
УДК 551.311.8:551.583(235.216):627.141.1

КОНЦЕПЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТ СЕЛЕЙ Г. АЛМАТЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов

Канд. геогр. наук Р.К. Яфязова

Изменение климата Казахстана, вызванное глобальным потеплением, приведет к увеличению селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау и прилегающей к нему территории. Реализуемая в настоящее время стратегия защиты от селей не обеспечит устойчивого развития страны. Она должна пересматриваться адекватно возникающим угрозам.

Защита населенных пунктов и объектов хозяйственной деятельности от селей на территории Республики Казахстан осуществляется на базе научных представлений, господствовавших во второй трети прошлого столетия, впервые разработанных норм и правил проектирования противоселевых защитных сооружений, социально-экономического положения в стране. За последнюю четверть прошлого века в этой базе, за исключением, пожалуй, норм и правил строительного проектирования, произошли коренные изменения. Это обстоятельство обусловило необходимость оценки современного состояния и перспектив противоселевой защиты региона, так как последствия катастроф селевого генезиса могут оказать крайне негативное влияние на развитие страны.

Стратегия защиты от селей в современных экономических условиях базируется, как правило, на результатах сравнения потенциального ущерба, который может быть нанесен селями, со стоимостью противоселевых мероприятий. Необходимо также принимать во внимание и другие природные угрозы (например, землетрясения), а также экологические, военно-политические и другие факторы. При разработке стратегии учитывается и возможное значительное изменение во времени стоимости недвижимости и земельных участков. Так, за период 2000-2005 гг. стоимость жилья и земли в г. Алматы возросла более чем на порядок.

Катастрофические сели, зарождающиеся в высокогорной зоне, наносят ущерб объектам, расположенным в долинах и на конусах выноса

горных рек, поэтому для каждого селевого бассейна должна разрабатываться индивидуальная стратегия защиты. В ситуациях, когда конусы выноса смежных бассейнов сливаются, разрабатывается стратегия, обеспечивающая защиту всего комплекса объектов возможного поражения. Последняя ситуация относится к г. Алматы, расположенному на конусах выноса рек Большая и Малая Алматинки и имеющих площадь взаимного перекрытия более 30 %.

К настоящему времени общепринятых методов борьбы с селевыми явлениями, прошедших проверку временем, не существует. Достоверно лишь установлено, что мероприятия фитомелиоративного и гидротехнического характера не обеспечивают полной ликвидации причин формирования селей, в связи с чем строительство селеуловителей (селехранилищ) в горных долинах остается необходимым элементом обеспечения безопасности. Однако сооружение селехранилищ приемлемо лишь при высокой эффективности превентивных мероприятий, редкой повторяемости катастрофических селей и высокой стоимости защищаемых объектов.

Если уровень урбанизации конуса выноса невелик, а стоимость превентивных мероприятий значительно превышает таковую защищаемых объектов и стоимость земель, изымаемых с целью обеспечения безопасности, целесообразен пропуск селей через защищаемую территорию, либо использование части конуса для отложения селей в пределах последней, а также за счет увеличения размеров конуса на прилегающей равнине.

К мерам превентивного характера, призванным предотвратить или уменьшить ущерб, наносимый селями, относятся:

- предупреждение зарождения и развития котловин, заполнение которых может привести к их неконтролируемому опорожнению;
- опорожнение селеопасных ледниковых и моренных озер;
- мелиорация стартовых зон селей дождевого генезиса;
- фитомелиорация в средне- и низкогорной зонах;
- террасирование склонов в низкогорной зоне и т.д.;
- создание емкостей для задержания селей и паводков, формирующихся в результате прорыва поверхностных и подземных водоемов моренно-ледниковых комплексов или выпадения ливневых осадков в виде дождей выше основных очагов селеформирования.

Ниже описана предлагаемая нами концепция защиты г. Алматы в условиях современного климата и прогнозируемого потепления.

Город Алматы – южная столица Казахстана, является самым крупным финансовым, промышленным, научным и культурным центром страны. Численность городского населения быстро увеличивается, приближаясь к 1,5 млн. человек. Стоимость недвижимости, которая не может быть, в случае необходимости, передислоцирована на другую территорию, составляет 15...30 млрд. USD. Переселение населения города на другую, более безопасную территорию, потребует затрат в пределах 25...50 млрд. USD. Таким образом, суммарные потери, вызванные передислокацией г. Алматы составят 40...80 млрд. USD.

Город расположен на двух конусах выноса, на которые в период ринс-вюрмского межледниковья (135...130 тыс. лет назад, когда температура воздуха превышала современное значение на 2...3 °С) селями было вынесено около 3 млрд. м³ наносов за несколько десятков лет. Объем наносов, который накопился в высокогорной зоне бассейнов рек Малая и Большая Алматинки в период вюрмского оледенения и может быть вынесен на территорию, занимаемую г. Алматы, за 25...100 лет, по нашим оценкам, составляет 1,5...2 млрд. м³. Для задержания таких объемов селевой массы потребовалось бы соорудить 150...200 плотин, подобных плотине в Медеу, однако их негде строить. Альтернативой строительству плотин может быть расчистка селехранилищ после прохождения селей. Даже если принять стоимость экскавации и перевозки селевой массы из селехранилищ к местам складирования близкой к 3...5 USD/м³, нетрудно подсчитать, что очистка селехранилищ от наносов, даже только из экономических соображений, более предпочтительна, нежели передислокация города.

Такая стратегия не обеспечивает надежной защиты восточной половины города от селей, формирующихся в бассейне р. Малой Алматинки, при наличии плотины только в урочище Медеу, так как возможно повторение катастрофического селя в течение одного селеопасного периода. Необходимо сооружение второй плотины. Она должна располагаться ниже устья р. Бедельбай (рис. 1).

Более точно местоположение плотины определится в ходе проведения технико-экономического обоснования строительства селезащитного комплекса. Плотина будет основной и работающей в паре с плотиной в Медеу. Материалом для отсыпки плотины могут служить наносы, накопившиеся в долине между створами этих плотин. Образовавшийся котлован увеличит емкость селехранилища.

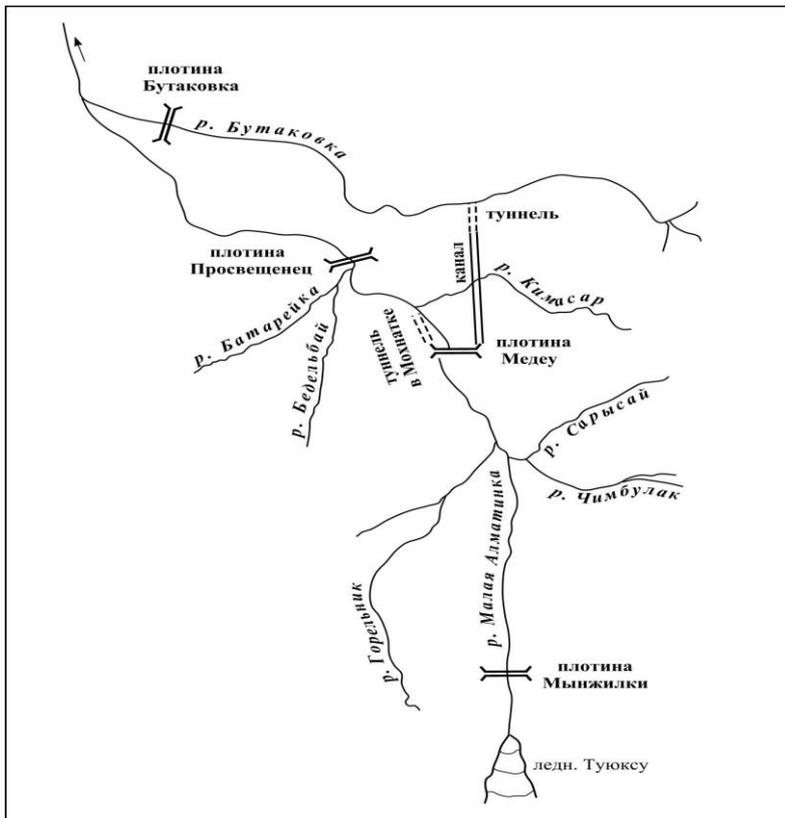


Рис. 1. Схема расположения существующих и предлагаемых селезащитных сооружений в бассейне р. Малая Алматинка.

Для пропуска селей из селехранилища, расположенного в урочище Медеу, в селехранилище, образуемое ниже расположенной плотиной, необходимо соорудить туннель в горе Мохнатке. Туннель должен иметь затвор, перекрывающий проход селей в основное селехранилище, тем самым плотина в Медеу будет подстраховывать его в период очистки. Продукты очистки предлагается складировать в долине р. Бутаковки, что предотвратит выход селей, формирующихся в долине р. Бутаковки, в долину р. Малой Алматинки.

Предлагаемая схема защиты нейтрализует негативное воздействие селей, формирующихся выше Ворот Туюксу, Чертовом ущелье, очагах Чимбулака, бассейне р. Горельник, а также исключит необходимость проведения работ по сооружению плотины или стабилизации селевых русел в бассейнах рек Кимасар, Бедельбай и Батарейка.

Вторая предлагаемая нами схема предусматривает сооружение канала и туннеля для сброса селей, пропускаемых через плотину Медеу, в долину в. Бутаковка, где и будет осуществляться складирование селевой массы. Преимуществом данной схемы является исключение затрат на расчистку селехранилища в урочище Медеу. Если учесть, что стоимость расчистки селехранилища составит в 21 веке 2...3 млрд. USD, второй вариант, требующий больших начальных капиталовложений, может оказаться более предпочтительным.

Обращаясь к истории строительства и эксплуатации плотины в урочище Медеу, следует признать, что выбор места ее возведения, по современным представлениям, был крайне неудачным. Поскольку считалось, что катастрофические сели – явление крайне редкое (при проектировании принималось, что осадки, подобные выпавшим в 1921 г. и приведшим к катастрофе в г. Верном, образуются один раз в 10 000 лет), проект не отвечал на вопрос: что делать после заполнения селехранилища? Плотина была возведена в самой верхней части участка долины р. Малой Алматинки, благоприятного для создания селехранилища. Выше по течению реки уклон долины резко увеличивается и строить там плотины нерентабельно.

В 1973 г. плотина спасла г. Алматы от разрушения, но селехранилище оказалось заполненным до уровня, не обеспечивающего надежную защиту города от последующего селя, в неотвратимости которого уже никто не сомневался. В спешном порядке плотину нарастили, и сейчас она способна задержать селя объемом до 12,6 млн. м³. Не исключено, что это произойдет в ближайшие годы. Что же дальше? Снова наращивать плотину и удастся ли это сделать своевременно? Ведь наращивание занимает несколько лет. Заполнившееся селехранилище представляет собой потенциальный очаг селеформирования, искусственно приближенный к защищаемому объекту. Наращивание высоты плотины осуществляется путем отсыпки грунта на селевые отложения предшествовавшего селя, которые сохраняют аномальное увлажнение десятки лет и могут быть разжижены относительно небольшим землетрясением. На такие статические нагрузки предшествовавшие плотины не рассчитывались. Следовательно, нельзя исключить возможность сдвига плотины и формирования оползня (селя), последствия которого для г. Алматы будут катастрофическими. Если же учесть, что потенциал селеформирования в бассейне р. Малой Алматинки в нашем столетии близок к 500 млн. м³, стратегия защиты путем наращивания высоты плотины в урочище Медеу не может быть признана прием-

лемой. Нельзя допустить и перелива селя через гребень плотины, так как это неминуемо приведет к ее разрушению и вовлечению в селевой процесс всей массы, накопившейся ранее в селехранилище.

Реальными выходами из создавшейся ситуации представляются:

- возведение плотины в районе бывшего дома отдыха «Просвещенец» и сброс, в образуемое им селехранилище, селей через туннель в горе Мохнатке;
- сооружение, как минимум, двух быстротоков (что обеспечит возможность их поочередного ремонта) для сброса селей в селехранилище, образуемое плотиной в Просвещенце;
- сооружение канала и туннеля для сброса селей в долину р. Бутаковки.

Поскольку трудно представить себе быстроток для сброса селей с расходами тысячи кубометров в секунду и суммарным объемом сотни миллионов кубометров с высоты более 100 м, предпочтительными представляются первые два варианта.

Объемы селевой массы, которые будут задерживаться плотинами в Медеу и Просвещенце или складироваться в долине р. Бутаковки, могут быть значительно снижены в результате реконструкции габионной плотины, сооруженной в урочище Мынжилки. Плотина высотой 17 м создала емкость 0,22 млн. м³, «Задерживая наносы и трансформируя прорывные паводки, она предотвращает по основному руслу реки процессы селеобразования, обеспечивая тем самым продление срока эксплуатации селехранилища плотины Медеу». [3].

Главная цель реконструкции плотины в Мынжилках – увеличение образуемой ею емкости. 7 августа 1956 г. из внутриледниковой емкости ледника Туюксу начался выброс воды, сопровождавшийся выносом и относительно небольших объемов твердого материала, продолжавшийся около 100 часов. «Количество избыточной по отношению к «норме» воды приближенно оценивается в 1,5...2 млн. м³. Максимальный расход воды в створе Мынжилки оценивается в 25...40 м³/с» [2]. Приведенные данные свидетельствуют о том, что существующая емкость в Мынжилках не обеспечивает гарантированный перехват не только селей, но и прорывных паводков.

В ходе реконструкции плотины в Мынжилках ее емкость необходимо увеличить до 2,5...3 млн. м³, частично за счет емкости котлована, образуемого при добыче нерудных материалов, используемых для отсыпки плотины с целью наращивания ее высоты. Увеличение емкости храни-

лица позволит не только перехватывать гляциальные прорывные, но и дождевые паводки, которые в ближайшие десятилетия будут формироваться в высокогорной зоне, что резко снизит селевую активность бассейна р. Малой Алматинки. Эта же емкость может с успехом использоваться для регулирования ледникового стока с целью оптимизации подачи воды потребителям. Актуальность такого регулирования будет возрастать по мере уменьшения ледникового стока в ходе деградации оледенения.

Стоимость задержания единицы объема селевой смеси (воды) плотиной в Мынжилках значительно превышает таковую селехранилищем в урочище Медеу из-за удорожания стоимости строительных работ на высоте более 3000 м. Высокая эффективность функционирования плотины возможна лишь при условии, что она будет задерживать только паводочные воды. Формирование селей в зоне выше 3000 м должно быть исключено. Необходимо, наконец, начать работы по предотвращению зарождения и развития водоемов моренно-ледниковых комплексов.

Особое внимание должно уделяться моренно-ледниковому комплексу ледника Маншук Маметовой, где на высоте 3600 м расположено озеро №6. В случае неконтролируемого опорожнения этого озера с расходами, превышающими критическое значение, на древней (рисской) морене ледника Маншук Маметовой сформируется селя, объем которого уже в створе «Мынжилки» может значительно превысить 2 млн. м³. В современных условиях его дальнейшее развитие способно привести к увеличению объема селя до 10 млн. м³ и более [1]. Объясняется это высоким содержанием воды и льда в грунтах морен ледников Маншук Маметовой и Туяксу, что может способствовать развитию цепного селевого процесса [8]. Контролируемое опорожнение озера №6 – первоочередная задача по предотвращению селевой опасности гляциального генезиса в бассейне р. Малой Алматинки.

Увеличение температуры воздуха на 2...3 °С в ближайшие 25...50 лет приведет к резкой активизации селей дождевого генезиса в высокогорной зоне, поэтому уже сейчас необходимо развернуть широкие работы по мелиорации стартовых зон дождевых селей. В настоящее время подобные работы не проводятся из-за отсутствия научного и методического обоснования.

Программой «Защита населения и объектов экономики г. Алматы от опасных геологических и гидрологических явлений, чрезвычайных ситуаций экзогенного характера», утвержденной решением №192 19-й сес-

сией Маслихата г. Алматы 3-го созыва, предусматриваются работы по строительству каскадов защитных сооружений на реках Бедельбай и Батарейка. Наибольшую угрозу сели, проходящие по руслам этих рек, представляют автомобильной дороге Алматы-Медеу. Просто и экономически целесообразно эта проблема решается соединением русел упомянутых рек в единое и пропуском воды и селей над дорогой Алматы-Медеу с помощью селеспусков, широко применяющихся для защиты железных дорог. Орографические и гидрологические условия для реализации такого проекта практически идеальные: высокий левый (орографически относительно р. Малой Алматинки) берег, врезающийся в который речки Бедельбай и Батарейка впадают в р. Малую Алматинку, и русло р. Малой Алматинки с правой (орографически) стороны дороги, куда и будут сбрасываться вода и селевая масса с селеспуска. Пример селеспуска приведен на рисунке 2, заимствованном из [5].

Как показывает опыт последних десятилетий, сели в бассейне р. Бутаковки образуются в результате оползневых процессов на крутых склонах временных водотоков, впадающих в русло основной реки. Роль русловых отложений р. Бутаковки в формировании селей крайне незначительна, поэтому стабилизация русла р. Бутаковки, как это предусматривается упомянутой выше Программой, вряд ли решит проблему. Имеет смысл проработать вариант защиты Бутаковского ущелья с помощью небольших плотин-барражей, установленных там, где имеется возможность их расчистки в межселевые периоды.



Рис. 2. Селеспуск над железной дорогой.

Западная часть г. Алматы расположена на конусе выноса р. Большой Алматинки. Бассейн р. Большой Алматинки, площадь которого более чем в два раза превышает площадь бассейна р. Малой Алматинки, включает в себя три крупных бассейна: р. Кумбель, р. Озерной и р. Проходной. В условиях современного климата наибольшую селевую активность проявляет бассейн р. Кумбель. В прошлом веке там образовалось несколько катастрофических селей дождевого и гляциального генезисов с объемами несколько миллионов кубометров.

Значительно меньшую угрозу в настоящее время для г. Алматы представляет бассейн р. Озерной, так как сели этого бассейна аккумулируются в котловине Большого Алматинского озера. По нашим данным [7], озеро образовалось 20...30 тыс. лет назад в результате грандиозного завала, вызванного сильным землетрясением. Это озеро имело объем 150...200 млн. м³, его прорыв сопровождался селом и наносонесущим паводком, отложения которых прослеживаются как 2...5 метровая толща аллювия (включающего в себя глыбы размером более 1,5 м в верхней части конуса выноса р. Большой Алматинки) на большей части территорий конусов выноса рек Большая и Малая Алматинки. В ходе эрозионных процессов, вызванных опорожнением озера, произошло формирование, а затем частичное обрушение стенок прорана, в результате которого образовалась современная озерная перемычка. За прошедшее с тех пор время озерная котловина на 75 % заполнилась селевыми и аллювиальными отложениями, объем воды в озере близок к 10 млн. м³. Как естественное селехранилище озерная котловина способна вместить 20...25 млн. м³ селевых отложений.

Заполнение озерной котловины селевыми отложениями потребует решения сложных проблем, обусловленных особенностями геологического и геоморфологического строения района. Неконтролируемый перелив селей через гребень озерной перемычки приведет к возникновению селевого очага, потенциальные возможности которого – сотни миллионов кубометров рыхлообломочных пород, подготовленных к участию в селевых процессах. Но даже наращивание озерной перемычки на 100...150 м не решит проблемы, опасность со временем будет только возрастать. Необходимо срочно, пока озерная котловина еще не заполнилась, возвести дополнительную плотину, о которой будет сказано ниже.

Судя по всему, селевая активность в бассейне р. Проходной в последние 150...200 тыс. лет была незначительной. Увеличение селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау в рисс-вюрмском межледниковье не привело к выносу больших объемов наносов из этого бассейна на конус выноса р. Большая Алматинка. И только 9...10 балльное землетрясение 1887 г. продемонстрировало потенциальные возможности бассейна р. Проходной. «...Прежде всего, поражает своею величиной громадная оплывина, тоже с валунами, вышедшая из левого притока Уртасай, называемого также Прямою или Проходною Щелью, потому что по ней прежде шла кратчайшая дорога на Алматинский перевал. Из этого ущелья с необыкновенною быстротою изверглась громадная оплывина... Оплывина эта, даже при конце, т.е. в долине Б. Алматинки, имеет до 60 м толщины; она совершенно завалила ущелье во всю ширину до 300 м и по длине версты на 3, т.е. около 3000 м....Масса ее во всяком случае не менее 54 000 000 куб. метров» [6].

Как отмечалось выше, увеличение селевой активности в ходе глобального потепления способно привести к выносу на конус р. Большая Алматинка не менее 1 млрд. м³ наносов в течение первых десятков лет. В таких условиях мощные сели дождевого генезиса могут формироваться ежегодно и даже неоднократно в течение года. Справиться с такой селевой активностью способен лишь комплекс селезащитных мероприятий (рис. 3).

Первоочередной задачей является строительство, подобно тому, как это рекомендуется для бассейна р. Малая Алматинка, второй плотины, расположенной ниже устья р. Проходная. Эта плотина должна быть оборудована створами для пропуска селей в существующее селехранилище и подстраховывать его в период очистки. При прохождении селя в этот период селевая масса будет складироваться в селехранилище, расположенном выше. Основное назначение этих плотин – задержание селей, формирующихся в бассейнах рек Тересбутак, Проходная, Аюсай и, частично, Кумбель.

Важную роль должна сыграть плотина, которую необходимо возвести в троговой долине р. Кумбель выше Кумбельского селевого вреза. В этом же районе необходимо перебросить сток р. Мынжилки в русло р. Кумбель, что позволит осуществить перехват водных паводков и небольших селей, формирующихся на склонах хребта, разграничивающего бассейны рек Малая и Большая Алматинки.



Рис. 3. Схема расположения существующих и предлагаемых селезащитных сооружений в бассейне р. Большой Алматинки.

Плотина в троговой долине р. Кумбель сделает возможным не только перехват гляциальных прорывных паводков, образующихся на моренно-ледниковых комплексах ледников 98...101 [4], но и дождевых паводков, формирующихся в этом бассейне на высотах, превышающих 3000 м. Это значительно ослабит селеформирование в наиболее активном, в настоящее время, селевом бассейне. Регулируемый водовыпуск из емкости, образуемой обсуждаемой плотиной, сделает возможным рациональное использование талого и дождевого стока с большей части бассейна. Необходимо провести исследования с целью оценки селевой активности бассейна р. Шукыр и целесообразности сооружения на ней плотины.

Продлению существования Большого Алматинского озера, как потенциального селехранилища, аккумулятора воды для получения электроэнергии и питьевой воды, объекта для организации отдыха и туризма может послужить сооружение плотины на р. Озерной на высоте около 3000 м, где долина расширяется и имеет незначительный уклон. Благоприятствующим обстоятельством для возведения плотины является наличие автомобильной дороги, ведущей на перевал Озерный.

Назначение плотины – перехват гляциально-прорывных и дождевых паводков, формирующихся на южных склонах пика Советов, в долине р. Кызылсай, моренно-ледниковых комплексах ледников Городецкого, №86, Черный, №84, Перевальный, №82 и 83 [4]. Наличие регулируемого водовыпуска на этой плотине значительно расширит возможности управления водными ресурсами бассейна р. Озерной.

По мере заполнения котловины Большого Алматинского озера наносами, его функции, как естественного селехранилища, могут поддерживаться наращиванием высоты озерной перемычки либо удалением наносов из озерной котловины, возможно и их совмещение.

Оледенение бассейна р. Проходной крайне незначительно, поэтому основную опасность здесь в ближайшие десятилетия будут представлять дождевые сели. Возможность и целесообразность строительства плотин в высокогорной зоне бассейна р. Проходной, с целью задержания дождевых паводков, могут быть определены после специальных полевых исследований.

Важнейшей составной частью мероприятий по уменьшению селевой активности в бассейнах рек Кумбель, Озерная и Проходная должны стать работы по предотвращению зарождения и развития емкостей моренно-ледниковых комплексов, превентивному опорожнению селеопасных озер и подземных водоемов, а также мелиорация стартовых зон селей дождевого генезиса. Существенный вклад в уменьшение селевой активности может внести возобновление агролесомелиоративных мероприятий. Потепление климата способствует естественному подъему верхней границы произрастания арчи и ели, что уже можно видеть в бассейне р. Малой Алматинки. Однако этот процесс, принимая во внимание скорость роста этих растений и близость во времени возрастания селевой активности, необходимо ускорить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане. – Алматы: Фылым, 1998. – 102 с.
2. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 154 с.
3. Караманов У.К., Деговец А.С. Внимание: сель ! – Алма-Ата: Кайнар, 1992. – 46 с.
4. Каталог ледников СССР. – Т 13. Центральный и южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. Часть 1. Бассейны левых притоков р.

Или от устья р. Курты до устья р. Тургенъ. – Л.: Гидрометеиздат, 1967 – 79 с.

5. Корольков Н.М. Закавказская дорога / Труды совещания «Защита железных дорог от селевых потоков». – апрель 1961 г., Тбилиси. – М., 1962. – С. 5-26.
6. Мушкетов И.В. Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. – СПб., 1890. – 154 с. – (Тр. Геол. Комитета, Т. 10, Вып. 1).
7. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. О катастрофических явлениях в голоцене в бассейне реки Большая Алматинка // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 154-165.
8. Степанова Т.С. Цепной селевой процесс и образование очагов // Селевые потоки. - М.: Гидрометеиздат, 1989. - № 11. - С. 43-48.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата
Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

ӨЗГЕРМЕЛІ КЛИМАТ ЖАҒДАЙЫНДА АЛМАТЫ ҚАЛАСЫН СЕЛДЕН ҚОРҒАУ КОНЦЕПЦИЯСЫ

Геогр. ғылымд. докторы

Б.С. Степанов

Геогр. ғылымд. канд.

Р.К. Яфязова

Әлемдік жылынуға келтірген Қазақстан климатының өзгеруі Іле Алатауының солтүстік беткейінде және оған жақын орналасқан аймақта селдің белсенділігінің көбеюіне әкеледі. Қазіргі уақытта жүзеге асырылып жатқан селден қорғау стратегиясы елдің тұрақты дамуын қамтамасыз етпейді. Ол қауіпті тудыруға барабар қайта қаралуы қажет.