

Д.А. Иванов, член-корреспондент РАН, профессор
 О.В. Карасева, кандидат сельскохозяйственных наук
 М.В. Рублюк, кандидат сельскохозяйственных наук
 Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель
 РФ, 170530, Тверская обл., п. Эммаусс, 27
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

УДК 631.5; 631.6; 911.2

DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/27-30

МОНИТОРИНГ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ УГОДИЙ В ПРЕДЕЛАХ АГРОЛАНДШАФТА

В работе представлены результаты статистического анализа данных долговременного мониторинга агрохимических свойств почв различных угодий в пределах мелиорированного агроландшафта. Исследования выполняли в 1997–2012 годах на агроэкологической трансекте полигона ВНИИМЗ – узком поле длиной 1300 м, пересекающем все основные ландшафтные микропозиции конечно-моренного холма. В ходе мониторинга проведено два тура агрохимических обследований территории трансекты: 1. В 1997 году – исходное состояние почв; 2. В 2012 – состояние почв выводного поля и севооборотного массива. Агрохимические параметры почв (различные виды кислотности, содержание элементов питания растений и гумуса) определяли в точках отробования, регулярно расположенных вдоль трансекты. Результаты исследований статистически обрабатывали на основе пакета STATGRAPHICS plus. Выявлено, что за время исследований произошла однотипная эволюция агрохимических параметров почв различных угодий – во всех наблюдается подкисление, потеря основных элементов питания растений при накоплении гумуса. К 2012 году пространственная вариабельность большинства агрохимических параметров почв разных угодий в основном стала зависеть от гранулометрического состава почв. Обнаружено существенное различие в механизме потери почвами калия и фосфора – миграция калия в основном зависит от напряженности элювиальных процессов в агроландшафте, а перемещение фосфора происходит латерально по плужной подошве. На основе полученных результатов можно разработать систему адаптивного размещения угодий в агроландшафте, для управления деградационными процессами в почвах.

Ключевые слова: агроландшафт, агрохимия, миграция, угодья, системы земледелия, мониторинг.

D.A. Ivanov, Corresponding Member of RAS, Professor
 O.V. Karaseva, PhD in Agricultural sciences
 M.V. Rublyuk, PhD in Agricultural sciences
 All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands
 RF, 170530, Tverskaya obl., p. Emmauss, 27
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

AGROCHEMICAL PROPERTIES MONITORING OF THE VARIOUS LANDS WITHIN THE AGROLANDSCAPE

The paper presents the results of a statistical analysis of data on long-term monitoring of the agrochemical properties of soils of various lands within the reclaimed agrolandscape. Research was conducted in 1997–2012 on the agroecological transect of the VNIIMZ polygon – a narrow field 1300 m long that intersects all the main landscape positions of the end moraine hill. During the monitoring, two rounds of agrochemical surveys of the transect territory were carried out: 1. In 1997, the initial state of the soils was investigated; 2. In 2012, the state of the soils of the output field and crop rotation array. Agrochemical parameters of soils (various types of acidity, content of plant nutrients and humus) were determined at the sampling points regularly located along the transect. The research results were statistically processed based on the STATGRAPHICS plus package. It was revealed that during the research, the same type of evolution of the agrochemical parameters of soils of different lands occurred – acidification of soils, loss of the basic elements of plant nutrition during the accumulation of humus are observed everywhere. By 2012, the spatial variability of most agrochemical parameters of soils of different lands mainly began to depend on the granulometric composition of soils. A significant difference was found in the mechanism of soil loss of potassium and phosphorus – potassium migration mainly depends on the intensity of eluvial processes in the agrolandscape, and phosphorus moves laterally along the plow sole. Based on the results obtained, it is possible to develop a system of adaptive land allocation in an agrolandscape, which allows controlling degradation processes in soils.

Key words: agrolandscape, agrochemistry, migration, land, farming system, monitoring.

Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия предназначены для адаптивного размещения посевов культур в пределах сельскохозяйственно-преобразованных геосистем – агрогеосистем (АГС). Процесс адаптации севооборотов и отдельных угодий к природным условиям конкретных ландшафтов состоит из нескольких этапов, среди которых наиболее важный – стадия привязки системы питания растений к условиям конкретного местоположения. Наряду с традиционными методами определения направленности и интенсивности агрохимических мероприятий [6], необходимо учитывать также и адаптивные реакции почвы на антропогенное воздействие. [1]

Долговременный мониторинг в пределах стационарных (тестовых) участков – наиболее информативный метод исследования процесса динамики агрохимических свойств почвы. В работе представлены результаты статистической обра-

ботки данных мониторинга содержания элементов питания растений и других параметров агроэкологического полигона ВНИИМЗ в пределах различных угодий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Долгосрочный мониторинг агрохимических свойств почвы в различных природных условиях проводится на агроландшафтном стационаре ВНИИМЗ. Стационар, подробно описанный в литературе [2–4], расположен в 4 км восточнее г. Тверь в пределах конечно-моренного холма с относительной высотой 15 м. Холм состоит из межхолмных депрессий (северной и южной), южного склона крутизной 3–5°, плоской вершины и северного склона – 2–3°. Почвенный покров представлен мозаичной дерново-подзолистыми глееватыми и глеевыми почвами, развивающимися на двучленных отложениях различ-

ной мощности. Почвы южного склона – мощные и среднемошнне двучлены, на северном склоне преобладают маломощные двучлены, а в нижней его части морена выходит на поверхность.

Мониторинговые наблюдения проводили на агроэкологической трансекте – узком поле длиной 1300 м, разделенном на продольные параллельные полосы, каждая из которых засеивается определенной культурой севооборота. Трансекта пересекает все основные микроландшафтные позиции конечно-моренного холма: транзитно-аккумулятивные агромикрорландшафты (АМЛ) межхолмных депрессий и нижних частей склонов, в которых аккумулируется влага и питательные вещества из грунтовых и намывных вод; транзитные местоположения центральных частей склонов, характеризующиеся боковым током влаги; элювиально-транзитные позиции верхних частей склонов, где, наряду с боковым током влаги, наблюдается вертикальное промывание почвенного профиля и элювиально-аккумулятивные АМЛ плоской вершины, здесь происходит, как вертикальный нисходящий ток влаги, так и ее аккумуляция в микропонижениях.

Исследования проводили в 1997–2012 годах. В пределах трансекты были выбраны два варианта угодий: I. Сенокос, засеянный в 1997 году пятикомпонентной травосмесью – люцерной синегибридной, райграсом пастищным, клевером луговым, овсяницей луговой и тимофеевкой луговой. II. Семипольный зернотравяной севооборот: 1. Овес с подсевом трав; 2. Клеверотимофеечная травосмесь 1 г.п.; 3. Клеверотимофеечная травосмесь 2 г.п.; 4. Клеверотимофеечная травосмесь 3 г.п.; 5. Яровая пшеница; 6. Яровая ячмень; 7. Озимая рожь. В ходе исследований вносили только 1 ц/га аммиачной селитры для подкормки зерновых. Угодья протягиваются по всей длине трансекты параллельно друг другу. Каждое из них занимает площадь около 1 га.

В 1997 году проведен первый тур агрохимического обследования, второй тур – в 2012 году, перед запашкой сенокоса. В пахотных горизонтах обоих вариантов определяли содержание гумуса, фосфора и калия, а также солевую и гидролитическую кислотность по общепринятым методикам. Пробы почвы отбирали в точках опробования, регулярно расположенных по угодью на расстоянии 40 м друг от друга.

Полученные данные обрабатывали методом однофакторного и трехфакторного дисперсионного анализа на основе пакета STATGRAPHICS plus. Фактор А – экспозиция склонов холма (северная и южная), В – особенности агромикрорландшафтов в пределах склона конкретной экспозиции (элювиально-аккумулятивный, транзитно-элювиальный, транзитный и транзитно-аккумулятивный), С – гидроморфизм почв в пределах АМЛ (глееватые и глеевые почвы). Степень влияния ландшафтных особенностей на характер динамики агрохимических параметров почв определяли путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую (метод Н.А. Плохинского). Применяли также программу Variable Components Analysis, которая позволяет оценить вклад разнообразных факторов в изменчивость определенного агрохимического параметра.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам сравнения исходного и итогового состояний почвы различных угодий (табл. 1) выявлено, что при экстенсивном использовании земель их агрохимические свойства трансформируются. На основе однофакторного дисперсионного анализа установлено, что в годы мониторинговых

Таблица 1.
Изменение агрохимических свойств почв в различных угодьях

Показатель	Усредненное исходное состояние, 1997 г.	Среднее по севообороту, 2012 г.	Среднее по сенокосу, 2012 г.
pH(Kcl)	5,9	5,47	5,46
НСР ₀₀₅		0,27	0,26
Нгмгкв/100 г	2,07	2,18	2,33
НСР ₀₀₅			
P ₂ O ₅ , мг/100 г	54,6	37,1	26,9
НСР ₀₀₅		15,6	14,6
K ₂ O мг/100г	19,9	10,2	8,03
НСР ₀₀₅		3,68	3,6
Гумус, %	2,46	2,87	2,80
НСР ₀₀₅		0,32	

исследований была характерна однотипная эволюция агрохимических параметров почв различных угодий – везде наблюдается потеря основных элементов питания растений при накоплении гумуса. Как на сенокосе, так и на пашне выявлено подкисление почвы, достоверно зафиксированное только для солевой кислотности. Резкое падение содержания фосфора наиболее сильно выражено на лугу. В почвах под сенокосом также интенсивнее потери калия, содержание гумуса достоверно возросло на пашне, тогда как на лугу наблюдалась только тенденция его роста.

Особенности характера изменения агрохимических свойств почв различных угодий объясняются способом их эксплуатации. Отсутствие интенсивной обработки почв в пределах сенокоса способствовало развитию мощной корневой системы трав, разрыхлившей плотные подпахотные слои, что усилило элювиальные процессы в почвенном профиле. Регулярная вспашка почв севооборотного массива привела к образованию ярко выраженной плужной подошвы, замедляющей процессы вертикального перемещения влаги. Оборот пласта способствует обогащению пахотных горизонтов органикой пожнивных и корневых остатков зерновых и трав, а также замедляет процессы выноса из них питательных веществ.

В результате исследований динамики структуры вариабельности данных, все агрохимические параметры разделили на три группы (табл. 2): 1. Кислотность почв, вариабельность параметров которой в основном зависит от экспозиции (гранулометрический состав), интенсивности заболачивания и времени; 2. Калий и гумус, подверженные влиянию антропогенных факторов и времени их воздействия; 3. Фосфор, зависящий от особенностей макро и мезоструктурных элементов ландшафта и времени.

На начальном этапе эксперимента эти три группы уже существовали, только их структура была несколько иной. В массив данных за 1997 год не включены факторы угодий и времени, поэтому параметры первой группы в основном зависят от характера экспозиции и почвы. На вторую группу параметров влияют особенности АМЛ и почвенного покрова, а на третью – только характер АМЛ. Пространственная изменчивость элементов питания и гумуса не зависели от микроландшафтов.

За 16 лет наблюдений группировка параметров существенно изменилась. Все показатели агрохимического состояния почв, кроме гумуса, испытывают

Таблица 2.
Вклад природных и антропогенных факторов (%)
в вариабельность агрохимических параметров почв
станции «Губино»

Фактор	Показатель				
	pH	Hr	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус
Весь массив данных					
АМЛ	0	0	12,3	0	20,0
Экспозиция	64,1	60,0	24,0	0	0
Почвы	7,0	13,2	0	0	0
Год	11,0	5,5	24,1	53,8	7,6
Угодья	0	0	0	41,1	45,4
Ошибка	17,9	21,3	39,6	5,1	27,0
Состояние на 1997 год					
АМЛ	0	0	58,2	71,9	25,9
Экспозиция	70,6	76,3	0	0	0
Почвы	9,4	9,9	0	20,8	42,4
Ошибка	20,0	13,7	41,8	7,4	31,7
Состояние на 2012 год					
АМЛ	0	0	6,2	0	8,0
Экспозиция	70,0	62,6	43,9	46,9	0
Почвы	4,7	0	8,9	6,8	0
Угодья	7,7	16,3	0	40,7	77,2
Ошибка	17,6	21,1	41,1	5,7	14,8

сильное влияние экспозиционного фактора на пространственную вариабельность. Резко уменьшилось воздействие особенностей почвенного покрова. Главный фактор изменчивости гумуса — характер антропогенного использования земель. Заметное влияние этот фактор оказывает и на содержание калия в пахотных горизонтах. Кислотные свойства и накопление фосфора слабо зависят от антропогенного воздействия.

С помощью трехфакторного дисперсионного анализа (рис. 1, 4-я стр. обл.) установлено, что ландшафты наиболее заметно влияют на вариабельность агрохимических параметров почв на пашне. Сумма средних влияний ландшафтных факторов и их сочетаний на агрохимические показатели в пределах сенокоса равна ≈ 47%, а в севооборотном массиве — ≈ 57%. Это объясняется значительным усилением эрозии и латерального перемещения веществ на пашне.

Максимальное воздействие ландшафт оказывает на эволюцию кислотных свойств почвы, а также на миграцию фосфора и калия, при этом элементы питания растений в наибольшей степени зависят от ландшафтных условий пашни. Следует отметить, что вариабельность калия значительно изменяется при антропогенном воздействии природной среды. Гумусное состояние почвы в наименьшей степени зависит от ландшафта.

За 16 лет наблюдений выявлено, что почвы сенокоса потеряли значительно больше элементов питания растений, чем почвы пахотного массива (см. табл. 1). Пространственная динамика потерь калия аналогична для всех угодий — в пределах луга и пашни максимум их отмечен на вершине холма, а к подножью они снижаются. Характер пространственной изменчивости абсолютных потерь фосфора также не зависит от типа угодья — их максимум наблюдается на вершине и южном склоне холма, на северном склоне потери относительно не велики.

Разница между угодьями по потерям калия существенно меняется в пространстве стационара (рис. 2, 4-я стр. обл.). Максимальные различия выявлены на верхних высотных отметках агроландшафта, а минимальные — в средних и нижних частях склонов. Это объясняется значительным усилением элювиальных процессов в луговых угодьях.

Пространственная динамика разницы потерь фосфора характеризуется минимумом различий между угодьями на вершине холма и постепенным увеличением к его подножьям, что свидетельствует о преимущественно латеральном передвижении в пахотных почвах фосфора с илом вниз по склонам и накопления его в депрессиях. Под лугом этот процесс развит слабее, вследствие отсутствия плужной подошвы.

Итак, в ходе мониторинга агрохимических свойств почв разных угодий в пределах агроландшафта установлено, что длительное экстенсивное использование как пашни, так и сенокоса приводит к подкислению почвы и потере элементов питания растений, биологизация севооборотов (43% многолетних трав) — к накоплению гумуса.

Факторная группировка параметров агрохимического состояния почвы изменяется — пространственная вариабельность большинства агрохимических параметров начинает зависеть от гранулометрического состава (южный склон сложен более легкими породами, чем северный), определяющего напряженность перемещения веществ по профилю почвы в различных направлениях.

Характер пространственной динамики потерь в почве под сенокосом калия в основном определяет напряженность элювиальных процессов, тогда как изменчивость потерь фосфора из пахотных почв в наибольшей степени определяется их латеральной миграцией.

Минимизация потерь элементов питания растений из почв, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот, во многом достижима при адаптивном размещении угодий в пределах агроландшафта. [5] Результаты длительного мониторинга показывают, что трансформация принципов размещения угодий в пределах агроландшафта дает возможность управлять процессами деградации агрофона. Так, при дефиците калия можно рекомендовать размещение пашни на вершинах и верхних частях склонов холмов, а сенокосов на средних и нижних, для экономии фосфорных удобрений принцип расположения угодий можно поменять на противоположный.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, Д.А. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (Прикладная агрогеография). Монография / Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалев. — Тверь. — Издатель А.Н. Кондратьев. — 2017. — 310 с.
2. Иванов, Д.А. Создание ландшафтного полигона нового поколения / Д.А. Иванов, Е.М. Корнеева, Р.А. Салихов и др. // Земледелие. — 1999. — № 6. — С. 15–16.
3. Иванов, Д.А. Формирование продуктивности кормовых растений в зависимости от агроэкологических факторов. / Д.А. Иванов, В.А. Тюлин, Н.В. Гриц, И.В. Громцева. — Тверь. — ТГСХА, 2013. — 163 с.
4. Иванов, Д.А. Продуктивность и ботанический состав разновозрастных травостоев в условиях агроландшафта / Д.А. Иванов, В.А. Тюлин, Н.В. Гриц, И.В. Громцева // Доклады РАСХН. — 2010. — № 3. — С. 26–29.
5. Петрова, Л.И. Изучение дифференцированного применения агротехнических мероприятий в условиях осушенных агроландшафтов Нечерноземной зоны России / Л.И. Петрова, Е.М. Корнеева, Р.А. Салихов // Материалы международной научной конференции

«Земледелие на рубеже XXI века». – М.: МСХА. – 2003. – С. 202–207.

6. Шеуджен, А.Х. Фундаментальная агрохимия: курс лекций, учебно-методическое пособие / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ. – 2014. – 23 с.

LIST OF SOURCES

1. Ivanov, D.A. Landshaftno-meliorativny'e sistemy` zemledeliya (Prikladnaya agrogeogra-fiya). Monografiya / D.A. Ivanov, N.G. Kovalev. – Tver'. – Izdatel' A.N. Kondrat'ev. – 2017. – 310 s.
2. Ivanov, D.A. Sozdanie landshaftnogo poligona novogo pokoleniya / D.A. Ivanov, E.M. Korneeva, R.A. Salixov i dr. // Zemledelie. – 1999. – № 6. – S. 15–16.
3. Ivanov, D.A. Formirovanie produktivnosti kormovy`x rastenij v zavisimosti ot agrocenoticheskix faktorov.

/D.A. Ivanov, V.A. Tyulin, N.V. Gricz, I.V. Gromceva. – Tver'. – TGSXA, 2013. – 163 s.

4. Ivanov, D.A. Produktivnost' i botanicheskij sostav raznovozrastny`x travostoev v uslo-viyax agrolandshafta/ D.A. Ivanov, V.A. Tyulin, N.V. Gricz, I.V. Gromceva // Doklady` RASXN. – 2010. – № 3. – S. 26–29.
5. Petrova, L.I. Izuchenie differencirovannogo primeneniya agrotexnicheskix meropriyatij v usloviyax osushenny`x agrolandshaftov Nechernozemnoj zony` Rossii / L.I. Petrova, E.M. Korneeva, R.A. Salixov//Materialy` mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Zemlede-lie na rubezhe XXI veka». – М.: МСХА. – 2003. – С. 202–207.
6. Sheudzhen, A.X. Fundamental'naya agroxiimiya: kurs lekcij, uchebno-metodicheskoe posobie / A.X. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU. – 2014. – 23 s.