защиты осуществляется также при обучении населения в сфере гражданской защиты.

Обучение населения и специалистов в сфере гражданской защиты организуется в рамках единой системы и предусматривает для:

1) руководящего состава и специалистов органов управления гражданской защиты, руководителей организаций образования, средств массовой информации – прохождение подготовки и переподготовки в организациях и учебных заведениях ЧС;

2) акимов районов в городе, городов районного значения, сел, поселков, сельских округов, а также для руководителей организаций, организаций дошкольного воспитания и обучения, командиров формирований гражданской защиты, руководителей групп занятий по гражданской защите в организациях, преподавателей общеобразовательных школ всех типов и средних профессиональных учебных заведений, руководителей опасных производственных объектов – прохождение подготовки и переподготовки в территориальных подразделениях ЧС;

3) работников организаций, а также неработающего населения – изучение вопросов защиты от чрезвычайных ситуаций самостоятельно прослушиванием радиопередач, просмотром интернет-ресурса, телепрограмм, памяток, листовок и буклетов, посещением мероприятий, проводимых по тематике предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

4) студентов и учащихся учебных заведений – проведение занятий по учебным программам дисциплины «Основы безопасности жизнедеятельности», участие в различных конкурсах по тематике предупреждения чрезвычайных ситуаций;

5) детей дошкольных учреждений – проведение игр, прослушивание сказок и детских книг по безопасному поведению в окружающей среде, беседу с родителями.

Для отработки навыков действий и закрепления полученных знаний население и специалисты в сфере гражданской защиты привлекаются на учения, тренировки и занятия. Обучение каждой учебной группы завершается проведением практического упражнения и сдачей тестовых заданий.

4.3.3. Информация о потенциальной селевой опасности

Информирование должно носить направленный характер в зависимости от группы населения. Согласно Правилам информирования, пропаганды знаний, обучения населения и специалистов в области гражданской защиты такими группами являются:

- служащие исполнительных органов и органов гражданской защиты;
- население, работающее в организациях;
- обучающееся население (школьники и студенты) и преподаватели;
- самозанятое и неработающее население (индивидуальные предприниматели и пенсионеры);
- воспитатели и дети в организациях дошкольного воспитания (детских садах).

В этот список необходимо добавить сотрудников туристических компаний, организующих экскурсии в горные ущелья, и экскурсоводов, проводящих такие экскурсии.

Для служащих исполнительных органов и органов гражданской защиты, в ведении которых есть селеопасные территории, необходимо ежегодно в начале мая (перед началом селеопасного периода) проводить обучающий семинар. Семинар должен включать в себя следующие темы:

- природа селевых потоков;
- распространение на подведомственной территории;
- объекты, подверженные воздействиям селей;
- источники селевой угрозы;
- прогнозы селевой опасности;
- действия при угрозе и возникновении селя.

По завершении семинара следует проводить тестовый контроль полученных знаний и выдавать сертификаты о прохождении семинара. Обязательно прохождение таких семинаров вновь назначенным служащим. Для проведения таких семинаров необходимо подготовить тексты и презентации с участием специалистов по селевой безопасности.

Для работающего населения можно рекомендовать ознакомление с памятками о поведении при угрозе и возникновении селя на общих

собраниях коллектива, а также создание информационных стендов о ЧС и действиях при ЧС.

Студенты и школьники должны изучать правила поведения при угрозе и возникновении селей на занятиях по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

Для сотрудников туристских фирм и экскурсоводов территориальный департамент по ЧС должен проводить ежегодные обучающие семинары, на которых рассматриваются следующие темы:

- природа селевых потоков;
- селеопасные участки на маршрутах проведения экскурсий;
- прогнозы селевой опасности;
- действия при угрозе и возникновении селя.

По завершении семинара следует проводить тестовый контроль полученных знаний и выдавать сертификаты о прохождении семинара. Обязательно прохождение таких семинаров вновь назначенным служащим. Для проведения таких семинаров необходимо подготовить тексты и презентации с участием специалистов по селевой безопасности.

Самозанятое и неработающее население должно знакомиться с правилами поведения при угрозе и возникновении селя при просмотре видеороликов, которые в селеопасный период надо включать в рекламные блоки телевизионного вещания. Можно рекомендовать также раскладку памяток в почтовые ящики жителей, проживающих в селеопасных зонах.

Подготовку специалистов в области селевой безопасности необходимо проводить в магистратурах Казахского национального университета им. аль-Фараби, Сатбаев университете. В Кокшетауском техническом институте КЧС МВД РК при обучении по специальности 50103100 «Защита в чрезвычайных ситуациях» необходимо ввести курс о природных ЧС, в том числе о ЧС, вызываемых селями.

Социологический опрос активной части населения г. Алматы, посещающей горы, показал, что большинство из них знают, что такое селя, но имеют слабое представление о признаках селевой опасности и действиях при угрозе и возникновении селя, поэтому задача распространения таких знаний среди населения является очень актуальной.

Информирование населения о природе селей, правилах поведения на селеопасных территориях и в селеопасный период может проводиться разными способами. К ним относятся распространение популярных брошюр и листовок (памяток), публикация в СМИ статей, показ по телевидению видеороликов.

Наиболее эффективным способом пропаганды знаний о селях среди самых широких масс населения является распространение брошюр, буклетов и листовок. Решающим условием успеха является доступность этих материалов. В настоящее время на сайтах КЧС и Казгидромета можно найти Памятку населению о действиях при селях. Но, надо признать, что эти сайты мало посещаются обычными людьми. Во всяком случае эти сайты мало посещаются с целью получения информации о селях. Такие памятки целесообразнее всего помещать в местах, где бывают люди, посещающие горы, а также распространять среди населения, проживающего или пребывающего в селеопасной зоне. Вторым важным условием является информативность и доступность содержания таких материалов.

Такие памятки необходимо размножить в достаточном количестве для распространения среди населения, в том числе путем раскладки в почтовые ящики. Целесообразно раздавать их посетителям национального парка при въезде, на кассах станции гондольной дороги и автобусов Медео–Шымбулак, а также в местах массового посещения людей (супермаркеты, гостиницы, дома отдыха, санатории и др.).

Важным средством информирования населения о селевой опасности являются информационные и предупредительные знаки, устанавливаемые на входах в селеопасные зоны и на селеопасных участках. В информационный щит входят карта с нанесением опасных участков, признаки селя, меры предосторожности. На информационных щитах дается предупреждение о въезде в селеопасную зону. На них должна быть помещена понятная схема селеопасных участков, которых следует избегать при объявлении о селевой опасности. На щитах необходимо предусмотреть сменяемую надпись о степени селевой опасности на данный момент. Эта надпись должна меняться по команде из центра мониторинга селевой опасности. Надписи должны быть сделаны на казахском и русском языках.

Информационные щиты должны быть установлены по долине р. Киши Алматы на плотине Медео, по дороге на Медео выше улицы Оспанова; по долине р. Улкен Алматы на экологическом посту национального парка, в районе БАО; по р. Каргалы перед плотиной; по р. Аксай на экологическом посту национального парка и на кордоне лесхоза.

Внутри селеопасной зоны селеопасные участки, поражаемые селями, должны быть обозначены с двух сторон предупредительными знаками.

Предупредительные дорожные знаки должны быть установлены: по р. Киши Алматы в районе металлических селеуловителей, на плотине

Медео, перед мостом Горельник, перед мостом Сарысай, на плотине Мынжылкы; по р. Улкен Алматы перед плотинной-селеуловителем, перед мостом Кокшека, перед мостом ГЭС-1, перед мостом Кумбел; по р. Каргалы перед плотинной и в районе бревнуловителя; по р. Аксай на экологическом посту, на кордоне лесхоза, в устье Акжара, в устье Кызылжара, у пионерского лагеря.

На всех селеопасных участках должны быть установлены сирено-речевые устройства, способные передавать как звуковые сигналы, так и речевые сообщения. Сирены должны включаться при срабатывании датчика схода селя и по команде из центра мониторинга селевой опасности (по согласованию с руководством). Сирены и громкоговорящие установки должны быть установлены на основании проведенных обследований прохождения звука и рельефа местности.

В повседневной жизни населения, проживающего в селеопасной зоне, учет селевой опасности заключается в информированности о потенциальной селевой угрозе. У них должен быть собран «тревожный чемоданчик» на случай срочной эвакуации. Все жители должны быть обучены действиям при угрозе и сходе селевого потока. Пути эвакуации в безопасное место должны быть заранее определены. На территории должны быть размещены громкоговорители для передачи экстренной информации.

4.3.4. Информация об угрозе селевой опасности

Под «существованием селевой угрозы» понимается ситуация, при которой не известны время и масштабы селевого явления, хотя неизбежность его не подвергается сомнению, а затраты на «оповещение» несравнимо меньше, чем ущерб, который может быть нанесен при его отсутствии.

Состав, структура и техническая оснащенность системы оповещения о селевой опасности (рисунок 4.22) определяются главным образом вероятностью и временем реализации угрозы, характеристиками селей, величиной возможного ущерба.

Схема оповещения о селевой опасности, предлагаемая РГП «Казгидромет» к реализации в комплексе со сверхкраткосрочным прогнозированием катастрофических селей дождевого генезиса, приведена на рисунке 4.23 [9].

Во время селеопасного периода с 1 июня по 10 сентября Отдел наблюдений и прогноза горных рек Департамента гидрологии РГП «Казгидромет» выпускает ежедневный Селевой бюллетень, который



Рисунок 4.22 – Структура системы оповещения о селевой угрозе

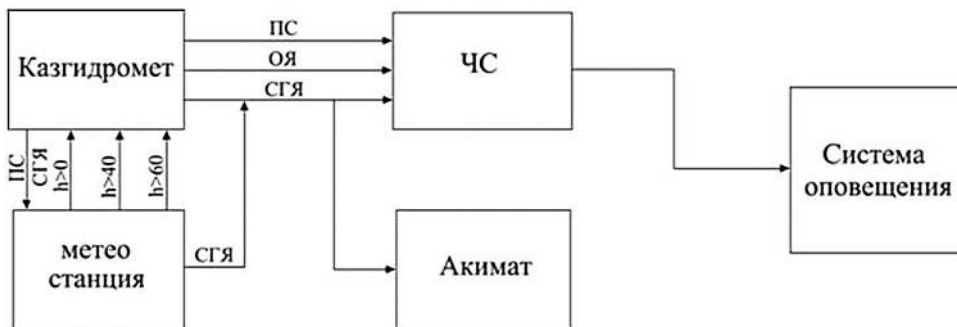


Рисунок 4.23 – Схема оповещения о результатах прогноза селя, фактически выпавших осадках и штормовом предупреждении.

ПС – предупреждение о возможности выпадения сильных осадков;
 ОЯ – опасное явление; СГЯ – стихийное гидрометеорологическое явление

после 13 ч помещается на сайте Казгидромета <https://kazhydromet.kz/ru/p/ezednevnyj-selevoj-bulleten>. В этом бюллетене приводится анализ погоды за предшествующие сутки и дается фоновый прогноз селевой опасности на последующие сутки по горным районам Восточно-Казахстанской, Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областей. Прогноз дается с формулировкой «селеопасно» или «не селеопасно». В случае прогноза «селеопасно» Казгидромет выдает штормовое предупреждение, которое рассылается по электронной почте заинтересованным организациям, в том числе в органы исполнительной власти и КЧС по списку, ежегодно утверждаемому генеральным директором РГП «Казгидромет». В этот список входят:

- 1) Комитет по чрезвычайным ситуациям МВД РК;
- 2) Канцелярия премьер-министра РК;
- 3) Министерство энергетики РК;
- 4) Служба охраны президента РК;
- 5) Комитет национальной безопасности РК;
- 6) Министерство обороны РК;
- 7) Министерство внутренних дел РК;
- 8) ГУ «Казселезащита» КЧС МВД РК;
- 9) акиматы г. Алматы и Алматинской области;
- 10) Балхаш-Алакольская бассейновая инспекция КВР РК;
- 11) Департаменты по ЧС г. Алматы и Алматинской области;
- 12) Городское управление внутренних дел г. Алматы;
- 13) Центр управления кризисными ситуациями КЧС;
- 14) Центр медицины катастроф КЧС;
- 15) центральные средства массовой информации.

Штормовые предупреждения публикуются также на сайте ГУ «Казселезащита».

Достоинством этой системы оповещения о селевой опасности является значительное увеличение времени предупрежденности катастрофического явления по сравнению с системами оповещения, в основу которых положено время добегающего селя от места его обнаружения до объектов, которым может быть нанесен ущерб. Недостатком – неизбежность ложных прогнозов, обусловленных тем, что ключевым критерием объявления селевой опасности является слой осадков 40 мм, а катастрофические сели формируются, как правило, при выпадении 60 мм. Промежуток времени между выпадением осадков 40 и 60 мм – это заблаговременность предупреждения о зарождении селя. Ложные прогнозы будут иметь место, однако они будут даваться 1 раз в 2–3 года, что значительно реже, чем в настоящее время.

Поскольку заблаговременность сверхкраткосрочного прогноза катастрофических селей дождевого генезиса относительно невелика, целесообразно увеличить его эффективность за счет предварительной подготовленности к возникновению чрезвычайной ситуации подразделений Казгидромета и ЧС, принимающих участие в мониторинге и проведении мероприятий по предотвращению и смягчению ущерба, наносимого селями. Положительный эффект достигается поэтапным оповещением государственных органов и населения о потенциальной угрозе. Предлагаемая система оповещения позволит значительно увеличить оправдываемость прогноза катастрофических селей дождевого генезиса при заблаговременности, обеспечивающей безопасность людей, оказавшихся в потенциально опасной зоне.

Первый этап системы оповещения. При краткосрочном прогнозе жидких осадков: «сильные осадки в селеопасных районах» РГП «Казгидромет» дает «предупреждение о сильных осадках в селеопасных районах». Однако это предупреждение доводится только до метеорологических станций, участвующих в мониторинге селей, подразделения, прогнозирующего сели, а также уполномоченного органа ЧС (без права распространения информации населению).

Второй этап системы оповещения. С началом выпадения осадков на метеорологических станциях «Мынжылкы» или «Шымбулак» наблюдатели метеорологических станций сообщают об этом подразделению, прогнозирующему сели. Это подразделение информирует о начале выпадения дождя органы ЧС (без права дальнейшего распространения), отвечающие за безопасность от природных катаклизмов.

Третий этап системы оповещения. При выпадении 40 мм осадков на метеорологической станции «Мынжылкы» или «Шымбулак» и наличии других факторов, определяющих возможность формирования селя, подразделение, прогнозирующее сели, дает штормовое предупреждение: «Стихийное гидрометеорологическое явление» (СГЯ), которое доводится до органов ЧС с целью предупреждения населения и организаций о высокой вероятности возникновения селя.

В этом случае на въездах в селеопасную зону МВД выставляет блок-посты для ограничения и запрета проезда и прохода автомобилей и людей в селеопасную зону.

Предлагаемая схема оповещения о селевой опасности позволит Казгидромету и ЧС заблаговременно подготовиться к мероприятиям, обеспечивающим безопасность населения и хозяйственных объектов к чрезвычайной ситуации. С другой стороны, население будет избавлено от многочисленных неоправдавшихся прогнозов селей, что повысит доверие к прогнозам, без которого их прогнозирование не имеет смысла.

4.3.5. Информации о возникшем селевом потоке

Система оповещения города Алматы. Согласно нормативно-правовым актам в задачи местных исполнительных органов входят информирование населения и организаций о мерах в сфере гражданской защиты, организация размещения технических средств оповещения и информирования (статья 15 Закона о ГЗ).

В целях защиты населения, объектов и территории Республики Казахстан, снижения ущерба и потерь при возникновении военных

конфликтов центральными и местными исполнительными органами, организациями, отнесенными к категориям по гражданской обороне, в пределах своей компетенции проводятся следующие мероприятия гражданской обороны: 1) заблаговременно – создание и развитие систем управления, оповещения и связи и поддержание их в готовности к использованию; 2) при возникновении военных конфликтов: оповещение об угрозе и применении современных средств поражения, информирование населения о порядке действий (статья 21 Закона о ГЗ).

Задачи департаментов по чрезвычайным ситуациям. Поддержание в постоянной готовности системы оповещения обеспечивает территориальное подразделение ведомства уполномоченного органа (статья 15 Закона о ГЗ). Они обеспечивают информирование и оповещение населения, органов управления гражданской защиты заблаговременно при наличии прогноза об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации и (или) оперативно при возникновении чрезвычайной ситуации (статья 15 Закона о ГЗ). Создание систем оповещения гражданской защиты республиканского и территориальных уровней, а также техническое обслуживание, плановый и текущий ремонт оборудования, организация и содержание каналов связи систем оповещения осуществляются ведомством уполномоченного органа в сфере гражданской защиты и его территориальными подразделениями (пункт 12 приказа МВД от 26.12.2014 г., №945).

Объект с массовым пребыванием людей. Финансирование мероприятий по созданию и эксплуатации локальной системы оповещения производится за счет средств юридического лица, эксплуатирующего объект с массовым пребыванием людей, опасный производственный объект (статья 5 Закона о ГЗ).

Операторы связи. Владельцы сетей и средств связи должны предоставлять абсолютный приоритет всем сообщениям, касающимся безопасности жизни людей на море, земле, в воздухе, космическом пространстве, проведения неотложных мероприятий в области обороны, безопасности и охраны правопорядка в Республике Казахстан, а также сообщениям о чрезвычайных ситуациях (пункт 3 статьи 14 Закона о связи).

На безвозмездной основе обязаны предоставлять единой дежурно-диспетчерской службе «112» услуги по определению местоположения звонящего абонента и рассылке коротких текстовых сообщений на телефоны сотовой связи населения при угрозе или возникновении и снятии угрозы чрезвычайных ситуаций социального, природного и техногенного характера, введении чрезвычайного положения, в ин-

тересах обороны, безопасности и правопорядка (пункт 4 статьи 14 Закона о связи).

Оповещение населения г. Алматы:

1. Включение сирен. Количество сирен по городу 244, охват составляет около 30%, в основном старые районы города (не комплект около 600 сирен). В 2016 году установлено 77 сирено-речевых установок (СРУ) в четырех районах города (в предгорье) на селеопасных участках, с обеспечением управления по радиоканалу (DMR). СРУ более эффективна, чем сирена. Ее достоинства: одновременное доведение до населения информации о порядке действия; не требует трехфазного электроснабжения; наличие бесперебойного электропитания.

Система требует дальнейшего развития и полного охвата города. В 2017 году в восьми районах города установлено 185 сирено-речевых установок. Площадь охвата города звуковыми устройствами составила 60 %. Планируется до 2020 года покрыть город звуковыми устройствами на 100%.

2. Перехват каналов телевидения и радио. В 2015 году внедрена система «Медиа-сервер» с возможностью автоматического перехвата канала телевидения и радио оперативным дежурным ЕДДС-112.

Осуществляется перехват 13 радиопередач ФМ диапазона, 20 каналов цифрового радиовещательного телевидения, 30 % каналов кабельного коммерческого телевидения.

Перехват каналов кабельного телевидения проводится частично (проблема решается операторами коммерческого телевидения, закупом дополнительного оборудования).

К оповещению населения привлекаются оперативные автомобили КЧС и МВД, оснащенные сигнально-говорящими устройствами и проблесковыми световыми устройствами.

Для предотвращения попадания пешеходов и автомобилей в селевой поток следует на местах пересечения дорогой селеопасного участка поставить светофоры и звуковые установки, зажигающие красный свет, мигающую надпись: «Внимание! Сель!» и звуковой сигнал при срабатывании датчика схода селя или по команде диспетчера из центра мониторинга селевой опасности.

Если в долине расположены гостиницы, дома отдыха, рестораны и кафе, автобусные остановки, в начале опасного участка долины должен устанавливаться датчик, сигнализирующий о прохождении селя. По этому сигналу должны включаться сирены, информирующие людей о возможной опасности по всей длине опасного участка долины.

Правила поведения при звуке сирен должны содержаться на информационных щитах, расположенных вдоль дороги на входе в долину.

В соответствии с правилами, с которыми должны быть ознакомлены посетители гостиниц, ресторанов и развлекательных учреждений, при звуке сирен производится их эвакуация.

По сигналу «Сель» в долину, по которой движется селевой поток, должен прекращаться доступ пешеходов, личного и общественного транспорта.

Экстренное сообщение населению о селевой угрозе может быть полезным лишь тогда, когда оно информативно и правдиво. Такое сообщение должно содержать:

- название реки, в бассейне которой сформировался сель;
- рекомендации по поведению людей, оказавшихся в зоне поражения селем;
- по возможности характеристики селя (расход, возможный объем, плотность селевой массы, скорость движения потока);
- наличие селезащитного сооружения и емкость селехранилища;
- время подхода селя к селехранилищу;
- продолжительность времени, за которое может (в самом худшем случае) заполниться селехранилище;
- границы территории, которая может пострадать в случае переполнения селехранилища;
- действия администрации населенного пункта по эвакуации больных и престарелых, воспитанников детских учреждений, учащихся школ, средних и высших учебных заведений;
- улицы, по которым будет осуществляться эвакуация и в связи с этим запрещено движение личного транспорта и т.д.

Наиболее убедительно, если эта информация будет осуществляться из шаба ЧС, с привлечением понятных схем, рисунков, оперативной телеинформации о селевом процессе и ходе эвакуации. Большая часть информативного материала должна быть подготовлена заранее, до момента возникновения селя.

4.4. Организация системы автоматизированного мониторинга селевой опасности в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай

4.4.1. Состав наблюдаемых параметров

Состав наблюдаемых параметров зависит от состава селеформирующих факторов, обуславливающих формирование селей в данном селевом бассейне, селевом русле или селевом врезе. Поэтому он будет

разным для селей разного генезиса (гляциального или дождевого). При выборе измеряемых параметров следует руководствоваться следующими критериями. Измеряемый параметр должен иметь существенное значение для формирования селя. Он должен входить в прогностическую схему, которая позволяет оценить степень селевой угрозы и сформулировать прогноз селя. Этот параметр должен быть измеряемым и для его измерения должны иметься соответствующие надежные и практичные датчики.

Сели гляциального генезиса. Для селей гляциального генезиса в качестве прогностических признаков предлагались температурный фон, положение нулевой изотермы, степень увлажненности, солнечная радиация, атмосферные осадки, режим стока, состояние озерных перемычек.

Как показала практика, использование только метеорологических показателей при прогнозе прорыва высокогорных водоемов не приводит к положительным результатам. Более эффективным представляется использование связи температуры воздуха с талым стоком в конкретном бассейне, а также со стоками смежных ледниковых бассейнов. Незакономерное изменение режима стока, резкое уменьшение уровня воды в водоемах могут служить предикторами прогноза прорыва поверхностных и подземных водоемов. Однако для использования упомянутых предикторов необходимы оперативные количественные данные о характеристиках водоемов, состоянии озерных перемычек и сети поверхностного и подземного стока.

Желательно иметь данные о температуре воды и воздуха, положении сезонной снеговой линии на леднике, на моренно-ледниковом комплексе которого находится селеопасный водоем.

При расширении наблюдательной сети на бассейны, смежные с бассейнами рек Киши и Улкен Алматы, полезным методом предсказания гляциальных селей, образующихся при прорыве подземных моренно-ледниковых емкостей, может оказаться метод, описанный Ю. Б. Виноградовым [82]. В основе метода лежит сравнение расхода воды в реках различных моренно-ледниковых комплексов. Этот метод применим в случае, если непосредственно ниже системы «ледник–морена» организованы надежные гидрометрические наблюдения. Для полноценного использования методики необходима серия постов, ведущая наблюдения за стоком с отдельных ледников или их групп. Сущность метода сводится к анализу аномальных отклонений на корреляционных графиках среднесуточных расходов воды двух соседних ледниковых речек.

Таким образом, научно обоснованным набором измеряемых параметров на моренных озерах является следующий:

- температура воздуха;
- осадки;
- температура воды в озере;
- уровень воды в озере;
- скорость изменения уровня воды в озере;
- приток воды в озеро;
- расход воды, вытекающей из озера;
- температура грунта озерной перемычки;
- влажность грунта озерной перемычки;
- сейсмодатчик;
- датчик схода селя.

Сели дождевого генезиса. Они вызываются ливневыми жидкими осадками, интенсивность и слой которых превышают критические значения [14]. Очагами формирования дождевых селей могут быть как большие площади эродированных поверхностей (бедленды, поверхности скольжения крупных обвалов, где образуются очаги рассредоточенного селеобразования), так и линейные образования (врез, рытвина и т.д. – очаги сосредоточенного селеобразования).

Формирование селей в очагах рассредоточенного селеобразования. Рассредоточенное формирование селей характерно для эродированных водосборов низкогорных зон. Здесь селевые потоки формируются при выпадении интенсивных дождей, приводящих к образованию поверхностного стока.

Селеобразование происходит за счёт как плоскостного смыва, так и эрозии в ручейковой сети различного порядка. Как правило, в бедлендах формируются сели с малой плотностью, но при благоприятных условиях, когда селям предшествуют продолжительные дожди с низкой интенсивностью, могут формироваться мощные сели с плотностью около 2000 кг/м^3 . Продолжительные осадки с низкой интенсивностью не приводят к существенным эрозионным процессам в ручейковой сети, но способствуют глубокому проникновению влаги в грунты, уменьшающей сцепление в их поверхностных слоях. Выпадение интенсивных осадков активизирует эрозионные процессы, углубляющие ручейковую сеть, и тем самым создает благоприятные условия для сдвига водонасыщенных грунтов. Сдвиг небольших по объему, но многочисленных массивов грунта приводит к их разжижению и смешению с водой ручейковой сети.

Несколько иначе происходит рассредоточенное селеобразование на поверхностях скольжения крупных обвалов в коренных породах –

очаги Кокшека и Акжар, соответственно бассейны рек Улкен Алматы и Аксай. Падение крупных частых капель дождя на поверхность скольжения приводит к шевелению и качению камней с размерами от 1 до 5 см. Затем камни перемещаются в основном прыжками. Ручейки образуют потоки, состоящие из воды и рыхлообломочных пород, в составе которых могут находиться камни с поперечными размерами первые десятки сантиметров. Сливаясь, они образуют сели.

Формирование селей в рывинах. Изучение условий формирования селей дождевого генезиса, имевших место в 1980–2000 гг. в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, позволило выявить не известный ранее механизм обводнения рыхлообломочных пород. Полевые наблюдения показали, что в верхних частях рывин отсутствуют следы дождевых паводков, которые могли бы инициировать эрозионно-сдвиговые явления. Но в то же время в них имелись ступенеобразные углубления, свидетельствовавшие о сдвиговых явлениях.

Результаты исследования позволили выдвинуть гипотезу о закономерности формирования подземных сосредоточенных каналов стока в рывинах, расположенных на уступах морен и массивах коллювиально-делювиальных отложений. Эта гипотеза была подтверждена полевыми исследованиями

Из немногочисленных данных об условиях формирования селей дождевого генезиса в Иле Алатау следует, что подготовительный период, предшествующий началу сдвигового процесса в высокогорной зоне и инициирующий мощные сели, составляет от нескольких десятков минут до нескольких часов. Этого времени вполне достаточно для добега паводковых вод до основного водотока. Слияние паводковых вод с селем, образовавшимся при срабатывании рывины, создает поток, способный сорвать отмытку русла основного водотока и увеличивать свои характеристики за счет эрозионных процессов и сдвига (обрушения) пород, вмещающих русло.

Формирование селей во врезках. Врез становится местом формирования дождевых селей, когда на его водосбор выпадают достаточно интенсивные и продолжительные жидкие осадки. Стационарный селевой процесс имеет место, если паводок способен сорвать отмытку русла, создавая благоприятные условия для эрозионного процесса. По мере движения в результате эрозионных и сдвиговых процессов поток обогащается твердым компонентом, вследствие чего расход и объем потока увеличиваются. В ходе стационарных процессов плотность селевой массы в створах наблюдений изменяется незначительно относительно среднего значения.

Наиболее сложным представляется механизм формирования селевой массы в процессе обогащения водного потока твердым компонентом, когда его гранулометрический состав представлен частицами, размеры которых могут отличаться в 10^8 – 10^{10} раз, т.е. от глинистых частиц до глыб с поперечными размерами 5–10 м и даже более. Такой гранулометрический состав характерен для морен.

Селеобразование на склонах и днищах долин. Иной механизм формирования дождевых селей реализуется при аномальном увлажнении рыхлообломочных пород, залегающих на склонах или днищах долин. В результате потери устойчивости (превышение сдвигающих сил над удерживающими или сейсмическое воздействие) в процессе деформации под действием сил гравитации и инерции аномально увлажненные породы разжижаются, приобретая текучесть. Движение этих масс трактуется как сель.

Таким образом, научно обоснованным набором измеряемых параметров в очагах образования дождевых селей в селевых врезках является следующий:

- температура воздуха;
- осадки;
- температура грунта;
- влажность грунта;
- уровень воды в селевом врезе;
- сейсмодатчик;
- датчик схода селя.

Станции на моренных озерах предназначены для мониторинга и оценки прорывоопасности моренных озер и образования гляциальных селей. Главный параметр, который необходимо контролировать, – уровень воды в озере. Этим параметром устанавливается объем воды в озере, степень его наполнения, возникновение поверхностного стока. Скорость подъема воды определяет время переполнения озера. Резкое падение уровня воды сигнализирует о возможности подземного прорыва.

Измерение уровня воды в поверхностном канале стока позволяет оценить вероятность прорыва озера поверхностным путем. Определение температуры воздуха необходимо для прогнозирования притока талой воды с ледника. Измерение количества и интенсивности осадков позволяет оценить приток воды в озеро и возможность его переполнения. Определение температуры грунта перемычки на разных глубинах дает возможность контролировать процесс протаивания сезонной и многолетней мерзлоты и возможность просадки или размыва, а также

формирования подземных каналов стока. Измерение влажности грунта перемычки позволяет оценить ее прочность и устойчивость к размыванию и прорыву.

Сейсмодатчик, установленный вблизи вероятного пути прорыва озера, позволяет уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующем о начале селевого процесса. Датчик схода селя дает однозначный сигнал о возникновении селевого потока. Видеокамера дает наглядную картину текущей обстановки. Для экономии трафика связи целесообразно установить ее в режим фотокамеры с передачей снимков 1 раз в час. Переключение на видеорежим следует делать только в экстренных случаях.

Если на озере нет сезонного поста наблюдений Казселешиты, станция должна иметь антивандальную защиту. Станция должна работать только в селеопасный период. В другое время она должна храниться на складе.

Станции в селевых очагах предназначены для контроля формирования дождевых селей. Основными параметрами, подлежащими измерению на этих станциях, являются количество и интенсивность выпадения осадков, поскольку они входят во все методики прогноза дождевых селей. Второй по важности параметр – влажность грунта, позволяющая оценить устойчивость бортов селевых врезов. Измерение уровня воды в селевом русле дает возможность оценить расход воды и возникновение предпосылок к развитию селевого процесса. Сейсмодатчик позволяет уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующее о начале селевого процесса. Датчик схода селя дает однозначный сигнал о возникновении селевого потока. Станция должна иметь антивандальную защиту.

Станции в селевых руслах предназначены для обнаружения факта прохождения селя и слежения за его развитием. Основным параметром, подлежащим измерению на этих станциях, является высота потока воды в селевом русле. Для каждой станции должны быть определены критические значения этого параметра. Сейсмодатчик позволяет уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующее о наступлении селевого процесса. Датчик схода селя дает однозначный сигнал о возникновении селевого потока. При срабатывании этого датчика должны автоматически включаться сирены, громкоговорители и светофоры.

На отдельных станциях, расположенных в особенно важных местах, нужно установить видеокамеры, включаемые по команде оператора, для контроля показаний датчиков. Станции, расположенные

на действующих гидропостах Казгидромета, могут изготавливаться в обычном исполнении. Остальные станции должны иметь антивандальную защиту.

Станции на селезащитных дамбах предназначены для контроля за ситуацией в процессе воздействия селя на сооружение. При этом необходимо следить за скоростью заполнения селехранилища и расходом воды в нижнем бьефе плотины.

Основными параметрами, подлежащими измерению на этих станциях, являются высота селевых отложений в селехранилище и высота потока воды в русле реки ниже плотины. Для обоих параметров должны быть определены критические значения.

Датчик уровня воды в теле плотины позволяет контролировать фильтрацию жидкой составляющей селя в ней и судить об ее устойчивости. Сейсмодатчик дает возможность уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующее о возникновении селевого процесса. Видеокамера ведет визуальный контроль за развитием ситуации.

4.4.2. Режим наблюдений за селеформирующими факторами

Режим наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками и их изменением во времени и пространстве определяется, с одной стороны, объемом данных, необходимых для предупреждения о явлениях, опасных для здоровья и жизни людей, а также оптимизации производственных процессов, а с другой – затратами на средства измерений, обеспечивающих получение данных с допустимой погрешностью, их трафик, обработку и хранение. Предупрежденность о селевой опасности должна превышать время добегания селя от очага зарождения до объекта поражения.

Наблюдения за температурой воздуха. Температура воздуха определяет фазовый состав выпадающих осадков. Считается, что при пролете 500 м в слое воздуха, температура которого превышает 0 °С, твердые осадки трансформируются в жидкие. Таким образом, если температура воздуха на высшей точке поверхности водосбора очага селеформирования превышает 3,5 °С, осадки на всей площади водосбора будут выпадать в жидкой фазе (для высотного температурного градиента, равного 0,7 °С/100 м). Поскольку высотный температурный градиент может изменяться в больших пределах, его величину следует определять (с погрешностью не более 0,1 °С) по данным о температурах на высотных отметках, близких по величине к высшей отметке водосбора очага, по формуле

$$\delta = \frac{100(T_2 - T_1)}{H_1 - H_2}$$

где T_2 – температура воздуха в пункте наблюдения с относительно малой высотной отметкой (H_2); T_1 – температура воздуха в пункте наблюдения с относительно большой высотной отметкой (H_1).

Наблюдения за температурой воздуха в бездождевой период времени должны осуществляться (с погрешностью не более 0,1 °С) через каждые 3 ч в сроки, принятые в РГП «Казгидромет».

Наблюдения за осадками. Наблюдения за выпадающими осадками должны автоматически осуществляться после выпадения 1 мм жидких осадков. Поскольку в преддождевой и начальный период выпадения осадков высотный температурный градиент изменяется быстро, наблюдения за слоем выпадающих осадков следует проводить не реже, чем через 2–3 мин. Погрешность слоя выпадающих осадков не должна превышать 1 мм/мин.

При прогнозе сильных дождей наблюдения за слоем выпадающих осадков должны осуществляться не реже, чем через 1–2 мин. Такой режим измерений должен выполняться на протяжении 6 ч после прекращения дождя, так как все осадки, выпадающие в течение этого периода, засчитываются как один дождь.

Если в низкогорной и среднегорной зонах выпадение жидких осадков сменяется градом, режим измерения осадков продолжается без изменения. Если в высокогорной зоне выпадение жидких осадков сменяется выпадения снега, то после его выпадения на протяжении 30 мин измерения осадков продолжают через каждые 5 мин до их прекращения.

Температура воздуха должна определяться синхронно с измерениями слоя выпадающих осадков. При прекращении осадков температура воздуха должны устанавливаться в сроки, принятые в РГП «Казгидромет».

Наблюдения за уровнем воды в моренных озерах. Наблюдения за уровнем воды в моренном озере проводятся с момента установки станции в начале селеопасного периода до момента демонтажа станции по окончании селеопасного периода. Обычный режим измерения уровня воды – 4 раза в сутки. При повышении уровня воды до определенной отметки, задаваемой специалистами Казселезащиты для каждого озера индивидуально, измерения автоматически переходят на учащенный режим – через каждый час. При превышении определенного значения скорости подъема или падения уровня воды измерения автоматически

переходят на критический режим и проводятся через 1 мин, чтобы определить расход возможного прорывного паводка. После стабилизации обстановки по команде оператора измерения переходят на обычный режим.

Наблюдения за уровнем воды в селевых руслах. Измерения уровня воды в руслах рек и в селевых руслах осуществляются круглогодично. В обычном режиме измерения проводятся в сроки, предусмотренные методикой Казгидромета, – 4 раза в сутки. При повышении уровня воды до определенной отметки, устанавливаемой для каждого пункта наблюдений индивидуально исходя из критического значения расхода воды, измерения автоматически переходят на учащенный режим – через каждые 10 мин. При достижении второго критического уровня, соответствующего переходу паводка в селевой поток, измерения автоматически переходят на аварийный режим – через 1 мин. При уменьшении уровня ниже критических значений измерения автоматически или по команде оператора переходят на обычный режим.

Наблюдения за температурой грунтов. Измерения температуры грунтов при отрицательных значениях проводятся 1 раз в сутки в 12 ч. При положительных температурах грунта на перемычках моренных озер в обычном режиме измерения выполняются через каждый час, а в селевых врезях – 4 раза в сутки.

Наблюдения за влажностью грунтов. Наблюдения за влажностью грунтов при отрицательных температурах грунтов не проводятся. При положительных значениях температуры грунтов на перемычках моренных озер измерения осуществляются через каждый час. В селевых очагах в обычном режиме измерения проводятся 4 раза в сутки. При выпадении осадков измерения выполняются через каждый час.

Наблюдения за характеристиками селей и паводков. Наиболее эффективным способом определения характеристик селей и паводков является сейсмический. Этот способ измерения расходов воды и селевой массы базируется на изучении спектра и амплитуды сейсмических волн в точках, удаленных от потоков, что позволяет безопасно (и не оказывая влияния на источники генерации сейсмических волн) непрерывно получать информацию о расходе потоков.

Важное достоинство сейсмического метода измерения расхода воды в горных реках и селей – характеристики сейсмических волн в точке измерения являются суперпозицией волн, возбуждаемых тысячами «элементарных генераторов». В связи с этим локальные изменения положения, спектра колебаний и их амплитуд «элементарных ге-

нераторов» практически не сказываются на их суммарном значении в точке наблюдений, т.е. при надлежащем удалении от русла потока точки измерения деформация русла не влияют на результаты измерений.

Сейсмоприемники трансформируют сейсмические колебания в электрические сигналы, которые легко преобразуются в цифровые сигналы, которые могут передаваться без искажений на большие расстояния. Для мониторинга движения селей рекомендуется использовать сейсморасходомер ИРС-Ц-01.

Сейсмические колебания, возбуждаемые при движении водных потоков и селей, трансформируются в сейсмическом датчике в электрический сигнал. Электрический сигнал усиливается усилителем. С помощью детектора переменное напряжение трансформируется в «постоянное» напряжение, пропорциональное среднему значению переменного напряжения. С помощью фильтра-интегратора «постоянное» напряжение усредняется и поступает на вход преобразователя напряжение-цифра, «усредненное» значение напряжения в форме цифрового значения поступает на цифровое табло.

Сейсмические расходомеры устанавливаются в очагах селеформирования, в зонах развития селевого процесса и движения селей. В межселевые сезоны сейсморасходомеры переводятся в режим покоя. В селеопасные сезоны сейсморасходомеры работают в режиме «ожидания». Когда значение сигнала сейсмодатчика превышает критическое, сейсморасходомер автоматически переводится в режим определения расхода селя.

Поскольку при определённых условиях фронт паводочной волны может сформироваться за несколько десятков секунд, наблюдения за ходом паводков в створах гидростов начинаются сразу после получения информации о начале интенсивных осадков или об аномальной ситуации, связанной с неконтролируемым увеличением расхода воды, вытекаемой из водоемов. Интервалы между измерениями расхода (уровня) воды не должны превышать 20 с вплоть до максимального значения расхода, после чего интервал времени между измерениями может быть увеличен до нескольких минут. Интервалы времени между измерениями не должны изменяться и продолжаться вплоть до тех пор, пока расход воды примет значение, отличающееся от расхода на момент прихода паводка в створ наблюдений более чем на 20 %. Информация о ходе паводочной волны должна в режиме online передаваться на диспетчерский пункт.

4.4.3. Инструменты наблюдений

В качестве базовой комплектации можно использовать автономные автоматические гидрологические посты, изготавливаемые серийно в РФ, либо другие автоматические гидрометеорологические станции. Комплектация автоматических наблюдательных пунктов определяется на этапе проектирования и может быть дополнена необходимыми датчиковыми системами, контроллерами, средствами энергообеспечения и передачи данных.

Комплект приемопередающего оборудования, энергоблок, контроллеры наблюдательного пункта могут быть размещены в защитном сооружении (рисунок 4.24). Датчики температуры воздуха, солнечные панели, фото (видео) камеры и др. могут быть установлены на мачте (рисунок 4.25). Датчики температуры воздуха могут быть использованы из комплектации автоматических метеорологических станций (рисунок 4.26). В качестве датчика осадков может быть использован осадкомерный комплекс (рисунок 4.27).



Рисунок 4.24 – Автоматическая метеостанция Campbell Scientific производства США



Рисунок 4.25 – Пример размещения оборудования пункта наблюдения на мачте



Рисунок 4.26 – Комплекс метеорологический малый МК-26



Рисунок 4.27 – Осадкомерный комплекс

Датчик уровня. Радарный уровнемер может устанавливаться на горных реках с сильно размываемым руслом, когда использование контактных датчиков уровня воды невозможно из-за размывов места установки или сильного заиления. Радарный уровнемер крепится на консоли над водой, на мостах и других гидротехнических объектах, расположенных над водой. Диапазон измерений 0–20 м. Предел основной допускаемой погрешности не более 0,05% (0,5 см в диапазоне 0–10 м).

Датчик осадков. Автоматизированные посты наблюдения для измерения суммарного количества и интенсивности жидких осадков укомплектовываются осадкомером (датчиком жидких осадков). Датчик жидких осадков, а также датчик смешанных осадков (жидких и твердых) могут устанавливаться на мачте на высоте, затрудняющей несанкционированный доступ. Датчик жидких осадков измеряет только их количество и интенсивность.

Датчики температуры воздуха и воды могут применяться стандартизованные, обеспечивающие установленные точность и погрешность.

Помимо датчиковой аппаратуры на посту автоматизированного мониторинга желательно установить фото- или видеорегистратор, предназначенный для съемки (фиксации) ситуации в створе пункта наблюдения.

Сбор информации от датчиков уровня, температуры воды и осадков с заданным интервалом измерений, первичную обработку и ее хранение должен обеспечивать контроллер. Контроллер должен иметь возможность одновременного подключения датчика уровня воды, температуры, осадков и сейсмодатчика (сейсмооповестителя).

4.4.4. Система автоматизированного мониторинга

В систему автоматизированного мониторинга селевой опасности входят станции пяти типов (рисунки 4.28, 4.29):

станции на моренно-ледниковых озерах;

станции в селевых очагах;

станции на селевых руслах;

станции на селезащитных дамбах;

центральный диспетчерский пункт с сервером для сбора и обработки данных и АРМ оператора.

Станции на моренно-ледниковых озерах предназначены для наблюдений за условиями формирования гляциальных селей. Они обеспечивают прогноз гляциальных селей и предупреждение об их возникновении.

Станции в селевых очагах предназначены для наблюдений за условиями формирования дождевых селей. Они обеспечивают прогноз гляциальных селей и предупреждение об их возникновении.

Станции в селевых руслах предназначены для прогноза селевой опасности, обнаружения возникновения селя и слежения за развитием селевого процесса.

Центральный диспетчерский пункт служит центром сбора, обработки и анализа информации, управлениями станциями мониторинга, а также центром принятия решений об оповещении государственных органов и населения о селевой опасности, угрозе возникновения и возникновении селя.

В 2019 г. планируется установить станции мониторинга в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы. Основанием для такого решения является высокий селевой риск, обусловленный наличием большого количества активных очагов формирования как гляциального, так и дождевого генезиса, а также многочисленных объектов инфраструктуры, расположенных в зонах возможного воздействия селей.

На рисунке 4.30 показаны места расположения станций мониторинга. В таблице 4.32 приводятся описание мест расположения пунктов мониторинга первой и второй очередей и обоснование мест размещения. Места размещения станций выбирались по согласованию с ГУ «Казселезащита» с учетом важности получаемых данных для прогноза селевой опасности, обнаружения возникновения селя и слежения за его развитием, а также своевременного предупреждения о селевой угрозе и возникновении селя.

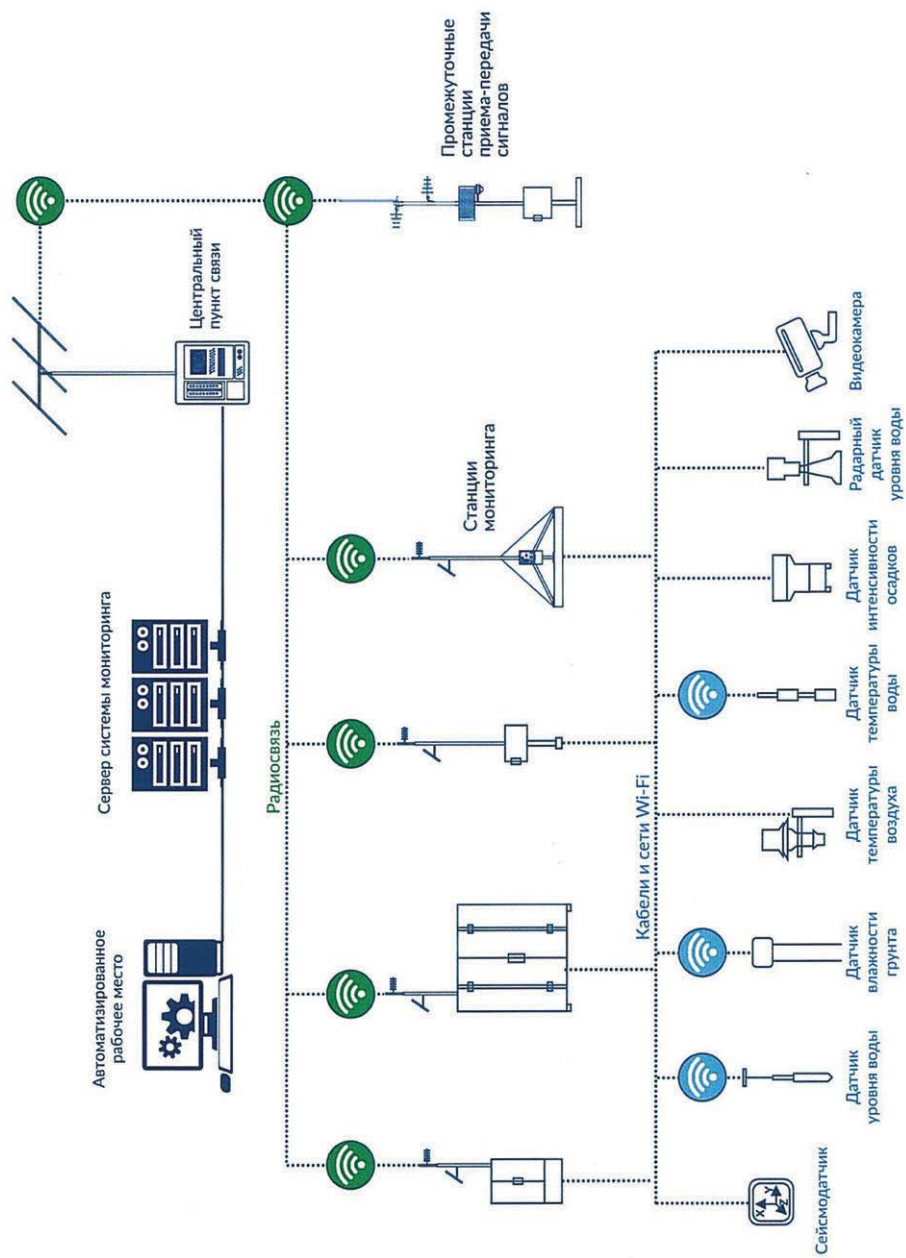


Рисунок 4.28 – Структурная схема мониторинга селевой опасности

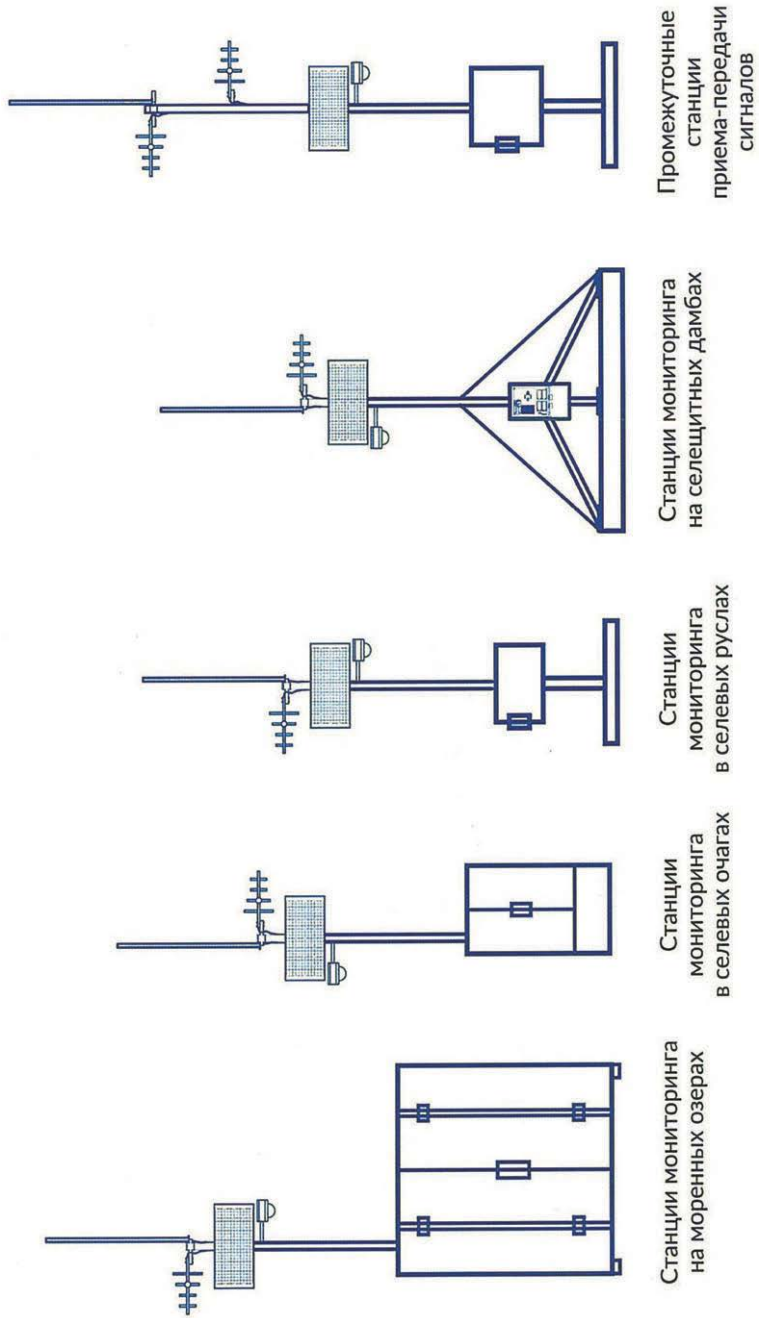


Рисунок 4.29 – Типы исполнения станций мониторинга

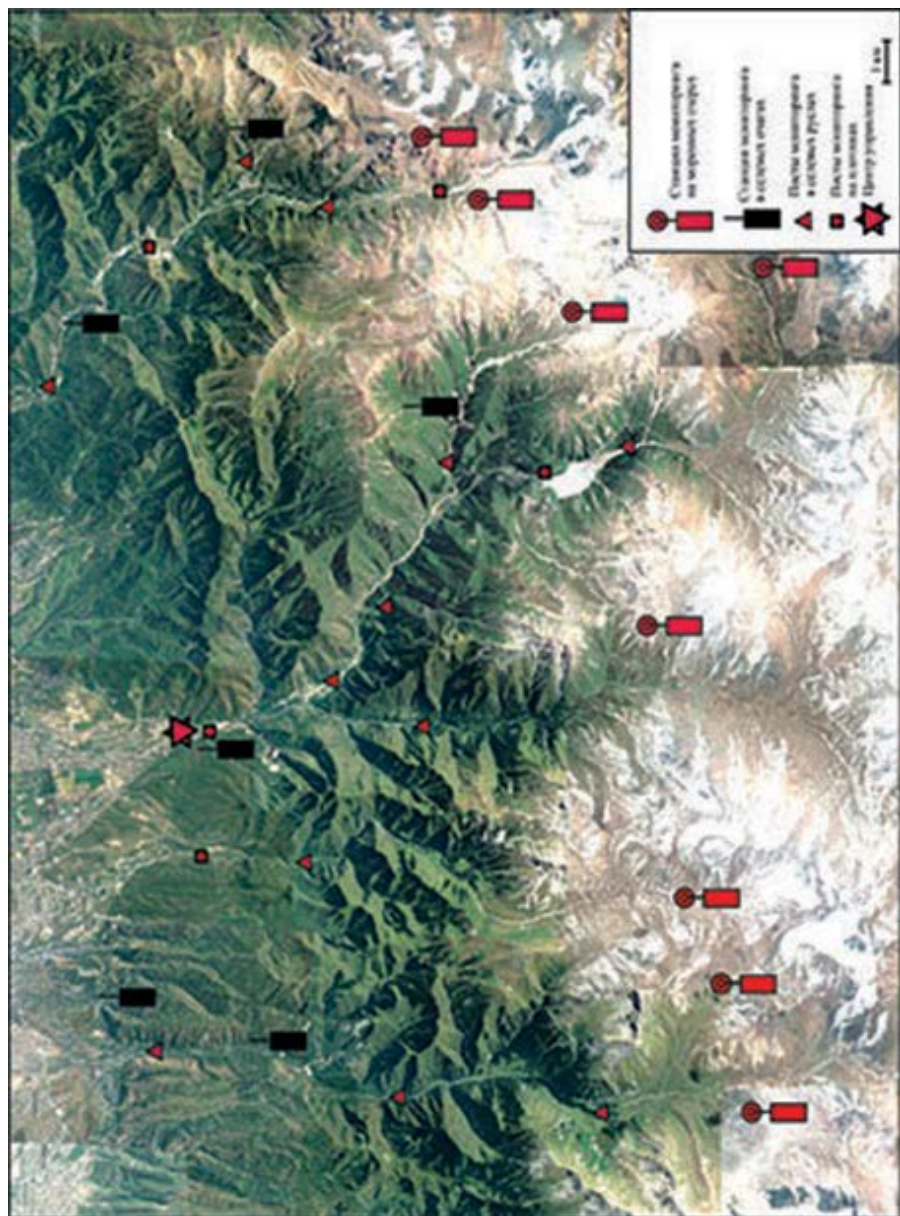


Рисунок 4.30 – Схема расположения пунктов мониторинга селевой опасности

Таблица 4.32 – Обоснование мест размещения станций мониторинга

№ п/п	Место размещения и тип станции	Обоснование
1	2	3
<i>1-я очередь 2019 г.</i>		
1	Улкен Алматы. Озеро № 13. 3540 м. Северо-восточная часть озерной перемычки. Озерная	Очень прорывоопасное озеро с большим объемом воды. Прорыв озера может вызвать разрушительный сель по всей долине Улкен Алматы. На озере в летний период есть пост Казселезащиты, ведутся работы по снижению уровня озера. Имеются электроснабжение и радиосвязь, обеспеченные Казселезащитой
2	Киши Алматы. Озеро № 6. 3600 м. Центральная часть озерной перемычки. Озерная	Прорывоопасное озеро. Прорыв озера может вызвать сель, способный разрушить плотину Мынжылкы и пройти до плотины Медео. На озере в летний период есть пост Казселезащиты, ведутся работы по снижению уровня озера. Имеются электроснабжение и радиосвязь, обеспеченные Казселезащитой
3	Улкен Алматы. Кумбелсу, урочище Мынжылкы. 2860 м. Терраса по правому борту долины в 3,5 км выше устья Кумбелсу. Очаговая	Активный очаг образования дождевых селей, способных пройти по долине Улкен Алматы до плотины. При этом будут разрушены мосты и автодорога, а также кафе и рестораны в районе ГЭС-1. Связь УКВ, спутниковая или GSM. Станция должна работать автономно
4	Киши Алматы. Шымбулак. 2420 м. Правый берег р. Шымбулак в 2 км выше устья Сарысай. Очаговая	Активный очаг образования дождевых селей, способных пройти по р. Шымбулак и Сарысай до Киши Алматы и плотины Медео. Возможно разрушение мостов на дороге Медео–Шымбулак. Станция должна работать автономно. Есть связь GSM
5	Киши Алматы. 2490 м. Правый берег р. Киши Алматы. Гидропост «Ворота Туйыксу». Русловая	Фиксирует прохождение селя по Киши Алматы, который может разрушить мост. Возможно попадание людей и автомобилей. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM

1	2	3
6	Киши Алматы. 2030 м. Устье р. Сарысай. Гидропост «Сарысай». Русловая	Фиксирует прохождение селя по Сарысаю, который может разрушить мост. Возможно попадание людей и автомобилей. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
7	Улкен Алматы. 2180 м. Мост через р. Кумбелсу. Гидропост «Кумбел». Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Кумбел, который может разрушить мосты и дорогу на БАО, рестораны и гостиницу. Возможно попадание людей и автомобилей. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
8	Киши Алматы. 1890 м. Плотина Медео. Дамба	Обеспечивает контроль за состоянием плотины и постселевым паводком ниже плотины. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
9	Киши Алматы. 3010 м. Плотина Мынжылкы. Дамба	Обеспечивает контроль за состоянием плотины и предупреждает о ее прорыве. Электроснабжение стационарное. Связь неустойчивая
10	Улкен Алматы. 1280 м. Плотина. Дамба	Обеспечивает контроль за состоянием плотины и постселевым паводком ниже плотины. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
11	Город Алматы. ДЧС КЧС МВД РК. Сервер и АРМ	Пункт приема, обработки данных и управления системой мониторинга
12	Город Алматы. АГЭУ ГУ «Казселезащита». АРМ	Пункт управления системой мониторинга
<i>2-я очередь. 2020 г.</i>		
1	Проходная. Озеро № 1 бис. 3640 м. Центральная часть озерной переемычки. Озерная	Прорывоопасное озеро. Прорыв озера может вызвать селя по долине Проходной до выхода в Улкен Алматы. Имеется временный пост Казселезащиты, обеспечивающий электроснабжение. Связь УКВ или спутниковая

Продолжение таблицы 4.32

1	2	3
2	Улкен Алматы. Озеро № 10. Морена ледника Городецкого. 3650 м. Центральная часть озерной перемычки. Озерная	Прорывоопасное озеро. Прорыв озера может вызвать сель по долине р. Озерной, который может дойти до озера Улкен Алматы и вызвать его переполнение. Поста наблюдений нет. Станция должна работать автономно
3	Киши Алматы. Озеро № 1. 3435 м. Северный берег озера. Озерная	Прорыв озера может вызвать сель, способный нанести повреждения плотине Мынжылкы. Рядом находится гляциологическая станция Института географии. Есть электроснабжение. Связь неустойчивая
4	Каргалы. Озеро № 1. 3510 м. Центральная часть озерной перемычки. Озерная	Прорыв озера может вызвать сель, способный дойти до плотины Каргалы. Имеется временный пост Казселезащиты, обеспечивающий электроснабжение. Связь УКВ или спутниковая
5	Аксай. Озеро № 8. 3515 м. Центральная часть озерной перемычки. Озерная	Прорыв озера может вызвать сель по долине р. Аксай. Периодически работает пост наблюдения. Проводятся работы по опорожнению озера. Имеется временный пост Казселезащиты, обеспечивающий электроснабжение. Связь УКВ или спутниковая
6	Аксай. Озеро № 10. 3460 м. Центральная часть озерной перемычки. Озерная	Прорыв озера может вызвать сель по долине р. Аксай. Периодически работает пост наблюдения. Проводятся работы по опорожнению озера. Станция должна иметь возможность работать автономно. Связь неустойчивая
7	Улкен Алматы. Между Кокшека и логом Милютинским. Левый борт ущелья Кокшека в 500 м к западу от устья. 1410 м. Очаговая	Ущелье Кокшека и лог Милютинский являются часто действующими очагами формирования дождевых селей, способных нанести ущерб дороге на БАО и садоводческому товариществу. Станция будет совмещать функции станции в селевом очаге и селевом русле. В русле Кокшека и лог Милютинский надо установить датчики уровня воды и датчики обнаружения селя. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Возможно стационарное электроснабжение. Есть связь GSM

1	2	3
8	Киши Алматы. Терраса между речками Беделбай и Батарейка. 1650 м. Очаговая	Беделбай и Батарейка являются очагами формирования дождевых селей, способных выйти в Киши Алматы и разрушить мост на дороге Алматы–Медео. К станции необходимо подключить датчики уровня воды в реках Беделбай и Батарейка и датчики схода селя на селеудерживающих сетках в этих руслах. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
9	Аксай. Акжар. Терраса в ущелье Акжар в 1 км выше устья. 1580 м. Очаговая	Активный часто действующий очаг дождевых селей. Селевые выбросы перекрывают дорогу по долине Аксая. Возможно попадание в сель пешеходов и автомобилей. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
10	Тастыбулак. 1 км выше устья. 1230 м. Очаговая	Паводки и селевые выбросы по руслу р. Тастыбулак вызывают подтопления домов и разрушения в поселке Тастыбулак. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель. Электроснабжение автономное. Связь GSM
11	Киши Алматы. 1160 м. Гидропост «Дамба-вододелитель». Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Киши Алматы и Есентай, который может вызвать разрушения и человеческие жертвы. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
12	Улкен Алматы. 1480 м. 700 м выше устья Проходной. Гидропост «Выше устья Проходной». Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Улкен Алматы, который может разрушить мосты и дорогу на БАО, рестораны и гостиницу. Возможно попадание людей и автомобилей. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
13	Улкен Алматы. Аюсай. 1980 м. 900 м выше устья Аюсая. Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Аюсай, который может разрушить мосты и дорогу на БАО. Возможно попадание людей и автомобилей. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжения нет. Связь GSM

Окончание таблицы 4.32

1	2	3
14	Улкен Алматы. Озерная. 2540 м. 650 м выше впадения в озеро Улкен Алматы. Гидропост «Выше БАО». Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Озерная, который дойдет до БАО и вызовет его переполнение. Возможно попадание людей. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
15	Улкен Алматы. Проходная, 1730 м. Правый берег р. Проходная, на уровне курорта «Алма -Арасан». Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Проходная, который выйдет в Улкен Алматы. Возможны разрушения и человеческие жертвы. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
16	Каргалы. 1700 м. Левый берег р. Каргалы в 3 км выше дамбы. Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Каргалы, который выйдет в селехранилище. Возможны разрушения и человеческие жертвы. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
17	Аксай. Среднее течение. 2370 м. 13 км выше устья. Левый берег р. Аксай. Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Аксай. Возможны разрушения и человеческие жертвы. Электроснабжения нет. Связь неустойчивая
18	Аксай. Нижнее течение. 7,5 км выше устья. 1620 м. Левый берег р. Аксай. Пионерлагерь. Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Аксай. Возможны разрушения и человеческие жертвы. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
19	Аксай. 1150 м. 1,2 км выше устья. Гидроузел. Русловая	Фиксирует прохождение селя по р. Аксай, который выйдет на конус выноса. Возможны разрушения в пос. Акжар и человеческие жертвы. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
20	Каргалы. 1350 м. Плотина. Дамба	Обеспечивает контроль за состоянием плотины и постселевым паводком ниже плотины. Станция должна иметь сирену, громкоговоритель и светофор. Электроснабжение стационарное. Связь GSM
21	Улкен Алматы. 2510 м. Плотина БАО. Дамба	Обеспечивает контроль за состоянием плотины и предупреждает о ее прорыве. Электроснабжение стационарное. Связь GSM

Автоматизированная система оповещения о селевой опасности является частью системы оповещения населения о чрезвычайных ситуациях г. Алматы. В настоящее время в городе установлено более 500 сирено-речевых установок, способных передавать звуковые сигналы и речевые сообщения на расстояние до 300 м. Площадь покрытия территории города такими установками составляет 60 %. До 2020 г. планируется довести площадь покрытия до 100 %. Таким образом, в рамках проекта «Мониторинг селевой опасности» нет необходимости предусматривать самостоятельный технический блок «Оповещение». Остается только обеспечить информационно-организационную часть: разработать тексты оповещений и схему задействования системы оповещения дежурным оператором мониторинга селевой опасности.

Для передачи экстренного сообщения о сходе селя необходимо использовать сирено-речевые установки БАО-600 «Марс-Арсенал». Установка обеспечивает информирование населения на площади 0,3 км². По команде оператора включаются режимы: трансляция речевого сообщения, запуск сигнала «Внимание всем!» (звуковая сирена). Запуск производится с центрального пульта управления либо удаленно с уровня Республиканской системы оповещения. С ЦПУ можно выбирать отдельные точки или группы точек. Система питания – аккумуляторы с подзарядкой от электросети. Ресурс автономной работы – 60 мин в активном режиме.

Сирено-речевые установки должны быть установлены в следующих местах:

1. В долине реки Киши Алматы 13 СРУ:

на углу улиц Горная и Оспанова;

устье Бутаковки;

детский санаторий «Балбулак»;

лесничество;

сквозные селезащитные сооружения;

устье Беделбай;

санаторий «Просвещенец»;

нижняя станция гондольной дороги Медео–Шымбулак;

плотина «Медео»;

устье р. Горельник;

устье р. Сарысай;

гидропост «Ворота Туйыксу»;

плотина «Мынжылкы».

2. В долине р. Улкен Алматы 21 СРУ:

вдоль реки Улкен Алматы на участке от пр. аль-Фараби до плотины через каждые 600 м – 10 установок;

плотина;
 устье р. Кокшека;
 устье р. Проходная;
 1,5 км выше устья Проходной;
 устье Аюся;
 1,3 км выше устья Аюся;
 ГЭС-1;
 мост через р Кумбелсу;
 плотина БАО;
 долина Проходной в районе санатория «Алма-Арасан»;
 долина Проходной 1,5 км выше устья.
 3. В долине р. Каргалы 6 СРУ:
 2,5; 1,8 и 1,0 км ниже плотины;
 плотина;
 0,7 и 1,5 км выше плотины.
 4. В долине р. Аксай 10 СРУ:
 устье р. Тастыбулак;
 устье р. Аксай;
 0,7; 1,5; 2,2; 2,9 и 3,6 км выше устья Аксяя;
 устье р. Акжар;
 устье р. Кызылжар;
 пионерлагерь (лесхоз).

Всего в селеопасной зоне должно быть 48 сирено-речевых установок.

На рисунках 4.31–4.39 приведены датчики, которыми предлагается оснастить станции мониторинга.

В таблице 4.33 приводится оснащение станций средствами наблюдения.

Подсчет количества и интенсивности осадков осуществляется при помощи измерительной емкости и адаптера для твердых осадков. Принцип действия устройства основан на накоплении осадков на специальном коромысле и опрокидывании его при достижении откалиброванного количества жидкости на нем. Каждое опрокидывание фиксируется магнитным считывателем и формирует электрический импульс. Кратковременные импульсы, считываемые регистратором данных, предоставляют информацию об интенсивности и количестве осадков. Адаптер для твердых осадков состоит из резервуара с антифризом, переливной трубки и уловителя. Снег, захваченный в уловителе, расплавляется антифризом. Сплавленный снег повышает уровень антифриза и водного раствора. Смесь протекает через переливную трубку в ковш для опрокидывания, где она измеряется механизмом опрокидывания коромысла.

Технические характеристики:

Тип считывателя.....	магнитный геркон
Разрешение.....	0,1 мм
Точность.....	1% при 25,4 мм в час
Рабочая температура.....	от 0°С до +60°С



Рисунок 4.31 – Датчик интенсивности осадков

Температура воздуха измеряется при помощи прибора, состоящего из корпуса и температурного сенсора. Окружающий воздух поступает на сенсор, проходя через специальный корпус, защищающий сенсор от солнечного воздействия и обеспечивающий циркуляцию воздуха.

Технические характеристики:

Тип сенсора.....	1000 Ω Platinum RTD
Измерительный диапазон.....	±50°C
Точность.....	±0,3°C при 0°C
Температурный коэффициент.....	0,00375 Ω/Ω/°C
Диаметр оболочки сенсора.....	4,78 мм
Длина оболочки сенсора.....	60,12 мм
Диаметр корпуса.....	200 мм
Длина корпуса.....	330 мм
Вес.....	1,55 кг



Рисунок 4.32 – Датчик температуры воздуха

Для измерений температуры воды в водоемах применяются цепочки термодатчиков, объединенных в одну конструкцию на одном сигнальном кабеле. Данное решение позволяет упростить монтажные, калибровочные и пуско-наладочные работы. В зависимости от условий, характеристик и задач количество датчиков в цепи и сама длина цепи уточняются во время проведения проектно-исследовательских работ.

Технические характеристики:

Тип сенсора.....	3000 Ω Platinum RTD
Измерительный диапазон.....	от -80°C до +75°C
Допускаемый предел погрешности.....	±0,1°C
Точность.....	±0,01°C при 0°C



Рисунок 4.33 – Датчик температуры воды

Радиолокационный бесконтактный датчик использует импульсную радиолокационную технологию для определения уровня воды. Этот энергоэффективный бесконтактный метод измерения означает, что датчик работает без влияния градиентов температуры, загрязнения воды или объемов осадка и обеспечивает точные измерения. Установка датчика над руслами на тросовых растяжках не повлияет на точность измерений, так как в процессе измерений автоматически компенсируются волнения и завихрения потоков. Радарный уровнемер предназначен для монтажа на открытом воздухе.

Технические характеристики:

Диапазон измерений.....	от 0,5 до 35 м
Точность измерений.....	±2 мм
Угол луча антенны.....	10°
Диапазон рабочих температур.....	от -40°C до +80°C
Класс защиты.....	IP 66/68
Размеры.....	129x115x122 мм
Вес.....	2 кг

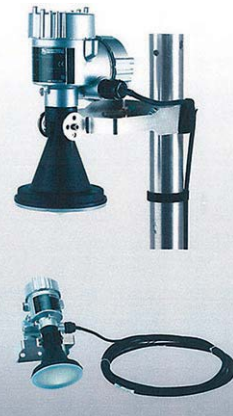


Рисунок 4.34 – Датчик уровня воды

Измерение уровня воды осуществляется при помощи погружных датчиков давления. Сенсор датчика связан с измеряемой жидкостью через изолирующую мембрану из нержавеющей стали. Перемещения мембраны передаются на вибрационную струну и изменяют частоту ее собственных колебаний. Данные изменения фиксируются регистратором данных и пересчитываются в давление столба жидкости, что в свое очередь позволяет вычислить уровень. В стандартное исполнение включены повышенная молниезащита и встроенный термодатчик.

Технические характеристики:

Тип сенсора.....	Вибрационная струна (VW)
Перегрузка.....	Двойной диапазон измерений
Разрешение.....	0,0025% от измеряемого диапазона
Точность.....	0,01% от измеряемого диапазона
Стандартные диапазоны измерений.....	от 0,07 МПа до 75 МПа
Диапазон рабочих температур.....	от -20°С до +80°С
Материал.....	Герметично сварной корпус из нержавеющей стали
Размеры.....	150x25 мм



Рисунок 4.35 – Датчик глубины водоема

Для измерения температур грунта на разных глубинах применяются цепочки термодатчиков, объединенных в одну конструкцию на одном сигнальном кабеле. Высококачественное исполнение данных цепочек обеспечивает стабильную работу в различных условиях, таких к примеру, как мерзлые грунты, водонасыщенные грунты, а также они могут быть замоноличены в бетон. В зависимости от условий, характеристик и задач количество датчиков в цепи и сама длина цепи уточняются во время проведения проектно-изыскательских работ. С целью обеспечения большего срока службы и улучшения износостойкости кабель усилен стальной оплеткой (либо кевларовой оболочкой).

Технические характеристики:

Допускаемый предел погрешности.....	±0,2°С
Измерительный диапазон.....	от -55°С до +85°С
Разрешение.....	±0,0078°С



Рисунок 4.36 – Датчик температуры грунта

Датчик влажности грунта измеряет объемное содержание воды от 0% до насыщения. Выходной сигнал датчика - частота колебаний в мегагерцах, которая масштабируется и легко считывается регистратором данных. Датчик состоит из двух 30-сантиметровых стержней из нержавеющей стали, присоединенных к измерительному блоку. Монтажная плата с подключенным кабелем измерительного блока залита в эпоксидную смолу.

Технические характеристики:

Разрешение.....	±2,5%
Точность содержания воды.....	0,05%
Диапазон рабочих температур.....	от 0°С до +70°С
Размеры стержней.....	300x3,2 мм
Расстояние между стержнями.....	32мм
Размеры измерительного блока.....	85x63x18 мм
Общий вес.....	280г

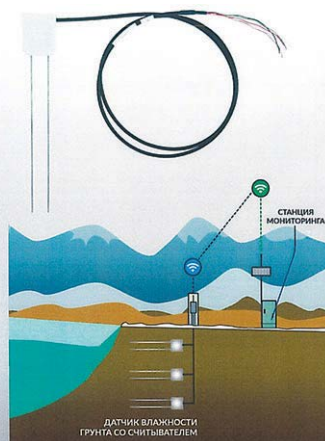


Рисунок 4.37 – Датчик влажности грунта

Сейсмодатчик, электромеханический трехкомпонентный акселерометр, предназначен для широкополосного мониторинга сильных движений и других приложений, требующих от датчиков высокой чувствительности и надежности, минимального обслуживания и простого метода периодического тестирования. Датчик легко калибруется на наклонной плоскости или в полевых условиях. Возможность подачи тестового сигнала позволяет оперативно проверить работоспособность акселерометра и точность измерения ускорения. Линия тестового сигнала включается только тогда, когда данная команда отправляется на датчик, что позволяет избежать дополнительного шума через тестовый вход.



Технические характеристики:

Диапазоны работы.....	±2g, ±5g, ±10g, ±25g, ±50g, ±100g
Чувствительность.....	1-2%
Диапазон рабочих температур.....	от -55°C до +125°C
Класс защиты.....	IP67
Размеры.....	50,5x26,8x27,2 мм
Размеры измерительного блока.....	85x63x18 мм
Вес.....	118г

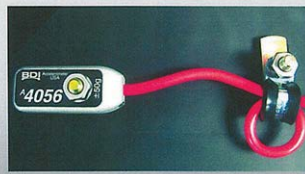
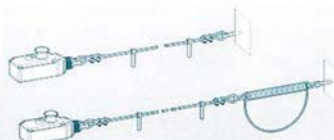


Рисунок 4.38 – Сейсмодатчик

Датчик схода селя представляет собой тросовый выключатель. Для обнаружения схода селя используется трос, натянутый над руслом на проектной высоте, где предполагается фиксация. Инерцией потока трос смещается, либо срывается, что приводит к срабатыванию выключателя. Ввод выключателя производится при последующем восстановлении конструкции, натяжении троса и установке чеки.



Технические характеристики:

Материал корпуса.....	алюминиевый сплав
Диапазон рабочих температур.....	от -30°C до +65°C
Класс защиты.....	IP65

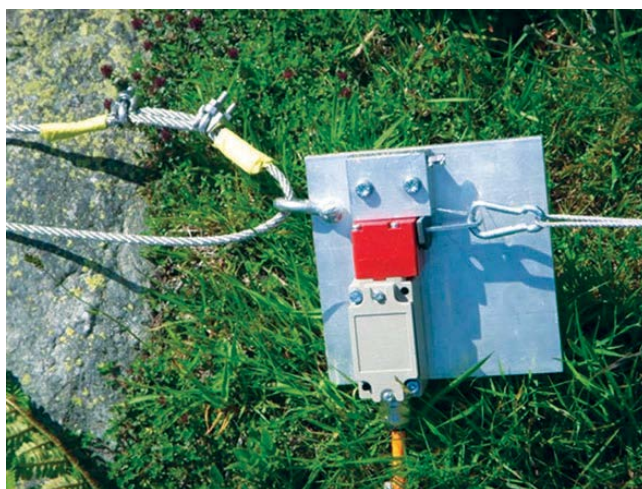


Рисунок 4.39 – Датчик движения селя

Таблица 4.33 – Места расположения и состав оборудования

№ п/п	Место расположения	Тип станции	Датчики и их количество					
			Температура воздуха	Температура воды	Осадки	Глубина воды (подводные датчики)	Уровень воды (внешние радарные датчики)	Уровень воды в скважине
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>1-я очередь, 2019 г.</i>								
1	Улкен Алматы, озеро № 13	Озерная	1	1	1	1		
2	Киши Алматы, озеро № 6	Озерная	1	1	1	1		
3	Улкен Алматы, Кумбелсу	Селевой очаг	1		1		1	
4	Киши Алматы, Шымбулак	Селевой очаг	1		1		1	
5	Киши Алматы, Ворота Туйыксу	Селевое русло			1		1	
6	Киши Алматы, Сарысай	Селевое русло			1		1	
7	Улкен Алматы, устье Кумбелсу	Селевое русло			1		1	
8	Киши Алматы, плотина «Медео»	Дамба				2	1	1
9	Киши Алматы, плотина «Мынжылкы»	Дамба				2	1	1
10	Улкен Алматы, плотина	Дамба				2	1	1
11	ДЧС г. Алматы	Пункт приема данных, сервер и АРМ						
12	Казселезащита	АРМ						
<i>2-я очередь, 2020 г.</i>								
1	Улкен Алматы, Проходная, озеро №1	Озерная	1	1	1	1		
2	Улкен Алматы, Озерная, озеро № 10	Озерная	1	1	1	1		
3	Киши Алматы, озеро № 1	Озерная	1	1	1	1		

станций автоматизированного мониторинга

Датчики и их количество							
Температура грунта на 5 уровнях	Влажность грунта на 5 уровнях	Сейсмо-датчик	Датчик схода селя	Видео-камера	Сирено-речевое устройство	Энерго-снабжение	Способ передачи данных
10	11	12	13	14	15	16	17
<i>1-я очередь, 2019 г.</i>							
1	1		1	1		Автономное	УКВ/спутт/GSM
1	1		1	1		Автономное	УКВ/спутт/ GSM
1	1	1	1			Автономное	GSM
1	1	1	1			Автономное	GSM
		1	1	1		Стационарное	GSM
		1	1	1	1	Стационарное	GSM
		1	1	1	1	Стационарное	GSM
				1	1	Стационарное	GSM
				1	1	Стационарное	GSM
						Стационарное	
						Стационарное	
<i>2-я очередь, 2020 г.</i>							
1	1		1	1		Стационарное	УКВ/спутт/ GSM
1	1		1	1		Автономное	УКВ/спутт/ GSM
1	1		1	1		Стационарное	УКВ/спутт/ GSM

Окончание таблицы 4.33

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Каргалы, озеро № 1	Озерная	1	1	1	1		
5	Аксай, озеро № 8	Озерная	1	1	1	1		
6	Аксай, озеро № 10	Озерная	1	1	1	1		
7	Улкен Алматы, Кокшека и лог Милютинский	Селевой очаг	1		1		2	
8	Киши Алматы, Беделбай и Батарейка	Селевой очаг	1		1		2	
9	Аксай, Акжар	Селевой очаг	1		1		2	
10	Тастыбулак, 1 км выше устья	Селевой очаг	1		1		1	
11	Киши Алматы, вододелитель	Селевое русло	1		1		1	
12	Улкен Алматы, выше устья Проходной	Селевое русло	1		1		1	
13	Улкен Алматы, Аюсай	Селевое русло	1		1		1	
14	Улкен Алматы, Озерная выше БАО	Селевое русло	1		1		1	
15	Улкен Алматы, Проходная. Курорт «Алма-Арасан»	Селевое русло	1		1		1	
16	Каргалы, 3 км выше дамбы	Селевое русло	1		1		1	
17	Аксай, среднее течение	Селевое русло	1		1		1	
18	Аксай, пионерлагерь	Селевое русло	1		1		1	
19	Аксай, гидроузел	Селевое русло	1		1		1	
20	Каргалы, дамба	Дамба					2	1
21	Улкен Алматы, дамба БАО	Дамба					2	1

Окончание таблицы 4.33

10	11	12	13	14	15	16	17
1	1		1	1		Стационарное	УКВ/спут/ GSM
1	1		1	1		Стационарное	УКВ/спут/ GSM
1	1		1	1		Автономное	УКВ/спут/ GSM
1	1	2	2		2	Стационарное	GSM
1	1	2	2		1	Стационарное	GSM
1	1	2	2		1	Стационарное	GSM
1	1	1	1		1	Автономное	УКВ/спут/ GSM
		1	1		1	Стационарное	GSM
			1		1	Стационарное	GSM
			1		1	Автономное	GSM
			1			Автономное	GSM
			1		1	Стационарное	GSM
			1			Автономное	GSM
			1			Автономное	УКВ/спут/ GSM
			1		1	Стационарное	УКВ/спут/ GSM
			1		1	Стационарное	GSM
				1	1	Стационарное	GSM
				1	1	Стационарное	GSM

Общие требования к автоматизированной системе наблюдений и техническим средствам. Датчики должны сохранять работоспособность при всех возможных диапазонах параметров окружающей среды: температура – от -40 до +50 °С, влажность – до 100 %, скорость ветра – до 40 м/с.

Требования к точности измерительных устройств. Датчики температуры воздуха должны обеспечивать точность измерения 0,1 °С в диапазоне от -40 до +40 °С и иметь радиационную защиту.

Датчики осадков должны обеспечивать точность измерения количества осадков 0,1 мм слоя воды и интенсивности осадков 0,1 мм/мин. Датчики должны иметь ветровую защиту.

Датчики температуры воды должны обеспечивать измерение температуры воды с точностью 0,1 °С при температуре от 0 до 30 °С.

Датчики глубины воды должны измерять глубину воды с точностью до 1 см на глубинах от 0 до 20 м.

Датчики уровня воды должны измерять расстояние от датчика до поверхности воды с точностью до 1 см в диапазоне расстояний от 0 до 20 м.

Датчики измерения температуры грунтов должны измерять температуру грунтов на глубине 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 и 3,0 м с точностью 0,1 °С в диапазоне от -40 до +40 °С. Датчики должны иметь защиту от механических повреждений при деформации грунта.

Датчики измерения влажности грунтов должны измерять влажность грунтов на глубине 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 и 3,0 м с точностью не более 5 % при влажности от 0 до 100 % и температурах от 0 до 70 °С. Датчики должны иметь защиту от механических повреждений при деформации грунта.

Датчик сейсмической активности должен иметь чувствительность не менее 2 % и работать при температурах от -40 до +40 °С при влажности до 100 %.

Расстояние для беспроводной передачи данных от выносных датчиков до станции сбора данных – не менее 500 м.

Сирены аварийного оповещения кроме звукового сигнала должны передавать речевые сообщения. Дальность распространения звукового сигнала должна быть не менее 1 км.

Станции, расположенные в местах, где нет постоянного источника электроэнергии, должны обеспечиваться автономными системами энергоснабжения (солнечные батареи, ветрогенераторы, аккумуляторы) в зависимости от местных условий. Система должна обеспечивать

бесперебойное снабжение электроэнергией станции на протяжении не менее 6 мес.

Система передачи данных со станций на центральный сервер использует УКВ и КВ радиоканалы или спутниковую связь в зависимости от местных условий прохождения радиосигнала. Способ передачи данных определяется на стадии проектирования системы.

Все устройства должны иметь защиту от внешних воздействий. Устройства, устанавливаемые на неохраемых территориях, должны иметь антивандальную защиту.

Средства связи и передачи данных. Передача данных со станций наблюдения на сервер центра управления может осуществляться тремя способами:

- 1) УКВ радиосвязь;
- 2) мобильная GSM связь;
- 3) мобильная спутниковая связь.

Возможность передачи данных по УКВ радиосвязи зависит от рельефа местности в пункте расположения станции мониторинга. В настоящее время на всех постах Казселезащиты связь осуществляется по УКВ связи в диапазоне 136–174 МГц. В качестве передающих устройств можно использовать мобильные цифровые радиостанции MOTOTRBO DM 4400 (США) или HITERA (КНР). Станции HITERA являются более современными и имеют большие возможности. Стоимость таких радиостанций около 400 тыс. тенге. Для обеспечения всех станций мониторинга потребуется 31 станция общей стоимостью 12 400 тыс. тенге.

Для использования GSM связи необходимо, чтобы станция мониторинга находилась в зоне покрытия мобильной связью. В настоящее время мобильная связь обеспечивается в низкогорной и среднегорной зонах бассейнов Киши и Улкен Алматы и в низкогорной зоне бассейнов Каргалы и Аксай. Стоимость аренды сотовой связи фиксированного Интернета с одной станции составляет 390,0 тыс. тенге в год, что для всех станций будет 12 090,0 тыс. тенге в год.

Для станций, расположенных вне зоны доступности GSM связи и вне зоны радиовидимости УКВ связи, можно использовать спутниковую связь. Для НКСС IRIDIUM годовая стоимость абонентской платы с одного объекта составляет 408,0 тыс. тенге. Стоимость спутникового термина – 343,0 тыс. тенге.

Таким образом, стоимость спутниковой связи для одной точки выше, чем для УКВ или сотовой связи. Поэтому спутниковую связь следует применять, если невозможно пользоваться сотовой или УКВ

связью. На остальных станциях нужно использовать сотовую связь, применяя УКВ связь как дополнительную. На остальных станциях требуется применять УКВ связь.

Выбор вида связи и технических средств будет осуществлен при разработке проектно-сметной документации в 2018 году.

Система должна поддерживать следующие режимы функционирования:

- дежурный,
- тревожный,
- аварийный.

В дежурном режиме данные со станций мониторинга передаются на центральный сервер 4 раза в сутки.

Тревожный режим включается при прогнозе выпадения осадков, а также при пороговых значениях наполнения моренных озер. Передача данных происходит ежечасно. Тревожный режим включается по команде оператора для тех станций, на которых сложилась тревожная ситуация.

Аварийный режим включается при красном уровне селевой опасности при превышении пороговых значений контролируемых параметров, когда появляется реальная угроза схода селя в ближайшие часы, а также при срабатывании датчика обнаружения селя. Передача данных с угрожаемых объектов происходит ежеминутно. Аварийный режим включается автоматически или по команде оператора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание автоматизированной системы мониторинга позволит дистанционно в реальном времени обеспечить контроль за гидрометеорологической ситуацией, моренными озерами и предупреждение селевых потоков в центральной части хребта Иле Алатау по бассейнам рек Улкен и Киши Алматы, Аксай и Каргалы. Она даст возможность качественно и своевременно обеспечивать всеми необходимыми данными для анализа и принятия своевременных мер.

Создание системы позволит в автоматизированном варианте осуществлять в реальном времени анализ и прогноз селевой опасности и в дальнейшем дает возможность создания моделей чрезвычайных ситуаций.

Система должна обеспечить:

- безопасность от угрозы селей путем комплексного контроля за селевыми проявлениями;
- замещение существующей системы обслуживания на основе ручного наблюдения, которая не предоставляет возможность комплексного контроля за селеформирующими процессами;
- повышение эффективности исполнения процессов анализа, наблюдения, прогнозирования, оповещения путем сокращения непроизводительных и дублирующих операций, выполняемых «вручную», оптимизации информационного взаимодействия участников процессов;
- повышение качества принятия решений за счет оперативности представления, полноты, достоверности и удобства форматов статистической и оперативной информации.

Мониторинг селевой опасности должен осуществляться на станциях четырех типов: 1) станции на моренных озерах; 2) станции в селевых очагах; 3) станции в селевых руслах; 4) станции на селезащитных сооружениях (таблица 4.34).

Станции на моренных озерах должны проводить такие виды наблюдений, как:

- температура воздуха;
- осадки;
- температура воды в озере;
- глубина воды в озере;
- температура грунта на озерной перемычке на глубинах 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0 м;
- температура грунта на озерной перемычке на глубинах 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0 м;

уровень воды в русле реки, вытекающей из озера;
сейсмическая активность возле русла реки;
смещение валунов в русле реки;
фото/видео наблюдения.

Станции в селевых очагах должны проводить следующие виды наблюдений:

температура воздуха;

осадки;

температура грунта на озерной перемычке на глубинах 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0 м;

температура грунта на озерной перемычке на глубинах 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0 м;

уровень воды в селевом русле;

сейсмическая активность возле селевого русла;

смещение валунов в селевом русле;

фото/видео наблюдения.

Станции в селевых руслах должны проводить следующие виды наблюдений:

температура воздуха;

осадки;

уровень воды в селевом русле;

сейсмическая активность возле селевого русла;

смещение валунов в селевом русле;

фото/видео наблюдения (выборочно).

Станции на селезащитных сооружениях должны выполнять следующие виды наблюдений:

температура воздуха;

осадки;

уровень грунтовых вод в теле плотины;

уровень воды в русле на входе в плотину;

уровень воды в русле на выходе из плотины;

сейсмическая активность возле русла реки ниже плотины;

смещение валунов в русле реки ниже плотины;

фото/видео наблюдения.

Предлагается внедрить автоматизированный мониторинг селевой опасности в течение трех лет с 2018 по 2020 год с разбивкой по этапам:

1 этап. 2018 г. Разработка проектно-сметной документации. Потребность финансовых средств – 56,6 млн тенге.

2 этап. 2019 г. Установка и ввод в эксплуатацию станций мониторинга первой очереди (10 станций в бассейнах рек Киши и Улкен

Таблица 4.34 – Расположение станций мониторинга

№ п/п	Тип станции	Бассейн реки	Место размещения, высота над уровнем моря
1	2	3	4
<i>1-я очередь, 2019 г.</i>			
1	Озерная	Улкен Алматы	Озеро № 13. 3540 м. Северо-восточная часть озерной перемычки
2	Озерная	Киши Алматы	Озеро № 6. 3600 м. Центральная часть озерной перемычки
3	Очаговая	Улкен Алматы	Кумбелсу, урочище Мынжылкы. 2860 м. Терраса по правому борту долины в 3,5 км выше устья Кумбелсу
4	Очаговая	Киши Алматы	Шымбулак. 2420 м. Правый берег р. Шымбулак в 2 км выше устья Сарысай
5	Русловая	Киши Алматы	2490 м. Правый берег р. Киши Алматы. Гидропост «Ворота Туйьксу»
6	Русловая	Киши Алматы	2030 м. Устье р. Сарысай. Гидропост «Сарысай»
7	Русловая	Улкен Алматы	2180 м. Мост через р. Кумбелсу. Гидропост «Кумбел»
8	Дамба	Киши Алматы	1890 м. Плотина «Медео»
9	Дамба	Киши Алматы	3010 м. Плотина «Мынжылкы»
10	Дамба	Улкен Алматы	1280 м. Плотина
11	Сервер и АРМ	Город Алматы	ДЧС КЧС МВД РК
12	АРМ	Город Алматы	АГЭУ ГУ «Казселезащита»
<i>2-я очередь, 2020 г.</i>			
1	Озерная	Проходная	Озеро № 1 бис. 3640 м. Центральная часть озерной перемычки
2	Озерная	Улкен Алматы	Озеро № 10. Морена ледника Городецкого. 3650 м. Центральная часть озерной перемычки
3	Озерная	Киши Алматы	Озеро № 1. 3435 м. Северный берег озера
4	Озерная	Каргалы	Озеро № 1. 3510 м. Центральная часть озерной перемычки
5	Озерная	Аксай	Озеро № 8. 3515 м. Центральная часть озерной перемычки
6	Озерная	Аксай	Озеро № 10. 3460 м. Центральная часть озерной перемычки

Окончание таблицы 4.34

1	2	3	4
7	Очаговая	Улкен Алматы	Между Кокшека и логом Милютинский. Левый борт ущелья Кокшека в 500 м к западу от устья. 1410 м
8	Очаговая	Киши Алматы	Терраса между речками Беделбай и Батарейка. 1650 м
9	Очаговая	Аксай	Акжар. Терраса в ущелье Акжар в 1 км выше устья. 1580 м
10	Очаговая	Тастыбулак	1 км выше устья. 1230 м
11	Руслловая	Киши Алматы	1160м. Гидропост «Дамба-вододелитель»
12	Руслловая	Улкен Алматы	1480 м. 700 м выше устья Проходной. Гидропост «Выше устья Проходной»
13	Руслловая	Улкен Алматы	Аюсай. 1980 м. 900 м выше устья Аюсая
14	Руслловая	Улкен Алматы	Озерная. 2540 м. 650 м выше впадения в Улкен Алматы озеро. Гидропост «Выше БАО»
15	Руслловая	Улкен Алматы	Проходная, 1730 м. Правый берег р. Проходная, на уровне курорта «Алма-Арасан»
16	Руслловая	Каргалы	1700 м. Левый берег р. Каргалы в 3 км выше дамбы.
17	Руслловая	Аксай	Среднее течение. 2370 м. 13 км выше устья. Левый берег р. Аксай
18	Руслловая	Аксай	Нижнее течение. 7,5 км выше устья. 1620 м. Левый берег р. Аксай. Пионерлагерь.
19	Руслловая	Аксай	1150 м. 1,2 км выше устья. Гидроузел
20	Дамба	Каргалы	1350 м. Плотина
21	Дамба	Улкен Алматы	2510 м. Плотина БАО

Алматы), центр управления с двумя автоматизированными рабочими местами (ДЧС г. Алматы и Алматинское ГЭУ «Казселезащиты»). Приобретение программного обеспечения и средств связи. Обучение персонала.

3 этап. 2020 г. Установка и ввод в эксплуатацию станций мониторинга второй очереди (21 станция в бассейнах рек Каргалы и Аксай). Опытная эксплуатация и техническое обслуживание станций мониторинга первой очереди.

Общие затраты на реализацию системы автоматизированного мониторинга составят около 800 млн тенге.

ГЛОССАРИЙ

- АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА** – комплекс технических и программных средств, а также персонала, предназначенный для мониторинга различных процессов. Термин «автоматизированная», в отличие от термина «автоматическая», подчёркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.
- АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ СЛУЖБА** – совокупность организационно объединенных органов управления, аварийно-спасательных формирований и средств гражданской защиты, предназначенных для решения задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, функционально объединенных в единую систему.
- ВЗВЕШЕННЫЕ НАНОСЫ** – твердые частицы, переносимые водным потоком во взвешенном состоянии.
- ВЛЕКОМЫЕ НАНОСЫ** – наиболее крупные (тяжелые) частицы, перемещаемые водным потоком в придонном слое путем волочения, перекачивания или сальтации.
- ВОДОТОК** – водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.
- ВОДОСБОРНАЯ ПЛОЩАДЬ** – территория, в пределах границ которой формируются водные ресурсы водного объекта.
- ВОССТАНОВЛЕНИЕ** – действия, предпринимаемые в период, следующий за реабилитацией, и направленные на полное преодоление последствий катастрофы. Эти действия включают строительство жилых постоянных сооружений, полное восстановление деятельности всех служб, инфраструктуры.
- ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ** – инженерные сооружения, используемые для управления водными ресурсами, подачи воды водопользователям, водоснабжения и водоотведения, предупреждения вредного воздействия вод.
- «ГОЛОВА» СЕЛЯ** – передний фронт селевого потока или лоб селевой волны. В водо- и грязекаменных (несвязных) потоках состоит преимущественно из крупных каменных глыб и валунов.
- ГРАЖДАНСКАЯ ЗАЩИТА** – общегосударственный комплекс мероприятий, проводимых в мирное и военное время, направленных на предупреждение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий, организацию и ведение гражданской обороны, оказание экстренной медицинской и психологической помощи населению, находящемуся в зоне чрезвычайной ситуации, включающий в себя мероприятия по обеспечению пожарной и промышленной безопасности, формированию, хранению и использованию государственного материального резерва.

ГРЯЗЕКАМЕННЫЙ ПОТОК – один из видов селевых потоков по вещественному составу, твердая составляющая которого представлена смесью грубообломочного и тонкодисперсного материала; последний образует грязевую часть селевой массы (селевую суспензию), заполняющую промежутки между крупными обломками. Г.п. относится к потокам высокой плотности.

ДЕГРАДАЦИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ – процесс общего убывания и отмирания оледенения при длительном ухудшении гляциоклиматических условий. Проявляется в отступании краев ледников, снижении их поверхности, утончении льда, сокращении абсолютных и относительных площадей областей аккумуляции, замедлении движения и появлении участков мёртвого льда.

ДОЖДЕВОЙ СЕЛЬ – один из генетических типов селей, образующийся вследствие ливней и длительных дождей.

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СЕЛЕЙ – предсказание периода активизации селевых явлений или оценка изменений селевого режима и соотношения генетических типов селей на определенный момент будущего времени. Заблаговременность прогноза - от нескольких лет до нескольких десятков лет.

ЗОНА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ – территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – мера величины сотрясения грунта, определяемая степенью разрушения построенных людьми зданий, характером изменений земной поверхности и данными об испытанных людьми ощущениях.

КАТАСТРОФИЧЕСКИЙ СЕЛЬ – сель, вызвавший значительный материальный ущерб и человеческие жертвы.

КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СЕЛЕЙ – предсказание времени схода селей с заблаговременностью от нескольких часов до нескольких суток.

ЛЕДНИК – масса льда, преимущественно атмосферного происхождения, испытывающая вязкопластическое течение под воздействием силы тяжести и принявшая форму потока, системы потоков, купола (щита) или плавучие плиты. Образуются ледники в результате аккумуляции и преобразования твердых атмосферных осадков при их положительном многолетнем балансе.

ЛЕДНИКОВЫЙ (ГЛЯЦИАЛЬНЫЙ) СЕЛЬ – один из генетических типов селей, формирование которого связано с нарушением устойчивости ледниково-моренных комплексов, а жидкая составляющая образуется преимущественно за счет талых ледниковых вод. Возникновение л.с. вызывается прорывом ледниково-подпрудных озер и внутрiledниковых емкостей, а также оползанием или срывом моренных и ледяных масс.

ЛИКВИДАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ – спасательные, аварийно-восстановительные и другие неотложные работы, проводимые при

- возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций.
- ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ** – мероприятия, проводимые по восстановлению инженерной инфраструктуры, жилья, окружающей среды, оказанию социально-реабилитационной помощи населению, возмещение вреда (ущерба), причиненного физическим и юридическим лицам вследствие чрезвычайных ситуаций.
- МЕРТВЫЙ ЛЁД** – остатки ледника, прекратившего свое движение. Встречается ниже конца активного ледника и часто не имеет чёткой границы с ним. Толщина мертвых льдов может достигать нескольких десятков метров. Мертвый лед обычно покрыт мощным слоем, что затрудняет его таяние и служит причиной длительного сохранения.
- НАНОСОВОДНЫЙ ПОТОК** – один из видов селевых потоков по вещественному составу, в селевой массе которого преобладает грубообломочный материал (песчано-гравийный и галечно-валунный), который перемещается преимущественно в виде взвешенных и влекомых наносов.
- ОБЪЕКТ** – имущество физических или юридических лиц, государственное имущество, в том числе здания, сооружения, строения, технологические установки, оборудование, агрегаты и иное имущество, к которому установлены или должны быть установлены требования в сфере гражданской защиты.
- ОПАСНОСТЬ** – редкая или экстремальная ситуация, складывающаяся в природной среде, неблагоприятное воздействие которой на жизнь, имущество и деятельность человека столь велико, что может привести к катастрофическим последствиям.
- ОПОЛЗЕНЬ** – отрыв и скользящее смещение массы горных пород вниз по склону под действием силы тяжести.
- ОСНОВНОЙ ТОЛЧОК** – самое сильное землетрясение в группе, состоящей, как правило, из форшоков, собственно основного толчка и афтершоков.
- ОТМОСТКА** – скопления наиболее крупных, относительно малоподвижных отложений наносов в руслах потоков, ограничивающих процесс глубинного размыва.
- ПАВОДОК** – быстрый, сравнительно кратковременный подъем уровня воды в реке, возникающий в результате обильных дождей, интенсивного таяния снега и льда, реже в результате прорыва грунтовых и ледяных плотин; п. носят нерегулярный характер.
- ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ** – постоянное или временное сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа, имеющих границы, объем и водный режим.
- ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ О СЕЛОВОЙ ОПАСНОСТИ** – оповещение о возможности схода селей в каком-либо районе, основанное на прогнозе или экспертном заключении с использованием прогностических признаков.

- ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ** – комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение жизни и здоровья людей, снижение размеров материальных потерь в случае их возникновения.
- ПРОГНОЗ СЕЛЕЙ** – предсказание времени схода селей или периода возрастания селевой активности.
- ПРОТИВОСЕЛЕВАЯ СЛУЖБА** – специализированная организация, создаваемая в целях ограничения или ликвидации селевой опасности. П.с. осуществляет весь комплекс мер защиты от селей – проектирование, строительство и эксплуатацию защитных сооружений, мелиорацию селевых бассейнов, контроль за использованием территории, предупреждение о селевой опасности.
- ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЙ СПУСК ОЗЕР** – искусственное опорожнение прорывоопасных озер в целях предотвращения катастрофических селей и паводков. П.с.о. организуется на озерах подпрудного (завального) генезиса, чаще всего на ледниково-подпрудных, которые служат очагами возникновения ледниковых селей. Контролируемый сброс воды в ледяных плотинах осуществляется путем проходки туннелей или расчистки плаща рыхлообломочного материала, в плотинах из мерзлых пород и льда – созданием поверхностного канала стока взрывом на выброс.
- ПУНКТЫ УПРАВЛЕНИЯ** – специально оборудованные и оснащенные техническими средствами, элементами жизнеобеспечения сооружения или транспортные средства государственных органов, предназначенные для размещения и обеспечения работы органов управления гражданской защиты.
- РАДИООПОВЕСТИТЕЛЬ СЕЛЯ (РОС)** – автоматическая установка, передающая сигнал при прохождении селея. Действие р.с. основано на срабатывании датчиков при значительном подъеме уровня водотока, которым характеризуется сход селевого потока. Р.с. – один из элементов системы предупреждения о селевой опасности, действующей в течение селеопасного периода. Он устанавливается на расстоянии, достаточном для того, чтобы после получения сигнала хватило времени на эвакуацию населения из опасной зоны.
- РЕАБИЛИТАЦИЯ** – действия и решения, предпринимаемые после катастрофы и нацеленные на восстановление тех жилищных условий, в которых пострадавшая община жила до наступления бедствия.
- РЕАГИРОВАНИЕ** – действия, вызванные немедленным и кратковременным воздействием чрезвычайной ситуации или бедствия. Реагирование включает непосредственные действия, чтобы сохранить жизни, защищать собственность и удовлетворять основные человеческие потребности.
- СЕЙСМОГЕННЫЙ СЕЛЬ** – один из генетических типов селей, который вызывается землетрясением силой 8 баллов и выше.

- СЕЛЕВАЯ МАССА** – смесь обломков горных пород и воды, образующая тело селевого потока.
- СЕЛЕВАЯ ОПАСНОСТЬ** – угроза потерь жизни людей и материальных ценностей вследствие схода селя.
- СЕЛЕВОЕ РУСЛО** – русло водотока в селевом бассейне, по которому проходят селевые потоки.
- СЕЛЕВОЙ БАССЕЙН** – водосборный бассейн, в котором формируются селевые потоки, а движение их происходит по главному руслу.
- СЕЛЕВОЙ ВРЕЗ** – форма рельефа селевых бассейнов, образованная процессами глубинной и боковой эрозии селевых потоков.
- СЕЛЕВОЙ КОНУС ВЫНОСА** – типичная форма конечной аккумуляции селевого потока в форме сегмента пологого конуса.
- СЕЛЕВОЙ ОЧАГ** – участок селевого бассейна, обычно в верховьях, где происходит зарождение селевого потока.
- СЕЛЕВОЙ ПАВОДОК** – один из типов потоков, занимающий промежуточное положение между типичным селевым (грязе- и водокаменным) потоком и паводком.
- СЕЛЕВОЙ ПОТОК, СЕЛЬ** – стремительный русловой поток, состоящий из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек.
- СЕЛЕВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ** – продукты выноса селевых потоков, слагающие формы рельефа селевого, пролювиального, аллювиального генезиса.
- СЕЛЕЗАДЕРЖИВАЮЩИЕ ПЛОТИНЫ** – один из типов противоселевых сооружений, рассчитанных на остановку селя, аккумуляцию его твердой составляющей и организованный сброс жидкой составляющей селя и бытового стока реки.
- СЕЛЕОПАСНАЯ СИТУАЦИЯ** – непосредственная вероятность схода селя, вызванная метеорологическими условиями или изменением обстановки в очагах зарождения.
- СЕЛЕОПАСНЫЙ ПЕРИОД** – часть календарного года (в месяцах), в течение которой наблюдается (возможен) сход селей.
- СЕЛЕФОРМИРУЮЩИЕ ОСАДКИ** – характерная для района или селевого бассейна сумма жидких осадков, обеспечивающая селеформирующий расход или активность селевых очагов, т.е. зарождение селевого потока.
- СЕЛЕХРАНИЛИЩЕ** – участок долины в селевом бассейне у верхнего бьефа селезадерживающей плотины, на котором концентрируется обломочный материал селевых выносов.
- СИГНАЛ ОПОВЕЩЕНИЯ «ВНИМАНИЕ ВСЕМ!»** – единый сигнал оповещения, передаваемый посредством сирен или других сигнальных средств, для привлечения внимания населения при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций.
- СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ** – совокупность программных и технических средств, обеспечивающих информирование

населения и государственных органов об угрозе жизни и здоровью людей, о порядке действий в сложившейся обстановке.

СНЕГОВАЯ ЛИНИЯ – уровень земной поверхности, выше которого накопление твердых атмосферных осадков преобладает над их таянием и испарением.

СПАСАТЕЛЬ – физическое лицо, прошедшее специальную подготовку и аттестованное (переаттестованное) на проведение аварийно-спасательных работ.

СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ – бедствия катастрофического характера с человеческими жертвами и значительным ущербом, которые вызываются разрушительными природными и природно-антропогенными процессами. К таким процессам относятся наводнения, тайфуны, землетрясения, извержения вулканов, засуха, цунами, оползни, селевые потоки, снежные лавины и др.

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА – чрезвычайные ситуации, сложившиеся в результате опасных природных явлений (геофизического, геологического, метеорологического, агрометеорологического, гидрогеологического опасного явления), природных пожаров, эпидемий, поражения сельскохозяйственных растений и лесов болезнями и вредителями.

РЕЗОЛЮЦИЯ

Международной научно-практической конференции «Селевая безопасность: оценка, прогноз, защита»



Казахстан

г. Алматы

Международная научно-практическая конференция «Селевая безопасность: оценка, прогноз, защита» проводилась в г. Алматы (Казахстан) 22–25 августа 2017 г.

Конференция проходила под эгидой Министерства внутренних дел Республики Казахстан, Министерства образования и науки Республики Казахстан, Национальной академии наук Республики Казахстан, акимата города Алматы.

Организаторами конференции были ТОО «Институт географии», НАО «КазНИТУ им. Сатпаева» МОН РК, ГУ «Казселезащита» КЧС МВД РК, Департамент по чрезвычайным ситуациям г. Алматы КЧС МВД РК. Партнерами конференции являлись акимат г. Алматы, Кластерное бюро ЮНЕСКО в г. Алматы по Казахстану, Кыргызстану, Таджикистану и Узбекистану, Селевая ассоциация, Центр по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий.

В конференции участвовали 65 ученых и специалистов в области обеспечения селевой безопасности из Казахстана, Великобритании, Франции, Германии, Японии, России, Таджикистана, Узбекистана. На конференции заслушано 22 доклада по проблемам обеспечения селевой безопасности в мире и в странах бывшего СССР, проведены два полевых семинара, посвященных ознакомлению с опытом защиты от селей в Казахстане.

Целью конференции являлись обмен информацией, знаниями и опытом по обеспечению селебезопасности – снижению рисков бедствий, обусловленных разрушительным воздействием селевых потоков, и определение основных направлений научно-методологической и практической деятельности для решения проблемы на региональном и страновом уровнях в контексте Программы действий, принятой на 3-й Всемирной конференции по снижению риска бедствий (г. Сендай, Япония, 2015 г.).

Конференция констатирует:

1. Селевые явления широко распространены в горных районах мира, наносимый ими ущерб в связи с изменением климата и урбанизации территорий возрастает, придавая негативным последствиям селей статус природного бедствия. Решение проблемы селевой безопасности становится все более значимым для устойчивого развития стран. Обеспечение селевой безопасности может быть достигнуто посредством управления селевыми рисками, эффективность которого зависит от научной обоснованности, активности участия в его реализации государственных и административных органов, хозяйствующих субъектов и населения.

2. Во всем мире, в том числе в бывшем СССР, осуществляются научные исследования условий формирования селевых потоков, возможности их прогнозирования, оценки риска и эффективного управления в чрезвычайных ситуациях, создания автоматизированного мониторинга, оптимизации мер защиты в целях снижения уязвимости населения. В настоящее время возникла необходимость в новой парадигме исследований селевых явлений – объединении различных направлений, приводящему к созданию их системы, обладающей новым свойством – способностью обеспечения эффективного управления селевыми рисками.

3. Большие успехи в обеспечении селевой безопасности достигнуты в Казахстане. Разрабатываются и внедряются методологические основы оценки и управления селевыми рисками. Успешно применяются инженерные сооружения, превентивное опорожнение моренных озер, осуществляются мониторинг и прогнозирование селевой опасности. Опыт работ в этом направлении целесообразно использовать в странах бывшего СССР.

В системе противоселевой защиты ГУ «Казселезащита» накоплен большой опыт проектирования, строительства и эксплуатации селезащитных сооружений, методов проведения превентивных мероприятий по снижению селевой угрозы на морено-ледниковых озерах.

ГУ «Казселезащита» может быть использовано в качестве специализированной «площадки» обмена опытом и информацией в области предупреждения и предотвращения возникновения селевых явлений на международном уровне.

4. Проведенная на высоком научном и организационном уровне конференция является важным вкладом в достижения социально и экономически значимой цели – безопасного развития стран и регионов, подверженных селевому риску. Участники конференции выражают



Участники конференции



Президиум конференции. Слева направо:
начальник ДЧС г. Алматы С. Г. Аубакиров, зам. акима г. Алматы М. А. Дарибаев,
директор Института географии А. Р. Медеу, представитель ЮНЕСКО К. Пиккат



Аким г. Алматы Б. Байбек и начальник ДЧС г. Алматы С. Аубакиров
инспектируют строительство селезачитных сооружений на реке Каргалы



Аким г. Алматы Б. Байбек и начальник ДЧС г. Алматы С. Аубакиров
осматривают селезачитные сооружения на реке Каргалы



Прокладка эвакуационного канала для опорожнения приледникового озера № 6 с использованием экскаватора и бульдозера



Откачка воды из приледникового озера № 13-бис насосами и сифонами



Директор Института мерзлотоведения СО РАН М. Н. Железняк и директор Института географии А. Р. Медеу на высокогорном моренном озере № 6



Группа участников конференции во время проведения полевого семинара на озере № 13-бис

благодарность организаторам – ТОО «Институт географии», ГУ «Казселезащита», ДЧС г. Алматы.

Конференция рекомендует:

1. Осуществлять мониторинговые исследования и анализ проходящих, в том числе трансграничных, селей с целью понимания риска, связанных с ними бедствий, выявления факторов, обусловивших возникновение и негативные последствия, определения направления исследований по научно-методологическому обоснованию перспективных действий по управлению селевым риском.

2. Совершенствовать разработку и внедрение научно обоснованных методологий создания цифровых геоинформационных систем посредством сбора, систематизации, накопления и пополнения детальной информации о селевых явлениях, обеспечивающих возможность использования дезагрегированных данных о факторах возникновения, негативных воздействиях и последствиях при разработке программ создания безопасных условий и потенциала противодействия селевому риску. Проводить работы по созданию Паспортов селеопасных бассейнов, как универсальной формы сочетания полной достоверной информации о селевых явлениях и связанных с ними рисками с сопровождающими ее пояснениями, картографическими и фотоматериалами, графиками, схемами и т.д.

Создать единую базу данных по селевым рискам в странах Центральной Азии и Кавказа, в том числе по селеопасным бассейнам Казахстана на основе цифровых геоинформационных технологий.

3. На основе междисциплинарного подхода и использования мировых достижений в исследуемой области совершенствовать разработку и внедрение научно обоснованных методов оценки селевого риска, учитывающих вероятность возникновения селей и экономических, социальных и экологических последствий их негативных воздействий на население, природу, объекты хозяйственного назначения, а также влияние антропогенной деятельности на развитие селевых процессов.

4. На основе анализа условий и причин бедствий, обусловленных селевыми явлениями, использования мировых банков данных (гидрометеорологических, геоморфологических, социально-экономических и экологических), опыта и технических достижений разрабатывать и совершенствовать методы управления селевыми рисками, обеспечивающие своевременную готовность и эффективное реагирование на природные катастрофы.

5. Для планирования, создания и укрепления потенциала противодействия селевому риску, а также эффективного оперативного

реагирования на угрозу бедствия разрабатывать и внедрять методологические основы прогнозирования и методы пространственного и временного прогноза селеопасности, селевых потоков и селевого риска, расширяя сферы обслуживания, повышая оправдываемость. В области пространственного прогнозирования создавать с применением геопространственных и космических технологий и моделирования прогнозные карты селевого риска различных масштабов с учетом сценариев изменения климата и освоения территорий. Создать комплекты карт селеопасности, риска воздействия, селевого риска и управления им для городских агломераций Алматинского региона. В области временного прогнозирования разрабатывать и внедрять методы долгосрочных, среднесрочных, краткосрочных и сверхкраткосрочных прогнозов. Совершенствовать методы прогноза метеорологических элементов (количества и интенсивности осадков, температуры воздуха и др.), используемых в качестве исходной информации в прогнозах селеопасности.

6. Разрабатывать и внедрять научно обоснованные методологии автоматизированных систем мониторинга селевого риска в реальном масштабе времени, использующих новейшие методы, измерительную аппаратуру, технологии (в том числе географические информационные системы, информационно-коммуникационные, дистанционного зондирования, геофизические методы и др.) для сбора, анализа информации о селеформирующих факторах, селевых потоках и их воздействиях, оповещения о возникшей угрозе.

7. Разрабатывать и внедрять систему оповещения должностных лиц и населения о селевых рисках, обучения и просвещения по способам их снижения, создавать и реализовывать программы неформального образования и профессионального обучения. Разработать учебные программы для подготовки специалистов в области селевой безопасности. Для подготовки специалистов по селям и опасным гидрологическим явлениям рекомендовать вузы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы), МГУ им М. В. Ломоносова (в том числе Казахстанский филиал МГУ в Астане) и Санкт-Петербургский государственный университет. В образовательную программу специальности «гидрология» ввести блок дисциплин по «селеведению» на факультете географии и природопользования (КазНУ им. аль-Фараби). Привлекать к научным исследованиям молодых ученых и специалистов. Организовать летние школы по селеведению.

8. В целях уменьшения ущерба от негативного воздействия селей разрабатывать и внедрять методики и механизмы страхования селевого риска для государственных и частных инвестиций и населения.

9. В целях снижения селевого риска разрабатывать и внедрять методы предотвращения возникновения селей и строительства селезащитных сооружений. Разработать научно обоснованные нормативные документы по защите от селей.

10. Осуществлять координацию работ по селевой безопасности стран Центральной Азии и Кавказа с участием Кластерного бюро ЮНЕСКО в г. Алматы по Казахстану, Кыргызстану, Таджикистану и Узбекистану, Селевой ассоциации, Центра по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий, Совещания глав ведомств по ЧС стран Центральной Азии. Научные исследования проводить с привлечением специалистов из проектных организаций, представителей административных органов и общественных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая советская энциклопедия. – М.: Большая советская энциклопедия, 1955. – Т. 38. – 668 с.
2. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: МГУ, 1996. – 45 с.
3. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 312 с.
4. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. – М.: Недра, 1980. – 296 с.
5. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. – 386 с.
6. Виноградов Ю.Б. Этюды о селевых потоках. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 144 с.
7. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 308 с.
8. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 528 с.
9. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Что такое сель? // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №3. – С. 69-77.
10. Есеркепова Т.А. Синоптические процессы, предшествовавшие селевым паводкам ливневого происхождения в бассейнах Большой и Малой Алматинки // Труды КазНИГМИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – Вып. 29. – С. 26–35.
11. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 154 с.
12. Мочалов В.П., Шевырталов Е.П. Краткие сведения о паводке на р. Малая Алматинка 28 ноября 1987 г. // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1989. – № 11. – С. 76-78.
13. Яфязова Р.К. Природа селей Заилийского Алатау. Проблемы адаптации. – Алматы, 2007. – 158 с.
14. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Метод сверхкраткосрочного прогноза селей дождевого генезиса // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 4. – С. 71-83.
15. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. Некоторые уроки превентивных опорожнений гляциальных озер Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2001. – № 3–4. – С. 107-118.
16. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Часть I. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 194 с.
17. UNISDR Терминологический глоссарий по снижению риска бедствий. – Женева: UNISDR, 2009. – 39 с.
18. Häusler H., Leber D. Final report of Raphstreng Tsho Outburst Flood Mitigatory Project (Lunana, Northwestern Bhutan). – Phase I. Vienna: University of Vienna, Institute of Geology, 1998.
19. Reynolds J.M. Glacial hazard assessment at Tsho Rolpa, Rolwaling, Central Nepal // Quaterly Journal of Engineering Geology, 1999. – N 32. – P. 209-214.
20. Bajracharya S.R., Mool P.K., Shrestha B.R. Global climate change and melting of Himalayan glaciers. In Ranade, PS (ed) Melting glaciers and rising sea levels // Impacts and implications. – Hyderabad: Icfai University Press, 2008. – P. 28-46.
21. Richardson S.D., Reynolds J.M. An overview of glacial hazards in the Himalayas // Quaternary International. – 2000. – N 65/66. – P. 31-47.
22. J. K. Ghosh, D. Bhattacharya, N. K. Samadhiya, P. Boccoardo. A generalized geo-hazard warning system // Natural hazards. – 2012. – Vol. 64. – P. 1273-1289.

23. Flows // Natural hazards. – 1999. – Vol. 20. – P. 197-213.
24. Alexandre Bad, Christoph Graf, Jakob Rhyner, Richard Kuntner, Brian W. Mc Ardell. A debris-flow alarm system for the Alpine Illgraben catchment: design and performance // Natural hazards. – 2009. – Vol. 49. – P. 217-539.
25. Benedikt Heil, Ingo Petzold, Hans Romang, Josef Hess. The common information platform for natural hazards in Switzerland // Natural hazards. – 2014. – Vol. 70. – P. 1673-1687.
26. F. Comiti, L. Marchi, P. Macconi, M. Arattano, G. Bertoldi, M. Borga, F. Brardinoni, M. Cavalli, V. D'Agostino, D. Penna, J. Theule. A new monitoring station for debris flows in the European Alps: first observations in the Gadria basin // Natural hazards. – 2014. – Vol. 73. – P. 1175-1198.
27. Hans Romang, Massimiliano Zappa, Nadine Hilker, Matthias Gerber, François Dufour, Valérie Frede, Dominique Bérod, Matthias Oplatka, Christoph Hegg, Jakob Rhyner. IFKIS-Hydro: an early warning and information system for floods and debris flows // Natural hazards. – 2011. – Vol. 56. – P. 509-527.
28. Замай В.И. Проблемы мониторинга селевой опасности горных районов Казахстана // Проблемы автоматики и управления. – 2014. – № 2. – С. 31-40.
29. Замай В.И. Методы и технические средства мониторинга селевой опасности горных территорий // Проблемы автоматики и управления. – 2015. – № 1. – С. 148-157.
30. Ерохин С., Черны М. Мониторинг прорывоопасных озер Кыргызстана // Материалы международной конференции “Снижение риска природных катастроф в горах”. – Бишкек: Салам, 2009. – С. 34-37.
31. Кавецкий С.П. Обоснование проекта организации службы предупреждений г. Алматы об угрозе селей // Труды КазНИГМИ. – М.: Гидрометеиздат, 1953. – Вып. 4. Вопросы селей и гидрологических прогнозов. – С. 55-73.
32. Коваленко П.И., Красюков В.А., Новиков М.Я. Результаты испытаний сейсмической системы оповещения о селевой опасности // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1978. – № 3. – С. 92-96.
33. Красюков В.А. Сейсмические системы оповещения о селевой опасности // Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – № 5. – С. 95-100.
34. Жандаев М.Ж. Природа Заилийского Алатау. – Алма-Ата: Казахстан. 1978. – 159 с.
35. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
36. Медеу А.Р. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Основы управления. – Алматы, 2011. – Т. 1. – 284 с.
37. Eder K., Geiss N., Rentsch H., Kokarev A., Uvarov V.. Surveying and mapping of the Tuyuksu Glacier Region, Kazakhstan, 1:10,000// IUGG(CCS) – UNEP – UNESCO. Fluctuations of Glaciers 1995-2000. № VIII. World Glacier Monitoring Service. Zurich, 2005. P. 72-73.
38. Glacier Mass Balance Bulletin. N 15 (2007–2008). Zürich: IAHS-UNEP-UNESCO, 2009. – 96 p.
39. Мачерет Ю.Я., Черкасов П.А., Боброва Л.И. Толщина и объем ледников Джунгарского Алатау по данным аэрогазозондирования // Материалы гляциологических исследований. – 1988. – Вып. 62. – С. 59-71.
40. Баймолдаев Т., Виноходов В.Н. Казселезащита – оперативные меры до и после стихии. – Алматы: Бастау, 2007. – 284 с.
41. Попов Н. В. О селеопасных озерах гляциальной зоны Заилийского Алатау // Проблемы противоселевых мероприятий. – Алма-Ата: Казахстан, 1984. – 247 с.

42. Голубев Г.Н. Особенности прорывов ледниково-подпрудных озер различных типов // *Материалы гляциологических исследований*. – М.: Изд. ИГАН СССР, 1974. – Вып. 24. – С. 156-163.
43. Плеханов П.А., Судаков П.А., Токмагамбетов Г.А. Гляциальный селевой поток на р. Жарсай 3.07.1977 г. // *Гляциально-нивальные процессы в горах Казахстана*. – Алма-Ата: Наука, 1981. – С. 165-178.
44. Кубрушко С.С., Ставиский Я.С. Гляциальные озера Киргизии и их роль в формировании селей // *Материалы гляциологических исследований*. – М.: Изд. ИГАН СССР, 1978. – Вып. 32. – С. 59-62.
45. Шушарин В.И., Марков И.Н. Наблюдения за формированием гляциальных селей в бассейне р. Средний Талгар // *Селевые потоки*. – М.: Гидрометеоздат, 1976. – № 1. – С. 98-108.
46. Познанин В.Л. Механизм селевых прорывов моренного озера Кахаб-Росона в Дагестане // *Материалы гляциологических исследований*. – М.: Изд. ИГАН СССР, 1979. – Вып. 36. – С. 218-223.
47. Бижанов Н.К., Виноходов В.Н., Кулмаханов Ш.К., Нурланов М.Т., Попов Н.В. Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане. – Алматы: Ғылым, 1998. – 102 с.
48. Горбунов А.П., Северский Э.В. Сели окрестностей Алматы: Взгляд в прошлое. – Алматы, 2001. – 80 с.
49. Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. – СПб., 1890. – 154 с. (Тр. Геол. комитета. Т. 10. – Вып. 1).
50. Минеев В.Н., Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Некоторые инженерные уроки селя 2015 года на реке Каргалинка // *Гидрометеорология и экология*. – 2016. – № 2. – С. 102-113.
51. Кавецкий С.П. Сели в Заилийском Алатау // *Труды КазНИГМИ*. – 1953. – Вып. 4. – С. 7-35.
52. Дуйсенов Е.Д. Селевые потоки. – Алма-Ата: Казахстан, 1966. – 217 с.
53. Медеуов А.Р., Нурланов М.Т. Селевые явления сейсмоактивных территорий Казахстана (Проблемы управления). – Алматы: Қаржы-қаражат, 1996. – 204 с.
54. Хайдаров А.Х., Шевырталов Е.П. Селевые явления в песках Жаманкум 28–29 января 1988 г. // *Селевые потоки*. – М.: Гидрометеоздат, 1989. – № 11. – С. 49-59.
55. Дуйсенов Е. Селевые потоки в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: Казахстан, 1971. – 192 с.
57. Лаптев В.И. Описание селевого потока 3–4 августа 1977 г. в бассейнах рек Кумбельсу и Большой Алматинки // *Селевые потоки*. – 1990. – № 5. – С. 55-59.
58. Медеуов А., Колотилин Н.Ф., Кремкулов В.А. Сели Казахстана. – Алматы: Ғылым, 1993. – 160 с.
59. Попов Н.В. Селевые явления 3–31 августа 1977 г. в бассейне р. Б. Алматинка // XV Всесоюзная научно-техническая конференция по противоселевым мероприятиям: тезисы докладов – 27–28 сентября 1978 г. – Ташкент, 1978. – Вып. 1.
60. Виноградов Ю.Б., Хонин Р.В., Земс А.Э. Селевой поток 15 июля 1973 г. на Малой Алматинке // *Селевые потоки*. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – № 1. – С. 60-73.
61. Флейшман С.М., Моссаковская И.А., Перов В.Ф. Алматинский сель 15 июля 1973 г. // *Вестник МГУ. Серия V, география*. – 1974. – № 2. – С. 35-39.
62. Голубов Р.С. Метеорологические условия формирования селевого потока 15 июля 1973 г. // *Селевые потоки*. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – № 1. – С. 73-74.
63. Плеханов П.А., Судаков П.А., Токмагамбетов Г.А. Причины образования и процессы формирования селевого потока на р. Малая Алматинка 15 июля 1973 г. // *Вестник АН КазССР*. – 1975. – № 4. – С. 24-25.

64. Керемкулов В.А., Цукерман И.Г. Обзор сведений о прорывах моренных озер Заилийского Алатау // Селевые потоки. – 1988. – № 10. – С. 62-77.
65. Об обследовании селевого потока 15.07.73г в басс.р.Малая Алматинка: Технический отчет КазНИГМИ. – Алма-Ата, 1974. – 49 с.
66. Голубович В.А. О причинах прорыва озера № 2 на Туйыксуйской морене 15 июля 1973 г. // Метеорология и гидрология. – 1976. – № 12. – С. 103-105.
67. Деговец А.С., Токамагамбетов Г.А. Оценка степени селеопасности бассейнов рек Заилийского Алатау // Вестник АН КазССР. – 1986. – № 11. – С. 51-63.
68. Таланов Е.А. Региональная оценка эколого-экономического риска от водной эрозии и селей. – Алматы, 2007. – 352 с.
69. Перов В.Ф. Селеведение: Учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – 272 с.
70. Мочалов В.П., Кузнецов К.Л., Калашникова Е.Н. О принципах селевого картографирования // Селевые потоки. – 1989. – № 11. – С. 82-59.
71. Таланов Е.А. Методологические аспекты пространственно-временного прогнозирования селей // Материалы научной конференции «Опыт и перспективные планы развития защиты от стихийных бедствий», посвященной к 40-летию ГУ «Казселезащита», Алматы, 15 ноября 2013 г. – Алматы: Изд-во «PrintHouse», 2014. – 108 с.
72. Таланов Е.А., Полякова С.Е. Прогнозная оценка селевой опасности в Илейском Алатау при изменении климата с определенными сценарными допущениями // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2008. – №1–2 (26–27). – С. 47-55.
73. Горбунов А.П., Северский Э.В. Селевая активность в Заилийском Алатау за последние 300 лет (на примере бассейнов р.Аксай, Малая и Большая Алматинки) // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии» (Алматы, сентябрь 2001 г.). – Алматы, 2001. – С. 40-43.
74. Керемкулов В.А. Морфометрические характеристики и классификация моренных озер // Селевые потоки. – 1985. – № 9. – С. 36-46.
75. Плеханов П.А. Гляциальные сели Заилийского Алатау и возможности их прогноза: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Ташкент, 1984. – 22 с.
76. Bolch T., Buchroithner M.F., Bajracharya S.R., Peters J., Baessler M. Identification of glacier motion and potentially dangerous glacier lakes at Mt. Everest area // Nepal using spaceborne imagery. – Natural Hazards and Earth System Sciences 8(6). – 2008. – P. 1329-1340.
77. Попов В.И., Степанов Б.С., Мочалов В.П. и др. Селевые явления 3–31 августа 1977 г. в бассейне р. Большая Алматинка // Селевые потоки. – М.: Гидрометеоздат, 1980. – № 4. – С. 57-63.
78. Киренская Т.Л., Бахарева Л.Т. О среднесрочном прогнозе осадков при оценке селеопасности в Заилийском Алатау // Селевые потоки. – 1992. – № 12. – С. 79-89.
79. Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений. П-814-84/Гидропроект. – М.: 1985. – 110 с.
80. Правила организации системы оповещения гражданской защиты и оповещения населения, государственных органов при чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время. Приказ министра внутренних дел Республики Казахстан от 26.01.2014 г., № 945.
81. Правила информирования, пропаганды знаний, обучения населения и специалистов в сфере гражданской защиты. Приказ министра внутренних дел Республики Казахстан от 20 апреля 2015 года, № 381.
82. Виноградов Ю.Б. Возможные пути прогноза гляциальных селей // Селевые потоки. – М.: Гидрометеоздат, 1976. – № 1. – С. 122-138.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>ПРЕДИСЛОВИЕ</i> (С. Г. Аубакиров).....	5
<i>Глава 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О МОНИТОРИНГЕ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ</i>	6
1.1. Вербальная модель селевых явлений (А. Р. Медеу, Б. С. Степанов).....	6
1.2. Основные принципы организации мониторинга селевой опасности (Р. К. Яфязова).....	11
1.3. Организация мониторинга селевой опасности в мире (В. П. Благовещенский).....	20
1.4. Опыт организации мониторинга селевой опасности в Казахстане (Т. А. Баймолдаев).....	33
<i>Глава 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СЕЛЕФОРМИРОВАНИЯ В ИЛЕ АЛАТАУ</i> ... 37	
2.1. Высотная ландшафтная поясность (Т. С. Гуляева).....	37
2.2. Гидрологические характеристики бассейнов рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай (С.У. Ранова).....	40
2.3. Горные породы (А. Р. Медеу).....	44
2.4. Ледники (А. Л. Кокарев, Т. Г. Токмагамбетов).....	59
2.5. Моренные озера (А. Р. Медеу, Т. А. Баймолдаев, М. К. Касенов, Н.В. Попов).....	62
2.6. Многолетняя мерзлота (В. П. Благовещенский).....	80
<i>Глава 3. СЕЛЕВАЯ ОПАСНОСТЬ В БАСЕЙНАХ РЕК КИШИ И УЛКЕН АЛМАТЫ, КАРГАЛЫ И АКСАЙ</i>	87
3.1. История изучения селей (А. Р. Медеу, Т. Л. Киренская).....	87
3.2. Ретроспективный анализ селевой активности (Р. К. Яфязова).....	90
3.3. Селевые катастрофы в бассейнах рек Улкен и Киши Алматы, Каргалы и Аксай (А. Р. Медеу, Т. Л. Киренская).....	96
3.4. Селевая опасность и селевой риск (А. Р. Медеу, Т. Л. Киренская).....	107
3.5. Селевые русла, селевые очаги и селевые врезы (Т. Л. Киренская).....	111
<i>Глава 4. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В БАСЕЙНАХ РЕК КИШИ И УЛКЕН АЛМАТЫ, КАРГАЛЫ И АКСАЙ</i>	125
4.1. Наблюдения за селеопасными объектами.....	125
4.1.1. Выделение селеопасных объектов (Н. В. Попов, П. А. Плеханов, А. Р. Медеу, М. К. Касенов, М. А. Аскарлова)..	125
4.1.2. Анализ динамики селеформирующих процессов (Е. А. Таланов, М. А. Аскарлова).....	136
4.1.3. Наблюдения за геологическими факторами (С. У. Ранова).....	147
4.1.4. Наблюдения за гидрометеорологическими факторами (Л. Н. Никифорова).....	152
4.1.5. Наблюдения за моренными озерами (Т. А. Баймолдаев, В. П. Капица, Н. Е. Касаткин).....	160

4.1.6. Применение ГИС для изучения условий селеформирования (<i>Р. К. Карагулова, С.У. Ранова</i>).....	171
4.2. Прогнозирование селевой опасности.....	179
4.2.1. Среднесрочный прогноз (<i>Е. А. Таланов</i>).....	179
4.2.2. Краткосрочный прогноз (<i>Т. Л. Киренская, Л. Н. Никифорова</i>).....	181
4.2.3. Сверхкраткосрочный прогноз селевой опасности (<i>Б. С. Степанов, Р. К. Яфязова</i>).....	199
4.3. Оповещение о селевой опасности.....	205
4.3.1. Основные принципы функционирования системы оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях (<i>В. П. Благовещенский</i>).....	205
4.3.2. Организация системы оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях (<i>В. П. Благовещенский</i>).....	209
4.3.3. Информация о потенциальной селевой опасности (<i>Б. С. Степанов, Р. К. Яфязова</i>).....	216
4.3.4. Информация об угрозе селевой опасности (<i>Б. С. Степанов, Р. К. Яфязова</i>).....	219
4.3.5. Информации о возникшем селевом потоке (<i>Б. С. Степанов, Р. К. Яфязова</i>).....	222
4.4. Организация системы автоматизированного мониторинга селевой опасности в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксай.....	225
4.4.1. Состав наблюдаемых параметров (<i>В. П. Благовещенский, А. Р. Медеу, М. К. Касенов, П. А. Плеханов, Н. В. Попов, Б. С. Степанов</i>).....	225
4.4.2. Режим наблюдений за селеформирующими факторами (<i>Б. С. Степанов</i>).....	231
4.4.3. Инструменты наблюдений (<i>В.П. Благовещенский, Н. В. Попова, Б. С. Степанов</i>).....	235
4.4.4. Система автоматизированного мониторинга (<i>В. П. Благовещенский, Т. А. Баймолдаев, М. К. Касенов, Б. С. Степанов, А. А. Медеу, А. Н. Камалбекова</i>).....	238
ЗАКЛЮЧЕНИЕ (<i>В. П. Благовещенский, А. Р. Медеу</i>).....	259
ГЛОССАРИЙ (<i>П. А. Плеханов, Н. В. Попов</i>).....	263
РЕЗОЛЮЦИЯ Международной научно-практической конференции «Селевая безопасность: оценка, прогноз, защита».....	269
ЛИТЕРАТУРА	278

CONTENT

<i>FOREWORD (S. G. Aubakirov)</i>	5
<i>Chapter 1. BASICS OF DEBRIS FLOW HAZARD MONITORING</i>	6
1.1. Verbal model of debris flow phenomena (<i>A. R. Medeu, B. S. Stepanov</i>).....	6
1.2. Basic principles of debris flow hazard monitoring (<i>R. K. Yafyazova</i>).....	11
1.3. Experience in organizing mudflow monitoring in the world (<i>V. P. Blagovechshenskiy</i>).....	20
1.4. Experience in organizing mudflow monitoring in Kazakhstan (<i>T. A. Baimoldayev</i>).....	33
<i>Chapter 2. NATURAL CONDITIONS OF DEBRIS FLOW FORMATION IN THE ILE ALATAU</i>	37
2.1. High-altitude landscape zones (<i>T. S. Gulyayeva</i>).....	37
2.2. Hydrological characteristics of the Kishi and Ulken Almaty, Kargaly and Aksai river basins (<i>S. U. Ranova</i>).....	40
2.3. Rocks (<i>A. R. Medeu</i>).....	44
2.4. Glaciers (<i>A. L. Kokarev, T. G. Tokmagambetov</i>).....	59
2.5. Moraine lakes (<i>A. R. Medeu, T. A. Baimoldayev, M. K. Kasenov, N. V. Pionos</i>).....	62
2.6. Permafrost (<i>V. P. Blagovechshenskiy</i>).....	80
<i>Chapter 3. DEBRIS FLOW HAZARD IN THE KISHI AND ULKEN ALMATY, KARGALY AND AKSAI RIVER BASINS</i>	87
3.1. History of debris flows study (<i>A. R. Medeu, T. L. Kirenskaya</i>).....	87
3.2. Retrospective analysis of debris flow activity (<i>R. K. Yafyazova</i>).....	90
3.3. Debris flow disasters in the Kishi and Ulken Almaty, Kargaly and Aksai river basins (<i>A. R. Medeu, T. L. Kirenskaya</i>).....	96
3.4. Debris flow hazard and risk (<i>A. R. Medeu, T. L. Kirenskaya</i>).....	107
3.5. Debris flow channels, sites and gorges (<i>T. L. Kirenskaya</i>).....	111
<i>Chapter 4. ORGANIZATION OF DEBRIS FLOW HAZARD MUDFLOW MONITORING IN THE KISHI AND ULKEN ALMATY, KARGALY AND AKSAI RIVER BASINS</i>	125
4.1. Observations of debris flow sites.....	125
4.1.1. Identification of objects hit by debris flows (<i>N. V. Popov, P. A. Plekhanov, A. R. Medeu, M. K. Kasenov, M. A. Askarova</i>).....	125
4.1.2. Analysis of dynamics of debris flow formation processes (<i>Ye. A. Talanov, M. A. Askarova</i>).....	136
4.1.3. Observations of geological factors (<i>S. U. Ranova</i>).....	147
4.1.4. Observations of hydrometeorological factors (<i>L. N. Nikiforova</i>).....	152

4.1.5. Observations of moraine lakes озерами (<i>T. A. Baimoldayev, V. P. Kapitsa, N. Ye. Kasatkin</i>).....	160
4.1.6. Using GIS for investigation of conditions of debris flow forming (<i>R. K. Karagulova, S. U. Ranova</i>).....	171
4.2. Forecasting mdebris flow hazard.....	179
4.2.1. Medium-term forecast (<i>Ye. A. Talanov</i>).....	179
4.2.2. Short-term forecast(<i>T. L. Kirenskaya, L. N. Nikiforova</i>).....	181
4.2.3. Ultra-short-term forecast of mudflow hazard (<i>B. S. Stepanov, R. K. Yafyazova</i>).....	199
4.3. Debris flow early warning.....	205
4.3.1. The basic principles of the functioning of the warning system and information of the population about emergency situations (<i>V. P. Blagovechshenskiy</i>).....	205
4.3.2. Organization of public information and early warning about emergency situations (<i>V. P. Blagovechshenskiy</i>).....	209
4.3.3. Information on potential debris flow hazard (<i>B. S. Stepanov, R. K. Yafyazova</i>).....	216
4.3.4. Information on the threat of debris flow hazard (<i>B. S. Stepanov, R. K. Yafyazova</i>).....	219
4.3.5. Information about the moving debris flow (<i>B. S. Stepanov, R. K. Yafyazova</i>).....	222
4.4. Organization of automated monitoring of debris flows hazard in the Kishi and Ulken Almaty, Kargaly and Aksai river basins.....	225
4.4.1. The observed parameters (<i>V. P. Blagovechshenskiy, A. R. Medeu, M. K. Kasenov, P. A. Plekhanov, N. V. Popov, B. S. Stepanov</i>).....	225
4.4.2. The observation regime (<i>B. S. Stepanov</i>).....	231
4.4.3. Observation tools (<i>V. P. Blagovechshenskiy, N. V. Popov, B. S. Stepanov</i>).....	235
4.4.4. System of automated monitoring (<i>V. P. Blagovechshenskiy, T. A. Baimoldayev, M. K. Kasenov, B. S. Stepanov, A. A. Medeu, A. N. Kamalbekova</i>).....	238
CONCLUSION (<i>V. P. Blagovechshenskiy, A. R. Medeu</i>).....	259
GLOSSARY (<i>P.A. Plekhanov, N. V. Popov</i>).....	263
RESOLUTION of the International Scientific and Practical Conference «Debris flow Safety: Assessment, Forecast, Protection».....	269
REFERENCES.....	278



Медеу Ахметкал Рахметуллаевич – академик НАН и НАЕН РК, доктор географических наук, профессор, Заслуженный деятель РК, лауреат Государственной премии РК в области науки и техники. Директор ТОО «Институт географии». Автор и соавтор более 200 научных статей и 16 монографий, в которых приводятся результаты исследований в области селевой и водной безопасности, а также создания комплекса страновых, региональных, отраслевых и объектных карт различного тематического содержания.



Благовещенский Виктор Петрович – доктор географических наук, профессор, лауреат Государственной премии РК в области науки и техники. Главный научный сотрудник ТОО «Институт географии». Автор и соавтор более 200 научных статей и 6 монографий. Составитель карт лавинной опасности и лавинного риска в «Атласе природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан». Специалист в области оценки природных опасностей и рисков в горных районах.



Баймолдаев Токтарбек Аскарлович – доктор технических наук, член-корреспондент Национальной инженерной академии РК, Начальник ГУ «Казселезащита» КЧС МВД РК. Специалист в области промышленного и гражданского строительства, имеет большой опыт по внедрению новых строительных технологий. Проводит научные исследования по селевой и лавинной безопасности, а также устойчивости гидротехнических сооружений. За вклад в развитие строительного производства в Республике Казахстан ему присвоено почетное звание «Қазақстанның құрметті құрылысшысы».

Киренская Татьяна Леонидовна – кандидат географических наук. Автор и соавтор более 100 научных статей, а также комплекса карт селевой опасности и селевого риска в «Атласе природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан». Более 50 лет занимается исследованиями селевых явлений, процессов селеформирования, закономерностей пространственно-временного распределения селей, прогнозирования, оценки и управления селевыми рисками



Степанов Борис Сергеевич – доктор географических наук, кандидат технических наук, геофизик. В 1961–1974 годах – начальник бюро СКБ завода «Казгеофизприбор», в котором под его руководством были разработаны приборы бесконтактного измерения характеристик селей. В 1974 – 2000 годах заведовал селеметрической лабораторией отдела селевых потоков КазНИГМИ, в которой был выполнен большой комплекс экспериментальных и теоретических исследований в области селей. Автор более 140 научных публикаций, 5 монографий, 19 авторских свидетельств на изобретения СССР. Составитель Карты селевой опасности Республики Казахстан.



Научное издание

**СЕЛЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

Т о м 2

Ч а с т ь 2

Ахметкал Рахметуллаевич Медеу,
Виктор Петрович Благовещенский,
Токтарбек Аскарлович Баймолдаев,
Татьяна Леонидовна Киренская,
Борис Сергеевич Степанов

Основы мониторинга в Иле Алатау

Редактор *Т. Н. Кривобокова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 13.03.2018.
Формат 70x100¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать офсет.
18,0 п. л. Тираж 500.