

N.A. Muromtsev<sup>1</sup>, Yu.I. Sukharev<sup>2</sup>, E.A. Piven<sup>3</sup>, K.B. Anisimov<sup>1</sup>, N.A. Semyonov<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Soil Institute named after V.V. Dokuchaeva, Pyzhevsky Lane 7 bld. 2, 119017 Moscow, Russia;

<sup>2</sup> RGAU-MTAA, Timiryazevskaya ul. 49, 127550 Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Russian University of Peoples' Friendship, Miklouho-Maclay ul. 8, 117198 Moscow, Russia

<sup>4</sup> All-Russian Williams Fodder Research Institute, Scientific town 1, 141055 Lobnya, Russia, e-mail: vodoem@mail.ru

The specificities of leaching (outflow) of chemical matter from the alluvial soil with infiltration and their reclamation from groundwater during their evaporation are considered in the article. It is shown that calcium is the most washed out in the annual cycle, as its loss contains 192-207 kg/ha. Calcium (79-77), zinc (82-13), manganese (65-44), potassium (50-44) and magnesium (54-25) are returned (% of removal) to the soil with capillary uplift of groundwater.

With an increase of nitrogen fertilizers norm from  $N_{180}$  to  $N_{480}$  (in the form of nitrate fertilizers and urea), the losses of all studied chemicals increase very significantly: by 1.5-6.0 times for total nitrogen; 3.5-8.0 for nitrate nitrogen and 1.2-2.7 times for other chemical elements. An increase in the nitrate form of nitrogen fertilizers within  $N_{180}$ - $N_{480}$  causes large losses of calcium, potassium, total nitrogen and nitrate nitrogen from the 0-3 cm layer, and magnesium from the 0-70 cm layer; phosphorus losses from both layers are quite equal.

Keywords: soil moisture, water potential, groundwater, infiltration, groundwater evaporation, aeration zone, capillary fringe.

УДК 631.41:631.445.24

## МОНИТОРИНГ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ МЕЛИОРИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

М.В. Рублюк, к.с.-х.н., Д.А. Иванов, чл.-корр. РАН, д.с.-х.н., ВНИИМЗ

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель (ФГБНУ ВНИИМЗ), г. Тверь, 2016vniimz-noo@list.ru

Изучалось в 1998-2016 гг. плодородие дерново-подзолистой почвы на осушаемом опытном участке ФГБНУ ВНИИМЗ с целью получения и анализа мониторинговых данных по содержанию агрохимических свойств почвы ландшафта конечно-моренной гряды. Показаны изменения агрохимических свойств почвы в осушаемых агроландшафтах при их длительном использовании. В ходе исследований выявлено, что в результате экстенсивного возделывания сельскохозяйственных культур зернотравяного севооборота в течение 18 лет произошло снижение подвижного фосфора и обменного калия на 55,8 и 38,3 % соответственно. Установлено, что наименьшие потери подвижного фосфора были на вершине холма (-37,3 %), а обменного калия – в нижней трети северного склона (-9 %). Существенных изменений в содержании гумуса не наблюдалось, чему способствовало насыщение севооборота (42 %) многолетними травами. Анализируя изменения по классам обеспеченности почвы элементами питания, установлено, что обеспеченность подвижным фосфором сохраняется высокой на южном склоне, на вершине холма и в нижней части северного склона. В центральной части северного склона обеспеченность фосфором средняя. По обеспеченности почвы обменным калием отмечен переход из третьей во вторую категорию – на вершине и во всех вариантах южного склона и переход из второй категории в первую – в транзитных вариантах северного склона.

Ключевые слова: агроландшафт, микроландшафт, экспозиция склона, мониторинг, плодородие, дерново-подзолистая почва.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.09

Под действием агротехники, почвенно-климатических факторов и особенностей рельефа в агроландшафтах могут формироваться зоны с разным содержанием элементов питания растений, приуроченные к различным элементам агроландшафта, где создаются специфические условия для роста и развития растений. Вследствие неодинаковой интенсивности миграционных потоков в почве может возникать дисбаланс элементов питания растений. Неоднородность почв, связанная с зонами различной миграции элементов, носит функциональный характер и может значительно варьировать в зависимости от конкретных условий [1, 2]. Для разработки мероприятий по поддержанию и повышению плодородия почв, а также для составления прогноза возможных его изменений особое значение приобретает изучение динамики подвижного фосфора, обменного калия, гумуса и кислотности в пределах агроландшафта [4].

**Методика.** Исследования проводились на агроэкологическом стационаре ВНИИМЗ, расположенном в пре-

делах холма с относительным превышением 15 м, с плоской вершиной и длинными пологими склонами. В его пределах выделено четыре типа агроландшафтов (АМЛ), являющихся вариантами ландшафтно-полевого опыта: 1) элювиально-аккумулятивные (Э-А) на вершине, где вместе с нисходящим током воды и питательных веществ наблюдается их частичная аккумуляция в микропонижениях; 2) элювиально-транзитные (Э-Т) в пределах пологих верхних частей склонов, где наблюдаются нисходящий ток веществ и их боковое перемещение; 3) транзитные (Т) в центральных частях склонов с преобладанием бокового перемещения веществ; и 4) транзитно-аккумулятивные (Т-А) в наиболее пониженных частях стационара, где совмещено латеральное перемещение веществ и частичная их аккумуляция из грунтовых и намывных вод.

Почвообразующие породы в пределах стационара имеют двучленный характер – на южном склоне средняя глубина залегания морены превышает 1 м, в то

время как на северном она залегает на глубине 0,5-0,6 м, а местами выходит на поверхность. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых почв разного геологического строения и степени заболоченности. Опытный участок осушен закрытым дренажем, глубина залегания дрен 1 м. Междреннее расстание в элювиальных вариантах составляет 40 м, в транзитных – 30, в транзитно-аккумулятивных – 20 м.

Исследования проводили на трансекте (профиле), пересекающей все микроландшафтные позиции холма. Она состоит из параллельных полос, каждая из которой засеивается определенной культурой зерноотрубного севооборота: 1 – овес + травосмесь; 2-4 – травосмесь 1-3-го годов пользования; 5 – яровая пшеница; 6 – рапс (на сидерат); 7 – озимая рожь. Удобрения в опыте не вносили, проводили только подкормку зерновых (1 ц/га аммиачной селитры –  $N_{30}$  по д.в.) в фазе кущения.

В пределах трансекты расположены 30 контрольных точек на расстоянии 40 м друг от друга, в которых определяли агрохимические показатели почв и другие параметры агропроизводственной и природной среды.

Данные многолетнего мониторинга агрохимических свойств почвы обрабатывали методом трехфакторного дисперсионного анализа: фактор А – экспозиция (северный и южный склоны), фактор В – микроландшафты (транзитный, транзитно-аккумулятивный, элювиально-аккумулятивный и элювиально-транзитный), фактор С – почвы (глеевые и глееватые). Степень влияния ландшафтных факторов на агрохимические свойства почвы определяли по методу Н.А. Плохинского путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую [5].

**Результаты и их обсуждение.** Разные типы почв различаются по составу минеральной части, количеству и составу органического вещества. Общее содержание фосфора в почвах бывает больше, если они богаты органическим веществом, тогда как содержание калия определяется в основном гранулометрическим составом почвы. По результатам мониторинговых исследований агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы стационара ФГБНУ ВНИИМЗ выявлено, что в 2016 г. среднее содержание подвижного фосфора составило 240 мг/кг (табл.).

**Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в зависимости от микроландшафтного устройства территории (в среднем за 1998-2016 гг.)**

Показатель	(в среднем за 1998-2010 гг.)							Сред- нее	НСР <sub>05</sub>
	Элемент рельефа								
	южный склон		вершина	северный склон					
	Агромикрорландшафт								
	Т-Аю	Тю	Э-Тю	Э-А	Э-Тс	Тс	Т-Ас		
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	304	318	232	391	114	162	155	240	61,4
+/- к исходному, %	-63,6	-72,9	-63,2	-34,3	-59,2	-51,3	-45,9	-55,8	
Содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг	107	109	154	147	96	91	79	112	21,4
+/- к исходному, %	-40,6	-45,8	-43,0	-39,6	-53,9	-36,4	-9,0	-38,3	
pH <sub>KCl</sub>	5,25	5,59	5,61	5,66	5,0	5,84	5,98	5,56	0,50
+/- к исходному	-11,1	-8,4	-4,5	-6,8	-2,0	0	-0,4	-4,7	
Содержание гумуса, %	1,72	2,42	2,26	2,60	2,38	2,34	2,98	2,38	0,527
+/- к исходному, %	0	-9,3	-13,5	+23,2	+11,2	-3,4	0	+1,17	

Содержание подвижного фосфора увеличивалось на вершине и в транзите южного склона и снижалось на северном склоне. Наибольшее содержание подвижного фосфора отмечено в элювиально-аккумулятивном АМЛ – увеличение составило 62,9 %. Наименьшее его содержание наблюдалось в почве элювиально-транзитного АМЛ северного склона – снижение составило 52,5 %.

За период с 1998 по 2016 г. произошло снижение подвижного фосфора. Максимальные потери подвижного фосфора наблюдались в транзитном варианте южного склона. На вершине (в Э-А) потери фосфора были минимальными. Это объясняется выносом фосфора с урожаем и химическим поглощением в ППК.

Калий в растениях находится в ионной форме и не входит в состав органических соединений клеток. При недостатке калия снижается продуктивность фотосинтеза. Критический период его потребления растениями приходится на ранние фазы их роста (в первые 15 дней после всходов). Наибольшее количество калия растения потребляют, как правило, в период интенсивного прироста биологической массы.

Содержание обменного калия в почвах стационара в 2016 г. возрастало в элювиальных вариантах и снижалось на склонах. Наибольшее количество его отмечено в почве элювиально-транзитного АМЛ южного склона. Увеличение его содержания составило 37,5%. В нижней трети северного склона (в Т-Ас) содержание калия было наименьшим (снижение составило 29,4%).

С 1998 по 2016 г. количество обменного калия снижалось во всех вариантах опыта. Максимальные потери калия отмечены в транзитном АМЛ южного склона. На северном склоне (в Т-Ас) снижение калия было наименьшим. Это объясняется эрозийными процессами (смыл на склонах) и гранулометрическим составом почвы.

Реакция почвы влияет на рост растений непосредственно и через снабжение питательными веществами. Избыток  $Al^{3+}$  в сильноокислых почвах и боратов в щелочных оказывает на корни растений токсичное действие. По результатам агрохимических исследований, кислотность почвы к 2016 г. составила в среднем 5,56 ед. Наиболее высокую кислотность имели почвы элювиально-транзитного АМЛ северного склона (повышение кислотности составило 10%). В нижней части северного склона (Т-Ас) кислотность почвы снижалась на 7,6 %.

За период с 1998 по 2016 г. отмечено повышение кислотности в вариантах южного склона и на вершине. Наибольшее подкисление почвы выявлено в транзитных вариантах южного склона – 8,4-11,1%. В транзитном варианте северного склона кислотность почвы не изменилась, а в Т-Ас отмечено незначительное ее снижение. При этом большую роль играют гранулометрический состав почвы и характер подстилающих пород. На северном склоне закарбонатная морена выходит на поверхность, а на южном – пахотный слой более легкого гранулометрического состава подстилается песком и имеет более высокую фильтрующую способность.

Значение органического вещества особенно проявляется на типичных минеральных почвах, плодородие которых зависит в первую очередь от содержания и качества органических веществ [6]. Для дерново-подзолистых почв характерны низкое содержание гумуса, общего азота и резкое снижение их с глубиной профиля. Содержание органического вещества в 2016 г. составило в среднем по опыту 2,38 %, наибольшим оно было в транзитно-аккумулятивном АМЛ северного склона (увеличение составило 0,60 %). В аналогичном варианте южного склона (Т-Аю) содержание гумуса было наименьшим (снижение составило 27,7 %).

За исследуемый период (с 1998 по 2016 гг.) отмечено незначительное повышение содержания гумуса – в среднем по агроландшафту на 1,17 %. Однако, имеются различия по вариантам опыта. В нижних частях склонов разных экспозиций (в Т-Аю и Т-Ас) содержание гумуса не изменилось. В транзитных вариантах обоих склонов и в Э-Тю содержания гумуса незначительно снижалось (на 3,4-13,5 %). На вершине и в Э-Тс количество гумуса несколько возрастало (на 23,2 и 11,2 % соответственно). Снижение гумуса в транзитных вариантах объясняется вымыванием илистых частиц вследствие эрозионных процессов, тогда как повышение содержания органического вещества связано с возделыванием многолетних травосмесей в севообороте (42 %) и минерализацией большого количества растительных остатков. В первом варианте (Т-Аю) обеспеченность гумусом низкая. Варианты 2-7 относятся ко II группе по обеспеченности гумусом.

Следует отметить произошедшие изменения в распределении агрохимических свойств почвы по классам обеспеченности. В 1998 г. обеспеченность подвижным фосфором была высокой во всех вариантах, а обменным калием – высокой на вершине и на южном склоне, средней в Тс и низкой в Т-Ас. Обеспеченность гумусом была средней в транзитных и элювиальных вариантах и низкой – в Т-Аю. Реакция почвенного раствора слабокислая и кислая (в Э-Тс) [3].

Характеризуя изменения, произошедшие в распределении элементов питания по классам обеспеченности, отметим, что очень высокую степень обеспеченности

фосфором (391-304 мг/кг) имеют почвы вершины и транзитных вариантов южного склона; высокую (232-155 мг/кг) – в Э-Тю и в транзитах северного склона и низкую (114 мг/кг) – в Э-Тс. Почва по обеспеченности обменным калием имела среднюю степень (147-107 мг/кг) на вершине и во всех вариантах южного склона и низкую (96-79 мг/кг) – в вариантах северного склона.

**Заключение.** Исследования показали, что в результате 18-летней эксплуатации дерново-подзолистой почвы в режиме экстенсивного земледелия в ней произошло снижение подвижного фосфора и обменного калия на 55,8 и 38,3 % соответственно. Существенных изменений в содержании гумуса не наблюдалось, и его значения составляли 1,72-2,98 %. Обменная кислотность почвы повышалась в транзитных вариантах южного склона (на 8,4-11,1 %) и не изменялась на северном.

Анализируя изменения по классам обеспеченности элементами питания, установлено, что обеспеченность подвижным фосфором сохраняется высокой во всех вариантах опыта, кроме элювиально-транзитного АМЛ северного склона, где отмечен переход из категории с высоким содержанием фосфора в среднюю. По обеспеченности почвы обменным калием наблюдался переход из третьей во вторую категорию – на вершине и во всех вариантах южного склона и переход из второй категории в первую – в транзитных вариантах северного склона.

#### Литература

1. Глазовская М.А. Геохимические основы типизации и методики исследования природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – С. 26-28.
2. Дмитриенко В.Л., Махортов Ю.А. Оптимизация структуры агроландшафтов // Земледелие. – 1998. – № 3 – С. 18-19.
3. Ковалев Н.Г., Ходырев А.А., Иванов Д.А., Тюлин В.А. Агроландшафтоведение. – М.-Тверь, 2004. – 490 с.
4. Корчагин В.И., Кошелев Ю.А., Мязин Н.Г. Мониторинг агрохимических показателей плодородия почв и урожайность основных сельскохозяйственных культур Воронежской области // Плодородие. – 2016. – №3. – С. 10-12.
5. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
6. Сталбов Р.Я. Улучшение склоновых земель Нечерноземья. – М.: Колос, 1984. – 144 с.

## MONITORING OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SOIL OF THE RECLAIMED AGROLANDSCAPES

M.V. Rublyuk, D.A. Ivanov

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (FGBNU VNIIMZ),  
Emmaus settlement 27, 170530 Tver region, Russia, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

*Studies on the study of the fertility of sod-podzolic soils were carried out on the drained experimental section of the FGBNU VNIIMZ in 1998-2016. with the purpose of obtaining and analyzing monitoring data on the content of agrochemical soil properties of the landscape of the moraine ridge. The work shows the changes in agrochemical properties of soil in drained agrolandscapes during their long-term use. During the research it was revealed that as a result of extensive cultivation of agricultural crops of grain-crop rotation, the mobile phosphorus and exchange potassium decreased by 55.8% and 38.3%, respectively, within 18 years, respectively. It was found that the lowest losses of mobile phosphorus were at the top of the hill (-37.3 percent), and exchange potassium in the lower third of the northern slope (-9 percent). There were no significant changes in the humus content, which was facilitated by the saturation of the crop rotation (42 percent) with perennial grasses. Analyzing the changes in the classes of provision of soil with nutrients, it is established that the availability of mobile phosphorus remains high on the southern slope and the top of the hill and in the lower part of the northern slope. In the central part of the northern slope, the supply with phosphorus is medium. The availability of exchangeable potassium for the soil marked the transition from the third to the second category – on the top and on all variants of the southern slope and the transition from the second category to the first – in transit variants of the northern slope.*

*Key words: agrolandscape, microlandscape, slope exposition, monitoring, soil fertility.*