

УДК 551.583.7:551.435.2(574)

Доктор техн. наук Р.К. Яфязова \*

**К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ СЕЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ  
ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА***СЕЛИ, АКТИВНОСТЬ, СЕЛЕФОРМИРОВАНИЕ,  
КЛАССИФИКАЦИЯ, КЛИМАТ, ИЗМЕНЕНИЕ, ГЛОБАЛЬНОЕ  
ПОТЕПЛЕНИЕ*

*Достоверность оценки селевой активности в значительной степени определяет эффективность стратегии защиты от селей. Оценка селевой активности в регионах, где относительно небольшие изменения глобального климата влекут значительные изменения характеристик факторов селеформирования, имеет особую сложность. В таких условиях целесообразно использование результатов палеоклиматических исследований, а также данных о закономерностях изменения характеристик факторов селеформирования при изменении климата.*

Важной характеристикой, необходимой при решении задач, связанных с защитой от селей, является селевая активность. В терминологическом словаре «Селевые явления» [7] дается следующее определение селевой активности. «Селевая активность – интенсивность развития селевого процесса во времени и в пространстве». Существуют и другие определения селевой активности. Тем не менее, нельзя утверждать, что этот вопрос исчерпан.

Одна из первых классификаций селевой активности принадлежит П.С. Непорожнему [6]. В качестве показателя «потенциальной селеопасности», что может интерпретироваться и как селевая активность, он предложил использовать количество наносов, поступающих в среднем за один сель с 1 км<sup>2</sup> площади бассейна.

Б.В. Поляков (1935 г.) оценивал селевую активность (селеносность) бассейна по степени размываемости водосборной поверхности. Степень размываемости он характеризовал коэффициентом размываемо-

---

\* Казгидромет, г. Алматы

сти, значения которого изменялись от 1...2 для слаборазмываемых до 6...8 для сильноразмываемых.

И.И. Херхеулидзе (1947 г.) ввел понятие коэффициента селеносности, под которым понималось отношение количества наносов, выносимых с 1 км<sup>2</sup>, к количеству наносов, выносимым из бассейна средней селевой активности. Бассейн р. Киши Алматы с коэффициентом селеносности 1,0...1,5 Херхеулидзе отнес к сильно селеносным. Слабо селеносным бассейнам присваивался коэффициент 0,5...0,7. Позже И.И. Херхеулидзе дополнил эту классификацию критерием, учитывающим степень эродированности селевых бассейнов.

С.Г. Рустамов (1956 г.) классифицировал селевые бассейны по частоте возникновения селей:

- повышенная селевая активность – сели проходят не реже одного раза в 2...3 года;
- средняя селевая активность – один раз в 3...5 лет;
- слабая селевая активность – один раз в 5...10 лет.

Он же предлагал классифицировать селевые бассейны по объему твердого материала, выносимого одним селем.

Д.Л. Соколовский (1957 г.) предлагал установить связь количества наносов с 1 км<sup>2</sup> с высотными зонами селевых бассейнов:

- 15000...25000 м<sup>3</sup> – истоки селевого питания расположены выше 2500...3000 м над уровнем моря;
- 5000...15000 м<sup>3</sup> – истоки питания 1000...2500 м над уровнем моря;
- менее 5000 м<sup>3</sup> – истоки питания ниже 1000 м над уровнем моря.

В приведенных выше классификациях акцент сделан на одном из признаков (высотное расположение области формирования селей, объем селя, вынос наносов с 1 км<sup>2</sup> площади селевого бассейна, повторяемость селепроявлений в бассейне и т.д). С.М. Флейшман (1948 г.) предложил классификацию, учитывающую, по его мнению, основные признаки селеопасности селевого бассейна (табл. 1): повторяемость, объем селевых выносов одним селевым потоком определенной повторяемости, удельный расход селя на 1 м его ширины с учетом структуры селевой массы, разрушительное действие потока. С.М. Флейшман предложил и следующую дифференциацию селеопасных бассейнов:

- исключительно селеопасный – суммарный объем выносов за 100 лет – 1...10 млн. м<sup>3</sup> и более;
- весьма селеопасный – 100000...1 млн. м<sup>3</sup>;

- среднеселеопасный – 10000...100000 м<sup>3</sup>;
- слабоселеопасный – 1000...10000 м<sup>3</sup>.

Таблица 1

## Классификация селевых бассейнов по С.М. Флейшману

| Категория селеопасности | Максимальные показатели селя 1 % повторяемости |   | Воздействие потока на сооружения   |
|-------------------------|--|---|--|
|                         | Объем, тыс. м <sup>3</sup>                     | Удельный расход на 1 м ширины потока (q), м <sup>3</sup> /с |  |
| I                       | до 50  | до 5/3*   | Небольшие размывы, частичные забивки отверстий водопропускных сооружений   |
|                         | 50...100                                       | до 4/2,5  |  |
|                         | 100...200                                      | до 3/2  |  |
| II                      | 50...100                                       | 5...7/3...5   | Сильные размывы, полная забивка отверстий, повреждение и снос бесфундаментных строений   |
|                         | 100...200                                      | 4...6/2,5...4   |  |
|                         | 200...300                                      | 3...5/2...3,5   |  |
| III                     | 100...400                                      | 7...9/5...7   | Большая разрушительная сила: снос мостовых ферм, разрушение устоев мостов, каменных строений, дорог                                  |
|                         | 200...600                                      | 6...8/4...6   |  |
|                         | 300...800                                      | 5...7/3,5...5   |  |
| IV                      | 400  | 9/7   | Катастрофические сели: разрушение целых селений, участков дорог вместе с полотном и сооружениями, погребение сооружений под наносами |
|                         | 600  | 8/6   |  |
|                         | 800 >  | 7/5   |  |

Примечание: \* В числителе даны значения q для водно-каменных и других несвязных селей, в знаменателе – для связных грязевых и густых грязекаменных селей.

Классификация С.Г. Рустамова (1956 г.) [9], основанная на учете повторяемости селей, также зависит от природы селеформирования. Скорее всего, она может быть использована при оценке селевой активности бассейнов, где сели в основном образуются в ходе выпадения интенсивных дождей. Классификация этого же автора, основанная на информации об объеме твердого материала, выносимого одним селем, без указания повторяемости селевых явлений мало информативна.

Наибольшую ценность, по-видимому, представляет классификация С.М. Флейшмана, приведенная в табл. 1, позволяющая «оценить возможную селевую потенцию бассейна» [17].

С.М. Флейшман считал, что жизненного опыта одного-двух поколений, с учетом дендрохронологического и других методов определения объема селей за сто лет, достаточно для определения приведенной селевой активности. Под приведенной селевой активностью понимается частное от деления суммарного объема селевых выносов за 50...100 лет на число лет, образующих отрезок учтенного времени [7]. Такая рекомендация приемлема для общегеографического описания районов, подверженных воздействию селей в условиях стабильного климата. Однако использовать ее в условиях изменяющегося глобального климата вряд ли допустимо.

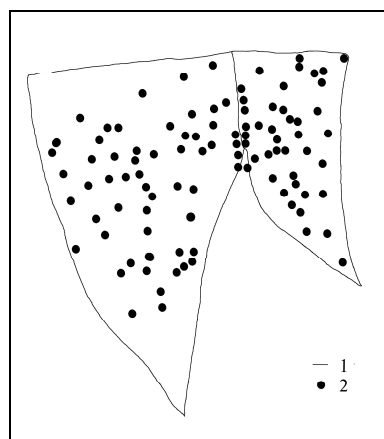
Наиболее достоверные данные о селевой активности на северном склоне Иле Алатау получены за последние 150 тыс. лет. Известно, что селевые явления возникают при синхронной реализации трех факторов: геологического, геоморфологического и гидрометеорологического. История развития северного склона Иле Алатау, где сели являются основным механизмом переноса наносов из высокогорной зоны на конусы выноса, расположенные на предгорной равнине, свидетельствует о том, что селевая активность в плейстоцене резко изменялась. Своего максимума она достигла, скорее всего, в рисс-вюрмское межледниковье и была практически нулевой в периоды оледенений.

Прекращение селевой деятельности в ледниковые периоды объясняется резким сокращением площади водосборов, где ливневые осадки выпадают в жидком виде, уменьшением энергии рельефа, так как вся высокогорная область, покрытая снегом и льдом, не могла быть местом зарождения и развития селей. Значительно уменьшились в этот период времени и потенциальные возможности геологического фактора – мощность рыхлообломочных отложений в средней и низкогорной зонах существенно меньше, чем в высокогорной зоне. Максимум селевая активность достигала в периоды, когда во всех высотных зонах хребта ливневые осадки выпадали в виде дождей. Это происходило, когда температура воздуха в Антарктиде превышала современную на 2...3 °С.

Селевая активность в голоцене (последние 10...12 тыс. лет), даже в период его климатического оптимума, была ниже селевой активности второй половины 20 века. Сохранившийся лессовый покров на большей части поверхности конусов выноса рек Улькен и Киши Алматы является доказательством тому.

В 1999...2000 гг. была дана оценка объема наносов, отложившихся на конусах выноса рек Улькен и Киши Алматы в голоцене [9]. Эти от-

ложения, частично перекрывающие лессовый покров, образовавшийся в вюрме, и, следовательно, имеющие возраст, не превышающий 10...12 тыс. лет. Лессовый покров перекрывает селевые и аллювиальные отложения, образовавшиеся в рисс-вюрмском межледниковье. По возможности измерялась мощность лесса. Поскольку поверхность рисс-вюрмских отложений из-за наличия камней, гальки и т.д. была неровной, погрешность измерения мощности лессового покрова составляла  $\pm 0,1$  м. Там, где измерить мощность лесса было не возможно из-за недостаточной глубины выемки, давалась ее минимальная оценка. Данные о расположении точек, где определялись мощности наносов и лессового покрова нанесены на схему конусов выноса рек Улькен и Киши Алматы (рис. 1).



*Рис. 1. Схема расположения точек, где определялась мощность лесса, селевых и аллювиальных отложений на конусах выноса рек Улькен и Киши Алматы (справа и слева соответственно). 1 – граница конуса выноса; 2 – место оценки мощности отложений.*

Результаты этой оценки оказались неожиданными: большая часть площади конусов выноса (более 80 %) перекрыта лессом, мощность которых изменяется от десятых долей метра до 11 м (район метеостанции Алматы). Мощность селевых отложений, перекрывающих лесс на незначительной части площади конусов выноса, изменяется от долей метра до 1,2 м.

Результаты обработки описанных выше наблюдений с большой степенью достоверности позволяют утверждать, что объем селевых отложений голоцена на конусе выноса р. Киши Алматы не превышает 3 млн. м<sup>3</sup>, а на конусе выноса р. Улькен Алматы – 4 млн. м<sup>3</sup>. Относительно малая селевая активность бассейна р. Улькен Алматы (его площадь превышает площадь бассейна р. Киши Алматы более чем в 2 раза) объ-

ясняется низкой селевой активностью частного бассейна р. Проходная и перехватом твердого стока из частного бассейна р. Озерная озером Улькен Алматы, служащим на протяжении 20...25 тыс. лет естественным селехранилищем [14]. Имеющаяся информация свидетельствует о том, что выносы селей на конусы выноса других рек северного склона Иле Алатау в голоцене были также очень незначительными.

Если сравнить объем селевых отложений в голоцене на конусе выноса р. Киши Алматы с объемом селевых отложений в рисс-вюрмское межледниковье, составившим 1,0...1,2 млрд. м<sup>3</sup> [15], нетрудно прийти к выводу, что селевая активность в голоцене крайне незначительно отразилось на морфометрических характеристиках конусов выноса, расположенных на предгорной равнине. Вывод об относительно низкой селевой активности на северном склоне Иле Алатау в голоцене подтверждается и хорошей сохранностью вюрмской морены в долине р. Киши Алматы, которая заканчивается на высоте 2500...2600 м, а также морен этого же возраста в других долинах хребта. Большинство селевых врезов на этих моренах образовалось в 20 веке.

Об очень низкой селевой активности на северном склоне Иле Алатау в последнем тысячелетии свидетельствуют и результаты изучения ленточных глин, оказавшихся на поверхности после опорожнения озера Есик в 1963 г. Сели, сравнимые с селями 1958 и 1963 гг., в бассейне р. Есик не формировались по меньшей мере 300 лет [11], а по данным Е.М. Калмынкиной и А.П. Горбунова – 700 лет [3].

Очень низкая относительная селевая активность на северном склоне Иле Алатау в голоцене до сих пор остается загадкой, поскольку в климате голоцена имеется интервал, известный как климатический оптимум, продолжавшийся более 2000 лет. В этот период средняя температура воздуха в Антарктиде превышала современное значение примерно на 1 °С, ледяной покров Северного Ледовитого океана сократился по площади почти вдвое, Исландию наполовину покрывали березовые леса (их площади сейчас занимают менее 1 %). «По существующим оценкам, в Европе было теплее на 2 °С ...» [5]. Близкая к современной была и температура воздуха в интервале 4...5 тыс. лет назад [24]. Если на юге Казахстана температура воздуха в период климатического оптимума голоцена увеличивалась также как в Европе, это должно было приводить к практически полной дегляциации хребтов Западного и Северного Тянь-Шаня и, следовательно, не только к активизации селей гляциального, но

и резкой активизации селей дождевого генезиса. По мнению Б.С. Степанова [11], это несоответствие может быть объяснено тем, что стадийные морены вюрма сыграли роль естественных плотин, аккумулировавших сели голоцена, формировавшиеся в высокогорной зоне.

Эта гипотеза подтверждается и данными геофизических наблюдений на леднике Туюксу, проводившихся в период Международного геофизического года. В частности, под ледником Туюксу были обнаружены рыхлообломочные отложения мощностью около 100 м. Эти отложения не могли образоваться в вюрме, так как в периоды оледенений в результате корразии происходит углубление долин. Это хорошо видно на примере верхней трети долины р. Киши Алматы, где в результате углубления основной долины образовались висячие долины.

Однако гипотеза об активизации селей в климатическом оптимуме голоцена не подтверждается геоморфологическим строением висячих долин бассейна р. Киши Алматы, свидетельствующим о практически полном отсутствии селевой деятельности в этих долинах в голоцене. На возможность низкой селевой активности на северном склоне Иле Алатау указывают и последние результаты исследования климата оптимума голоцена на территории Северной Евразии, согласно которым отклонение средних температур июля от современных значений в Тянь-Шаньском регионе могло иметь даже отрицательные значения [4].

Сугубо нелинейная зависимость селевой активности на северном склоне Иле Алатау от средней летней температуры воздуха в высокогорной зоне создает большие проблемы при разработке стратегии защиты от селей. Разработка стратегии защиты от селей может основываться на трех гипотезах о климате 21 века:

- климат станет более прохладным;
- существенных изменений климата не произойдет;
- климат потеплеет.

В первом случае, если существующие селезащитные сооружения соответствуют потенциальным угрозам, стратегия защиты может быть сведена к грамотной эксплуатации селезащитных сооружений.

Во втором случае, при неизменном климате и соответствии селезащитных сооружений потенциальным угрозам необходимо разработать и, при необходимости, внедрить мероприятия, обеспечивающие защиту от селей в ситуации, когда существующие селезащитные сооружения выполняют свои функции и окажутся не дееспособными.

В третьем случае ситуация наиболее сложная, поскольку для разработки стратегии защиты от селей необходим прогноз (сценарий) изменения селевой активности.

Анализ сценариев изменения климата в Казахстане в первой половине 21 века свидетельствует о том, что к 2050 г. следует ожидать увеличения температуры воздуха на 2,7...2,8 °С, осадки при этом изменятся очень незначительно: на 10...15 %, причем знак изменения величины осадков имеет очень большую степень неопределенности. Следовательно, при оценке изменения селевой активности в результате глобального потепления допустимо принятие гипотезы о неизменности величины осадков. Следует также иметь в виду, что потепление климата в Казахстане более чем в 2 раза превышает темпы глобального потепления [2].

По данным Е.Н. Вилесова, глобальное потепление приведет к полной дегляциации хребта Иле Алатау уже к концу 21 века [1]. Учитывая прогнозируемое время полной дегляциации Иле Алатау, а также время, необходимое для зарождения и развития озер моренно-ледниковых комплексов в данном регионе (50...70 лет), можно утверждать, что угроза возникновения селей гляциального генезиса будет сведена к минимуму. Сказанное не означает, что защита от селей гляциального генезиса теряет актуальность. Напротив, глобальное потепление и связанное с ним ускорение процессов формирования и развития водоемов моренно-ледниковых комплексов потребует на протяжении первых десятилетий 21 века активизации превентивных работ по искусственному опорожнению водоемов на моренно-ледниковых комплексах.

В условиях климата 20 века один раз в несколько десятилетий создавались гидрометеорологические ситуации, приводившие к формированию катастрофических селей дождевого генезиса. Прогнозируемое потепление климата приведет к тому, что увеличится продолжительность селеопасного периода, в высотной зоне 3600...4000 м в летнее время осадки будут выпадать преимущественно в виде дождей. Дегляциация бассейнов рек северного склона Иле Алатау вызовет увеличение числа рытвин в стартовой зоне. Возрастет и площадь стокообразования, вследствие чего дожди с меньшей интенсивностью станут селеформирующими. Поэтому изучению условий формирования селей дождевого генезиса, разработке превентивных мероприятий, направленных на предотвращение этих селей или уменьшение их характеристик, должно уделяться первостепенное внимание. Селевая активность возрастет не только за счет увеличения



повторяемости селевых явлений, но и объема и расхода селей [8, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27].

Результаты оценки изменения селевой активности на северном склоне Иле Алатау при различных сценариях изменения климата в первой половине 21 века (при линейном характере увеличения температуры воздуха) приведены на рис. 2.

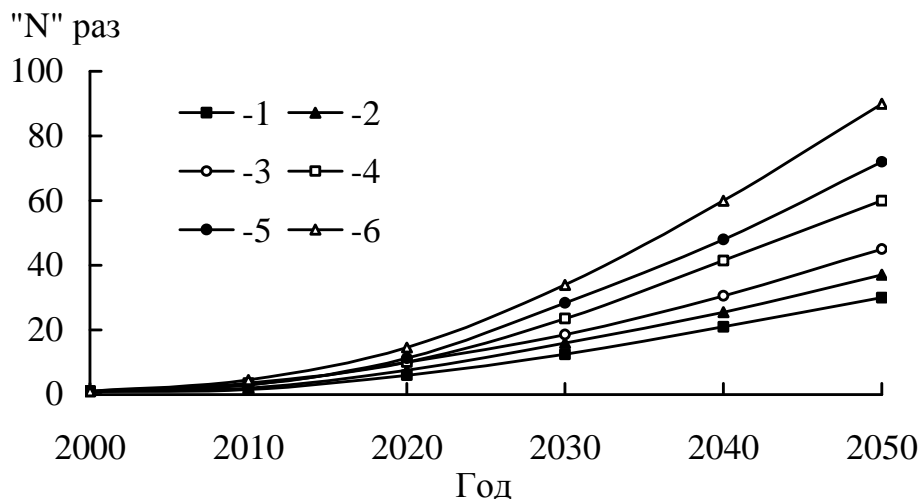


Рис. 2. Изменение повторяемости селеформирующих осадков и селевой активности для различных сценариев изменения климата до 2050 г.

Изменение повторяемости селеформирующих осадков: 1 –  $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ , 2 –  $\Delta t = 3^\circ\text{C}$ , 3 –  $\Delta t = 4^\circ\text{C}$ ; изменение селевой активности: 4 –  $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ , 5 –  $\Delta t = 3^\circ\text{C}$ , 6 –  $\Delta t = 4^\circ\text{C}$ .

Из рис. 2 следует, что уже в первой половине 21 века существует вероятность увеличения селевой активности в десятки раз по сравнению с 20 веком. В связи с этим необходимость разработки новой стратегии защиты от селей, способной предотвратить экологическую катастрофу и сохранить устойчивое развитие Казахстана, не вызывает сомнений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н. Эволюция внутриконтинентальной ледниковой системы в XX веке (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. / Казахский НУ им. аль-Фараби – Алматы, 1997. – 47 с.

2. Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабитаева А.У. К вопросу о построении сценариев изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №1. – С. 7–19.
3. Калмынкина Е.М., Горбунов А.П. Причины возникновения и рельефообразующая роль Иссыкского селя // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1967. – №4 – С. 53-58.
4. Климанов В.А. Продолжительность безморозного периода в оптимум голоцена (около 5500 л.н.) на территории Северной Евразии // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. – 2006. – №1. – С. 61-67.
5. Лосев К.С. Климат: вчера, сегодня ... и завтра? – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 175 с.
6. Непорожний П.С. Защита гидроэлектростанций от селевых потоков. – М.: Госэнергоиздат, 1947. – 167 с.
7. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 45 с.
8. Разработка инженерно-технических мероприятий по предотвращению образования селевых и оползневых явлений в горно-предгорной зоне Заилийского Алатау: Отчет о НИР / Казгидромет. – №ГР 0111РК00177, Инв. № 0211РК00432. – Алматы, 2010. – 279 с. – Отв. исполнитель Б.С. Степанов
9. Рустамов С.Г. Селевые потоки в Азербайджане // Труды ИГАН АзССР. – 1957. – №7.
10. Степанов Б.С. Глобальное потепление и селевая активность / Сборник научных трудов Министерства охраны окружающей среды РК «Научно-прикладные исследования в области охраны окружающей среды». – Т.1. – Алматы: ЦОЗиЭП, 2006. – С. 41-50.
11. Степанов Б.С. Основные закономерности формирования, движения и остановки селей: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. / Институт географии АН РК– Алматы, 1999. – 48 с.
12. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Радикальный пересмотр стратегии защиты от селей – необходимое условие устойчивого развития горных и предгорных районов Казахстана // Проблемы гидрометеорологии и экологии: Материалы международной научно-практической конференции – Алматы, 2001. – С. 32-35.
13. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Разработка и реализация современной стратегии защиты от селей – актуальная проблема обеспечения устойчивого развития Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2004. – № 3. – С. 112-119.

14. Степанов Б.С., Хайдаров А.Х., Яфязова Р.К. Свершившиеся и потенциальные постсейсмические катастрофы на Северном Тянь-Шане // Тезисы докладов второго Казахстанско-Японского семинара по предотвращению последствий разрушительных землетрясений. – Алматы, 23–25 сентября 2002 г. – С. 28–29.
15. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Климат голоцена и селевая активность на северном склоне Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2002. – №1. – С. 74–81.
16. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. Концепция защиты от селей г. Алматы в условиях изменяющегося климата // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 1. – С. 67-79.
17. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 352 с.
18. Шиварева С.П., Долгих С.А., Степанов Б.С., Яфязова Р.К., Ли В.И., Голубцов В.В., Попова В.П., Баймагамбетов Б.О., Петрова Е.Е. Влияние изменения климата на водные ресурсы бассейнов озера Балхаш и Аральского моря // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3. – С. 36–61.
19. Яфязова Р.К. Влияние климата на селеформирующие факторы // Гидрометеорология и экология. – 1997. – № 3. – С. 209-216.
20. Яфязова Р.К. Глобальное потепление и активизация селей дождевого генезиса // Новости науки Казахстана. – 2007. – №2. – С. 12–16.
21. Яфязова Р.К. О селевой активности на северном склоне Заилийского Алатау // Устойчивость, антропогенная трансформация и оптимизация природной среды Казахстана: Тезисы докладов Республиканской научной конференции. – Алматы, 1998. – С. 149-151.
22. Яфязова Р.К. Оценка селевой активности и прогнозирование ее изменения в условиях глобального потепления климата: Автореф. дис. ... доктора техн. наук. – Алматы, 2009. – 36 с.
23. Яфязова Р.К. Селевая активность в Заилийском Алатау в прошлом, настоящем и будущем / Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. – Алматы: 1998. – С. 511-515.
24. Jouzel, J., Lorius, C., Petit, J.R., Barkov, N.I. & Kotlyakov, V.M. 1994. Vostok isotopic temperature record. In T.A. Boden, D.P. Kaiser, R.J. Sepanski & F.W. Stoss (eds.), Trends'93: A Compendium of Data on Global Change: 590-602. ORNL/CDIAC-65. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.

25. Yafyazova, R.K. 2003. Influence of climate change on mudflow activity on the northern slope of the Zailiysky Alatau Mountains, Kazakhstan. In D. Rickenmann & C.L. Chen (eds), Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment; Proceedings 3rd International DFHM Conference, Davos, Switzerland, September 10-12, 2003:199-204.
26. Yafyazova, R.K. 2005. Estimation of mudflow activity under the changing climate. Journal of Nepal Geological Society, Vol. 32, (Special Issue). Abstracts of the Fifth Asian Regional Conference on Engineering Geology for Major Infrastructure Development and Natural Hazards Mitigation, September 28-30, 2005, Kathmandu, Nepal, p. 78.
27. Yafyazova, R.K. 2010. Defense against debris flows in Kazakhstan. In A.L. Williams, G.M. Pinches, C.Y. Chin, T.J. McMorran & C.I. Massey (eds), Geologically Active: Proceedings of the 11th IAEG Congress, Auckland, New Zealand, 5-10 September 2010: 1559-1565.

Поступила 6.01.2012

Техн. ғылымд. докторы Р.К. Яфязова

### **КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ СЕЛДІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ БАҒАЛАУ ПРОБЛЕМАСЫНА**

*Селдік белсенділікті бағалаудың растығы селден қорғанудың тиімді стратегияларын елеулі дәрежеде анықтайды. Ғаламдық климат өзгерісі айтарлықтай үлкен емес, селдің құрылу факторлары мінездемелері елеулі өзгерген аумақтардағы сел белсенділігін бағалау ерекше күрделілік туғызады. Бұл жағдайларда палеоклиматтық зерттеулер нәтижелерін, сонымен қатар климаттың өзгеруімен селдің құрылу факторлары мінездемелерінің өзгеру заңдылықтары мәліметтерін қолданған маңызды.*

УДК 556.18.004.14

Канд. техн. наук

С.П. Шиварева \*

Канд. техн. наук

В.И. Ли \*

**ОЦЕНКА УРОВНЯ СЕВЕРНОГО АРАЛЬСКОГО МОРЯ С УЧЁТОМ  
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И В УСЛОВИЯХ  
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА***УРОВЕНЬ, ИЗМЕНЕНИЕ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ХО-  
ЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, КЛИМАТ*

*В настоящее время уровень Северного Аральского моря достиг отметки 42 м. Для оценки возможного изменения уровня Северного Аральского моря проведена серия численных экспериментов. Моделирование проводилось с использованием водобалансовой модели и двух сценариев изменения климата А2 и В2. Сделан вывод, что для поддержания уровня Северного Аральского моря на современной отметке недостаточно будет тех водных ресурсов, которыми будет располагать Казахстан в перспективе при современной хозяйственной деятельности и предстоящих изменений климата.*

Основным источником поступления воды в Северное Аральское море является р. Сырдарья. Створ Каратерень – самый нижний створ, и в основном он характеризует приток в Северное Аральское море. На разностно-интегральной кривой (рис. 1) можно выделить три периода: период маловодья (1976...1987 гг.), средний по водности период (1988...2001 гг.) и многоводный период после 2001 г. Последний период совпал с наполнением Северного Аральского моря, после строительства Кок-Аральской плотины, отделяющей Северный Арал от высыхающей южной части.

По данным измерений в настоящее время уровень Северного Аральского моря достиг 42 м, т.е. уровня, который предполагается поддерживать в перспективе.

Значения испарения с поверхности Аральского моря и осадков на его поверхность за период с 1961 по 1985 гг. приведены в монографии [1]. После образования Северного Арала достоверных данных по испарению с его поверхности нет. Поэтому была предпринята попытка оценить его среднюю величину в процессе моделирования. С этой целью за период

---

\* Казгидромет, г. Алматы