

Список использованных источников

1. Мельник Л.Г., Хенс Л. Социально-экономический потенциал устойчивого развития: учебник. - Сумы: ИТД «Университетская книга», 2007. - 1120 с.
2. Мозговая О. С. Применение концепции «Экологический след» для расчета резервов экологической емкости с целью определения рекреационной нагрузки в национальных парках Беларуси // Журнал международного права и международных отношений, 2007. - №2. - С.85-93.
3. Ружевич Ю. Экологический след как новый количественный индикатор устойчивого развития. - 2010 - 9 с.
4. Кубатко А. В. Научный подход к определению экологического следа, как индикатора устойчивого развития на уровне региональных экономик // Механізм регулювання економіки, 2009. - №1.- С.194-202.
5. Мустафаев Ж.С. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. - Тараз, 2014. -316 с.
6. Баланс ресурсы и использования важнейших видов сырья, продукции производственно-технического назначения и потребительских товаров по Республике Казахстан (статистический сборник). - Астана, 2008. - 120 с.
7. Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Республике Казахстан (статистический сборник). - Астана, 2008. - 230 с.
8. Охрана окружающей среды и устойчивости развития Казахстана (статистический сборник). - Астана, 2008. - 270 с.

УДК 528.94:55

ЭРОЗИЯ СКЛОНОВ - ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК

Н. В. Коломийцев, Б. И. Корженевский

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», г. Москва, Россия

При оценке негативного воздействия плоскостной эрозии главное внимание уделяется потерям плодородия почв и, как следствие, потери урожая. При этом часто игнорируются другие последствия, такие, как заиление и загрязнение водоемов, нарушение структуры и снижение устойчивости ландшафта к негативным воздействиям и др. Миграция загрязняющих веществ и поступление их в водные объекты приводят к загрязнению последних различными химическими элементами и соединениями.

Несмотря на то, что для ряда территорий существует достаточно много экспериментальных данных о смыве почв по типам рельефа [1], немало объектов, для которых эти данные отсутствуют. В этом случае следует использовать морфометрические показатели рельефа в количественном выражении. Для этого составляются шкалы балльной оценки каждого показателя. Степень проявления эрозии определяется по следующим шести группам: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – значительная, 5 – сильная и 6 – катастрофическая [2]. Также можно использовать логико-графическую схему эволюции склонов в ходе эволюционно-аккумулятивных процессов [3], которая показывает, что форма склонов является отражением этих процессов, а функция формы склона определяется посредством логистического уравнения, описывающего связь отметок склона с их длиной.

На «ступенчатом» склоне, когда чередуются пологие и крутые участки, возможность эрозии резко уменьшается, т. к. террасы поглощают энергию потока. По-

тенциальная опасность развития эрозии почв, прежде всего, определяется крутизной и длиной склонов. Для условий орошения разработаны градации интенсивности эрозионных процессов в зависимости от уклона и коэффициента горизонтального расчленения [4].

Многообразие и сложность почвенного покрова, его особое место в природе и агропромышленном комплексе требуют комплексной агроэкологической оценки и группировки для рационального использования земель. Для этих целей используются: данные мониторинга земель, базирующиеся на результатах последних землеустроительных, почвенных, геоботанических, гидрологических, агрохимических, эрозионных, фитосанитарных и других обследований и изысканий; сведения о размещении на этих землях сельскохозяйственных культур; информация о продуктивности земель за последние 3–5 лет.

При группировке земель необходимо соблюдать два принципа. Во-первых, множество почвенных разновидностей должно быть сведено к минимальному числу внутренне однородных групп и, во-вторых, эти группы должны иметь существенные агроэкологические различия. Разработана агроэкологическая оценка и проведена группировка земель [5]. Для условий малых рек бассейна средней и верхней Оки выделены четыре категории земель, близких по рельефным, почвенно-эрозионным, гидрогеологическим и агротехническим условиям и по требованиям к проведению мелиоративных работ (табл. 1). Водосборы малых рек бассейна средней и верхней Оки по большинству параметров являются типичными лесоаграрными ландшафтами центральной части Русской равнины.

Таблица 1 – Агроэкологическая оценка земель бассейна малой реки

Категория земель	Крутизна склонов	Тип смытости почв, земли			
		Южные и западные экспозиции		Северные и восточные экспозиции	
		Средний многолетний смыв со склонов пахотных земель, м³/(га в год)			
1	< 3	Несмытые и среднесмытые	< 13	Несмытые	< 8
2	3-5	Сильносмытые	13-25	Средне- и сильносмытые	8-13
3	5-8	Сильносмытые	> 25	Сильносмытые	> 13
4	> 8	Долинно-балочные и овражные земли	Нет пашни	Долинно-балочные и овражные земли	Нет пашни

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что при оценке эрозионной опасности земель существенную роль в смытости почв играет экспозиция склонов. В Нечерноземной зоне РФ большая часть твердого материала эродирована в период весеннего снеготаяния. По данным [6] в некоторые годы до 90% твердого стока приходится на этот период. По материалам [7] выделяются три фазы снеготаяния и смыва почвы. Первая, когда $t^{\circ} < 3^{\circ}\text{C}$ и поверхность почвы начинает освобождаться от снега и находится в мерзлом состоянии. В эту фазу впитывающаяся в почву талая вода приводит к образованию на некоторой глубине запирающего слоя и происходит насыщение верхнего оттаивающего слоя. Вторая фаза – при $t^{\circ} = 3-5^{\circ}\text{C}$ – поверхность почвы оголяется на 50 – 75 %, верхний слой почвы оттаивает и, нахо-

дьясь в переувлажненном состоянии на мерзлом слое, легко смывается потоками талой воды. Третья наступает при $t^{\circ} > 5^{\circ}\text{C}$ – потоки талой воды сформировали русло, происходит разрушение запирающего слоя, повышается водопроницаемость почвы и увеличивается скорость впитывания. При полном оттаивании и насыщении почвы водой интенсивность впитывания становится близкой к коэффициенту фильтрации талой почвы. В дальнейшем механизм переноса загрязнителей и самоочищения определяется морфометрическими и гидрологическими характеристиками и гидрохимическим режимом водоема, видами техногенного воздействия.

Особая роль в процессах самоочищения рек принадлежит пойменным территориям. Пойма реки делится на три части: прирусловую – наиболее крутую и расчлененную, центральную – более протяженную, занимающую среднюю часть, и притеррасную – наиболее заниженную и заболоченную часть с наличием стариц и озер. Это определяет высокую сложность структуры их почвенного покрова. В системе экологического мониторинга речного бассейна учет роли пойменных территорий – необходимое составное звено, которое позволит более рационально вести сельскохозяйственное использование пойм. Учет подразумевает следующую последовательность операций: анализ площадного развития морфоэлементов поймы; анализ почвенно-растительного покрова пойм; анализ использования пойменных земель; анализ гидрологического режима пойменных территорий; анализ загрязненности пойменных почв. Наряду с загрязнением водоемов при эрозионных процессах отмечается и очищение, которое может осуществляться, как вследствие морфометрических характеристик склона, так и вследствие разбавления «грязных» накоплений «чистым» эрозионным материалом.

При мониторинге возникает необходимость выделения эталонных бассейнов рек, более глубокого изучения формирования их экосистем, гидробиологического режима, определения продуктивности земель [8]. Реакция экосистем любого ранга зависит от того, в какой мере экологическое состояние окружающей среды адекватно условиям ее гомеостаза, под которым понимается относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней структуры экосистемы. Гомеостаз предполагает сохранение устойчивости экосистемы в условиях воздействия ряда факторов. При этом воздействие каждого фактора или их совокупности может быть оценено как минимальное, когда оно не вызывает реакции (возмущения) экосистемы, и максимальное, последствиями которого могут быть деградация экосистемы в целом или ее переход по сути в иную экосистему. Диапазон между минимальным и максимальным уровнем воздействия факторов представляет собой предел толерантности экосистемы, т. е. тот диапазон изменения уровня воздействия, в пределах которого система способна за счет своих адаптационных возможностей противостоять изменяющему ее внутреннее состояние воздействию.

По мнению специалистов [9], оптимальной на современном этапе является четырехранговая оценочная структура, разработанная для экосистем [10]. Каждому интервалу, характеризующему реакцию живых организмов или экосистемы, должен соответствовать некоторый интервал, определяющий в заданных пределах изменение уровня внешнего воздействия. В этой же четырехранговой схеме уровень целесообразно градуировать в виде ряда воздействий: «слабое – умеренное – сильное – опасное». В общем виде изложенный подход отражен в таблицах 2 и 3.

Нарушение равновесия эрозионно-аккумулятивных процессов при техногенной эволюции на территории бассейна вызывает изменения существующего баланса, которые проявляются в накоплении в водной системе органического и мине-

рального вещества, в увеличении темпов осадконакопления и оказывают прямое ухудшающее влияние на состав донных отложений. Пики интенсивности осадконакопления сопровождаются пиками развития фитопланктонных сообществ и хорошо коррелируют с эрозионным поступлением органических и минеральных веществ [11]. При другом соотношении внешних факторов воздействие может иметь и улучшающий характер. Это особенно характерно для техногенно нагруженных территорий, когда эрозионный сток «разбавляет» загрязненные наносы, поступающие с сопредельных, как правило, высоко урбанизированных территорий.

Таблица 2 – Принципиальная схема взаимоувязанной оценки состояния окружающей среды и экосистемы [9]

Оцениваемая система	Категория (уровень)			
	I	II	III	IV
Экосистема	Экологическая норма	Экологический риск	Экологический кризис	Экологическое бедствие
Литосфера и ее компоненты	Удовлетворительное состояние	Условно удовлетворительное состояние	Неудовлетворительное состояние	Катастрофическое состояние
Количество территориального ресурса	Высокое	Среднее (повышенное)	Пониженное	Низкое
Условия жизнедеятельности человека	Комфортные	Дискомфортные	Сильно дискомфортные	Опасные
Состояние здоровья человека				

Таблица 3 – Категории воздействий на окружающую среду по [9] с изменениями и дополнениями

Оцениваемое воздействие	Категория (уровень)			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Ресурсное воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геодинамическое воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геохимическое воздействие, в т. ч.: Загрязнение донных отложений	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геофизическое воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное

Это подтверждается нашими исследованиями по изучению загрязнения донных отложений рек тяжелыми металлами и мышьяком. Так, в районе г. Ногинска содержание кадмия в донных отложениях (фракция менее 20 мкм) реки Клязьмы выше города составляло в 2003 году 15, 66 мг/кг, в городе – 11,43 мг/кг, ниже горо-

да 7,28 мг/кг, что обусловлено поступлением твердого «условно чистого» стока с территории города и нижележащих территорий (табл. 4). Авторы располагают многими подобными примерами. Методика изучения загрязнения донных отложений водных объектов изложена в [12].

Таблица 4 – Очищение донных отложений (фракция < 0,020 мкм) вследствие разбавления «чистым» эродиремым материалом

№ пп	Место отбора проб	Cd, мг/кг	Hg, мг/кг	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг
1	р. Клязьма, выше г. Ногинска, дер. Оселок, левый берег	15,66	2,77	77	868
2	р. Клязьма, г. Ногинск, мост, левый берег	11,43	3,51	84	845
3	р. Клязьма, ниже г. Ногинска, выше р. Шерны, левый берег	7,28	1,86	61	603

Влияние пойменных земель на состояние водных объектов неоднозначно. С одной стороны, широкие поймы являются улучшающим фактором. Осаждая большинство взвешенных частиц в период половодья, они способствуют улучшению экологической обстановки ниже по течению. Такие примеры многочисленны, и в этом главная «улучшающая» роль пойм водных объектов. При аномальных паводках или аномальном эрозионном процессе загрязнители, накопившиеся на пойме, частично или полностью смываются и поступают в водоем. Такие события достаточно редки. Стандартный режим неширокой поймы обуславливает смыв с нее части загрязнителей в водный объект раз в несколько лет.

Интенсивное сельскохозяйственное использование пойменных земель нередко приводит к ухудшению экологической ситуации нижележащих водных экосистем, когда накопившиеся загрязняющие вещества поступают в водотоки. Это, прежде всего, характерно для сельскохозяйственных территорий, где влияние промышленных сточных и коммунальных вод весьма незначительно (табл. 5).

Таблица 5 – Загрязнение донных отложений (фракция < 0,020 мкм) материалом, эродиремым с пойменных земель

№ пп	Место отбора проб	Cd, мг/кг	Hg, мг/кг	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг
1	р. Клязьма, ниже г. Орехово-Зуева, правый берег	9,54	0,65	59	411
2	р. Клязьма, дер. Войнова гора, правый берег, ниже поймы	10,56	0,87	75	517

Заключение

Состав и свойства донных отложений являются отражением всей совокупности процессов, происходящих на водосборе и в водоеме. В бассейнах с минимальным техногенным воздействием морфология склонов определяет транзит загрязнителей в пределах постоянных и временных водотоков. При наличии хорошо выделяемой поймы значительная часть загрязнителей может откладываться на последней в соответствующих погодных условиях, определяя тем самым очищающую ее роль. В аномальные годы высоких паводков, интенсивного снеготаяния и ливневых осадков отложившийся на пойме загрязненный грунт может поступать в водотоки, опре-

деляя пойму как источник поступления загрязнителей.

На территориях, в пределах которых ведется интенсивная хозяйственная деятельность, искусственно созданная морфология склонов определяет состояние бассейна. При квалифицированно выполненных противоэрозионных мероприятиях, сооружения обычно предохраняют водные бассейны от поступления в них загрязнителей. Отмечаются случаи уменьшения концентраций тяжелых металлов в донных отложениях за счет материала, поступившего с водосборной территории. При неквалифицированном отношении к противоэрозионным мероприятиям или при их отсутствии городские и поселковые агломерации, а также сельхозугодья являются источниками поступления загрязнителей в водотоки.

Список использованных источников

1. Барабанов, А. Т. Научные основы управления эрозионно-гидрологическим процессом / А. Т. Барабанов // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. – 2014. – № 1 (33). – С. 1–5.
2. Романова, Э. П. Опыт мелиоративного картирования эрозионноопасных местностей зарубежных территорий / Э. П. Романова // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. – М.: МГУ, 1973. – С. 46–50.
3. Гаршинев, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели [Текст] / Е. А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ. – 1999. – 196 с.
4. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 6. Орошение: справочник / И. П. Айдаров, К. П. Арент, В. П. Баякина [и др.]; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1990. – 415 с.
5. Киселева, О. Е. Противоэрозионное обустройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий / О. Е. Киселева, Н. В. Коломийцев // Природообустройство. – 2010. – № 1. – С. 21–27.
6. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна / А.С. Керженцев, Р. Майснер, В.В. Демидов и др. – М.: Наука, 2006. – 224 с.
7. Окулик, Е. В. Эрозия почв и миграция химических веществ с талым стоком (на примере серых лесных почв). Автореферат дисс. Канд. Биол. Наук. – М.: 2006. – С. 25.
8. Ткачев, Б. П. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: аналитический обзор / Б. П. Ткачев, В. И. Булатов; ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2002. – 114 с.
9. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
10. Виноградов, Б. В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России / Б. В. Виноградов, В. А. Орлов, В. В. Снакин // Известия РАН. Серия географическая. – 1993. – № 5. – С. 77–89.
11. Мизандронцев, И. Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов / И. Б. Мизандронцев. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 176 с.
12. Коломийцев, Н. В. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов / Н. В. Коломийцев, Т. А. Ильина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 39–42.