

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

Х.А. Амергужин

Объектом исследования послужили почвы Костанайской, Львовской и Карабалыкской сельскохозяйственных опытных станций, расположенных в Костанайской обл. На черноземах тяжело- и легкосуглинистого гранулометрического состава, темно-каштановых почвах и солонцах заложены опорные разрезы. Дополнительно взяты 250 образцов: почв, прикорневой зоны растений, корней, стеблей и листьев, зерен пшеницы. Специальные исследования проведены на легко- и тяжелосуглинистых черноземах с монокультурой пшеницы с 1957 г.

Для оценки формирования почв в зависимости от факторов почвообразования сопоставлены почвенные карты 1946, 1963, 2000 гг. и карты геоморфологии, тектонических разломов, почвообразующих пород, магнитной напряженности, растительности, гидрологии и т.д.

Методика исследования заключалась в статистическом анализе результатов сопоставления различных видов карт и данных анализов почв опытных станций, в оценке свойств почв и растений отобранных образцов и постановке модельных опытов.

Экспериментальная часть работы состояла из трех этапов: 1) агроэкологической оценки почв Костанайской обл. по данным картографического материала предыдущих исследований; 2) углубленной оценки свойств и качества почв по данным лабораторных исследований и модельных опытов; 3) разработки алгоритмов агроэкологической оценки почв с учетом полученного экспериментального материала. При сопоставлении почвенных карт установлено, что несколько увеличилась доля эродированных и засоленных почв, наблюдалась аридизация территории (табл. 1). Существенное влияние на формирование почв оказывают климатические условия.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции климатических факторов и состава поглощенных катионов ППК

Фактор	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	Na^{+}	H^{+}
Осадки за август	-0,59	-0,26	0,51
Осадки за сентябрь	-0,76	Не опр.	0,40
Индекс сухости	0,64	0,41	-0,71
Сумма температур выше 10°C	0,60	0,27	-0,65
Радиационный баланс за год	0,51	-0,10	-0,48

Значения содержания в почвенном поглощающем комплексе поглощенных $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ положительно коррелируют с индексом сухости, суммой температур больше 10°C , радиационным балансом за год и отрицательно – с суммой осадков. Содержание поглощенного натрия положительно связано с индексом сухости, а поглощенного водорода – с суммой осадков за год.

Развитие водной эрозии зависит от гранулометрического состава, интенсивности выпадающих осадков, их количества, крутизны, экспозиции и длины склона, степени покрытия почв растительностью, устойчивости их к эрозии. Однако в разных регионах степень развития эрозии почв неодинакова. При небольшом количестве выпадающих осадков развитие эрозии почти не зависит от их количества, выпавшего за теплый период (табл. 2). Водная эрозия усиливается с утяжелением гранулометрического состава и увеличением степени расчлененности рельефа. Очевидно, интенсивность водной эрозии зависит не от количества выпадающих осадков, а от их интенсивности.

Изменения обусловлены влиянием факторов почвообразования на сформировавшиеся к 1946 г. почвы и усилением антропогенного и техногенного воздействий на регион в целом. Это распашка территории и связанные с ней засоление и осолонцевание, техногенное загрязнение почв; угнетение травостоя, более интенсивное развитие опустынивания.

Таблица 2. Связь факторов почвообразования и развития водной эрозии на территории Костанайской обл. ($n = 25$)

Степень развития эрозии, %	Глубина расчленения рельефа, м	Частицы < 0,01 мм	Сток, мм	Осадки за теплый период, мм
>5	14,5±2,7	26,7±4,9	8,7±0,9	257±15
10	16,0±5,0	27,2±6,8	15,0±3,0	216±11
25–50	47,5±13,8	50,0±5,0	15,0±5,4	225±26

Знание степени расчлененности рельефа, гранулометрического состава, интенсивности и количества выпадающих осадков позволяет оценить степень проявления эрозии почв в настоящий момент и предсказать развитие процесса в будущем. В значительной степени на формирование почв влияют химический и гранулометрический составы пород. Наличие близкого уровня засоленных грунтовых вод на юге области обусловило засоление почв в этих районах. Такие участки изредка встречаются и на северо-востоке.

С нашей точки зрения, определенное влияние на развитие почвообразования и ценность почв оказывает и тектоника территории. На северо-западе и юго-востоке области находятся зоны складчатости и глубинный разлом, протянувшийся с севера на юг. В этих зонах отмечается

напряженность эколого-геологических условий и риск сельскохозяйственного использования почв. В зоне разломов меньше величина гравитационного поля, меняется напряженность магнитных полей. Длительное воздействие этих факторов влияет на формирование почв и их свойства. Экспериментами доказано, что различие в гравитационном поле локальных участков Костанайской обл. приводит к изменению состава почв и растений.

Ценность почв как средства сельскохозяйственного производства определяется не только их свойствами, обусловленными предысторией развития почв, но и существующими в данный момент климатическими условиями. Формирование почв определяется факторами почвообразования, однако урожай сельскохозяйственной культур в наибольшей степени зависит от климатических условий. Следует отметить, что первый фактор меняется меньше, чем свойства почв. Поэтому их нельзя не учитывать при оценке качества земель.

Для оценки плодородия почв по их свойствам недостаточно знания только общепринятых в почвенно-агрохимической службе параметров. Для оценки уровня плодородия и степени деградации почв нами дополнительно используются буферные свойства почв, возобновляющая способность, почвоутомление, изменение почв при неправильном применении удобрений, оценка качества почв с использованием биотестов.

1. Оценка возобновляющей способности почв. В настоящее время одним из параметров, определяющих качество почв, является содержание в них элементов питания (валовых или подвижных форм). Для оценки плодородия почв необходимо знать не только концентрацию ионов в общепринятых в агрохимической службе вытяжках, но и количество подвижных фракций в твердой фазе. Последний параметр характеризует способность почв поддерживать концентрацию ионов в почвенном растворе при их отчуждении с урожаем. Этот показатель дает ответ, на сколько лет хватает подвижных форм элементов питания в почве для растений без внесения удобрений, или при внесении их малыми дозами. Такое свойство почв объясняет, почему без внесения удобрений содержание подвижных форм элементов питания в течение ряда лет держится на постоянном уровне (Савич с соавт., 2002). Оно имеет важное значение при оценке качества почв (ценности, Ц) и называется возобновляющей способностью почв (B_3^6)

$$Ц = f(B_3^6)(B_3^T)^{-1},$$

где B_3^6 – возобновляющая способность почв по отношению к биофильным элементам; B_3^T – по отношению к токсикантам.

На исследованной территории тяжелосуглинистые черноземы имели большую возобновляющую способность по отношению к подвижным фосфатам, чем легкосуглинистые, гор. А пах – большую, чем гор. В.

2. *Буферность почв к элементам питания.* Ценность почв и их качество определяются как количеством в них элементов питания, так и буферностью по отношению к ним. Важно знать не только экономический эффект от выращиваемой культуры, но и экологическую эффективность вкладываемых средств, в том числе внесения удобрений. Эти показатели характеризуют плодородие почв и их ценность. Качество почв выше при более высоком урожае (У) на ней, но и при более высокой отдаче вкладываемых в нее средств (От).

$$\Pi = f(Y)(Oт).$$

Буферность (От⁻¹) по отношению к элементам питания выше на почвах более тяжелого гранулометрического состава. Однако этот показатель меняется в зависимости от количества вносимых удобрений и их форм.

3. *Несбалансированное применение удобрений* в ряде случаев приводит к деградации почв. Например, подкисление черноземов при длительном внесении больших доз сульфата аммония, диспергирование при большой степени насыщенности почв калием (более 5–10% от емкости поглощения); осаждение цинка, меди, никеля при известковании, зафосфачивании и т.д. (Панов и др., 2003). Степень влияния на почву несбалансированных доз удобрений предлагается оценивать по следующим показателям: 1) интенсивности проявления негативного фактора (X_1); 2) количеству накопившихся в почве токсичных компонентов (X_2); 3) скорости мобилизации в почве токсичного влияния (X_3); 4) затратам, необходимым для оптимизации обстановки (X_4). Ценность почв есть функция этих параметров

$$\Pi = f(X_1)^{-1}(X_2)^{-1}(X_3)^{-1}(X_4)^{-1}.$$

К несбалансированному применению удобрений можно отнести и обеднение почв элементами питания, наиболее часто вызывающее их деградацию в Костанайской обл.

4. *Почвоутомление.* Одним из факторов деградации почв является почвоутомление, проявляющееся при монокультуре или при чрезмерно высокой доле в севообороте одной культуры (например, пшеницы). В основном, процессы деградации почв, протекающие при почвоутомлении, связаны с накоплением однотипных органических остатков, одинаковым характером их разложения, нарушением сукцессии микроорганизмов и с накоплением токсичных концентраций некоторых продуктов неполного разложения органических остатков. Эти процессы усугубляются накоплением специфических вредителей и болезней.

Почвоутомление оценено на участках бессменного выращивания пшеницы с 1971 г. Установлено, что при развитии почвоутомления меньше урожай, мельче зерно, корневые остатки растений обладают фитотоксичностью, в неблагоприятную, в агрономическом отношении, сторону изменяется микробиологическая активность почв (Савич с со-

авт., 1999). При этом разные сорта пшеницы как в различной степени вызывали почвоутомление, так и неодинаково были устойчивы к нему.

По полученным данным, почвоутомление (Π_y) развивалось на почвах легкого гранулометрического состава, что уменьшает их ценность.

$$\Pi = f(\Pi_y)^{-1}.$$

Однако и само почвоутомление характеризуется несколькими параметрами: интенсивностью проявления (i); количеством накопившихся в почве продуктов (q); необходимыми затратами на восстановление утраченных экологических функций почв (z)

$$\Pi = f(\Pi_y^i)^{-1} (\Pi_y^q)^{-1} (\Pi_y^z)^{-1}.$$

По полученным данным почвы с меньшей буферной емкостью более податливы к развитию почвоутомления. Почвы с большей буферной емкостью при развитии почвоутомления могут сорбировать большее количество соединений, вызывающих почвоутомление, и имеют большую буферность его к устранению.

5. *Биологические тесты как критерий уровня плодородия почв.* Достоверную информацию о качестве почв как средства сельскохозяйственного производства, дают биологические тесты. Для оценки плодородия почв и уровня их деградации предлагается использовать биологические показатели: содержание положительно и отрицательно заряженных соединений в растениях, изменение подвижности элементов в прикорневой зоне по сравнению с остальной массой почвы, прорастание семян на исследуемых почвах, вытяжках из них; прорастание семян под влиянием воздушных экзаметаболических почв, состояние растений в течение и в конце вегетации, урожайность.

По урожайности в течение ряда лет предлагается оценивать: 1) качество почв в данный период; 2) риск снижения урожайности при ухудшении климатических условий; 3) дополнительный резерв повышения урожайности при оптимизации климатических условий.

По полученным данным, больше урожайность в хозяйстве «Заречное» на хорошо окультуренных черноземах легкого гранулометрического состава. На лучших почвах меньше риск потери урожайности при неблагоприятных климатических условиях, но меньше и дополнительный резерв повышения урожайности при оптимизации этих условий.

На основании полученных материалов, в дополнение к предыдущим методикам (Шишов и др., 1991), нами предлагаются алгоритмы агроэкологической оценки почв Костанайской обл. с учетом факторов почвообразования, углубленного изучения свойств почв, их биопродуктивности и влияния на другие компоненты экологической системы. Влияние на ценность почв факторов почвообразования с учетом эффектов синергизма и антагонизма

$$\Pi = K + k_1 X_1^{I1} + k_2 X_2^{I2} + k_3 X_3^{I3} + k_4 X_1 X_2^{I1I} - k_5 X_2 X_3^{I2I3},$$

где K – эмпирический коэффициент; k – вес влияния фактора на урожай; X_1 – X_7 – воздействие климата, геоморфологии, литологии, растительности, геофизических полей Земли, производственной деятельности человека; X_7 – действие геофизических полей Земли; t – влияние продолжительности воздействия фактора на почву (исходный субстрат).

Влияние на качество почв протекающих процессов и режимов. Ценность почв определяется их свойствами (Св), протекающими в них процессами (Пр) и режимами (Реж), а также оптимальным для выращивания культур сочетанием климатических условий (Кл)

$$\Pi = K \pm \sum k_1 Cв \pm \sum k_2 Пр \pm \sum k_3 Реж \pm \sum k_4 Кл.$$

При этом оптимальные значения приводимых факторов неодинаковы для разного уровня интенсификации производства и севооборотов (или культур). В то же время на плодородие почв и их биопродуктивность влияют как современное состояние почв ($Св_t$), так и предыстория их развития ($Св_{t-n}$); характер дальнейшей эволюции ($Св_{t+n}$), где t – время настоящее; $t-n$ – прошедшее; $t+n$ – будущее. Влияние на качество почв их свойств

$$\Pi = K + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 + \dots + k_n X_{n+1} X_n X_{n+1} - k_x k_{x+1} X_x X_{x+1},$$

где K – эмпирический коэффициент; k – вес влияния каждого фактора на урожай; $k_n k_{n+1}$ и $k_x k_{x+1}$ – проявление факторов синергизма и антагонизма взаимовлияния факторов.

Влияние на ценность почв их способности к поддержанию концентрации ионов в почвенном растворе при отчуждении с урожаем. $\Pi = [C] [B_3]$, где C – содержание подвижных форм элементов питания в почве в общепринятых вытяжках; B_3 – возобновляющая способность почв.

$$\Pi = K + \sum k_1 C^6 + \sum k_2 B_3^6 - \sum k_3 C^T - \sum k_4 B_3^T,$$

где 6 – биофильные элементы; T –токсиканты.

Влияние на ценность почв состояния других компонентов экологической системы. С учетом полученных результатов ценность почв есть функция урожайности или биопродуктивности (Y); риска падения урожайности при неблагоприятных условиях (P); дополнительного резерва урожайности при оптимизации условий (Op); устойчивости почв к неблагоприятным воздействиям принятой технологии выращивания культуры (T) для культур, выбранных в качестве стандарта ($K_{ст}$).

$$\Pi_{Kст} = f(Y)(P)^{-1}(Op)(T).$$

По нашему мнению, следует дополнительно оценивать почву и под оптимальную, с точки зрения выгоды выращивания, культуру ($K_{опт}$). При этом должны выдерживаться условия сохранения экологического равновесия ($\mathcal{E}_{равн}$). Без существенного ухудшения свойств почв и других компонентов экологической системы

$$\Pi_{Kст} = f(Y) (P)^{-1}(Op) (T) (\mathcal{E}_{равн}).$$

Так как при интенсивном ведении сельскохозяйственной производств можно получить и очень высокий урожай, но с ухудшением экологи-

ческого равновесия (ухудшение качества продукции, почв, вод и т.д.), необходимым условием является и экономическая целесообразность данной урожайности (Эк).

$$\Pi_{\text{Кст}} (\Pi_{\text{Конт}}) = f(Y) (P)^{-1} (\text{ОП}) (T) (\text{Э}_{\text{равн}})(\text{Эк}).$$

Оценка качества почв по величине потенциально возможного урожая (ц/га)

$$Y = \sum Q/q \text{ КПД}_{\text{ФАР}} K_m K_x K_{\text{ср}},$$

где Q – приход ФАР; q – калорийность урожая; K_m – доля основной продукции; K_x – коэффициент от 0 до 1 учитывает свойства – оптимизацию свойств почв; $K_{\text{ср}}$ – коэффициент, учитывающий уровень оптимизации других параметров окружающей среды (от 0 до 1).

Оценка качества почв по КПД использования растениями ФАР

$$\text{КПД}_{\text{ФАР}}^{\text{top}} = (Y_{\text{биол}} q) : 10^4 \sum Q,$$

где $Y_{\text{биол}}$ – биологический урожай для данного сорта культуры по данным ближайшей сортоиспытательной станции; q – калорийность урожая; $\sum Q$ – приход ФАР.

Соотношение $\text{КПД}_{\text{ФАР}}$ для условий опытной станции и этого параметра для изучаемой территории обратно пропорционально ценности почв

$$\Pi = (\text{КПД}_{\text{ФАР}}^{\text{top}} / \text{КПД}_{\text{ФАР}}^{\text{эк}})^{-1}.$$

Оценка качества почв по данным урожайности и экологической ситуации

$$\Pi = K + k_1 Y - k_2 H_{\text{п}} - k_3 H_{\text{Н}_2\text{O}} - k_4 H_{\text{в}} - k_5 H_{\text{р}} - k_6 H_{\text{б}},$$

где K – коэффициент; Y – урожайность; $H_{\text{п}}$ – возможные неблагоприятные изменения почв (напряженность экологической ситуации); $H_{\text{Н}_2\text{O}}$ – неблагоприятные изменения вод; $H_{\text{в}}$ – неблагоприятные изменения воздушной среды; $H_{\text{р}}$ – неблагоприятные изменения рельефа; $H_{\text{б}}$ – неблагоприятные изменения биоты.

Оценка качества почв по данным урожайности нескольких лет

$$\Pi = K + k_1 X_{\text{yp}} + k_2 (\max_{\text{yp}} - X_{\text{yp}}) + k_3 (X_{\text{yp}} - \min_{\text{yp}})^{-1},$$

где K – коэффициент; X_{yp} – средний урожай за ряд лет; $\max_{\text{yp}}$ – максимальный урожай в отдельные годы; $(\max_{\text{yp}} - X_{\text{yp}})$ – резерв повышения урожайности при оптимизации условий внешней среды; $\min_{\text{yp}}$ – минимальный урожай в отдельные годы; $(X_{\text{yp}} - \min_{\text{yp}})$ – риск сокращения урожайности в неблагоприятные по климатическим условиям годы.

Определение ценности почв при совместном проявлении нескольких факторов деградации почв. При совместном действии на почву нескольких факторов деградации проявляются взаимодействия по типу аддитивности, синергизма (С) и антагонизма (А)

$$\Pi_{\text{А}} = K + k_1 X_1 + k_2 X_2 - k_3 X_1 X_2,$$

$$\Pi_{\text{С}} = K + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_1 X_2.$$

качества почв, проявляющих признаки деградации в связи с неправильным применением удобрений, почвоутомлением, обеднением элементами питания

$$Ц = f(\sum Y^{-1} \sum Q^{-1} \sum B^{-1}),$$

где Y – интенсивность воздействия негативных факторов; Q – емкость накопившихся токсикантов; B – доза воздействия, необходимая для оптимизации обстановки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период интенсивного антропогенного воздействия и техногенного загрязнения почв Костанайской обл., наряду с функцией почвы как средства сельскохозяйственного производства, все более усиливается значение экологических функций, которые необходимо учитывать при определении их качества и оценки стоимости.

Факторы почвообразования (в том числе и геофизические поля Земли) определяют как генезис почв, так и их современное состояние и плодородие, характер дальнейшей эволюции. Предлагается более полно учитывать эти факторы при оценке качества почв и риск их сельскохозяйственного использования.

Свойства, процессы и режимы почв в значительной степени определяют их качество и ценность. В дополнение к существующим методам оценки влияния свойств почв на их продуктивность и ценность предлагается учет следующих параметров: способность почв к возобновлению своих качеств, буферная емкость, негативное действие неправильного применения удобрений и обеднения элементами питания, почвоутомление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.
- Панов Н.П., Савич В.И., Амергужин Х.А., Байбеков Р.Ф. Отрицательное действие минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв при несбалансированном их применении и неравномерном внесении // Вест. с.-х. науки. 2003. № 5.
- Савич В.И., Амергужин Х.А., Соловьева А.В., Сидоренко О.Д., Ибрагим У. А. Почвоутомление как фактор деградации почв // Агрохимия. 1999. № 1. С. 5–11.
- Савич В.И., Парахин Н.В., Сычев В.Г., Степанова Л.П., Лобков В.Т., Амергужин Х.А., Щербаков А.Ю., Романчик Е.А. Почвенная экология. Орел: Изд-во ОГАУ, 2002. 546 с.
- Савич В.И., Санчес П., Банников В.Н., Амергужин Х.А., Байбеков Р.Ф. Оценка способности почв к поддержанию концентрации ионов в почвенном растворе при их отчуждении с урожаем // Агрохимия. 2002. № 10. С. 5–10.
- Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М.: Агропромиздат, 1991. 302 с.