

АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Е.В. Просянный, д.с.-х.н.

Брянский государственный аграрный университет, e-mail: p_e_v_32@mail.ru

На примере Брянской области, нарастающей продуктивности пахотных земель в течение шести лет, рассмотрены агрохимические аспекты устойчивого земледелия. Установлено, что это происходит за счет улучшения функциональных свойств потенциального плодородия почвенного покрова пахотных земель в условиях деградации основных показателей его фундаментальных свойств. Предложены тактические и стратегические мероприятия, а также рекомендации, обеспечивающие устойчивость земледелия.

Ключевые слова: *потенциальное плодородие почвенного покрова, продуктивность пахотных земель, мероприятия для устойчивости земледелия.*

AGROCHEMICAL ASPECTS OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

Dr.Sci. E.V. Prosyannikov

Bryansk State Agrarian University, e-mail: p_e_v_32@mail.ru

On the example of the Bryansk region, increasing the productivity of arable land for six years, the agrochemical aspects of sustainable agriculture are considered. It has been established that this occurs due to the improvement of the functional properties of the potential fertility of the soil cover of arable land under the conditions of degradation of the main indicators of its fundamental properties. The proposed tactical and strategic measures and recommendations to ensure the sustainability of agriculture.

Keywords: *potential soil fertility, productivity of arable land, measures for the sustainability of agriculture.*

25 лет назад 1700 ученых разных стран мира подписали обращение к человечеству, в котором были названы главные угрозы для жизни на Земле. Прошла четверть века, и ситуация значительно ухудшилась. Уже более 15 тыс. ученых 184 стран (всего по данным ООН в мире 251 страна) подписали второе послание «Предупреждение человечеству», которое было опубликовано в научном журнале BioScience, издаваемом в Бразилии и включенном в базу данных Scopus. В нем отмечено: «Если не принять меры, многие из наших действий поставят будущее, которое мы желаем людям, животным и растениям, под угрозу и настолько изменят планету, что мы не сможем вести на ней привычную жизнь» [1]. Рассмотрим эту проблему на примере Брянской области.

Основу продуктивности земли составляет почвенный покров. Ему присуще потенциальное плодородие – эмерджентное интегральное свойство всей совокупности образующих его почв. Оно является функцией средневзвешенного состояния фундаментальных и функциональных почвенных свойств [2] и гарантом устойчивости земледелия. Продуктивность земли проявляется как часть потенциального плодородия почвенного покрова в виде урожайности конкретной культуры или груп-

пы культур за определенный период времени. Поскольку в создании урожайности, кроме почвы принимают участие и другие факторы, то оценка величины продуктивности земли зависит во многом от организационно-экономических условий и агротехнологии, а также от воспитания экологического мышления и развития экологического действия у всех участников аграрного производства.

По данным Брянскстата [3], в течение последних шести лет в хозяйствах Брянской области всех категорий тренд продуктивности пахотных земель, выраженный в урожайности зерновых и зернобобовых культур (без кукурузы) положительный: 2012 г. – 22,8 ц/га; 2013 г. – 24,1 ц/га; 2014 г. – 28,8 ц/га; 2015 г. – 29,7 ц/га; 2016 г. – 39,2 ц/га; 2017 г. – 44,7 ц/га. Посмотрим, что происходит с потенциальным плодородием почвенного покрова – непрерывным условием устойчивости земледелия. В Черноземной зоне агрохимическая служба из всех показателей фундаментальных свойств почвенного покрова обычно контролирует только два: содержание гумуса и реакцию почвенной среды.

Точное образное определение многогранной роли гумуса дал S.A. Wilde [4]: «Гумус... это душа почвы. Продукт и источник жизни». М.М. Овчаренко [5] отмечает, что 1% органических веществ, содержа-

щихся в почве, дает возможность получить урожай сельскохозяйственной продукции до 0,5 т/га. Содержание гумуса менее 2% не обеспечивает необходимые агрофизические условия в почве, поэтому внесенные минеральные удобрения не используются растениями в полной мере и загрязняют окружающую природу [6]. Начиная с 1991-1995 гг., в среднем по Брянской области наблюдается устойчивое снижение гумусированности почв пахотных земель с достигнутого максимального уровня 2,2% (табл. 1).

В каждой почве в процессе длительной эволюции устанавливается равновесное состояние между образованием, накоплением и разрушением гумуса. Рост его запаса происходит при внесении в почву более 8 т/га качественных органических удобрений. Использование 6-7 т/га обеспечивает лишь его стабильное поддержание на одном уровне, а при 5 т/га и менее содержание гумуса снижается (табл. 1). Внесение органических удобрений повышает содержание гумуса как за счет их гумификации, так и образующихся при их применении дополнительных корневых и пожнивных остатков растений, а при внесении минеральных удобрений – только за счет растительных остатков.

Агрогоризонт большинства нечерноземных почв кислый в основном из-за высокой активности ионов водорода. Это значительно ухудшает целый ряд фундаментальных и функциональных свойств почвы. Кислая почвенная реакция препятствует получению высоких урожаев большинства сельскохозяйственных культур (пшеница, овес, кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник, люцерна, многолетние травы и др.). Изменения этого показателя иллюстрирует таблица 1. Вредную деятельность катионов водорода нейтрализуют внесением в почву извести, так как катионы кальция – антагонисты кислотных ионов. На особую роль кальция в формировании почв и их плодородия указывал еще 100 лет назад академик А.Н. Соколовский. Ему принадлежит крылатое выражение: «кальций почвы – страж плодородия» [8]. Известно, что при pH 4,5 и ниже необходимость в известковании высокая, pH

4,6-5,0 – средняя; pH 5,1-5,5 – слабая; pH > 5,5 – отсутствует. Отсюда следует, что с 1995 г. пашня Брянщины не нуждается в извести как в химическом мелиоранте (табл. 1). Однако не следует забывать, что кальций один из макроэлементов минерального питания растений. Например, зерновые культуры при урожае 20 ц/га выносят около 20 кг CaO с 1 га, а горох, вика, фасоль с урожаем зерна 20-30 ц/га – 40-60 кг CaO с 1 га. Еще одна причина потери кальция из почвы – вымывание. С каждого гектара дерново-подзолистых суглинистых почв, которых большинство в почвенном покрове пашни области, кальция ежегодно выносятся в среднем 157 кг, из супесчаных – 203 кг, из серых лесных почв, занимающих второе место в пашне – 166 кг. Потерю кальция из почвы ускоряет внесение минеральных удобрений. Например, ион аммония минеральных удобрений активно вытесняет ионы кальция из почвенного поглощающего комплекса, выходя в почвенный раствор, ионы кальция выносятся в грунтовые воды. Внесение 1 ц сульфата аммония обуславливает потерю кальция из почвы, эквивалентную примерно 1 ц карбоната кальция [9].

По данным Брянскстата [3], динамика внесения минеральных удобрений на 1 га посева сельскохозяйственных культур в агропредприятиях области (в пересчете на 100% питательных веществ) следующая: 2005 г. – 29 кг; 2010 г. – 36 кг; 2012 г. – 44 кг; 2013 г. – 56 кг; 2014 г. – 73 кг; 2015 г. – 90 кг; 2016 г. – 120 кг. Это еще одно большое достижение тружеников АПК, хотя в этом область отстает от многих стран.

По данным Всемирного банка [10], в 2013 г. страны по внесению удобрений на 1 га пашни и урожайности зерновых располагались в следующий ряд (кг): Китай – 364 и 5891; Беларусь – 256 и 3009; Великобритания – 247 и 6630; Нидерланды – 231 и 8653; Германия – 203 и 7318; Франция – 141 и 7074; США – 132 и 7340; Канада – 88 и 4170; Украина – 46 и 4064; Россия – 15 и 2240.

Баланс органического вещества, азота, фосфора, калия, кальция в 2015 г. в почвах пашни Брянской

1. Динамика изменения агрохимических показателей почв пашни, внесения органических удобрений и среднегодовых объемов известкования в Брянской области [7]

Содержание гумуса		Внесение органических удобрений		Реакция почвенной среды		Среднегодовые объемы известкования	
годы обследования	%	периоды лет	т/га	годы обследования	pH	периоды лет	тыс. га
1966-1971	1,84	1966-1971	6,5	1970	5,11	1960-1970	100
1972-1978	1,95	1972-1978	7,2	1977	5,13	1971-1990	140
1979-1984	2,05	1979-1984	7,7	1984	5,27	1991-1995	81
1985-1990	2,13	1985-1990	8,5	1990	5,57	1996-2000	7,9
1991-1995	2,16	1991-1995	6,3	1995	5,65	2001-2005	19,6
1996-2000	2,15	1996-2000	1,7	2000	5,70	2006-2010	5,1
2001-2005	2,13	2001-2005	1,3	2005	5,63	2011-2015	0,0
2006-2009	2,10	2006-2010	1,2	2011	5,70		
2010-2015	2,06	2011-2016	1,0	2015	5,70		

2. Баланс питательных веществ в почвах пашни Брянской области, кг/га [7]

Органическое вещество			Азот			Фосфор			Калий			Кальций		
приход	расход	±	приход	расход	±	приход	расход	±	приход	расход	±	приход	расход	±
215	649	-434	61	57	4	13	26	-13	19	66	-47	3	437	-434

3. Оптимальные и критические показатели потенциального плодородия почвы для устойчивого земледелия

Состав, свойства и состояние почвы	Показатели	
	оптимальные	критические
Минералогический состав	Наличие полевых шпатов, роговой обманки, глинистых минералов с высокой емкостью катионного обмена (ЕКО), кальцита	Преобладание кварца более 98%
Текстулометрический состав	От супесчаного до глинистого в зависимости от увлажнения	Песчаный в аридном климате, глинистый – в гумидном. Высокая каменистость
Физические свойства	Плотность почвы 1,0-1,3 г/см ³ , общая порозность 55-65%	Плотность почвы более 1,4-1,5 г/см ³ , общая порозность менее 40%
Агрегатное состояние	Содержание агрономически ценных (0,25-10 мм с порозностью более 45%) водопрочных агрегатов более 55% массы почвы	Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов менее 40% массы почвы
Водные свойства и влажность	Запас воды находится в диапазоне ВРК – НВ; 30-50 мм в агрогоризонте, 100-200 мм в метровом слое	Влажность на уровне завядания, водопроницаемость – ниже 30 мм/час
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации более 20% объема почвы. Содержание СО ₂ 0,03-2(3)%; О ₂ 19-20%	Порозность аэрации менее 15% объема почвы. Содержание СО ₂ более 3%; О ₂ менее 10-15%
Химический состав	Полиэлементный с отсутствием дефицита и избытка кальция и магния, загрязнения радионуклидами, тяжелыми металлами и другими токсикантами. Содержание гумуса, превышающее критическое на 1% и более. Содержание лабильных органических веществ (ЛОВ) более 0,2-0,4%. Оптимальное содержание элементов питания в соответствии с зональными группировками обеспеченности	Обеспеченность элементами питания низкая и очень низкая. Содержание водорастворимых солей более 0,6-2,0% в зависимости от вида солей. Повышенное содержание радионуклидов и токсикантов. Преобладание оксидов кремния (более 98%). Содержание гумуса менее 1% в почвах с фульватным составом гумуса и менее 2% – с гуматным. Содержание ЛОВ менее 1%
Доброобменные свойства	ЕКО более 10 ммоль(экв)/100 г для супесчаных и более 15 ммоль(экв)/100 г для суглинистых почв. Преобладание в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК) Са ²⁺ и Mg ²⁺ . Степень насыщенности основаниями более 55-70%. Реакция среды близка к нейтральной	ЕКО менее 5 ммоль(экв)/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями менее 50%, рН _{KCl} ниже 4,5-5. Содержание обменного натрия более 10-15% от ЕКО, сильнощелочная реакция среды – рН _{H2O} более 8,5
Окислительно-восстановительное состояние	Eh 400-600 мВ	Eh менее 250 мВ

ности представлен в таблице 2. Кроме азота баланс органического вещества и остальных макроэлементов питания растений отрицательный. Особо напряженно обстоит дела с органическим веществом и кальцием, ежегодный дефицит которого составляет по 434 кг/га. Истощительное сельскохозяйственное землепользование угрожает не только продовольственной безопасности России, но и здоровью населения, особенно его демографическим показателям [10]. Прогрессивным направлением снижения негативных экологических последствий и улучшения продуктивности сельскохозяйственных угодий служит биологизация земледелия. Организацией Объединенных Наций заявлено, что органическое сельское хозяйство может быть более благоприятным для обеспечения безопасных пищевых продуктов в сравнении с традицион-

ными методами и является более устойчивым в долговременной перспективе [12].

Потенциальное плодородие формируется в почвах сельскохозяйственных угодий при совместном взаимодействии природных и антропогенных факторов почвообразования. Оно служит базисом любой земледельческой технологии. Величину потенциального плодородия измеряют всеми количественными и качественными показателями фундаментальных и функциональных свойств почвы независимо от происхождения (табл. 3). Оптимальные показатели потенциального плодородия почвы позволяют максимально реализовать возможности земледелия и генетический потенциал группы близких сельскохозяйственных культур или конкретной культуры вплоть до сорта в виде получения стабильно высокой урожайности экологически

4. Пригодность почв пахотных земель европейской части РФ для устойчивого земледелия по баллу ПЭИ

Почвы	Степень пригодности почв для устойчивого земледелия			
	высокая	средняя	низкая	очень низкая
Дерново-подзолистые песчаные	83-88	74-76	54-56	43-45
Дерново-подзолистые супесчаные	64-68	57-58	42-43	25-27
Дерново-подзолистые суглинистые	85-90	70-75	50-55	41-46
Светло-серые лесные	80-84	71-75	63-67	57-61
Серые лесные	85-89	75-79	66-70	60-64
Темно-серые лесные	87-91	77-81	68-72	63-67
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	88-93	72-77	61-66	-
Черноземы типичные	92-97	75-80	64-69	-

качественной продукции. Критические показатели потенциального плодородия почвы, наоборот, снижают до минимума возможности ведения устойчивого земледелия.

Интегральную величину потенциального плодородия рассчитывают от 1 до 100 баллов почвенно-экологического индекса (ПЭИ) по методике Почвенного института им. В.В. Докучаева, которая рекомендована для широкого использования [13]. Ученые этого института разработали и региональные эталоны почвенного плодородия [14]. Обобщив эти материалы для оценки пригодности почв таежно-лесной и лесостепной природно-сельскохозяйственных зон европейской части России для устойчивого земледелия, получили следующую шкалу (табл. 4).

Почвы с очень низкой, низкой и средней степенью пригодности для ведения устойчивого земледелия нуждаются в мелиорации и окультуривании. Мелиорация – разовые или периодически повторяющиеся приемы «жесткого» фундаментального улучшения почвенных параметров такими агрономическими приемами, как пескование, глинование, осушение, орошение, известкование, гипсование и пр. Окультуривание – это периодически повторяющиеся агрономические приемы постепенной «мягкой» оптимизации почвенных параметров в процессе возделывания сельскохозяйственных культур по традиционной зональной технологии. Только научно обоснованное сочетание мелиорации и окультуривания позволяет достичь необходимый уровень потенциального плодородия почв пашни, гарантирующий экологическую целесообразность и экономическую эффективность устойчивости земледелия.

На почвах пахотных земель, потенциальное плодородие которых нуждается в повышении для устойчивости земледелия, необходимо достичь оптимальных величин почвенных показателей, указанных в таблице 3. Прежде всего, необходимо снизить дегумификацию. Для оптимизации гумусового состояния почвы необходимо совершенствовать структуру посевных площадей, увеличивая насыщенность севооборотов многолетними трава-

ми и бобовыми культурами, применять пожнивные и поукосные посевы, максимально использовать в качестве материала для гумификации органическое вещество соломы, сидератов и качественного торфа, сапропеля, некондиционных бурых углей. Следующий шаг в достижении устойчивости земледелия – внесение в почву кальция и не только как химического мелиоранта реакции почвенной среды, но и как «стража почвенного плодородия», улучшающего многие показатели фундаментальных и функциональных свойств почвы.

В совершенствовании нуждается система получения органических отходов животноводства и птицеводства, а также их подготовки к использованию и внесению в почву в качестве органических удобрений. Для этого необходимо: 1) отказаться от внесения в почву традиционных органических удобрений низкого качества и экологически опасных; 2) создать около мест содержания животных и птицы вермифермы на открытых площадках или в помещениях для переработки вермикulturой навоза, помета, старой соломы, сена и других органических веществ в гумусовое удобрение – вермикомпост (биогурус, копролит); 3) разработать и наладить производство системы машин для механизации вермикомпостирования и вермикulturивирования, а также для внесения вермикомпоста в почву локально при посеве, посадке, подкормках сельскохозяйственных культур; 4) в аграрных учебных заведениях развернуть подготовку кадров вермистехнологов и вермистехников для повсеместного осуществления вермикомпостирования и вермикulturивирования.

Таким образом, повышение продуктивности пахотных земель происходит за счет наращивания функциональных свойств потенциального плодородия почвенного покрова в условиях деградации основных показателей его фундаментальных свойств. Поэтому проблема воспитания экологического мышления и развития экологического действия, поднятая шесть лет назад и опубликованная автором [15], еще ждет своего кардинального решения.

Литература

1. Салькова А. Конец близко: человечеству выписали предупреждение [Электронный ресурс] // https://www.gazeta.ru/science/2017/11/14_a_10985234.shtml?updated (дата обращения: 15.05.2018).
2. Просяников Е.В. Воспитание экологического мышления и развитие экологического действия // *Агрохимический вестник*, 2012, № 5. – С. 3-6.
3. Статистический сборник «Сельское хозяйство Брянской области» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: bryansk-gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/bryansk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/ (дата обращения: 11.06.2018).
4. Wilde S.A. Forest Humus: Its Classification on Genetic Basis // *Soil Science*, 1971, № 1. – Vol. 111.
5. Овчаренко М.М. Агрохимия и плодородие // *The Chemical Journal*, 2014, № 5. – С. 22-25.
6. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
7. Чекмарев П.А., Прудников П.В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // *Достижения науки и техники АПК*, 2016, № 7. – С. 24-33.
8. Соколовский А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 335 с.
9. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.
10. Actualitix. World Atlas – Statistics by country: сайт Фабьен. – 2019 [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.actualitix.com/> (дата обращения: 05.05.2019).
11. Кудряков В.Г., Мирончук В.А., Есаян С.А. Государственное регулирование органического земледелия: основы и особенности европейского и американского законодательства // *Научный журнал Кубанского ГАУ*, 2015, № 185(01). – С. 1-18.
12. Мальцев В.Ф., Каюмов М.К., Просяников Е.В. и др. Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 544 с.
13. European Union Council Regulation No. 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No. 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control // *Official Journal of the European Union*, 2008, L. 250. – 84 p.
14. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
15. Региональные эталоны почвенного плодородия / отв. ред. Л.Л. Шишов, Д.С. Булгаков, И.И. Карманов, В.Л. Андроников, П.А. Славный. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1991. – 274 с.

УДК 631.452:631.421:001.891.572

DOI 10.24411/0235-2516-2019-10069

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Н.М. Мудрых, к.с.-х.н., И.А. Самофалова, к.с.-х.н.

*Пермский государственный аграрно-технологический университет,
e-mail: nata020880@hotmail.com, samofalovairaida@mail.ru*

Приведены исследования по изучению пространственной изменчивости физико-химических и агрохимических показателей в почвах Нечерноземной зоны (на примере ООО «Сельское» Соликамского района Пермского края). Анализ показал, что в агродерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава рассматриваемые показатели сильно изменялись в пределах поля. Установлены линейные структурные взаимосвязи между свойствами почв. Получены адекватные модели прогноза содержания гумуса от обменной кислотности, суммы обменных катионов и элементов питания для агродерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава. Расчет моделей пространственной изменчивости проводили с использованием различных критериев: по коэффициентам корреляции и по информационным критериям. В зависимости от необходимости оперативного изменения системы удобрения специалисты хозяйств могут на основании почвенных картограмм и(или) определения показателей свойств почв, спрогнозировать уровень гумуса и(или) минерального азота в почве. Данные модели могут быть основой для планирования мероприятий по повышению плодородия почв конкретных рабочих участков и для рекомендации дифференцированного внесения органических и минеральных удобрений.

Ключевые слова: агрохимические показатели, дерново-подзолистые почвы, варьирование, статистические показатели, модели плодородия почв.