

Ергина Е.И., Кошлатый С.Д.

МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОПУСТИМЫХ НОРМ ЭРОЗИИ КАК ОСНОВНОГО КРИТЕРИЯ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КРЫМУ

Водная эрозия и дефляция активно воздействуют на строение агроландшафтных систем. Это воздействие в последнее время, в связи с интенсивным использованием почвенных ресурсов, носит часто катастрофический характер. В условиях неправильной хозяйственной деятельности интенсивность эрозии почв возрастает в десятки и сотни раз. Разрушенные эрозией почвы не могут быть восстановлены в их первоначальном состоянии из-за низких темпов компенсационного почвообразования. Следствием проявления эрозии почв является снижение качества почвенных ресурсов. В Украине, в связи с высокой распаханностью территории (82%), эрозия достигла огромных масштабов. На территории нашей страны водной и ветровой эрозии подвергается свыше 14,9 миллиона гектаров сельскохозяйственных угодий, или 35,2% от их общей площади. В составе эродированных земель насчитывается 4,5 миллиона гектаров средне и сильно смытых, в том числе 68 тысяч гектаров тех, которые полностью утратили гумусовый горизонт. В целом по Украине прирост таких эродированных земель составляет 80–90 тысяч гектаров [5].

Особенности физико-географического положения, геоморфологические, литологические, биоклиматические особенности Крымского полуострова обусловили многообразие разновидностей почв, их специфичность и мозаичность почвенного покрова. А интенсивная сельскохозяйственная освоенность территории Крымского полуострова с древнейших времен привела к значительной трансформации почвенных свойств. Среди наиболее масштабных и наиболее уязвимых свойств почв находится процесс эрозионной трансформации.

В Крыму сильной эрозии подвержено 60% распаханых земель. Наиболее широко эродированные почвы представлены в агроландшафтах Южного бережья (в районе города Ялты – 100%, города Алушты – 54%) и в границах следующих административных районов: Черноморского (45%), Бахчисарайского (46%), Белогорского (39%), Симферопольского (32%), Раздольненского (28%), Первомайского (23%), Сакского (22%) [5]. В равнинной части Крыма почти половина пахотных земель подвержена, кроме водной, еще и ветровой эрозии

В связи с тем, что значительные площади склоновых земель в Крыму подлежат распашке (до 9–10% включительно), на таких землях процессы эрозии проявляются наиболее интенсивно [2]. По площади смытых почв в Крыму выделяются склоны крутизной 1–2° – 60 тысяч гектаров, или 3,7% от общей площади сельскохозяйственных земель; на склонах 2–3° – смытых почв 29,3 тысячи гектаров, что составляет 2,4% от общей площади; на склонах 3–5° – смытых почв 20,13 тысячи гектаров, или 1,6% от общей площади; на склонах 5–7° – смыто 1,68 тысячи гектаров, или 1,7% от общей площади; и на склонах крутизной свыше 7° – площадь смытых почв равна 0,9 тысячи гектаров, или 0,06% от общей площади сельскохозяйственных земель [6]. Эрозии подвергнуты почти все регионы Крымского полуострова, но наиболее поврежденными являются районы степной и предгорной части полуострова. В материалах Региональной программы защиты почв Республики Крым от водной и ветровой эрозии и других видов деградации [6] приведены данные о среднегодовом сносе плодородного слоя почвы в результате проявления процессов эрозии. Для территории северного Крыма эти показатели равны 1,8–5,3 т/га, в северо-западном и западном Крыму, а также на Керченском полуострове потери почвы составляют 12–15 т/га, в предгорном Крыму – 16–22 т/га. Максимальные значения эрозионных потерь почвы в горном Крыму – 46,5 т/га. Все это, говорит о проявлении ускоренной эрозии. Если в естественных ландшафтах процесс почвообразования обычно компенсирует небольшие величины естественной (“геологической”) эрозии почв, то в современных агроландшафтах скорость эрозионного разрушения почв намного превышает компенсационное почвообразование.

Для оценки эрозионной опасности и эффективности противоэрозионных мероприятий единственным критерием может быть только соотношение темпов почвообразования (ДНЭ) и смыва почвы. Эффективная борьба с эрозией возможна только в том случае, если современные темпы эрозии будут равны или ниже заранее определенного уровня, который теоретически позволяет поддерживать баланс между скоростью эрозионных потерь и интенсивностью почвообразования. При длительном использовании эрозионно-опасных земель почвы могут достичь оптимального плодородия только в том случае, когда в каждой точке склона будет наблюдаться автохтонный тренд почвообразования, который характеризуется достижением почвой климакса (квазиклимакса), то есть ситуации квазиравновесия с окружающей средой [8]. При таких условиях скорость почвообразования должна быть всегда больше скорости эрозии.

При современных условиях производства для средних величин почвообразования на склоновых землях (G_c , т/га) и поверхностной эрозии (W , т/га) это утверждение приобретает вид [9]:

$$(G_c - W) > 0. \quad (1)$$

В настоящее время имеются достаточно надежные расчетные схемы, позволяющие определить интенсивность проявления эрозионных процессов в отдельных природных зонах: модели Швевса Г.И. [10], Мирцхулавы Ц.Е. [3], Evrozem, американские модели WEPP, “Уравнение почвенной эрозии США” [11;12]. Однако имеющиеся данные о скорости формирования гумусового горизонта отдельных генетических типов очень противоречивы – иногда приводимые в литературе значения для одних и тех же почв от-

личаются на порядок. Анализ существующих подходов к определению допустимых норм эрозии показывает, что наиболее обоснованными рекомендациями по определению допустимых норм эрозии нужно считать те, которые учитывают скорости почвообразования. В нашей работе величину G_c будем определять как допустимые нормы эрозии (ДНЭ).

Имеющиеся методики определения скоростей почвообразования (ДНЭ) достаточно противоречивы, методически не обоснованы, не учитывают природные предпосылки формирования почвенного покрова и чаще всего завышены, что приводит к ошибкам при проектировке почвозащитных мероприятий. Например, в Украине в рекомендациях ученых Института охраны почв для всех почв фигурирует величина в 5 т/га [7]. В Крыму в работах Крымского филиала Института «Земпроект» УААН в качестве величины допустимых норм эрозии принимается значение 3 т/га.

Для оценки скорости формирования гумусового горизонта в обосновании допустимых эрозионных потерь почвы необходимы количественные характеристики процесса формирования почв во времени. Получению таких сведений может способствовать метод дневных хронорядов почв, позволяющий проследить процесс почвообразования путем изучения разновременных площадок. Оценка величины ДНЭ, с использованием математических моделей, основанных на изучении естественных и временных аспектов формирования почвы является необходимым этапом при разработке современных подходов к созданию автоматизированной системы оценки эрозионной ситуации в Автономной Республике Крым, а также при создании экономических моделей управления состоянием почвенных ресурсов. Наиболее информативным и актуальным подходом, позволяющим представить данные в виде современных требований, является использование ГИС-методов.

Актуальность темы диктуется еще и тем, что уже сейчас для стран, желающих вступить в Европейское Сообщество, существует обязательное требование функционирования национальной Единой административно - управляющей системы (IACS), включающей данные по всем земельным участкам и землепользователям.

Такая система просто необходима для эффективной реализации программ субсидирования производителей сельхозпродукции и контроля за использованием этих субсидий, сумма которых по Евросоюзу составляет несколько десятков миллиардов евро. В США большое число подобных и других сельскохозяйственных программ и проектов, основанных на использовании информационных технологий, среди которых особое место отводится ГИС, очень активно реализуется многочисленными агентствами, относящимися к министерству сельского хозяйства (USDA).

Цель работы: представить алгоритм создания автоматизированной системы оценки эрозионно-опасных территорий АПК на основе методики расчета допустимых норм эрозии для склоновых сельскохозяйственных угодий.

После проведенных полевых исследований разновозрастных почв представим результаты почвенно-хронологических исследований в виде:

$$H = H(\text{пр})(1 - \exp(-\lambda T)), \quad (2)$$

где H – мощность гумусового горизонта ($H+HP$), мм;

$H(\text{пр})$ – предельная мощность гумусового горизонта, (мм) ;

λ – коэффициент;

T – время формирования гумусового горизонта (годы).

Данная модель позволяет перейти к моделированию скоростей почвообразования.

После необходимых преобразований выражение примет вид:

$$G = g e^{\ln(1 - H/H(\text{пр}))}, \quad (3)$$

где G – скорость почвообразования (мм/год);

g – коэффициент;

Значения показателя g для различных видов почв будут различными. Различия в скоростях почвообразования представим посредством учета разницы энергетических затрат почвообразования [1] на склоновых участках, которые наиболее полно отражают закономерности гидротермических изменений на территории Крымского полуострова, а также позволяют учитывать микроклиматические особенности почвообразования на склонах различной крутизны и экспозиций.

С учетом энергетических затрат на почвообразование нами была получена модель скоростей естественного почвообразования для склоновых почв Крымского полуострова.

$$G_c = G_p \cdot (41,87 R \cdot \text{кг} \cdot \exp(-18,8 \cdot ((R \cdot \text{кг})^{0,73} / P_0 \cdot k_0)) / Q_p, \quad (4)$$

где G – скорости почвообразования (с – на склоне, п – на плакоре);

Q – энергетические затраты на почвообразование (с – на склоне, п – на плакоре).

кг – коэффициент, учитывающий экспозицию склона и уклон;

P_0 – количество осадков на плакорном участке (мм);

$k_0 = \gamma \cdot \text{кг}$, где γ – параметр.

Используя модель (4), нами вычислены скорости почвообразования для склонов различной крутизны и экспозиций для основных рядов почв Крымского полуострова.

В условиях современного хозяйственного использования почв при определении допустимых норм эрозии необходимо принимать во внимание, что скорости естественного почвообразования необходимо корректировать эмпирическими коэффициентами, позволяющими учитывать особенности «культурного» почвообразования [4]. Скорость почвообразования в хозяйственных условиях будет определяться в основ-

ном количеством и биохимическим составом поступающих в почву растительных остатков. Учет этих величин в модели определения допустимых норм эрозии можно провести путем введения поправочных коэффициентов в модель (4).

На практике значительный интерес представляет соотношение между величинами эрозионного смыва почв и скоростями их самовосстановления. С помощью предложенной нами методики можно провести такую оценку для любой территории Крымского полуострова, т.е. получить количественную оценку модели (1). Разность между эрозионными потерями почвы и скоростью почвообразования иллюстрирует необходимость создания мероприятий по противоэрозионному обустройству территории или нерациональность их использования на той или иной конкретной территории. Данная методика позволяет также оценить эффективность уже существующих мероприятий или проектируемых с учетом временного аспекта использования почвенного ресурса.

Таким образом, наличие четко обозначенных математических зависимостей дает богатый материал для пространственного анализа эрозионной составляющей и величины ДНЭ (рис. 1) в комплексе существующих методик оценки (в том числе, денежной) качественного состава земель АПК. Геоинформационные технологии как основной инструмент управления пространственными данными на практике доказали свою состоятельность не только для решения учетных задач, но и синтеза пространственных моделей с новыми свойствами, полученными в результате математической обработки существующих геоданных.



Рис. 1. Алгоритм создания синтезированной карты допустимых норм эрозии

Внедрение компьютерных технологий позволяет не только значительно упростить использование информационных баз и снизить вероятность возникновения ошибок. Такой подход позволяет применить новые методы и принятия управленческих решений на основе анализа данных. К этой категории относится и предлагаемый проект.

Данная методика служит основой для создания блока учета эрозионной ситуации на территории при создании автоматизированной системы оценки качества земельных ресурсов

Выводы

Разработанная методика оценки противоэрозионной устойчивости территории, которая основана на математических моделях почвообразования, имеет значительные преимущества перед существующими методиками определения допустимых норм эрозии:

- данные модели построены с учетом временных особенностей почвообразования и отражают закономерности формирования почв при данных условиях почвообразования; учитывают естественные климатические особенности;

- разработанные математические модели наиболее полно отражают спектр территориальных особенностей почвообразования, что дает возможность использовать расчетные методы для любых участков (плакорных, склоновых);
- посредством введения поправочных коэффициентов возможен переход к оценке ДНЭ при условии антропогенного использования земельных ресурсов;
- широкое использование картографического материала и математического аппарата позволяет применять данную методику при составлении ГИСов и полной автоматизации данной величины;
- современное развитие ГИС-технологий в совокупности с предлагаемым математическим аппаратом позволяет разработать технологию получения практических результатов в виде синтетической цифровой карты ДНЭ некоторого участка, района, региона;
- создание автоматизированного блока оценки эрозионной устойчивости территории позволит на более высоком количественном и качественном уровне рассматривать перспективы использования земельных ресурсов Крыма, что позволит проводить более качественную их оценку.

Источники и литература

1. Волобуев В.Р. Энергетика почвообразования// Изв. АН СССР. – Сер. биол. – 1959. – №1. – С. 45–54.
2. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования / Никит. бот. сад. Научн. труды. Т. 38. – М.: Изд-во Колос, 1967. – 260 с.
3. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 240 с.
4. Муха В.Д. Общие закономерности и зональные особенности изменения почв главных генетических типов под воздействием сельскохозяйственных культур. Автореф. дис. ...д-ра с-х наук. – Харьков, 1979. – 36 с.
5. Позаченок Е.А. Введение в геоэкологическую экспертизу. – Симферополь: Таврия, – 2000. – 270 с.
6. Региональная программа защиты почв Республики Крым от водной, ветровой эрозии и других видов деградации. Академия аграрных наук. Институт землеустройства. Крымский филиал. – Симферополь, 1995. – 230 с.
7. Справочник по почвозащитному земледелию / Под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской.- К.: Урожай, 1990. – 278 с.
8. Таргульян В.О. Развитие почв во времени/ Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1982. – С. 108–113.
9. Чорний С.Г. Оцінка допустимої норми ерозії для ґрунтів Степу України// Український географічний журнал. – 1999. – № 4. – С. 22–27.
10. Швец Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – К.: Вища школа, – 1981. – 224 с.
11. Edwards, W.M., Owens, L.B. Large storm effects on total soil erosion // J/ Soil Water Conserve.- 1991.- V.46. – P.75–78.
12. McCormak, D.E., Vound, K.K. Technical and societal implications of soil loss tolerance // Soil conserv. probl. and prosp. roc. int. conf., 1981, pp. 365–376

Ибрагимова Э. Э.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ ШИРОКО ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ КРЫМА

В настоящее время большинство культурных ландшафтов, включая агроценозы, загрязнены различными экотоксикантами. В число наиболее стойких включают радионуклиды, тяжёлые металлы и остатки пестицидов. Особо выделяют стойкие органические загрязняющие вещества – так называемые представители «чёрной» дюжины, в их числе 9 пестицидов (альдрин, дильдрин, эндрин, хлордан, гептахлор, ДДТ, мирекс, токсафен, ГХБ), полихлорированные бензолы, полихлорированные дибензодоксины и полихлорированные дибензофураны [7].

Основным депо пестицидов в наземных экосистемах является почва, в которую пестициды попадают при непосредственном применении (внесение до посева, до всходов или после всходов культуры), с протравленными семенами, с атмосферными осадками, оросительной водой. При этом значительная часть пестицидов включается в почвообразовательный процесс, то есть сорбируется почвенно-поглощающим комплексом, связывается с органическим веществом, перераспределяется по почвенному профилю, трансформируется под действием почвенных микроорганизмов. Установлено, что пестициды оказывают влияние на целлюлозоразрушающую, уреазную, каталазную активность почвы, изменяют выход в раствор аммонийного азота. Под их воздействием биологическая активность почвы изменяется неоднозначно, что определяется множественным характером взаимодействия поллютантов с почвенными ферментами и микроорганизмами [5]. Из загрязненной почвы некоторая часть пестицидов поглощается растительностью, а другая – выносится с поверхностным и грунтовым стоком, что обуславливает их попадание в водоемы. В результате попадания пестицидов в почву и водоемы образуются соответственно положительные гидрогеохимические аномалии, характеризующиеся повышенным содержанием этих ксенобиотиков по сравнению с фоновыми или предельно допустимыми концентрациями [1, 4].

Литературные данные свидетельствуют о том, что из загрязненной почвы значительные количества используемых в сельскохозяйственном производстве препаратов поглощаются корневой системой культурных растений и впоследствии распределяются по всему растению или локализируются в определенных органах, оказывая негативное влияние на физиологические и генетические процессы в растительном орга-