

*Т.И. Долгова*

*Національний горний університет, Днепропетровск*

**Доведено, що для ризик-аналізу деградації ґрунтів в межах теорії ризику доцільно використовувати розроблений метод визначення рівня їх екологічної стійкості.**

**Доказано, что для риск-анализа деградации почв в рамках теории риска целесообразно использовать разработанный метод определения уровня их экологической устойчивости.**

**Актуальность и задачи исследования.** Обеспечение экологически безопасного существования всех природных объектов является одной из основных проблем современности. Данное положение ни у кого не вызывает сомнений, тем более что адекватное решение этого вопроса и его последующая реализация обеспечат не только комфортные условия жизни людей и оптимальные санитарно-гигиенические условия их производственной деятельности, но и саму возможность существования биосферы. Именно поэтому экологическую безопасность в настоящее время рассматривают как неотъемлемый элемент национальной безопасности, что весьма актуально практически для всех стран мира [1].

Особенно много экологических проблем связывают с техногенной перестройкой почв, от которых зависит устойчивость биосферы в целом. Между тем, деградация данных экосистем является одним из наиболее распространенных последствий функционирования промышленных предприятий практически всех отраслей промышленности, в том числе горнодобывающей. Поэтому вопросы экологической безопасности почв во время добычи и переработки полезных ископаемых стоят наиболее остро и требуют решения многих задач. Это вызвано не только отличием почв от других природных объектов уровнем организации и количеством осуществляемых функций, а также их уникальной способностью аккумулировать изменения за весь период существования антропогенной нагрузки и отображать процессы геохимических перестроек в биосфере, но и масштабами, а также спецификой дей-

ствия на них горных комплексов. В горно-промышленных районах почвы попадают под трансформирующее воздействие чрезвычайно широкого спектра разнообразных по механизму и конечным результатам факторов техногенеза, взаимное наложение которых приводит к возникновению сложной экологической ситуации за счет развития прямых, а также вторичных и комбинированных эффектов, которые инициируют деградацию почв, а с ними и других ценологических компонентов [2]. Из-за этого экологическая безопасность почв, которые граничат с объектами горного производства, требует особенного внимания.

Основная причина данной ситуации – непомерная техногенная нагрузка на природные объекты без должного уровня экологической ответственности тех, кто руководит развитием производства – и сельскохозяйственного и промышленного в равной степени. В силу этого скорость деградации окружающей среды, причем не только в радиусе непосредственно влияния конкретных предприятий, начинает превышать (а в некоторых районах уже превысила) адаптационные возможности ее составляющих.

Именно поэтому одним из основных вопросов экологической безопасности в настоящее время является защита почв от деградации, вызываемой различными факторами техногенеза, которые характерны для любых предприятий, в том числе предприятий горнодобывающего комплекса. В связи с этим проблема комплексной оценки динамики структурной и функциональной дестабилизации почв требует, в свою очередь, решения ряда соподчиненных ей вопросов, в том числе: комплексной оценки инициирующих их трансформацию факторов техно-

генеза, влияние которых зачастую приобретает стохастический характер, а также уровня и специфики техногенной перестройки почвенных систем, ее последствий как для самих почв, так и для остальных ценологических компонентов с прогнозом санитарно-гигиенических и фитосанитарных показателей их состояния.

**Методы решения проблемы.** Подходя к решению данной проблемы с современных позиций, следует отметить, что оно укладывается в рамки теории экологического риска, основой концепции безопасности которой в настоящее время следует считать принцип «приемлемого риска». Данная концепция, не отрицая саму возможность развития экологически опасных ситуации, позволяет предвидеть, предупредить или минимизировать их развитие [3].

В настоящее время в большинстве случаев под риском понимается возможная опасность потерь, связанных со спецификой тех или иных явлений природы и видов деятельности человеческого общества, хотя существует огромное количество определений данного понятия [3-6], тем более, если речь идет об их зависимости от основной причины возникновения такового.

Анализируя различные определения риска, следует отметить, что они содержат множество других понятий, ключевыми из которых являются опасность и ущерб, которые, в свою очередь, включают совокупность дополнительных понятий и сопутствующих им определений. Таким образом, риск, являясь наиболее емким интегрирующим понятием, фактически служит мерой осознаваемой человеком опасности в его жизни и деятельности.

Применительно к анализу уровня безопасности уже сейчас разработано несколько концепций, опирающихся на следующие принципы (или их сочетания) [3]:

- безусловного приоритета безопасности и сохранения здоровья над любыми другими элементами условий и качества жизни членов общества;

- приемлемых опасности и риска, в соответствии с которым устанавливаются нижний (допустимый) и верхний (желаемый) уровни безопасности и в этом интервале – приемлемый уровень безопасности

и риска с учетом социально-экономических факторов;

- минимальной опасности, в соответствии с которым уровень риска устанавливается настолько низким, насколько это реально достижимо;

- последовательного приближения к абсолютной безопасности.

В соответствии с этими принципами, можно также сформулировать общую методологию анализа риска, направленную на оценку уровня опасности данной ситуации или объекта для окружающей среды, которую в данном контексте следует рассматривать на экосистемном уровне. Эта методология нашла отражение в четырех основных положениях [3,5]:

1) оправданность деятельности по управлению риском, которая должна согласовываться со стратегической целью управления риском, формулируемой как стремление к обеспечению материальных и духовных благ при обязательном условии: практическая деятельность не может быть оправданна, если выгода от этой деятельности в целом не превышает вызываемого ею ущерба;

2) оптимизация защиты по критерию среднестатистической ожидаемой продолжительности предстоящей жизни в обществе. Оптимальным считается вариант сбалансированных затрат на продление жизни за счет снижения уровня риска и за счет выгоды, получаемой от хозяйственной деятельности;

3) необходимость учета всего спектра существующих опасностей; вся информация о принимаемых решениях по управлению риском должна быть доступна широким слоям населения;

4) учет требований о непревышении предельно допустимых экологических нагрузок на экосистемы. По существу, он состоит в том, что обеспечение безопасности человека, живущего сегодня, следует достигать путем реализации таких решений, которые не подвергают риску способность природы обеспечить безопасность и потребности человека будущего поколения.

Исходя из данных положений, основное внимание при оценке риска следует уделять его экономическому, социальному

или экологическому аспекту с определенным адекватным ущербом или опасностью.

Одним из рекомендуемых методов риск-анализа при изучении уровня экологической опасности является определение параметров устойчивого развития территории или устойчивости ее экосистем по отношению к различным видам антропогенной нагрузки [3]. Этот метод используется реже других в силу того, что оценка устойчивости в настоящее время является проблемой, решение которой пока ориентировано на ее локальные аспекты. Именно поэтому для риск-анализа деградированных почв мы использовали разработанный нами метод расчета экологического потенциала данных экосистем [7]. Предложенный способ, в отличие от существующих аналогов, ориентирован, в основном, на анализ реакции почв в ответ на суммарное техногенное воздействие, а не на исследование веществ-загрязнителей, что позволяет абстрагироваться от количества, качества и сочетаний действующих факторов различной природы, которые вызывают эту деградацию, а также от почвенно-климатических условий их реализации.

Исходя из того, что устойчивость – соотношение между величиной отклонения от нормы и параметрами воздействия, нами было предложено выражение, которое позволило определить «экологический потенциал» почв. В силу указанных причин при-

веденный агрегированный показатель содержит количественную оценку дестабилизирующих элементов, которые формируются под воздействием многочисленных факторов антропогенеза. Именно поэтому интегральный характер данного выражения обеспечивает учет многообразия ответных реакций почвенных систем и одновременную их адекватность многокомпонентным эффектам.

В общем виде это относительный показатель экологической устойчивости системы к техногенезу или экологическая емкость системы, который позволяет установить характер функционирования почвы как саморегулирующегося во времени полифункционального и гетерогенного объекта. Иными словами – это параметры экологической ниши почв – экологический диапазон функционирования или уровень экологического риска их существования.

Предложенный способ количественной оценки пределов устойчивости почвенных ценозов в виде их экотенциала включает определение отношения активности процессов биохимического самоочищения почв в форме их адаптивного потенциала к дисбалансу физических и химических факторов в виде активной кислотности, глубины гумификации и уровня органического углерода, принимающих участие в регенерации почв [2,7]:

$$E = \frac{AПП_3}{C_{DpH} + C_{DCo} + C_{Dz}}, \quad (1)$$

где  $AПП_3$  – величина адаптивного потенциала почв при загрязнении;  $C_{DpH}$  – коэффициент дисбаланса активной кислотности почв (рН);  $C_{DCo}$  – коэффициент дисбаланса уровня органического углерода в почве;  $C_{Dz}$  –

коэффициент дисбаланса глубины гумификации почв.

Подставив выражения  $C_{DpH}$ ,  $C_{DCo}$ ,  $C_{Dz}$  в (1) и преобразуя полученное уравнение, придем к следующему выражению:

$$E = \frac{AПП_3}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \left| \frac{C_i^{pH}}{C_{\phi}^{pH}} - 1 \right| + \left| \frac{C_i^{Co}}{C_{\phi}^{Co}} - 1 \right| + \left| \frac{C_i^{z}}{C_{\phi}^{z}} - 1 \right| \right)}, \quad (2)$$

где  $E$  – экологический потенциал почв;  $AПП_3$  – величина адаптивного потенциала почв при загрязнении;  $C_i^{pH}$  – величина активной кислотности техногенных почв;  $C_{\phi}^{pH}$  – величина активной кислотности почв регионального фона;  $C_i^{Co}$  – содержание органического углерода в техно-

генных почвах;  $C_{\phi}^{Co}$  – содержание органического углерода в почвах регионального фона;  $C_i^{z}$  – величина глубины гумификации техногенных почв;  $C_{\phi}^{z}$  – величина глубины гумификации почв регионального фона;  $n$  – количество исследуемых проб почв.

**Основные результаты и их обсуждение.** Применение предложенного метода делает возможной объективную характеристику степени деградационных явлений и состояния процессов самовосстановления почв. Кроме того, устраняется субъективизм в выявлении особенностей стимуляции их восстановления, объема и направленности таких работ, поскольку полученная оценка уровня устойчивости является одновременно критерием при выборе методов практического решения проблем реабилитации этих ценозов. Именно поэтому данная методическая разработка носит в большей степени прикладной, а не теоретический характер, позволяя управлять экологическим риском деградации почвенных экосистем.

Кроме того, выражение (2) адекватно отображает уровень экологической устойчивости почвенных систем к техногенной нагрузке, свидетельствуя, таким образом, об экологическом диапазоне их функционирования.

В основу рассматриваемого метода положен системный подход, который опирается на исследования по прогнозированию воздействия. Поскольку такой подход является отличительной чертой метода адаптивных оценок Холлинга, то именно он был выбран в качестве прототипа при разработке метода определения экологического потенциала почв [8].

В зависимости от значения экологического потенциала ( $E$ ) почвы по величине их экологической устойчивости подразделяются на ряд категорий (в бальной системе оценок):

- $E > 3$  – экологическая устойчивость почв высокая;
- $2 < E \leq 3$  – экологическая устойчивость почв удовлетворительная;
- $1 < E \leq 2$  – экологическая устойчивость почв низкая;
- $E \leq 1$  – почвы экологически неустойчивы.

Последующий риск анализ деградации почв позволил установить, что эти градации уровня устойчивости почв соответствуют рекомендуемым в [3] вариантам спектра возможного состояния территорий (экосистем) от их идеального состояния до полного разрушения при оценке риска их деструкции:

- экологическая **норма** (территории способны выдержать существенную экологическую нагрузку без снижения уровня их экологического качества);

- экологический **риск** (территории с нарушением экологического качества, при которых возврат в устойчивое состояние возможен, но при условии либо снижения уровня антропогенного воздействия, либо проведения комплекса восстановительных мероприятий);

- экологический **кризис** (территории, разрушения в которых могут быть устранены только при полном прекращении антропогенной нагрузки);

- экологическое **бедствие** (зоны с необратимо нарушенными территориями).

Таким образом, разработанный нами метод определения экологического потенциала почв вполне может быть использован для риск-анализа их деградации и, что не менее важно, управления их качеством.

Для апробации данного метода мы провели оценку риска деградации почв в отдельных районах Днепропетровской области с различным уровнем техногенной нагрузки – Кривбасса (КР), Никопольского марганцеворудного бассейна (НМО), Западного Донбасса (ЗД), а также центральных районов области (ДДА) и контрольного участка на севере области (ПМЦ) (рисунок).

Определив величину экологической устойчивости почв этих районов (таблица) с использованием предлагаемого выражения (2), мы пришли к выводу о том, что почвы горнодобывающих районов – Кривбасса и Никопольского марганцеворудного бассейна находятся в зонах экологического бедствия, Западного Донбасса и Днепропетровско-Днепродзержинской агломерации – зонах экологического кризиса, причем почвы восточных районов области (ЗД) уже близки к переходу в зону экологического бедствия. И только почвы северных районов области находятся в зонах экологической нормы (таблица).

В соответствии с подходами, рекомендуемыми теорией риска [3-6], это значит, что Кривбасс и Никопольский марганцеворудный бассейн – это зоны с необратимо нарушенными территориями, восстановление которых с помощью традиционных методов рекультивации практически невозможно. Что

касається Западного Донбасса и центральных районов области, то восстановление их земель возможно только при полном прекращении антропогенной нагрузки. И только на

севере области (контрольный участок) почвы способны выдержать существенную экологическую нагрузку без снижения уровня их экологического качества.

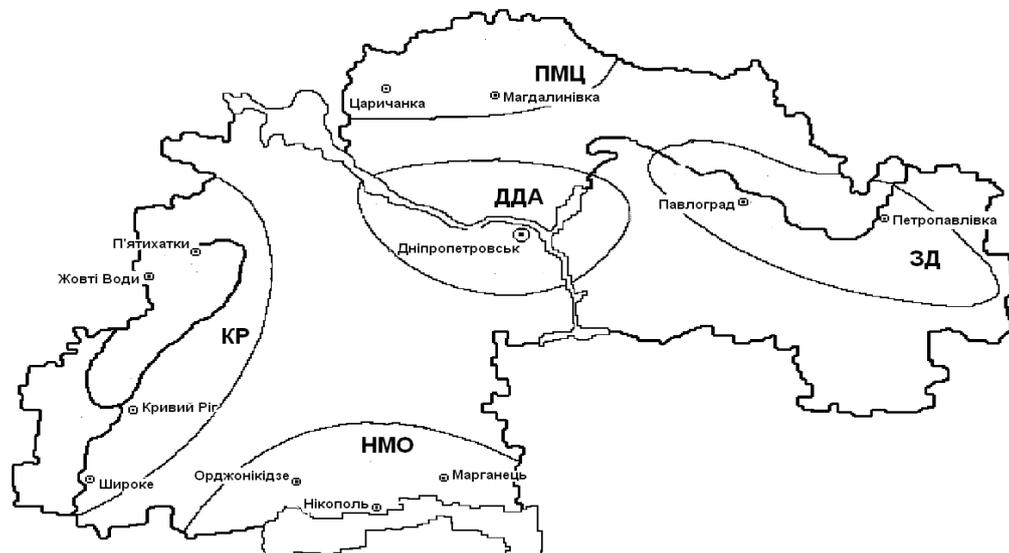


Рисунок - Карта-схема районов риск-анализа почв Днепропетровской области

Таблица - Исходная база оценок для определения экологической устойчивости почв основных районов Днепропетровской области

Район	$АППЗ$	$C_{DpH}$	$C_{DCo}$	$C_{DГГ}$	$E$	Шкала уровней устойчивости, %*
ДДА	2,38	0,92	1,06	0,01	1,196	39,48
ЗД	2,05	0,73	1,12	0,01	1,102	36,38
НМО	0,80	0,58	0,60	0,03	0,661	21,82
КР	0,79	0,41	1,63	0,15	0,361	11,92
Контроль	3,09	0,17	0,82	0,03	3,029	-

Примечание: «\*» – уровень устойчивости территории по отношению к устойчивости контрольного участка ( $E_p$ ), %.

**Заклучение.** Такова оценка экологической опасности трансформации почв в различных районах Днепропетровской области, базируемая на экосистемном подходе к оценке уровня экологической опасности территории в рамках теории риска.

Следует заметить, что приведенные категории степени деградации почв при оценке риска их состояния соответствуют установленным нами уровням их экологической устойчивости [2]: в КР и НМО – почвы экологически неустойчивы, в ЗД и ДДА – экологическая устойчивость почв низкая и, нако-

нец, для почв контрольного участка характерна высокая устойчивость.

Как уже было сказано выше, разработанный нами подход к оценке риска деградации почв является одновременно основой метода управления эколого-экономическими рисками. Так, например, систематизировав возможные варианты получаемых сочетаний экологической устойчивости анализируемых почв ( $E_a$ ) и их контрольных значений ( $E_p$ ), а потом проранжировав их, мы можем выйти на несколько иной (но, по сути, аналогичный тому, который используется в теории

экологического риска) вариант шкалы уровня устойчивости почвенных экосистем, корректность которой подтверждена экспериментально (см. таблицу):

- $E_a \leq 25 \% E_p$  – почвы экологически неустойчивы;
- $25 \% E_p < E_a \leq 50 \% E_p$  – экологическая устойчивость почв низкая;
- $50 \% E_p < E_a \leq 75 \% E_p$  – экологическая устойчивость почв удовлетворительная;
- $E_a > 75 \% E_p$  – почвы экологически устойчивы.

Данная шкала, которая включает четыре уровня устойчивости почв, служит объективной основой выбора одного из направлений реабилитации деградированных почв – реконструкции, радикального восстановления или стимуляции самовосстановления:

1)  $E_a \leq 25 \% E_p$  – эксплуатация таких почв исключена без их предварительной реконструкции, использование этих почвенных систем после восстановления должно быть ориентировано на рекреационное и ар-

хитектурно-ландшафтное строительство, лесоразведение или создание водоемов;

2)  $25 \% E_p < E_a \leq 50 \% E_p$  – сельскохозяйственная эксплуатация таких почв не рекомендована без их восстановления, адекватного характеру и степени нарушений;

3)  $50 \% E_p < E_a \leq 75 \% E_p$  – сельскохозяйственная эксплуатация таких почв возможна после стимуляции их самовосстановления;

4)  $E_a > 75 \% E_p$  – эксплуатация таких почв не имеет ограничений, поэтому они не нуждаются в рекультивации.

Следовательно, определив значения  $E_a$  и  $E_p$ , и сопоставив их, мы можем выйти на корректное направление их реабилитации, адекватное уровню экологической устойчивости техногенно трансформированных почв.

Таким образом, разработанный нами метод определения уровня экологической устойчивости почв позволяет не только проводить риск-анализ опасности их деградации, но и управлять качественным состоянием данных экосистем.

#### Перечень ссылок

1. Биченок М.М., Трофимчук О.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. – К.: УСНСР, 2002. – 153 с.
2. Долгова Т.І. Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах. – Дніпропетровськ: НГУ, 2009. – 270 с.
3. Тихомиров Н.П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками / Н.П. Тихомиров, И.М. Потравный, Т.М. Тихомирова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 350 с.
4. Измалков В.И. Безопасность и риск при техногенных воздействиях / В.И. Измалков, А.В. Измалков – Ч. 1,2. – М., СПб., 1994. – 269 с.
5. Башкин В.Н. Управление экологическим риском. – М.: Научный мир, 2005. – 367 с.
6. Хоружая Т.А. Оценка экологической опасности. – М.: Книга-сервис, 2002. – 208 с.
7. Долгова Т.І. Спосіб визначення екологічної стійкості ґрунтів. – Пат. 3239U Україна № 20040806880, МКИ G01N33/24. Надруковано 15.10.2004. – Бюл. № 10.
8. Мяч Д.Т. Методы и средства оценки и прогнозирования воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду // Оценка современного и прогнозного состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 3-27.

***T.I. Dolgova* RISK-ANALYSES OF SOIL'S DEGRADATION**

*National mining university, Dnepropetrovsk*

**It has been proofed that it is expedient to use the researched method of determination of soils' ecological stability for the risk-analysis of their degradation in risk theory bounds.**

*Надійшла до редколегії 10 травня 2010 р.*

*Рекомендовано членом редколегії канд.геол.-мін.наук О.К. Тяпкіним*