

ГЕОЭКОЛОГИЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 504.064:631.445.52

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ЦЕНОЗОВ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ИХ ЗАСОЛЕНИЯ

Т. И. Долгова, канд. биолог. наук (НГУ Украины, г. Днепрпетровск)

Розроблено та апробовано метод визначення екологічного бонітету ґрунтів для ценозів з ознаками вторинного галогенезу. Запропоновано кількісний підхід до вибору методів меліорації таких ґрунтів.

Экспоненциальный характер роста площадей, занятых засоленными почвами, в настоящее время признается уже не только почвоведрами. В Украине, например, солонцы, солонцовые и засоленные почвы, а также солончаки на данный момент составляют около 10 % от площади всех угодий, причем эта цифра постоянно корректируется в сторону увеличения. Только в Днепрпетровской области подобные почвы в настоящее время занимают более 250 тыс. га. Поэтому при определении уровня плодородия почв в регионах с повышенной опасностью вторичного галогенеза необходимо учитывать те показатели, которые характеризуют степень проявления этих процессов в исследуемых ландшафтах.

Возникновение и развитие вторичного засоления и осолонцевания, в отличие от аналогичных явлений первичного характера, чаще всего обусловлено субъективными причинами [1]. Так, например, различные формы солонцепроявления стали весьма распространенным явлением в районах действия предприятий горнодобывающего комплекса, что связано со многими техногенными факторами, в том числе с явлениями вторичного гидроморфизма, засолением водоносных горизонтов, сбросом высокоминерализованных карьерных и шахтных вод в поверхностные водоемы с их последующей инфильтрацией в почвенный профиль, а также с использованием этих вод для нужд орошения [2].

Подобная картина наблюдается в пределах Западно-Донецкого каменноугольного бассейна, где в р. Самара и ее притоки (рр. Бык и Волчья) ежечасно сбрасывают более 11 тыс. м³ шахтных вод из технических водоемов как Западного, так и Центрального Донбасса с минерализацией от 3 до 9,4 г/л (табл. 1). Это вызывает интенсивное загрязнение поверхностных и подземных вод на территории Павлоградского и Петропавловского районов Днепрпетровской области [3].

Не менее серьезной является ситуация и в Криворожском железорудном бассейне, где объем сбрасываемых шахтных вод исчисляется миллионами кубических метров, а минерализация достигает 86 г/л (табл. 2). И хотя эти воды поступают в основном в пруды-отстойники, именно они становятся одним из главных «виновников» (как прямых, так и косвенных) развития явлений вторичного засоления почв прилегающих ландшафтов [2].

Таблица 1. Химический состав шахтных вод [3]

Показатели	Шахтная вода min – max	Вода в прудах-накопителях		
		б. Свидовок	б. Косьминная	б. Таранова
Объем, тыс. м ³	375–12296	14395	14788	10872
Сухой остаток, мг/л	1819–36790	6718	2953	3592
Хлориды, мг/л	576–25056	3384	1094	1654
Сульфаты, мг/л	384–1056	768	624	336

Таблица 2. Сброс минерализованных вод предприятиями концерна «Укррудпром» [2]

Годы	Объем стоков, млн. м ³		
	СевГОК	ОАО «ИнГОК»	ГХК «Кривбассруда»
1993	1,000	–	–
1994	3,300	3,089	1,165
1995	10,127	3,130	6,009
1996	5,964	–	–

Помимо минерализованных шахтных и карьерных вод, во вторичном засолении почвенного покрова принимают участие и атмосферные осадки, с которыми на территорию степной зоны Украины ежегодно выпадает, т/км²: ионов кальция – 0,9, магния – 0,6, натрия+калия – 0,9, сульфата – 4,3, хлора – 1,2. И хотя поверхностный сток ионов за счет антропогенного загрязнения в среднем составляет 28,4 т в год с 1 км² [4], общий пул водорастворимых солей, поступивших в почвы, оказывается вполне достаточным для развития эффектов вторичного солонцепроявления. К тому же попавший в водоемы сток увеличивает угрозу вторичного засоления прилегающих ландшафтов, которые могут быть уже засолены как первично, так и вторично. Таким образом, формирование процесса вторичного засоления почв носит весьма сложный характер.

Комплексным, однако, является не только формирование солонцового процесса, но и его эффекты [1], которые сводятся, как правило, к увеличению растворимости гумусовых веществ и формированию «растянутого» гумусового горизонта, а также к повышению щелочности почвенного раствора, максимальным проявлением которого является «содовое» засоление. Последнее вызывает трансформацию и разрушение не только минералов, но и гумусовых веществ (так называемый щелочной гидролиз), а также выщелачивание пептизированных илестых и коллоидных частиц с формированием иллювиального горизонта. Кроме того, повышенное содержание солей оказывает негативное влияние практически на все этапы азотного обмена в почвах, дестабилизируя тем самым круговорот азота в природе.

Осолонцевание, которое является следствием агрессивного развития солонцового процесса, чаще всего связывают с пептизацией почвенной массы. Основной причиной проявления отрицательных свойств осолонцевания

считают, как правило, уменьшение концентрации в почвенно-поглощающем комплексе сильных коагулянтов, вследствие чего органомный горизонт почвенного профиля переходит в тиксотропное состояние: глыбистый в сухом состоянии, он становится вязким, липким и пластичным во влажном. Кроме того, разрушенная структура почв определяет новые, более напряженные режимы: водный, температурный, газовый, воздушный, биологический, окислительно-восстановительный. И хотя через 3–5 лет после возникновения первых признаков осолонцевания почвенные условия достигают нового состояния гомеостаза, качество таких почв резко падает [5].

Таким образом, вторичный галогенез почвенных систем является крайне нежелательным, но, к сожалению, широко распространенным проявлением техногенеза, особенно в условиях непромывного типа почвенного увлажнения, который характерен и для Днепропетровской области. Данный факт ни у кого не вызывает сомнений. Однако эффекты солонцепроявления до сих пор не учитывают при вычислении балла бонитета земель, для которых характерно это явление, хотя вторичное засоление и осолонцевание вызывают деградацию почв и приводят к снижению плодородия этих ценозов.

Исходя из вышеизложенного, мы поставили перед собой цель разработать такое выражение бонитета почв, которое бы учитывало возможную коррекцию почвенного плодородия явлениями вторичного галогенеза.

За основу такого выражения мы взяли разработанное нами ранее уравнение, которое позволяет вычислить бонитет почв с учетом их экологического состояния [3]. Это уравнение рассматривается как базовое, поскольку оно позволяет не только оценить уровень плодородия под корректирующим влиянием экологических факторов, но и конкретизировать сами факторы за счет введения ключевых параметров, характерных именно для этого вида техногенеза.

В данном случае в основное выражение для определения экологического бонитета почв вместо относительного балла суммы поглощенных оснований был введен коэффициент, представляющий собой величину, обратную концентрации токсичных солей в почвенном растворе.

Почему именно токсичные соли взяты в качестве критерия степени засоления почв? Многочисленными исследованиями было установлено, что присутствие в почве ряда солей (в частности водорастворимого гипса и бикарбоната кальция) не оказывает токсического действия на растения. Поэтому общая сумма солей и отдельных ионов далеко не всегда свидетельствует об их неблагоприятных концентрациях. В связи с этим в настоящее время экологическое действие солей стали оценивать по содержанию в почве токсичных ионов, формирующих эти соли [6]. Но поскольку вторичное засоление является инициатором вторичного осолонцевания [1, 5], то, следовательно, концентрация токсичных солей будет характеризовать всю гамму явлений вторичного солонцепроявления, как реальную, так и потенциальную. Таким образом, концентрация токсичных солей является достаточно надежным индикатором не только засоления, но и осолонцевания почв (хотя в этом случае и косвенно).

Для определения суммы токсичных солей было использовано эмпирическое выражение, предложенное автором многочисленных публикаций по засолению почв Е. И. Панковой [6]. В состав данного уравнения вошли основные катионы, формирующие токсичные соли:

$$S_{\text{токс}} = \frac{(\text{Na}^+ + \text{Mg}^+)}{15}, \quad (1)$$

где $S_{\text{токс}}$ – уровень токсичных солей в %; Na^+ и Mg^+ – содержание катионов в водной вытяжке почв (в мг-экв/100 г).

Таким образом, предлагаемое нами выражение для определения экологического бонитета почв с учетом степени их засоления будет выглядеть следующим образом:

$$B_3^3 = \frac{B_r + \frac{1}{S_{\text{токс}}}}{C_{D-\text{НРК}} + \text{ИПЭН}_{\text{ТМ}}}, \quad (2)$$

где B_3^3 – экологический бонитет почв с учетом их засоления; B_r – относительный балл гумусного состояния почв; $C_{D-\text{НРК}}$ – коэффициент дисбаланса по основным элементам питания (N, P, K); $\text{ИПЭН}_{\text{ТМ}}$ – интегральный показатель экологической напряженности почв по тяжелым металлам.

Подставив значения всех составляющих в выражение (2), получим следующее уравнение:

$$B_3^3 = \frac{\frac{X_i}{X_{\text{опт}}} + \frac{15}{[\text{Na}^+ + \text{Mg}^+]}}{\left[\frac{1}{n^1 + n^2} \sum_{i=1}^{n^1} \left(\frac{C_i}{C_\phi} - 1 \right) + \frac{1}{n^1 + n^2} \sum_{i=1}^{n^2} \left(1 - \frac{C_i}{C_\phi} \right) \right] + \left[C_D + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\Pi_i}{\Pi_k} - 1 \right| \right]}, \quad (3)$$

где X_i – фактическое содержание гумуса в почве; $X_{\text{опт}}$ – оптимальное содержание гумуса, характерное для данного типа региональных почв; n^1 – количество проб почв с дефицитом питательных веществ по сравнению с фоном; n^2 – количество проб почв с превышением количества питательных веществ по сравнению с фоном; C_i – содержание питательных веществ в пробах почв; C_ϕ – содержание питательных веществ в фоновых почвах; C_D – коэффициент дисбаланса по приоритетным для данного региона тяжелым металлам; n – количество исследуемых проб, равное $n^1 + n^2$; Π_i – содержание тяжелых металлов в образцах почв; Π_k – содержание тяжелых металлов в контрольных почвах.

С целью апробации полученного выражения нами были использованы результаты анализов, представленные аналитической лабораторией Днепропетровской опытной проектно-изыскательской станции химизации при выполнении ею работ в рамках областного мониторинга [7].

После проведения сравнительного анализа «экологического» плодородия почв отдельных районов нашей области путем вычисления балла их бонитета в соответствии с уравнением (3) была получена реальная картина качества почв с учетом экологических условий конкретных территорий, корректируемых явлениями, которые сопровождают вторичное засоление (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика экологического плодородия почв Днепропетровской области с учетом их вторичного засоления

Район	B_r	$S_{\text{токс}}$	$C_{D \text{ НПК}}$	$ИПЭН_{\text{тм}}$	Бонитет
Апостоловский	120,79	0,183	11,84	10,1575	5,74
Васильковский	84,31	0,041	2,39	4,6650	15,41
Верхнеднепровский	147,34	0,013	2,35	8,9400	19,86
Днепропетровский	99,04	0,029	1,97	7,1200	14,69
Криворожский	78,43	0,029	2,93	4,5100	15,18
Криничанский	72,35	0,013	2,81	4,5800	20,20
Магдалиновский	102,35	0,020	3,46	4,6450	18,80
Межевой	93,14	0,026	3,71	8,8200	10,50
Никопольский	69,36	0,021	2,49	9,0475	10,14
Новомосковский	95,10	0,031	2,33	11,5644	9,17
Павлоградский	76,47	0,017	1,71	12,5231	9,51
Петриковский	102,35	0,017	3,46	4,6450	19,89
Петропавловский	82,35	0,022	2,73	5,2350	16,05
Покровский	90,00	0,042	2,65	5,1700	14,55
Пятихатский	92,35	0,019	2,36	5,1200	19,38
Синельниковский	91,40	0,022	1,51	5,9400	18,37
Солонянский	90,36	0,022	2,22	6,2450	16,04
Софиевский	85,81	0,017	2,89	7,1494	14,41
Томаковский	65,10	0,013	2,19	4,6300	20,82
Царичанский	156,67	0,017	4,29	6,5600	19,86
Широковский	75,81	0,037	4,40	5,0725	10,86
Юрьевский	78,47	0,017	1,71	12,5231	9,65
В среднем по области					14,96

Отсутствие выраженной картины зависимости уровня вторичного засоления почв от локализации объектов горнодобывающего комплекса вызвано, скорее всего, тем, что эта связь носит хотя и существенный, но опосредствованный характер, поскольку реализуется через гидрологический фактор: поступаая в пруды-отстойники, а также непосредственно в поверхностные водоемы, минерализованные шахтные и карьерные воды являются причиной засоления имеющихся в этом районе подземных и поверхностных вод, которые, в свою очередь, являются источником засоления прилегающих земель как за счет процессов инфильтрации, так и использования этих вод для нужд орошения. Заметим, что орошение весьма часто осуществляется с нарушением технологии поливов, а переполнив, как известно,

тоже может инициировать почвенное засоление. Доказательством этому является картина, полученная при сопоставлении бонитета засоленных почв и характером размещения орошаемых земель в Днепропетровской области.

Известно, например, что Апостоловский район занимает 3-е место в области по количеству орошаемых земель после Днепропетровского и Магдалиновского районов (соответственно 11,8, 22,0 и 15,5 % от общего количества угодий) [8]. Однако количество засоленных (в том числе вторично) земель – 17,1, 3,5 и 4,4 % – никак не соответствует площади их орошения. Следовательно, вторичное засоление в области зависит не столько от орошения вообще (хотя факт засоления почв водами с низким уровнем минерализации является доказанным [1, 6]), сколько от качества используемых для этого вод. Но если земли Днепропетровского и Магдалиновского районов орошаются в основном слабоминерализованными водами, то в Апостоловском районе для этого используют, как правило, воду с повышенным уровнем минерализации. Это вполне объяснимо, поскольку Апостоловский район расположен между двумя горнодобывающими комплексами – Никопольским марганцеворудным и Криворожским железорудным бассейнами. Поэтому участие высокоминерализованных шахтных и карьерных вод в засолении почв этого района становится очевидным.

Группировка полученных данных позволила выделить несколько категорий почв с различным уровнем солонцепроявления (табл. 4).

Таблица 4. Категории почв с различным уровнем вторичного засоления

Категория	Уровень вторичного засоления почв	Диапазон величин балла бонитета
1	Очень высокий	< 5,00
2	Высокий	5,01–10,00
3	Средний	10,01–15,00
4	Низкий	15,01–20,00
5	Отсутствует	> 20,01

Ранжирование территории области по степени вторичного засоления его почв в соответствии с предложенной шкалой обеспечило получение следующих результатов: два района области (Криничанский и Томаковский) следует отнести к 5-й категории, десять районов (Васильковский, Верхнеднепровский, Криворожский, Магдалиновский, Петриковский, Петропавловский, Пятихатский, Синельниковский, Солонянский и Царичанский) – к 4-й, шесть районов (Днепропетровский, Межевской, Никопольский, Покровский, Софиевский и Широковский) – к 3-й категории и четыре района (Апостоловский, Новомосковский, Павлоградский и Юрьевский) – ко 2-й категории. Районов с почвами 1-й категории в области нет. Почвы Днепропетровской области по степени развития процессов вторичного галогенеза в целом можно отнести к 3-й (средней) категории, что свидетельствует о достаточно широком распро-

странении процессов вторичного засоления ее почвенных систем, а также их существенном преобразовании под воздействием данного вида техногенеза.

Следует отметить, что рекомендованная градация категорий почв с различным уровнем засоления носит не только теоретический, но и практический характер, поскольку ею можно пользоваться при выборе экологически оправданных и экономически обоснованных методов мелиорации с учетом как степени, так и химизма засоления почвенных ценозов – от механического удаления солей и сквозной промывки на фоне дренажа до рыхления и фитомелиорации.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы.

- Для корректной оценки качества почвенных систем, подверженных вторичному засолению, целесообразно пользоваться специальным выражением, составной частью которого является коэффициент, обеспечивающий количественный подход к определению причины развития этого вида техногенеза.

- Ранжирование степени деградации почвенного покрова в соответствии с уровнем их вторичного засоления является объективной основой выбора адекватных методов их восстановления.

1. *Воробьева Л. А.* Система показателей химического состояния засоленных почв // Вестник МГУ. Сер. «Почвоведение». – 1984. – № 2. – С. 3–11.

2. *Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська / І. Д. Багрій, А. М. Білоус, Ю. Г. Вилкул та ін.* – Відп. ред. В. М. Палій. – Київ: Фенікс, 2000. – 109 с.

3. *Экологические основы природопользования / Н. П. Грицан, Н. В. Шпак, Т. И. Долгова и др.:* Под ред. Н. П. Грицан. – Днепропетровск: ИППЭ НАН Украины, 1998. – 409 с.

4. *Кораблева А. И., Шматков Г. Г.* Удельная техногенная нагрузка на природные экосистемы: краткое справочное пособие. – Днепропетровск, 1992. – 39 с. (Препр. / Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины).

5. *Полупан Н. И., Ковалев В. Г.* Темпы и прогноз развития осолонцевания в орошаемых почвах юга Украины // Почвоведение. – 1993. – № 5. – С. 75–83.

6. *Панкова Е. И., Мазиков В. М.* Методические рекомендации по использованию материалов аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий. – М., 1985. – 73 с.

7. *Влияние агрохимического фона на коэффициенты перехода радионуклидов и тяжелых металлов в продукцию растениеводства. Разработка принципов агроэкологического мониторинга в Днепропетровской области: Отчет о НИР / Днепропетровская опытная проектно-изыскательская станция химизации / Научн. рук. М. П. Сонько.* – Днепропетровск, 1992. – 78 с.

8. *Экологический паспорт Днепропетровской области.* – Днепропетровск, 2000. – 263 с.