

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА НА ЭРОЗИОННООПАСНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Е.А. Таланов

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

E-mail: polse@kazsu.kz

Эрозионные процессы и селевые явления могут наносить ощутимый социальный, экологический ущерб, поэтому районирование по степени риска служит информационной основой для управления природопользованием.

Успех стратегии оптимизации природной среды и рационального природопользования во многом определяется необходимостью своевременного учета вероятного экологического риска деградации геосистем, связанного с планированием и осуществлением конкретных природоохранных мероприятий. Для этого важно определить критерии эколого-экономического риска, разработать методы получения и территориальной интерпретации данных о взаимодействии хозяйственной деятельности человека с окружающей средой. Критерии экологической дестабилизации природной среды отличаются большим разнообразием. Интегральные нормативы оценки качества природной среды пока еще не разработаны [1]. Риск экологический – вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние в результате текущей или планируемой хозяйственной деятельности; возможность потери контроля за происходящими экологическими событиями [2]. В рамках антропоцентрического подхода предметом вероятностной оценки оказывается риск возникновения потерь (заболевание, гибель людей) в зависимости от состояния окружающей среды и ее компонентов.

С экономическим риском может сталкиваться любой субъект – отдельный человек (группа), производственно-хозяйственная единица, государство в лице органов управления. Экономический риск – возможность случайного возникновения нежелательных убытков, измеряемых в денежном выражении. Понятие экономических рисков не охватывает лишь те риски, возникновение которых приводит к денежному ущербу. Они включают также риски, приводящие к ущербу неэкономической природы, которые можно (прямо или косвенно) оценить в денежной форме.

В задачу исследования входит: разработать методы расчета, позволяющие определить потенциальные потери в зависимости от социально-демографического состояния в регионе, пространственно-временного масштаба и разрушительной силы природных явлений, качества окружающей среды и значимости экологических объектов; выявить закономерности территориального распространения эколого-экономического риска для геосистем, подверженных воздействию эрозии и селям.

Литогенная основа ландшафта (геологическое состояние и рельеф) в значительной степени предопределяет пространственное распределение поч-

венных разностей и биотопов, их внешние границы. Контуры территорий с различными экологическими ситуациями во многих случаях целесообразно согласовывать с геоморфологическими границами. Рельеф непосредственно влияет на процессы геодинамики, в том числе являющиеся факторами экологического риска (обвалы, оползни, сели, наводнения). Оценка риска предполагает выделение потенциально неустойчивых состояний геосистем на основе анализа топографических, инженерно-геологических или геоморфологических карт и учета информации о прошлых событиях на данной и аналогичных территориях. Это означает разработку перечней чрезвычайных ситуаций, возможных в пределах рассматриваемых территориальных единиц, с оценкой вероятности их возникновения и степени опасности нарушения природных систем.

Среди прикладных работ преобладает оценка риска возникновения спровоцированных хозяйственной деятельностью, техногенными авариями и катастрофами ситуаций с человеческими жертвами или нарушениями функционирования геотехнических систем. При этом фактором, определяющим вероятность чрезвычайных ситуаций, обычно выступают геолого-геоморфологические условия. При наличии достаточно длительных рядов наблюдений или исторических данных вероятность аварийных ситуаций той или иной степени тяжести оценивается количественно, как число возможных ситуаций в год или как обратная величина – возможность чрезвычайной ситуации один раз за определенный ряд лет. Сочетание природных и техногенных составляющих возможных катастроф позволяет оценить эколого-географическое положение конкретных объектов и экологический риск для соответствующих территорий.

В результате воздействия водной эрозии в данном районе определяется величина эколого-экономического риска по выражению

$$R = \sum_{i=1}^n (P P_0 P(q/\gamma) P(IS))_i Y_i,$$

где P – вероятность выпадения атмосферных осадков, формирующих поверхностный сток воды (расход воды с вероятностью превышения менее 10 %) и эрозию; P_0 – вероятность неблагоприятных метеорологических условий (дожди несколько дней подряд), способствующих возникновению опасно-

го природного явления; $P(q/\gamma)$ – условная вероятность сложившейся ситуации для экологических объектов (q) с учетом качества окружающей среды (γ); $P(IS)$ – вероятность потенциальных потерь в зависимости от социальных условий, масштаба воздействия и разрушительной силы эрозионных процессов в районе; Y_i – потери (ущерб) в стоимостном выражении в зависимости от степени воздействия эрозии на экологические объекты.

Количественными характеристиками дождя являются слой, продолжительность и интенсивность осадков, которые являются случайными величинами во времени и пространстве. Фактор эродирующей способности дождей предполагает выявление корреляционной связи с количеством эродированной почвы или построение кривых распределения вероятностей для объема смыва грунта (расхода селевых потоков) [3]. Неблагоприятные метеорологические условия (НМУ), когда осадки выпадают в течение продолжительного интервала времени (подряд двое суток), событие довольно редкое (P_0), но именно такие случаи можно отнести к эрозионноопасным. Для равнинной территории величина $P_0=0,3$, для межгорных долин и предгорий $P_0=0,35$, а в горах $P_0=0,5$. Вероятность наступления двух независимых событий одновременно (по количеству выпавших осадков сегодня и завтра) является произведением вероятностей каждого из этих событий, т. е. $P_1=P \cdot P_0$. Так, характеристики ливневого дождя с вероятностью 0,0693 при НМУ на предгорной территории ($P_0=0,35$) можно ожидать при совместной их реализации с вероятностью 0,0243, а в горах с вероятностью $P_0=0,5$ – 0,0346.

Для составления карты эколого-экономического риска на территории хозяйственного освоения Алматинской области использованы:

- 1) Почвенно-эрозионная карта Казахстана (масштаб 1:2500000), составленная в институте почвоведения НАН РК (1994, авторы А.К. Алимбаев и др.).
- 2) Карта использования земель (масштаб 1:1000000), составленная Казахским филиалом ВИСХАГИ (1991, авторы М.И. Войнова, В.Г. Поляков).
- 3) Карта селевой опасности территории Республики Казахстан (масштаб 1:1000000), составленная Казахским научно-исследовательским институтом мониторинга окружающей среды и климата (1996, авторы Е.А. Таланов и др.).

На почвенно-эрозионной карте Республики Казахстан выделены неэродированные и недефлированные территории, а также участки с типами эрозии: водная эрозия, дефляция, совместное проявление водной эрозии и дефляции [4].

На карте использования земель выделены природные зоны (подзоны) и угодья на равнине (А), в горах (Б) и в межгорных долинах (Б^{*}). В нашем случае особый интерес представляют участки, занятые пашней, пашни орошаемые, пастбища суходольные и заливные, сенокосы суходольные и заливные, леса и другие угодья, которые широко используются в хозяйственной деятельности.

Методической основой мелкомасштабной карты районирования селевых бассейнов является анализ имеющихся сведений о количественных характеристиках селевых потоков [5]. Основными элементами специальной нагрузки карты районирования селевых бассейнов (масштаб 1:1000000) являются степень селевой опасности, генезис водной составляющей, тип селевых потоков. Селевая опасность – угроза потерь жизни людей и материальных ценностей вследствие схода селя [6]. На территории Алматинской области (224 тыс. км²) определены площади с различной степенью эродированности (рис. 1). К нулевой категории относятся неэродированные территории (1,3 % от общей площади области), первая и вторая категории характеризуют совместное проявление водной эрозии (В) и дефляции (Д), которые занимают площади 6,5 % (ДВ) и 5,2 % (ВД). Луговые почвы пойм рек по степени эродированности отнесены к категории 2.

Богарные пашни предгорий повсеместно подвержены струйчатому смыву. Интенсивность смыва пашен варьирует в пределах 2...7 см за дождь, наибольшая величина сосредоточена в средней части склона. В верхней части склона количество вынесенных почв с пашни равно 400 м³/га, а в средней и нижней частях склона соответственно 700 и 200 м³/га [7, 8]. Темпы смыва в несколько раз превышают скорость почвообразования. Процесс ежегодного восстановления почв гораздо ниже. Слабо-, средне- и сильноэродированные территории составили 4, 20 и 10 % соответственно категориям 3–5 (рис. 1).

Светло-каштановые орошаемые почвы эродированы в средней степени. Площадь их составляет в Алматинской области 925,7 км², тогда как сильноэродированные почвы занимают 29,4 км² [7]. В горах в лесном поясе эрозионные процессы (средняя степень) на уровне четвертой категории. Для среднегорья характерны линейно-полосные (скотосбойные тропы, спуско-подъемные, приустьевые водопойные), кратковременные стойбищные концентрически-очаговые формы пастбищной эрозии. Разнотравно-злаковые с кустарниками пастбища на горных черноземах (покрытие 85...95 %, урожайность 10...12 ц/га) относятся к эрозионноустойчивым [7]. Усиление эрозии местами вызывает разрастание кустарников. Пятая категория – сильно эродированные поверхности, нарушенность которых составляет более 25 % от площади сельскохозяйственных земель.

Шестая категория характеризует эрозионные процессы при плоскостном смыве почв со склонов от талых и дождевых вод, а также при формировании наносоводных селевых потоков малой разрушительной силы. Благоприятные условия для такой эрозии имеются на 11 % территории (низкогорья и горы). Область низкогорья, расположенная на абсолютных высотах 600...1200 м и занимающая в Казахстане 42150 км² (28 % общей площади), является переходным рубежом от зимних к летним пастбищам. Скот выпасается здесь в

наиболее эрозионно-опасные периоды (позднелетний и осенний), встречаются все формы пастбищной эрозии, вплоть до эрозионного бэдленда. В горных каштановых несмытых почвах мощность горизонта А – 17 см, а слабосмытых – 13 см, в средне- и сильносмытых – полностью смыт верхний горизонт, и смывом охвачено больше половины горизонта В. Содержание гумуса в горных каштановых почвах в верхних горизонтах: несмытые – 2,4 %; слабосмытые – 1,9 %; среднесмытые – 1,2 % и сильносмытые – 1,0 % [7]. Многолетний вынос горных каштановых почв при скотобое с нижней и средней частей северных склонов составляет 50 м³/га, а с верхней – 80 м³/га.

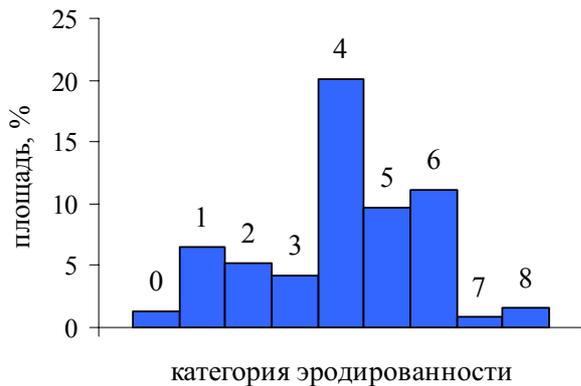


Рис. 1. Распределение площади по степени эрозионной опасности в Алматинской области

Предгорья Северного Тянь-Шаня с серо-бурными почвами используются как пастбища, где бессистемный интенсивный выпас скота способствует прогрессирующему развитию эрозии и дефляции почв. За счет смыва с предгорных пастбищ ежегодно теряется 120 м³/га почвенной массы. Неумеренный выпас скота обедняет видовой состав растений, снижает биологическую продуктивность фитоценозов, вызывает трудновосстановимую деформацию поверхностного горизонта бурых почв. Потенциальные эрозионноопасные территории и конуса выносов селевых потоков (категория 7), а также площадь селевых очагов (категория 8) занимают соответственно 0,88 и 1,65 % от всей площади области.

Мощные селевые потоки (категории 7–10), как правило, формируются в горах и оказывают существенное разрушительное воздействие в селевом русле и на конусе выноса. Кривые распределения объема выноса грунта за счет эрозионных процессов при различной по интенсивности дождевом обводнении представлены на рис. 2. Средний объем перемещенного грунта при выпадении ливневых дождей (кривая 1) составляет 16100 м³ (из них 99,7 % селевыми потоками, имеющими мощность по шкале 6–10 баллов), при ситуации ДС (кривая 3) – 3670 м³, а при обложных осадках (кривая 2) всего 46 м³.

При выпадении ливней редкой повторяемости ($P=0,00001$) деформация геологической среды за счет эрозии может составить 525000 м³ на опреде-

ленной территории, их последствия относят к категории экологического бедствия (9 баллов). Деформация грунта в 1000 раз меньшая, чем для категории экологического бедствия, имеет градицию 6 баллов.

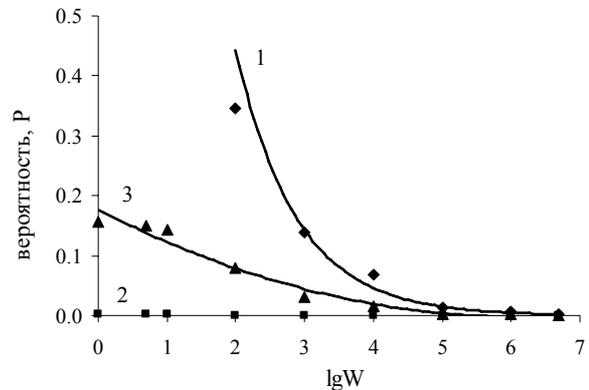


Рис. 2. Кривые условного распределения объема выноса грунта (lgW) эрозионным процессом при дождевом обводнении

Существование возможности потерь связано с наличием материальных ценностей и уязвимого населения, которые определяют потенциальную опасность природных катастроф в заданном районе. Для определения индекса потенциальных потерь используют выражение [9]

$$IS=IS_g+IS_c. \quad (2)$$

Первое слагаемое выражения (2) является функцией, характеризующей экономические и демографические особенности района (страны). Второе слагаемое характеризует масштаб и интенсивность опасного явления природы.

В работе [9] на основе статистических данных определены значения географической составляющей (IS_g) и индекса потенциальных потерь (IS), на результатах анализа которых произведено ранжирование административных районов Алматинской области по степени селевого риска. Нами установлены характерные пространственно-временные масштабы селеформирования ($S_0=50$ км², $\tau_0=6$ ч= $6,849 \cdot 10^{-4}$ год). Установлена важность плотности распределения населения (коэффициент корреляции 0,81) и заметная роль экономического фактора (0,44) при определении потенциальных потерь. Показано соотношение вероятности формирования крупных селевых потоков и эколого-экономического вреда с учетом гибели людей при различной плотности населения. Индекс приведенных потерь IS можно выразить через коэффициент поражения E , который зависит от характера и силы воздействия опасного явления природы (эрозии и селевых потоков) на объекты [10]: $lgE=8J_c$. Значение индекса потенциальных потерь можно считать величиной случайной, подчиняющейся нормальному закону распределения.

В работе [3] представлен набор сочетаний экологических объектов с различным качеством среды обитания $P(q, \gamma)$, который носит случайный характер, как во времени, так и в пространстве. Этот по-

казатель представляет собой характеристику ситуации, чреватой возникновением ущерба или другой формы реализации риска (подверженность риску) и учитывается в формуле (1).

Определена взаимосвязь показателей IgY (Y – сумма прямых и косвенных затрат, обеспечивающая безопасную эксплуатацию объекта при безопасных условиях) и r (безопасность геосистемы). Для Алматинской области фактическая экономическая ценность объектов при воздействии эрозии значительно ниже, чем аналогичная с учетом экологического фактора при нормальных условиях и в предельно антропогенной среде [3]. Зона пренебрежения экологическим риском соответствует вероятности менее $5 \cdot 10^{-6}$ (при естественном благоприятном состоянии) и на уровне $2 \cdot 10^{-6}$ (при предельно антропогенном состоянии). Для этих случаев надежности геосистем реальный средний ущерб составляет соответственно \$410 и \$165 (по курсу 2005 г.) при характерных масштабах опасных природных явлений.

Территориальное распределение эколого-экономического риска под воздействием эрозионных процессов представлено на рис. 3.

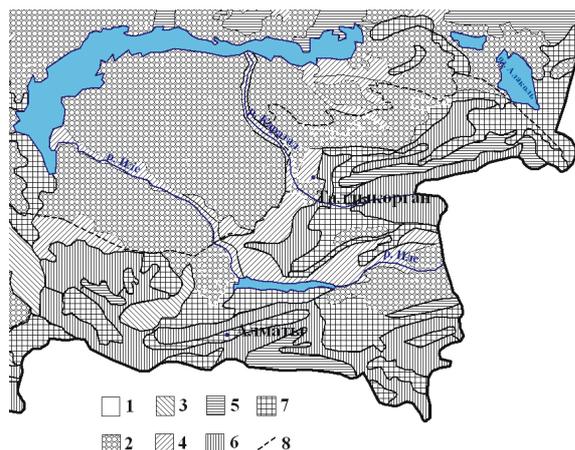


Рис. 3. Эколого-экономический риск под воздействием эрозионных процессов (селей) на территории Алматинской области: 1) ледники; 2) территории, подверженные дефляции; 3) зона пренебрежительного риска (менее $5 \cdot 10^{-6}$); 4) экологическая норма риска (от $5 \cdot 10^{-6}$ до $5,6 \cdot 10^{-5}$); 5) риск (от $5,6 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$); 6) риск кризиса (от $1 \cdot 10^{-3}$ до $3 \cdot 10^{-3}$); 7) риск бедствия (от $3 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$); 8) граница природных зон

Почти на половине территории Алматинской области (40 %) наблюдаются дефляционные процессы (на карте эти участки отмечены значком 2), но они нами не оценивались на предмет измерения риска. Кроме этого в горах выделен пояс ледников (1 – белый фон), суммарная площадь которых составляет более 570 км^2 [11]. Горные районы и межгорные долины, предгорья с интенсивной хозяйственной деятельностью характеризуются высоким эколого-экономическим риском (7 – квадратная штриховка). На этих эрозионноопасных территориях, включая участки на равнине с сильной степенью плоскостной эрозии, значения риска недопустимо высокие, так как в пределах площади 50 км^2

(за короткий интервал времени, в среднем 6 ч) эрозионными процессами может быть нанесен экономический ущерб в среднем от \$25000 до \$1125 тыс. В зоне экологического кризиса (6 – вертикальные линии) средние потери достигают \$2500, тогда как в зоне риска (5 – штрих горизонтальными линиями) потери составляют в пределах \$10...40. В Алматинской области потенциальный средневзвешенный ущерб от водной эрозии (селей) составляет \$270 тыс. в год (по состоянию 2005 г.). По нашим оценкам в бассейне р. Малая Алматинка эрозионными процессами смыто 73,5 тыс. т биогенных веществ почвы (ежегодно в среднем 75...80 т/га) и нанесен ущерб за счет снижения плодородия почв ориентировочно на сумму \$1000 тыс. (около \$680/га).

Таким образом, составленная карта эколого-экономического риска для территории Алматинской области (масштаб 1:2500000) может служить основой для планирования и управления природопользованием, с введением системы страхования в целях компенсации ущерба от природных стихийных явлений, экологических и социальных факторов риска.

Выводы

1. Установлены характеристики изменчивости полей природных факторов, определяющих формирование эрозии и их опасность в регионе: эрозионные процессы наблюдаются ежегодно, но вероятность выпадения селеопасных ливневых осадков, повторяется в среднем 1 раз за 15 лет; средняя площадь охвата и время процесса имеют следующие значения $S_0=50 \text{ км}^2$, $\tau_0=6 \text{ ч} = 6,849 \cdot 10^{-4} \text{ год}$; средняя эрозионная способность смыва грунта оценена в 16000 м^3 . В регионе может наблюдаться ситуация при выпадении дождя на снег (1 раз за 6 лет). При этом разрушительная эрозионная способность незначительная (размывает и перемещает не более 4000 м^3). Обложные осадки, способные вызвать эрозию, явление крайне редкое, особенно в пустынной зоне.
2. Степень деградации геосистем определяется следующими характеристиками: неэродированные территории занимают 1,3 % (от общей площади области), площади подверженные совместно водной и ветровой эрозии 11,7 %, слабо-, средне- и сильноэродированные территории составили 4, 20 и 10 %, зона формирования наносоводных селевых потоков малой разрушительной силы располагается в низкогорье (11 %), а в горах потенциальные эрозионно-опасные территории и конуса выносов селевых потоков занимают примерно 2 % территории.
3. Количественной мерой опасности нарушения геосистем служит риск, который может иметь экономические, социальные и экологические аспекты. Установлен порог устойчивости (надежность) геосистем: при нормальных условиях пренебрегать можно риском менее $5 \cdot 10^{-6}$, а при предельно антропогенном воздействии безрисковый уровень менее $2 \cdot 10^{-6}$.

На потенциальные потери от разрушительной силы эрозии (селей) существенно влияют величина плотности распределения населения (коэффициент корреляции 0,81) и состояние экономического развития региона (коэффициент корреляции 0,44). В регионе эрозионными процессами может быть нанесен потенциальный экономический ущерб в среднем \$1125 тыс. или на каждом гектаре \$22500.

4. Составленная карта эколого-экономического риска на эрозионно-опасной территории Алматинской области (масштаб 1:2500000) является первой попыткой обобщения многофакторных процессов, влияющих на устойчивость геоэкосистем регионального уровня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чигаркин А.В. Геоэкология Казахстана (географические аспекты природопользования и охраны природы). – Алматы: Казак университеті, 2006. – 414 с.
2. Снакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь справочник / Под ред. А.Л. Яншина. – М.: Academia, 2000. – 384 с.
3. Таланов Е.А. Методика оценки и картографирование эколого-экономического риска на территории, подверженной водной эрозии и селям // Вестник КазНУ. Сер. Географическая. – 2007. – № 1 (24). – С. 53–61.
4. Алимбаев А.К., Бельгибаев М.Е., Джанпеисов Р., Мирзакеев Э.К., Смагулов Т.А. Почвенно-эрозионная карта Казахской ССР // Экология и охрана почв засушливых территорий Казахстана. Тез. докл. Республ. научно-практ. конф. – 3–5 сентября. – Алматы, 1991. – С. 6–7.
5. Таланов Е.А. Рекомендации по селевому картографированию // Научно-практическая конференция «Природные и социальные проблемы географии аридных территорий». «Жандаевские чтения». 24–25 мая. – Алматы, 2001. – С. 161–170.
6. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: МГУ, 1996. – 46 с.
7. Алимбаев А.К., Мирзакеев Э.К., Минят В.Е., Уразимбетов Э.С., Рамазанова А.Р., Смагулов Т.А. Эрозия почв Казахстана и пути восстановления плодородия эродированных почв // Известия Министерства науки АНРК. Серия биологическая. – Алматы, 1996. – № 3 (195). – С. 30–39.
8. Алимбаев А.К., Джанпеисов Р., Науменко А.А. Эрозия почв Заилийского Алатау (на примере бассейна р. Малая Алматинка). – Алматы: Казак университеті, 1998. – 115 с.
9. Таланов Е.А. Методика оценки потенциального ущерба от разрушительной силы селевых явлений // Вестник КазНУ. Сер. Географическая. – 2005. – № 1 (20). – С. 53–61.
10. Таланов Е.А. Эколого-экономическое обоснование шкалы разрушительной силы эрозионных процессов // География Казахстана: содержание, проблемы, перспективы. Матер. Междунар. научно-практ. конф. – 20–22 апреля 2006 г. – Алматы, 2006. – С. 258–265.
11. Вилесов Е.Н., Горбунов А.П., Морозова В.Н., Северский Э.В. Деградация оледенения и криогенез на современных моренах Северного Тянь-Шаня // Криосфера Земли. – 2006. – Т. 10. – № 1. – С. 69–73.

Поступила 29.11.2006 г.