

УДК 550, 83 : 550, 41 : 622.83 624,131: (575.2) (04)

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ  
ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ МАЙЛУУ-СУУ**

*И.А. Торгоев* – канд. техн. наук,  
*Ю.Г. Алешин* – канд. техн. наук,  
*Г.Э. Аширов* – инженер

---

Based on analyses of landslide time series and natural factors accounted for their development, the empirical principles of landslide numerous aspects in the high geologically risk mining area have been studied.

Район Майлуу-Суу представляет собой территорию бывшего горнопромышленного комплекса, расположенного в северо-восточной части Ферганской впадины. Мощный техногенный прессинг на слабоустойчивую геологическую среду этого района, связанный с добычей полезных ископаемых (урана, угля, нефти) и развитием сопутствующей инфраструктуры, стал своеобразным триггерным механизмом, явно способствующим интенсивному развитию оползневых процессов.

В настоящее время в районе насчитывается более 200 оползней различного генезиса, возраста, масштаба и стадий развития [1]. По состоянию на начало 2006 г. общая площадь территории района, пораженная оползнями, составляла 6,4 км<sup>2</sup>, а общий объем оползневых масс, сместившихся за период 1900–2006 гг., превысил 260 млн. м<sup>3</sup>. Свыше 30 оползней (рис. 1) находятся в стадии подготовки к основному смещению и представляют прямую угрозу для населения, объектов экономики и инфраструктуры, в том числе для хранилищ радиоактивных отходов [2].

Оползневые процессы в большинстве (98%) развиты в среднем течении реки Майлуу-Суу, в полосе развития среднегорного (900–1600 м) рельефа, на площади распространения

сильно смятых в складки мезо-кайнозойских отложений, которые в силу литологических (наличие лессовидных суглинков и глин) и стратиграфических (чередование водопроницаемых и водоупорных слоев) особенностей предрасположены к оползанию. Наличие в пределах рассматриваемого района древних и новейших складчатых и разрывных структур разных порядков, высокая геодинамическая активность региона, обусловленная меридиональным сжатием Тянь-Шаня [1], широкое распространение древних оползней способствуют активному развитию современных оползней, около 50% из которых приурочено к склонам древнеоползневого генезиса.

Отмеченные особенности состояния геологической среды во взаимодействии с климатическими факторами, определяют широкое распространение и развитие в районе преимущественно поверхностных оползней, составляющих более 40% от их общего числа. Поверхностные оползни (сплывы и оплывины) образуются, как правило, на склонах западной (З, ЮЗ, СЗ) экспозиции с крутизной от 20<sup>0</sup> до 40<sup>0</sup>, сложенных лессовидными суглинками, в результате переувлажнения покровных склоновых отложений четвертичного возраста водами атмосферных осадков.

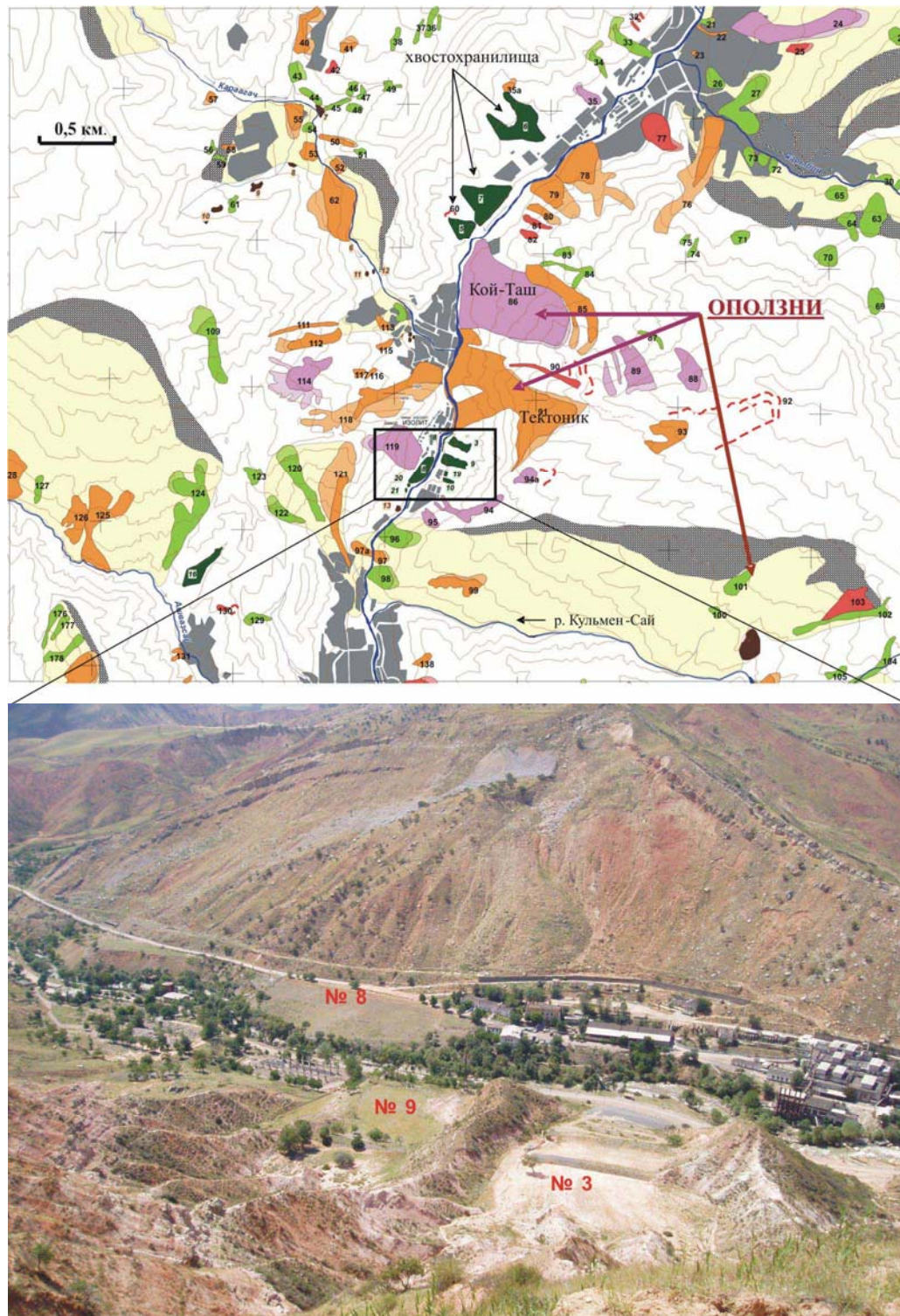


Рис. 1. Оползни и урановые хвостохранилища на территории г. Майлуу-Суу

Из глубоких в районе преобладают наиболее опасные по своим проявлениям оползневые потоки (34%) и оползни сложного типа – блок-потоки (16%), образующиеся в результате обильного увлажнения пород и грунтов атмосферными осадками, талыми и подземными водами.

Основные морфометрические характеристики оползней (длина, ширина, мощность, объем, форма) в рассматриваемом районе характеризуются преимущественно (в 60–70% случаев) небольшими размерами, в том числе объемами (рис. 2) и формами, присущими поверхностным оползням, которые преобладают в бассейне р. Майлы-Суу. Оползни чаще возникают на склонах выпуклой (34%), нежели прямой или вогнутой формы. Характерной особенностью района является сравнительно большая приуроченность оползней к склонам сложной формы, что обусловлено широким распространением оползней на склонах древнеоползневой генезиса, характеризующихся сложной (ступенчатой и террасовидной) формой их поверхности.

За период с 1950 по 2005 г. в рассматриваемом районе количество оползней увеличилось с 29 до 250. Анализ распределения оползней по стадиям их развития свидетельствует, что в настоящее время чуть более половины (52%) оползней находится в стадии относительной стабилизации, 45% – в стадии смещения (в том числе вторичного), и 3% оползней – в стадии подготовки к смещению. Динамика нарастания оползневой пораженности в районе свидетельствует о том, что высокая активность оползневых процессов (возникновение новых и реактивизация старых оползней) отмечается в годы, характеризующиеся выпадением аномально большого количества атмосферных осадков и/или значительным подъемом уровня подземных вод.

Основное количество (80%) оползней и оползневых смещений проявляется в весенние месяцы (III–V), причем наибольшее их количество приходится на март (32%) (рис. 3). Этот первый весенний месяц характеризуется наиболее высоким количеством осадков (78,5 мм) в разрезе года, а также значительным повышением как среднемесячной температуры возду-

ха ( $\Delta t \geq 6^{\circ} \text{C}$ ), так и переходом среднесуточных температур воздуха в первой декаде от отрицательных значений к положительным, вызывающим интенсивное таяние снежного покрова. Сочетание обильных осадков в виде дождя, а также талых вод, вызывает сильное увлажнение склоновых отложений и тем самым способствует активизации оползневых процессов в весенние месяцы.

Совместный статистический анализ временных рядов (1950–2005 гг.) оползневых процессов и природных (климатических, гидрологических, гидрогеологических, сейсмических) факторов, управляющих их активностью (рис. 4), позволил выявить следующие особенности и закономерности их развития во времени.

К числу ведущих природных факторов, предопределяющих характер и динамику развития оползневых процессов в районе, относятся климатический, а также связанные с ним гидрологический и гидрогеологический (режим подземных вод) факторы. Важнейшим климатическим фактором, изменения которого влекут за собой существенные перемены в характере развития оползневых процессов во времени, являются гидротермические условия: количество атмосферных осадков (рис. 4б) и температура воздуха (рис. 4с), предопределяющие условия поверхностного и глубинного увлажнения склонов.

Установлено, что при превышении средне-многолетних норм атмосферных осадков в холодный (XI–II) и теплый (III–V) периоды активизируется в 1,5–1,7 раза при одновременном понижении сезонной температуры воздуха по сравнению с многолетними нормами на  $2,5^{\circ}\text{C}$  в холодный и  $1,5^{\circ}\text{C}$  в теплый периоды массовый сход поверхностных оползней.

Коэффициент взаимной корреляции между изменениями количества атмосферных осадков и количеством активных оползней составляет  $r \approx 0,90$ . В случае, если во влагодобильные годы отмечается быстрое возрастание уровня подземных вод (УПВ) с амплитудой не менее 2,0–2,5 м (рис. 4е), активизируются глубокие оползни. Коэффициент взаимной корреляции между изменениями УПВ и количеством оползней составляет  $r \approx 0,63$ .

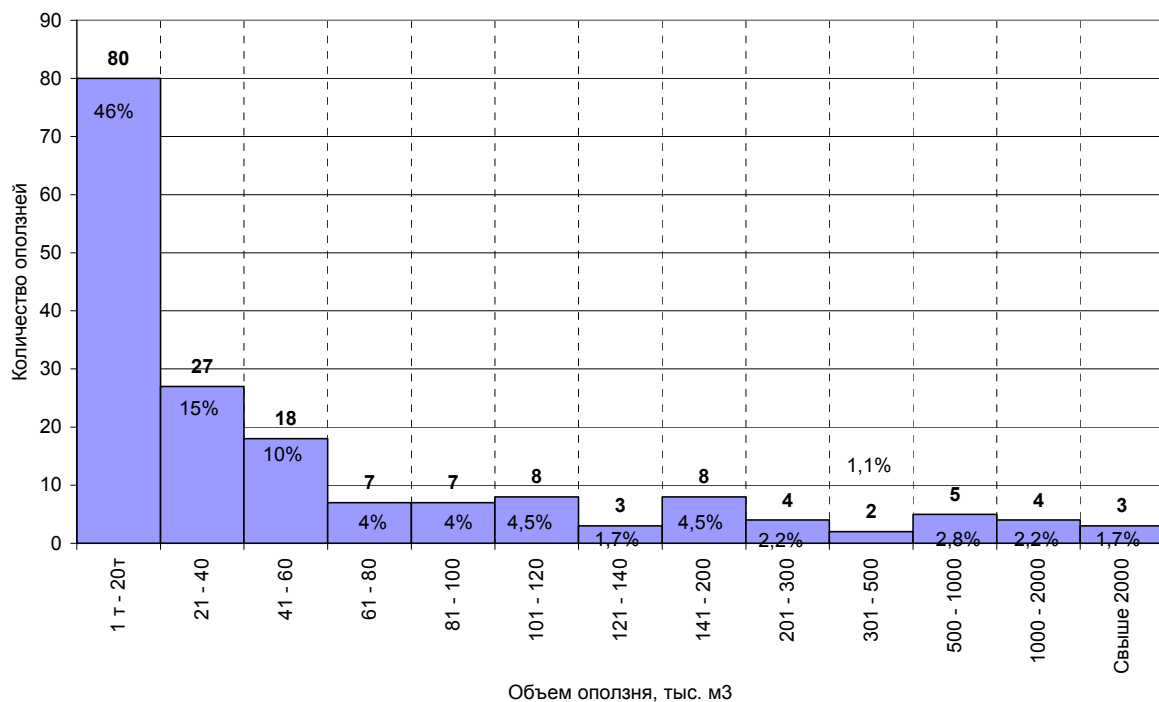


Рис. 2. Гистограмма распределения оползней

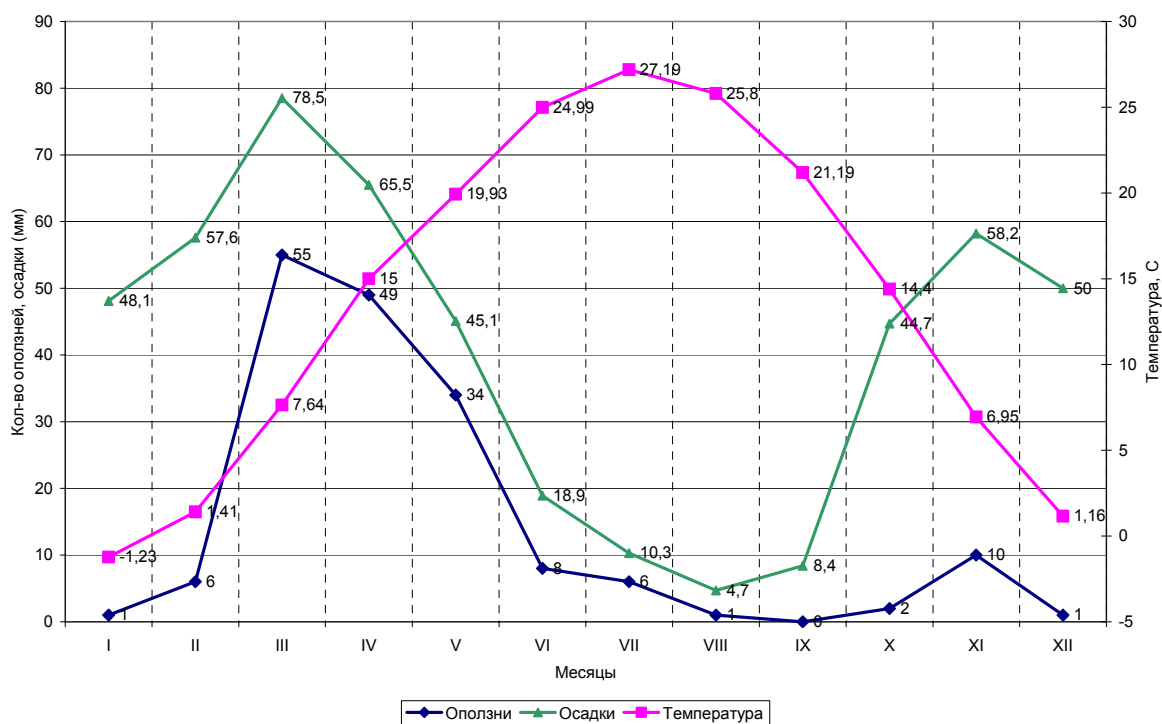


Рис. 3. Распределение по месяцам нормы осадков, температуры воздуха и количества оползней

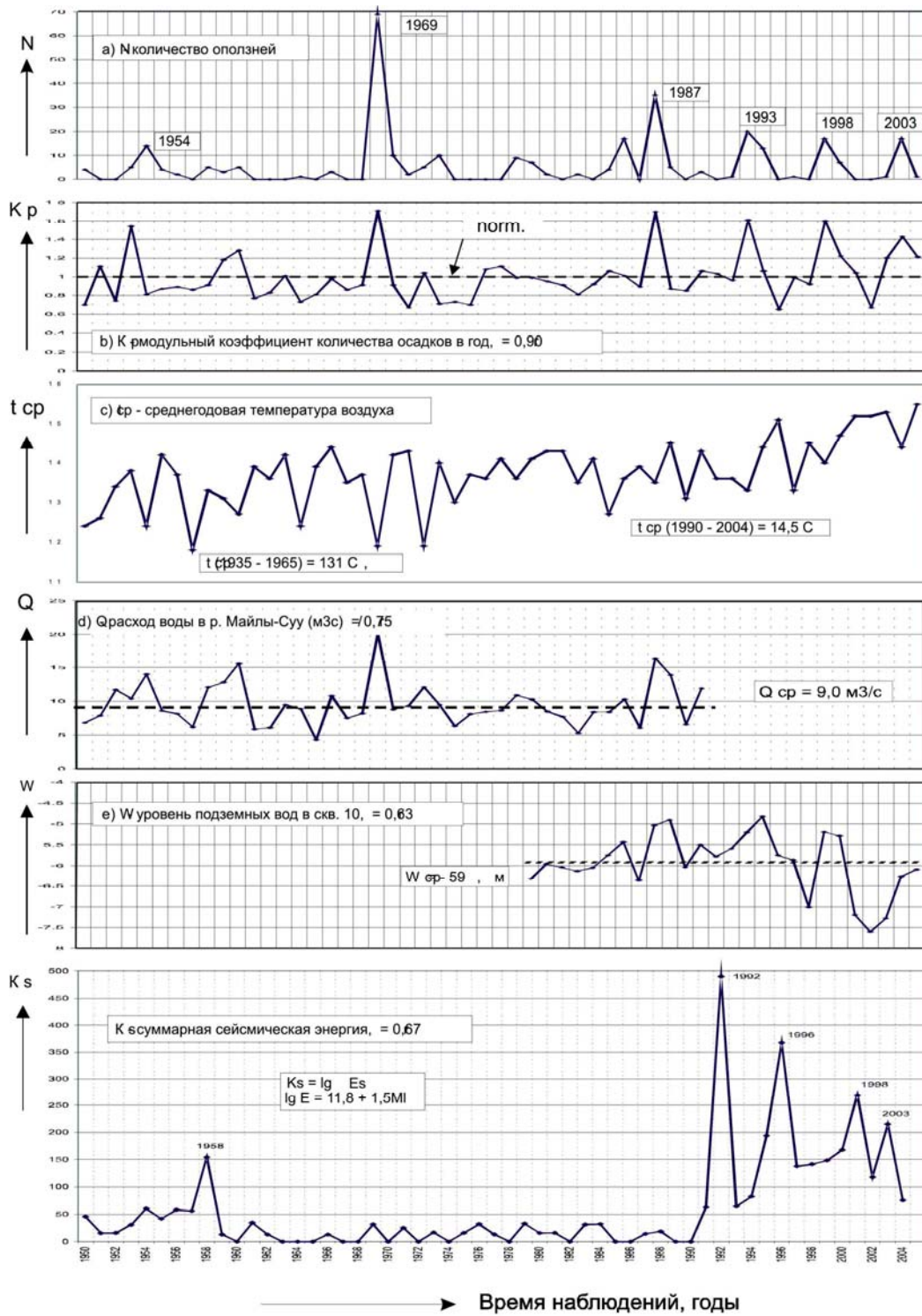


Рис. 4. Временные ряды и корреляционные связи оползней и оползнеобразующих факторов (r – коэффициент взаимной корреляции), 1950–2005 гг.

В аномально влажные годы в результате повышения расходов (уровня) воды в р. Майлы-Суу и ее притоках в 1,5 и более раз отмечается активизация оползней (рис. 4d), развивающихся на прибрежных склонах за счет интенсивной русловой эрозии и подмыва основания таких склонов. Следует отметить, что более 50% оползней района приурочено именно к склонам долин р. Майлы-Суу и ее основных притоков. Коэффициент взаимной корреляции между изменениями расхода и количеством активных оползней достигает значения  $r \approx 0,75$ .

Влияние сильных ( $J_0 > 3,5$  балла) землетрясений на активизацию оползней в значительной степени зависит от состояния увлажненности склоновых отложений как в период подготовки, так реализации и постсейсмических деформаций землетрясений. Выявлено, что доля сейсмогенных оползней в районе составляет около 9% от общего количества всех зафиксированных. При этом в 35% случаев землетрясения служили триггерным (спусковым) механизмом возникновения или повторных смещений оползней. В 50% случаев оползневые смещения были связаны с постсейсмическими деформациями. Время между землетрясениями и следующими за ними подвигами оползней варьирует от 6 до 50 дней. Как минимум в 15% случаев оползневые смещения связаны с досейсмическими деформациями сильных землетрясений. Время проявления досейсмических деформаций, способствовавших подвигам оползней, варьирует от 2 до 22 дней.

За последние 50 лет произошло изменение циклов атмосферных и оползневых процессов, тесно связанных друг с другом. Начиная с середины 80-х годов прошлого века отмечается перестройка этих циклов от длиннопериодных (13–17 лет) к короткопериодным (5–6 лет) (рис. 4 а, б). Одной из главных причин сокращения периодов повторяемости массовой активизации оползней является потепление климата, которое проявляется, во-первых, в ощутимом повышении среднегодовых температур воздуха (рис. 4 с) за счет повышения среднемесячных и среднесуточных температур в холодный (XI–II) период года. Во-вторых, устойчивое потепление климата в рас-

сматриваемом районе сопровождается увеличением количества атмосферных осадков в виде дождя и снега в оползнеактивный (II–V) сезон года.

Совместное воздействие отмеченных проявлений потепления климата и повышение с 1992 г. (рис. 4 f) сейсмической активности в регионе привело к обострению оползневых процессов, в том числе к сокращению периодов проявления массовой активизации оползней (5–6 лет) и возникновению огромных ( $V > 1$  млн. м<sup>3</sup>) оползней.

В случае, если в ближайшие 10–12 лет (24-й цикл солнечной активности) сохранится 5-летний цикл экстремумов атмосферных осадков, очередная массовая или высокая активность оползней ожидается в 2008 г., на ветви роста солнечной активности при переходе от низких уровней солнечной активности 2006–2007 гг. к высоким ее значениям в 2008–2009 гг.

По расчетам, выполненным на основе экстраполяции существующей тенденции нарастания площади оползневого поражения в районе, по данным за 1950–2005 гг., к 2025 г. общая площадь распространения оползней может возрасти с 6,4 до 9,6 км<sup>2</sup>, т.е. почти в 1,5 раза по сравнению с 2006 г. При этом нарастание площади оползневого поражения будет происходить преимущественно за счет слияния малых и средних оползней или их деляписивного развития, т.е. за счет формирования больших ( $V \approx n \cdot 10^5$  м<sup>3</sup>) и/или огромных ( $V \approx n \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>) оползней.

Наибольшую угрозу в рассматриваемом районе представляют огромные оползни Кой-Таш, Тектоник, Изолит (рис. 1), развивающиеся на бортах долины реки Майлы-Суу из-за того, что их развитие и особенно заключительная стадия – основное смещение – в условиях узкой речной долины может вызвать синергетические (каскадные) эффекты с разрушением урановых хвостохранилищ и последующим распространением радиоактивных отходов по гидрографической сети р. Майлы-Суу, принадлежащей к бассейну р. Сыр-Дарья [2].

Расчеты показывают, что при наиболее пессимистичном сценарии – полном разрушении хвостохранилищ № 3, 5, 7, 8, 18 за счет

прямого или косвенного воздействия оползней Тектоник и Кой-Таш (рис. 1) – общий объем радиоактивных “хвостов”, которые могут быть рассеяны в пойме и на конусе выноса реки Майлы-Суу, составит около 1 млн. м<sup>3</sup> (общая активность 10 тыс. Ки), а общая площадь радиоактивного загрязнения – около 100 км<sup>2</sup>.

В целях снижения риска оползневой разрушения урановых хвостохранилищ в Майлуу-Суу в настоящее время предусматривается реализация в течение ближайших 3–4 лет ряда предупредительных мер и проектов, включающих разгрузку южного фланга оползня Тектоник и/или перенос хвостохранилищ № 3, 8, 18 на безопасный участок, а также сооружение обходного туннеля на участке возможного блокирования реки оползнем Кой-Таш, мониторинг и

раннее оповещение об угрозе схода оползней в районе урановых хвостохранилищ [1].

#### **Литература**

1. *Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г.* Геодинамический и геоэкологический мониторинг геологической среды для снижения оползневой опасности // Современная геодинамика областей внутриконтинентального горообразования (Центральная Азия). – М.: Научный мир, 2005. – С. 299–317.
2. *Алёшин Ю.Г., Торгоев И.А., Коваленко Д.Н.* Синергетические эффекты в сценариях разрушения урановых хвостохранилищ Майлуу-Суу // Оценка и управление природными рисками: Мат-лы Всероссийск. конф. “Риск – 2003”. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – Т. 1. – С. 315–319.