

УДК 631.4

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПОЧВЕННО-АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА

**© 2013 г. И. И. Карманов, Д. С. Булгаков,
Е. А. Шишконокова**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,
119017, Москва, Пыжевский пер., 7*

Представлены результаты расчетов по применению почвенно-агроклиматического индекса для оценки природно-антропогенного позитивного и негативного воздействия на плодородие почв. Оценка позитивного воздействия на плодородие почв рассмотрена на примере известкования почв южно-таежной зоны, а негативного воздействия – на примере проявления водной эрозии, смыва почв лесостепной и степной зон. Такой методический подход, обеспечивая сравнительную пространственно ориентированную информацию, позволяет оценить в баллах бонитет почв пахотных земель, т.е. количественно, в первом случае, эффективность проведенного приема (известкования), а во втором – степень отрицательного влияния водной эрозии на плодородие почв. Использование почвенно-агроклиматического индекса позволяет управлять земельными ресурсами, прогнозируя их трансформацию, изменения свойств почвенного покрова, его продуктивность, а также обоснованность кадастровой стоимости.

Ключевые слова: почвенно-агроклиматический индекс, оценка изменения плодородия почв, балл бонитета, пахотные земли, известкование, водная эрозия.

В конце XX в. зональные системы земледелия исчерпали свои возможности, и появилась новая парадигма земледелия: адаптивно-ландшафтная система использования земли, ориентированная на производство продукции, экономически и экологически обусловленного количества и качества, в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными

ми ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия (Кирюшин, 2000, 2010).

Адаптивно-ландшафтная система земледелия по своей организационной идеологии подобна той, что была реализована в Каменной Степи Особой экспедицией В.В. Докучаева, с той лишь разницей, что при ее применении используют накопленные за 100-летний период новые знания и подходы.

В основу этой организации была положена идея создания лесоаграрного ландшафта для борьбы с засухой в степных районах. Наряду с лесным компонентом ландшафта, подробно исследовались почвы и гидрогеология местности, поскольку конечной целью работы экспедиции была организация степной территории для успешного ведения сельского хозяйства.

Эти работы созвучны тем, что проводились в Нижегородской губернии по оценке плодородия почв. В обоих случаях целью работ являлось рациональное и эффективное сельскохозяйственное использование земли.

В почвенных исследованиях, проводившихся под руководством В.В. Докучаева (1898, 1949), ставилась цель «определить ценность естественной почвы – иначе говоря, определить природные, натуральные, естественные достоинства пахотных земель на основании геологических, химических, физических и фитозоологических особенностей, а равно и – отношение почв к климату и пр.» для рационального использования.

В результате взаимодействия общества и природы свойства и качества большинства почв, как правило, испытывают существенные изменения, и прежде всего плодородие. Почвенное плодородие характеризует накопленные ресурсы вещества, энергии и информации, отраженные в парадигме: «почва-память», «почва-момент» (Соколов, Таргульян, 1976). Эти компоненты плодородия используются растениями в процессе функционирования агроэкосистемы, поскольку плодородие является результатом взаимодействия почвенных состава, свойств и режимов, обеспечивающих онтогенез растений (реализация механизмов передачи ресурсов) при бездефицитном (воспроизводство плодородия почв) энергетическом балансе.

Успешное применение адаптивно-ландшафтных систем земледелия обусловлено знанием природных условий конкретных территорий, включая качественную характеристику почв, интегральным количественным выражением которой является оценка уровня их агроэкологического потенциала на основе почвенно-экологического индекса и его модификации – почвенно-агроклиматического индекса (Карманов, Булгаков, 2012).

Природные факторы воздействия на почвенный покров сочетаются с антропогенными, влияющими, как правило, на уровень плодородия составляющих его почв. Поэтому причиной изменения плодородия почв почти всегда являются природно-антропогенные воздействия, кроме тех, которые проявляются в искусственно созданных человеком условиях (гидропоника, теплицы с насыпным почво-грунтом и т.п.) и представляют собой антропогенно-контролируемые изменения.

Антропогенные воздействия, по своему содержанию, как правило, носят целенаправленный характер, при котором ожидаются определенные позитивные изменения свойств и плодородия почв. Нередко, эти изменения носят не позитивный, а негативный характер. Несбалансированные антропогенные воздействия создают предпосылки для активизации природных негативных процессов. Например, распашка почв на склонах активизирует процессы эрозии (плоскостной смыв), особенно сильно на покатых склонах; неумеренный выпас скота на почвах легкого гранулометрического состава – ветровую эрозию; возделывание пропашных культур – потерю почвами гумуса и т.п. Например, внесение различных видов удобрений практически всегда повышает плодородие почвы, увеличивая при этом продуктивность сельскохозяйственных культур, однако некоторые (физиологически кислые) удобрения способствуют потере почвами, в частности черноземами, кальция. Орошение почв аридных территорий, где могут проявляться процессы засоления, улучшая их водный режим, приводит к повышению плодородия почв и увеличению урожайности возделываемых культур, и в то же время при длительной подаче воды сверх нормы может вызывать вторичное засоление почв, снижая их плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур. Подобных примеров можно привести много.

Таким образом, необходимо оценивать направленность, характер и степень влияния природно-антропогенных воздействий на свойства почв и их плодородие, как интегральный показатель (Оглезнев и др., 2007).

Оценка положительного или отрицательного изменения плодородия почв и земель в результате производственной деятельности человека необходима не только для управления почвенным плодородием, но и в ситуациях, когда нужно определить рыночную стоимость земельных участков в целях купли-продажи, сдачи в аренду, залога; для расчета размера компенсации при отводе сельскохозяйственных земель на несельскохозяйственные нужды. Иными словами, оценка, обеспечивая сравнительную пространственно ориентированную информацию, позволяет управлять земельными ресурсами, прогнозируя их трансформацию, изменения свойств почвенного покрова, его продуктивность, а также обоснованность кадастровой стоимости.

С этой целью предлагается использовать систему оценки пахотных земель на основе почвенно-агроклиматического индекса (ПАКИ) (Карманов, Булгаков, 2007; 2012), если понимать ее как единство множества элементов, находящихся во взаимосвязи, определяющих эволюцию плодородия почв; показателей учета и оценки совместного влияния основных факторов на изменение плодородия почв; управления оценкой уровня плодородия почв сельскохозяйственных земель.

Учитывая вышесказанное, оценка позитивного воздействия на плодородие почв рассмотрена на примере известкования почв южно-таежной зоны (I), а оценка негативного воздействия на почвенное плодородие – на примере проявления водной эрозии, смыва почв лесостепной и степной зон (II).

В общем виде ПАКИ рассчитывается для трех групп культур (Булгаков, Карманов и др., 2010) в то время как для каждой из 10-ти основных культур вычисляются баллы бонитета почв пашни в конкретных условиях возделывания. Оценка уровня плодородия почв, полученная на основе этого подхода, позволяет определять ареалы оптимальных приемов антропогенного воздействия и решать вопросы кадастровой оценки почв.

ПАКИ относится к мультипликативным (умножающим) индексам, широко применяемым в мировой практике оценки земель. В частности, к их числу принадлежит один из самых известных за рубежом индекс SIR (Storie Index Rating), в первой редакции предложенный в 1933 г. (Stahr, 2002). Индекс SIR вычисляется (в процентах) как произведение соответствующих коэффициентов, представляющих разные факторы, по формуле:

$$SIR = A \cdot B \cdot C \cdot D,$$

где A – тип почв; B – гранулометрический состав; C – уклон местности; D – различные другие факторы. Заслуженное признание индекс SIR получил благодаря простоте использования, многосторонности учитываемых параметров, возможности отражения локальных особенностей местности. В отличие от аддитивных (суммирующих) систем оценки индекс SIR позволяет в полной мере выявлять влияние наихудших факторов, ограничивающих качество земли в целом.

В индексе ПАКИ по сравнению с SIR при сохранении многосторонности и простоты существенно усилены почвенно-климатические аспекты, детализированы природные условия применительно к разным регионам России, произведена дифференциация в отношении основных сельскохозяйственных культур, что значительно повышает точность и эффективность оценки.

Алгоритм индекса имеет следующий вид:

ПАКИ (Б) = $12 \cdot (2 - V_{\text{пл}}) \cdot M \cdot D \cdot (\sum t > 10^{\circ}\text{C} + t_n) \cdot (КУ - P + K_n) / KK + 90$,
 где Б – балл для конкретной культуры; 12,0 – постоянный множитель; $2 - V_{\text{пл}}$ – суммарный показатель, рассчитанный как разность между максимально возможным уплотнением почвы и усредненной величиной плотности данной почвы в метровом слое (определяется по таблице из публикации – Карманов, Булгаков, 2012, с. 104); M – гранулометрический состав почвы (там же, с. 106); D – дополнительно учитываемые свойства почв, влияющие на онтогенез растений (смытость, гидроморфность, солонцеватость и др., там же, с. 106, 112); $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ – среднегодовая сумма температур выше 10°C (там же, с. 50–102); t_n – поправка на сумму температур выше 10°C в зависимости от крутизны, экспозиции склона и широты местности (там же, рассчитывается по формулам – с. 36–37); КУ – коэффициент увлажнения (с поправками на требования сельскохозяйственной культуры по влагообеспеченности); P – поправка к коэффициенту увлажнения

(там же, с. 107); K_n – поправка к величине КУ на экспозицию и крутизну склона (рассчитывается по формулам, приведенным там же, с. 37–39); KK – коэффициент континентальности; $KK_k = 90$ – поправка на требования культур к фациальным различиям. КУ и KK – (там же, с. 50–102).

Известкования почв южно-таежной зоны. Агрохимическое обследование, проведенное в таежно-лесной зоне, выявило около 50 млн га пахотных почв, имеющих избыточную кислотность. Ущерб, наносимый сельскому хозяйству страны вследствие наличия самых крупных в мире массивов кислых почв составляет, примерно, около 17 млн т в зерновой продукции ежегодно. При этом снижаются качество сельскохозяйственной продукции, эффективность минеральных удобрений и проявляется целый ряд негативных явлений. В связи с этим известкование почв приобретает важное хозяйственное и природоохранное значение (Шильников и др., 2001).

Почвы подзолистого ряда, в том числе дерново-подзолистые, обладают генетически повышенной кислотностью почвенного раствора, поэтому оценка действия известкования на изменение плодородия этих почв имеет как практическое, так и научное значение.

Применение предложенного подхода оценки почв пахотных земель позволяет определить уровень эффективности известкования для нейтрализации почвенной кислотности в той мере, которая необходима для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Для расчетов по вышеприведенной формуле необходимые параметры устанавливались на основе эмпирического опыта (табл. 1).

Расчет баллов бонитета почв пашни проводился в центральном районе Нечерноземной зоны (Московская область) на примере дерново-подзолистой почвы, оптимального гранулометрического состава (средне- и легкосуглинистого). Для этой территории характерными являются: сумма температур выше 10°C, равная в среднем 1950°C; величина коэффициента увлажнения в среднем больше 1,1; коэффициент континентальности в среднем равен 155. Урожайность культур (без применения известкования) принята равной 2 т/га (20 ц/га). В качестве критерия оценки изменения плодородия почвы служили три культуры: озимая рожь – $B_p = 6,4 \times 0,71 \times 1,00 \times (1950 + 900) \times (0,98 - 0,05) / 155 + 90 = 49$; овес –

Таблица 1. Расчетные параметры для вычисления баллов бонитета по культурам

Параметр	Озимая рожь	Овес	Ячмень
ПМ	6,4	6,3	7,2
$2 - V_{пл} P^A$ (АП _д)	0,71	0,72	0,71
M	1,00	1,00	0,99
$\sum t > 10^\circ C$	1950	1950	1950
$t_n, ^\circ C$	900	1000	700
KУ	0,98	1,00	0,90
P	-0,05	-0,05	-
K_n	Рассчитывается		
KK	155	155	155
KK _k	90	85	85

Примечание. По «Классификации...» (1977): P^A – дерново-подзолистые почвы. По «Классификации...» (2004): АП_д – агродерново-подзолистые типичные. Остальные обозначения приведены в тексте.

$B_o = 50$ и ячмень – $B_y = 50$ с вычисленными баллами бонитета до применения известкования.

Используя следующую формулу: $I_k = \frac{U_o + U_p}{U_o}$, где I_k –

поправочный коэффициент на известкование, U_o – основной урожай (без известкования), U_p – прибавка урожая от известкования, рассчитали поправочные коэффициенты на известкование для названных культур и разных доз вносимой извести. Применяя эти поправки, рассчитывали баллы бонитетов почв пашни для культур после известкования и оценки величины прибавок в баллах бонитета, в том числе в расчете на 1 т извести (табл. 2).

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Впервые предпринята попытка оценить природно-антропогенные воздействия, в частности повышение плодородия почв в результате известкования, на основе оценки, выраженной в баллах бонитета почв пахотных земель. Следует подчеркнуть, что такую оценку в данном случае следует принимать с определенной степенью вероятности, учитывая большой размах величин доз извести.

2. Величина оценки прибавок в баллах бонитета пахотных земель для наблюдаемых культур растет по мере увеличения вне-

Таблица 2. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв в результате известкования, выраженное в баллах бонитета для конкретных сельскохозяйственных культур

Культура	Степень исходной кислотности почвы до известкования (рН)	Доза известки, т/га СаСО ₃														
		2-4					4-6					6-8				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Озимая рожь	2,0 1,7 0,5	1,10 1,08 1,02	53,9 52,9 50,0	4,9 3,9 1,0	1,6 1,3 0,3	3,0 2,0 1,0	1,15 1,10 1,05	56,3 53,9 51,4	7,3 4,9 2,4	1,5 1,0 0,5	3,4 2,4 1,2	1,17 1,12 1,06	57,3 54,9 51,9	8,3 5,9 2,9	1,2 0,8 0,4	
Овес	2,0 1,7 0,5	1,10 1,08 1,02	55,0 54,0 51,0	5,0 4,0 1,0	1,7 1,3 0,3	2,3 2,0 1,0	1,11 1,10 1,05	55,5 55,0 52,5	5,5 5,0 2,5	1,1 1,0 0,5	2,6 2,2 1,2	1,13 1,11 1,06	56,5 55,5 53,0	6,5 5,5 3,0	0,9 0,8 0,4	
Ячмень	3,6 3,0 1,4	1,18 1,15 1,07	59,0 57,5 53,5	9,0 7,5 3,5	3,0 2,5 1,2	4,0 3,6 1,8	1,20 1,18 1,09	60,0 59,0 54,5	10,0 9,0 4,5	2,0 1,8 0,9	4,5 4,1 2,0	1,22 1,20 1,10	61,0 60,0 55,0	11,0 10,0 5,0	1,6 1,4 0,7	

Примечание. 1 – прибавка урожая, ц/га; 2 – величина поправочных коэффициентов на известкование; 3 – балл бонитета после известкования; 4 – оценка прибавок от известкования в баллах бонитета; 5 – прибавка в баллах бонитета в расчете на 1 т известки.

сенных доз известки и увеличения кислотности почв. Наибольшую прибавку для всех доз дает ячмень, наименьшую – овес, что объясняется биологическими особенностями культур: овес более устойчив к повышенной кислотности, чем ячмень.

3. В расчете на 1 т известки величина прибавки в баллах бонитета пахотных земель для наблюдаемых культур, как правило, уменьшалась по мере увеличения доз известки. Для всех доз известки прибавка в расчете на 1 т наиболее высокая для ячменя в связи с тем, что ячмень отрицательно реагирует на повышенную кислотность почв.

4. Сказанное выше подтверждается тем, что наибольшая величина прибавки в баллах бонитета пахотных земель отмечается для ячменя при дозе в 6–8 т/га и величине рН 4,5 и ниже. По отношению к общим баллам бонитета эти баллы на известкование достигают 22%. Наименьшие прибавки для ячменя и овса, при дозе известки 2–4 т/га и величине рН 5,1–5,5 составляют 1 балл или 2,0% по отношению к общим баллам.

5. Таким образом, баллы бонитета пахотных земель могут быть использованы при оценке действия известкования на изменение плодородия дерново-подзолистых почв центра нечерноземной зоны.

Проявления водной эрозии, смыва почв лесостепной и степной зон. Процессы водной эрозии являются значительным фактором деградации почв и распространены на больших площадях сельскохозяйственных земель. Примерно 60% территории сельскохозяйственных угодий эрозионноопасны и подвержены водной и ветровой эрозии, а около 20% этих площадей практически утратили свое плодородие (Каштанов и др., 2007).

В связи со значимостью данного природно-антропогенного фактора для земледельческой деятельности предложен опыт оценки его воздействия на изменение почвенного плодородия, в частности оценки снижения почвенного плодородия в результате проявления водной эрозии почв. На наш взгляд, оценить степень смытости почв пахотных земель в баллах бонитета возможно лишь с известной долей приближения.

Почвы, занимающие склоновые позиции, как правило, смыты в той или иной степени, а это значит, физические, агрохимиче-

ские (Королева, Фрид, 2006) и другие свойства почв ухудшены, как правило, ухудшена структура пахотного горизонта, профиль уплотнен, потеряна часть общего, но что более важно, лабильного гумуса. Почвенный покров пашни становится гетерогенным, увеличивается его неоднородность, что в значительной степени усложняет использование таких полей в земледелии (Сорокина, 2005).

Однако классификационное выделение смытых почв, на наш взгляд, в зоне черноземов достаточно неопределенно. Например, в мощных и среднемощных черноземах всех подтипов при первоначальной мощности гумусовых горизонтов более 50 см по морфологическому строению отделить несмытые от слабосмытых практически невозможно из-за естественного варьирования мощности гумусовых горизонтов, и отнесение в этом случае слабосмытых черноземов к малоплодородным почвам не является обоснованным.

В соответствии с инструкцией (Общесоюзная инструкция..., 1973) к слабосмытым относятся почвы, у которых смыто до одной трети горизонта А, однако при этом эталоны для сравнения и определения величины смытого слоя, как правило, отсутствуют. Пахотный слой не отличается по цвету от несмытых участков пашни. Мощность подпахотного гумусового слоя уменьшена до 25% и запас гумуса в нем на 10% меньше по сравнению с неэродированной почвой. По этой причине (отсутствие четкого эталона и аналитических данных) не всегда возможно в полевых условиях объективно выделить слабосмытые почвы. Тем не менее, по этой инструкции проводились почвенные съемки на всю территорию страны, что в значительной степени снижало точность картографического отображения ареалов слабосмытых почв.

В целях совершенствования диагностики выделения слабосмытых черноземов на пахотных землях были разработаны (с нашим участием) следующие нормативные критерии (Природно-техногенные воздействия..., 2000):

а) при преобладающей крутизне выпуклого склона 2° относить почвы к слабосмытым во всех случаях;

б) при большой протяженности прямого склона относить почвы к слабосмытым даже при преобладающей крутизне склона менее 2°;

в) при развитии почвы на породах, легко поддающихся смыву и размыву (лессы, лёссовидные суглинки), относить почвы к

слабосмытым при крутизне склона до 3°;

г) при часто повторяющемся на данном участке быстром таянии (скорости таяния) снега относить почвы к слабосмытым при крутизне склона до 5°;

д) в остальных случаях в плакорных условиях и на склонах до 2° относить почвы к несмытым.

Оценка природно-антропогенных воздействий на изменение плодородия в баллах бонитета почв пахотных земель в результате водной эрозии проводилась на почвах Центрально-черноземного района: серых и темно-серых лесных, черноземах выщелоченных (Курская область), черноземах выщелоченных (Липецкая область), черноземах типичных, обыкновенных и южных (Воронежская область), в отношении возделываемых на этой территории культур: озимой пшеницы и ярового ячменя (табл. 3).

Таблица 3. Расчетные параметры для вычисления баллов бонитета по культурам

Параметр	Озимая пшеница	Яровой ячмень
ПМ	8,0	7,2
2-V _{пл} Л (АС)	0,83	0,87
2-V _{пл} Л _т (АС _т)	0,87	0,91
2-V _{пл} Ч ^в (АЧ _{гли})	0,96	0,97
2-V _{пл} Ч ^т (АЧ ^{ммц})	1,00	1,00
2-V _{пл} Ч ^{об} (АЧ ^{сг})	0,96	0,98
2-V _{пл} Ч ^ю (АЧ _{тк})	0,93	0,95
М	1,00	1,00
∑t ^о > 10°С	2275	2275
t _н , °С	700	700
КУ	0,88	0,90
Р	0,02	–
К _н	Рассчитывается	
КК	156	156
КК _к	60	85

Примечание. По «Классификации...» (1977): Л – серые лесные; Л_т – темно-серые лесные; Ч^{в,т,об,ю} – черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные, южные. По «Классификации...» (2004): АС – агросерая типичная; АС_т – агротемно-серая типичная; АЧ_{гли} – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный; АЧ^{ммц} – агрочернозем миграционно-мицелярный; АЧ^{сг} – агрочернозем сегрегационный; АЧ_{тк} – агрочернозем текстурно-карбонатный типичный.

По приведенному выше алгоритму для условий возделывания названных культур рассчитывались баллы бонитетов сначала для несмытых почв, а затем для почв, разной степени смытости.

О з и м а я п ш е н и ц а . Курская область: серая лесная почва: $L = 8,0 \cdot 0,83 \cdot 1,00 \cdot \frac{2275 \cdot 0,95}{156 + 60} = 63$; темно-серая лесная – 66;

чернозем выщелоченный – 74. Липецкая область: чернозем выщелоченный – 69. Воронежская область: чернозем типичный – 70; чернозем обыкновенный – 62; чернозем южный – 55.

Я р о в о й я ч м е н ь . Курская область: серая лесная почва – 70; темно-серая лесная – 74; чернозем выщелоченный – 80. Липецкая область: чернозем выщелоченный – 74. Воронежская область: чернозем типичный – 72; чернозем обыкновенный – 67; чернозем южный – 59.

Степень смытости в баллах бонитета пахотных земель рассчитывалась по следующему алгоритму:

$$O_{CB} = B_n - B_n K,$$

где O_{CB} – оценка степени смытости в баллах бонитета, B_n – балл бонитета несмытой почвы, K – коэффициент на степень смытости.

На основе этой формулы поправочные коэффициенты на смытость почв (Методические указания..., 2003), которые применяли при расчете баллов бонитета пахотных земель для культур, возделываемых на изучаемых почвах, а также потери в баллах от их смыва (табл. 4, 5).

По баллам бонитетов вышеназванных несмытых почв пахотных земель определяли воздействие процессов водной эрозии, выраженное через степень их смытости, на продуктивность выше названных сельскохозяйственных культур.

Из табл. 4 и 5 видно, что коэффициенты по конкретной степени смытости для серых и темно-серых лесных почв не различаются, так же как и по черноземам. Это можно объяснить тем, что использованная морфологическая классификация определения степени смытости почв содержит элементы неопределенности, что сказывается на коэффициентах.

Кроме того, надо иметь в виду, что определение коэффициентов по степени смытости почв проводилось на основании многочисленных опытов с конкретными сельскохозяйственными

культурами, урожайность которых находилась в корреляционной зависимости с определяемой степенью смытости.

Поскольку рассматриваемые почвы выделены в смежных природных зонах, то и реакция культур на эти генетически близкие почвы при одной степени смытости не столь значительна.

Тем не менее, баллы бонитетов почв разной степени смытости для названных культур различаются от 10 до 17 баллов, что объясняется меняющимися условиями для онтогенеза растений и, соответственно, изменением их продуктивности.

При этом надо иметь в виду, что на слабосмытых почвах коэффициенты для черноземов несколько уменьшены на участие в севооборотах пропашных культур (примечание из «Методических указаний..., 2003»), а сильносмытые почвы подлежат консервации, или «Сильносмытые почвы относятся к непахотнопригодным и могут использоваться только при производственной необходимости (мелкие пятна на фоне других почв)» (Методические указания..., 2003 (Примечание 3)).

На основании данных табл. 4, 5 вычислены потери в результате действия водной эрозии почвенного плодородия (в баллах) пахотных земель, что отражается на продуктивности сельскохозяйственных культур, в данном случае озимой пшеницы и ярового ячменя. Потери, вычисленные в баллах бонитета почв пахотных земель, более наглядно показывают изменения почвенного плодородия на примере сельскохозяйственной культуры.

Водная эрозия почв является наиболее мощным негативным фактором природно-антропогенных воздействий на изменение плодородия почв пахотных земель. Их обработка, имеющая целенаправленный характер, в определенных условиях сопровождается смывом почв, степень которого зависит от многих причин. Между тем, система оценки природно-антропогенных воздействий на изменение плодородия почв пахотных земель в баллах бонитета свидетельствует о заметном снижении плодородия почв даже при «слабой» степени смыва.

Степень снижения плодородия почв пахотных земель, выраженная в баллах бонитета, зависит от того, на каких по плодородию почвах проявляется водная эрозия. Чем выше баллы бонитета несмытых почв, тем больше баллов они теряют в результате водной эрозии.

Таблица 4. Изменения плодородия лесостепных и степных почв в результате их смыва, выраженные в баллах бонитета почв пахотных земель для озимой пшеницы

Почва	Несмытые почвы, балл бонитета	Слабосмытые почвы			Среднесмытые почвы			Сильносмытые почвы		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Серая лесная (Курская область)	63	0,83	52	10	0,68	43	20	0,46	29	33
Темно-серая лесная (Курская область)	66	0,83	55	11	0,68	45	21	0,46	30	36
Чернозем выщелоченный (Курская область)	74	0,84	62	12	0,69	51	23	0,47	35	39
Чернозем выщелоченный (Липецкая область)	69	0,84	58	11	0,69	48	21	0,47	32	37
Чернозем типичный (Воронежская область)	70	0,84	59	11	0,69	48	22	0,47	33	37
Чернозем обыкновенный (Воронежская область)	62	0,84	52	10	0,69	43	19	0,47	29	33
Чернозем южный (Воронежская область)	55	0,84	46	9	0,69	38	17	0,47	26	29

Примечание. Здесь и в табл. 5: 1 – коэффициент на смытость; 2 – балл бонитета; 3 – Потери плодородия почв в баллах.

Таблица 5. Изменения плодородия лесостепных и степных почв в результате их смыва, выраженные в баллах бонитета почв пахотных земель для ячменя

Почва	Несмытые почвы, балл бонитета	Слабосмытые почвы			Среднесмытые почвы			Сильносмытые почвы		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Серые лесные	70	0,83	58	12	0,68	48	22	0,46	32	38
Темно-серая лесная	74	0,83	61	13	0,68	50	24	0,46	34	40
Чернозем выщелоченный (Липецкая область)	80	0,84	67	13	0,69	55	25	0,47	38	42
Чернозем выщелоченный (Воронежская область)	74	0,84	62	12	0,69	51	23	0,47	35	39
Чернозем типичный	72	0,84	60	12	0,69	50	22	0,47	34	38
Чернозем обыкновенный	67	0,84	56	11	0,69	46	21	0,47	31	36
Чернозем южный	59	0,84	50	9	0,69	41	18	0,47	28	31

При слабой степени смытости потеря в баллах бонитета для приведенных почв и культур Центрально-черноземных областей составляет от 9 до 13 баллов по сравнению с несмытыми почвами. В процентах колебания у разных почв от 16 до 18%. Однако при таких заметных потерях в баллах бонитета и процентах слабая степень смытости у черноземов часто диагностируется плохо.

Вычисленные баллы бонитета и проценты, характеризующие слабую степень смытости почв пахотных земель, свидетельствует не только о снижении плодородия почв, потере урожая, но и об увеличении себестоимости продукции. При возделывании культур на слабосмытых почвах, затраты на гектар площади пашни больше, чем на несмытых, за счет уменьшения их урожайности и, соответственно, снижения стоимости валовой продукции (дохода) (Борук, 1972).

При средней степени смытости, соответственно, потери составляют от 17 до 25 баллов по сравнению с несмытыми почвами. У среднесмытых почв коэффициенты на степень смытости уже заметно отличаются от эталона, поэтому различия между исходно более плодородными и менее плодородными почвами значительные.

Сильносмытые почвы уже сильно ухудшены в агрономическом смысле по сравнению с несмытыми и вполне обоснованно подлежат консервации (Положение о порядке консервации земель..., 2002).

Отмечено, что по мере снижения баллов бонитета несмытых почв будут уменьшаться и баллы на степень смытости. Например, для яровой пшеницы в Алтайском крае потери в баллах бонитета пахотных земель со слабосмытыми почвами составят от 8 (на типичных черноземах) до 5 баллов (на темно-каштановых почвах) – 15–16%. Для тех же почв, но среднесмытых – потери составят от 16 до 10 баллов (30–32%).

В пределах Российской Федерации наибольшие потери (в баллах) будут достигать при слабой степени смытости 15–16 (центральная часть Краснодарского края с мощными черноземами), при средней степени смытости – 30–31. Наименьшие потери составят примерно 4 балла для слабосмытых почв и 8 баллов для среднесмытых (на территориях распространения наименее пло-

родных почв подзолистого ряда, где смытые почвы использовать нецелесообразно).

Подводя итог анализу данных табл. 4 и 5, можно сделать следующие выводы:

1. Впервые предпринята попытка оценить природно-антропогенные воздействия, в частности, снижение плодородия почв в результате процессов водной эрозии на основе оценки, выраженной в баллах бонитета почв пахотных земель. Следует подчеркнуть, что такую оценку в данном случае следует принимать с определенной степенью вероятности, учитывая обобщенность анализируемых данных.

2. Величина оценки потерь в баллах бонитета пахотных земель для наблюдаемых культур растет по мере увеличения степени смытости почв.

3. Потери плодородия почв в баллах бонитета, переведенные в проценты, близки для рассматриваемых культур. Тем не менее, яровой ячмень несколько в меньшей степени реагирует на проявление эрозионных процессов, чем озимая пшеница, что можно объяснить большей толерантностью культуры к снижению плодородия почв.

4. Баллы бонитета пахотных земель могут быть использованы при оценке воздействия процессов водной эрозии на изменение плодородия лесостепных и степных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борук А.Я. Бонитировка и экономическая оценка земель. М.: Колос, 1972. С. 160–188.
2. Булгаков Д.С., Карманов И.И., Карманова Л.А., Шишконокова Е.А. Почвенно-агроклиматическая оценка пахотных земель для кадастра // Мат-лы Всерос. науч. конф., посвященной 150-летию со дня рождения Н.М. Сибирцева (VIII-е Сибирцевские чтения). Генезис, география, классификация почв и оценка почвенных ресурсов. Архангельск, 2010. С. 13–17.
3. Докучаев В.В. К вопросу о переоценке земель Европейской и Азиатской России. 1898. Избр. соч. М.: ГИЗСХЛ, 1949. 342 с.

4. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Алгоритм оценки продуктивности почвенно-агроэкологических условий возделывания сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2007. № 5. С. 37–40.
5. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. М.: Изд-во ООО «АПР», 2012. 121 с.
6. Каиштанов А.Н., Шишов Л.Л., Кузнецов М.С. Итоги и перспективы исследований по эрозии и охране почв // Эрозия почв. М., 2007. С. 20–33.
7. Кирюшин В.И. Методология формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: Изд-во МСХА, 2000. С.123–226.
8. Кирюшин В.И. Почвенно-ландшафтное картографирование и проектирование агроландшафтов // Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. С. 641–661.
9. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
10. Классификация и диагностика почв России. Изд-во, Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
11. Королева И.Е., Фрид А.С. Опыт выделения почвенно-агрохимических ареалов на пашне и их связь с рельефом и продуктивностью растений // Почвоведение. № 12. 2006. С. 1492–1500.
12. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 189 с.
13. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. М.: Колос, 1972. 96 с.
14. Оглезнев А.К., Сапожников П.М., Карманов И.И., Булгаков Д.С. и др. Оценка качества и классификация земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве. М., 2007. 135 с.
15. Положение о порядке консервации земель с изъятием их из оборота. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.10.2002 г. N 830. 9 с. Содержание охраны земель. С. 6.

16. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва–память и почва–момент // Изучение и освоение природной среды. М., 1976. С. 150–164.
17. Сорокина Н.П. Принципы типизации почвенных комбинаций при изучении агрогенных изменений почвенного покрова // Почвоведение. № 12. 2005. С. 1477–1488.
18. Природно-техногенные воздействия на земельный фонд России и страхование имущественных интересов участников земельного рынка. М.: Почве. ин-т им. В.В. Докучаева, Госкомзем РФ, 2000. С. 30–33.
19. Шильников И.А., Аканова Н.И., Никифорова М.В. Итоги исследований по известкованию почв и задачи на 2001–2005 годы // Бюл. ВИУА. 2001. № 115. С. 87–90.
20. Stahr K. Bodenbewertung // Lehrbuch der Bodenkunde/Scheffer/Schachtschabel. Heidelberg, 2002. S. 547–563.

AN ASSESSMENT SYSTEM OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC EFFECTS ON CHANGES

I. I. Karmanov, D. S. Bulgakov, E. A. Shishkonakova

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

Under consideration are the calculation results obtained by means of the soil and agro-climatic index PAKI to estimate natural-anthropogenic positive and adverse effects on the soil fertility. The assessment of positive effects is exemplified by liming of soils in the southern taiga zone, whereas the assessment of adverse effects is considered with special reference to water erosion and soil washout in the forest-steppe and steppe zones. Such a methodological approach provides comparative spatially orientated information and allows assessing the soil quality rating scores for arable lands, thus showing (1) the efficiency of soil liming and (2) the degree of adverse effects exerted by water erosion on the soil fertility. The application of PAKI index meets demands of soil management and permits to forecast the transformation of soil resources, changes in the soil cover pattern, and soil productivity. It may serve as a background for land taxation.

Key words: agro-climatic index, assessment of soil fertility change in soil quality rating scores for arable land, liming of soils, water erosion.