



DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-1-57-64
УДК 504:631

Научная статья

Определение экологических проблем сельскохозяйственного природопользования на основе модульных геохимических показателей

А. Фалак, Л.А. Межова

Воронежский государственный педагогический университет
Российская Федерация, 394043, Воронеж, ул. Ленина, 86

Аннотация. Земельные ресурсы Воронежской области находятся под воздействием длительного сельскохозяйственного природопользования, которое нашло отражение в деградации компонентов природной среды, особенно в изменении биогенных компонентов и гумуса в почвах. С целью определения динамики качественных характеристик почв рассчитаны модульные показатели геохимического воздействия. В статье рассматривается модульная оценка геохимического воздействия на агросистемы Воронежской области. Для сохранения почвенного покрова важно определить степень влияния сельскохозяйственного природопользования на земельные ресурсы. Это осуществляется посредством трех типов коэффициентов – для земледелия, животноводства и техногенного воздействия, которые выступают в качестве основных диагностических показателей. Проведен анализ изменения содержания гумуса и основных биогенных элементов за длительный период интенсивного природопользования. По результатам геохимического анализа выявлены экологические проблемы.

Ключевые слова: модульная оценка, геохимическое воздействие, агросистемы, природопользование, землепользование, экологические проблемы

Введение

Для обоснования экологической безопасности сельскохозяйственного природопользования и устойчивого развития регионов необходима организация комплексного сельскохозяйственного мониторинга для ограничения антропогенного воздействия. Острота экологических проблем сельскохозяйственного природопользования определена недостаточной изученностью взаимосвязи природно-антропогенных процессов и последствий негативного воздействия на агросистемы [1]. Предлагаемые принципы и критерии отбора геохимических показателей в почвах определяются необходимостью создания экспресс-мониторинга на основе геоинформационных технологий. В этой связи в концептуальном плане возникла необходимость обосновать интегральные показатели для определения экологического качества агросистем.

© Фалак А., Межова Л.А., 2020



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Методы и материалы

Материалом и объектом исследования послужили земельные ресурсы бассейна реки Воронеж. Почвы ее бассейна в результате длительного сельскохозяйственного использования изменяют геохимический фон. Разнообразие почвенного покрова, разные типы природопользования приводят к обострению экологических ситуаций в регионе. Антропогенная трансформация почв рассчитывалась по модулям земледельческого и животноводческого воздействия. Техногенное влияние было определено с помощью коэффициента техногенного воздействия М.А. Глазовской. Балансовые расчеты выявляют экологические проблемы, возникающие под воздействием сельскохозяйственного природопользования.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе уборки урожая зерновых культур в среднем выносятся около 20–40 кг/га азота, 8–15 кг/га фосфора, 20–40 кг/га калия. При этом от вносимых в почву минеральных удобрений растения поглощают около 90 % калия, 20 % фосфора и 60 % азота. Значительные потери питательных веществ почвы связаны с поверхностным стоком, посредством которого из агросистем в среднем может выноситься 50 % калия, 20 % фосфора и 10 % азота [2]. В пределах бассейна реки Воронеж площадь посевных площадей составляет 14 700 км². На основе анализа данных Росстата были рассчитаны показатели урожайности преобладающих сельскохозяйственных культур, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Ежегодная продукция основных сельскохозяйственных культур в агросистемах бассейна реки Воронеж, ц/га

Тип культур	Средняя урожайность, ц/га	Амплитуда колебаний урожайности
Зерновые культуры	23,6	в 6 раз
Горох	12,1	в 2 раза
Кукуруза	15,1	в 1–2 раза
Подсолнечник	11,5	в 1–2 раза
Сахарная свекла	176	в 40 раз

Table 1

Annual production of main crops in the agricultural systems of the Voronezh river basin, metric centner/ha

Type of crop	Average yield, metric centner/ha	The amplitude of yield fluctuations
Cereal crops	23,6	in 6 times
Peas	12,1	in 2 times
Corn	15,1	in 1–2 times
Sunflower	11,5	in 1–2 times
Sugar beet	176	in 40 times

На территории бассейна реки Воронеж преобладающими являются злаковые, технические, зернобобовые, пропашные агросистемы. В сочетании с другими агросистемами они создают мозаичное геохимическое поле в ландшафтах бассейна. По годам наблюдаются значительные колебания урожайности сахарной свеклы и зерновых культур. Следовательно, уровень выноса

вещества по годам варьирует от 1,5 до 40 раз. Геохимическое воздействие человека в сельском хозяйстве выражается не только выносом, но и вносом вещества с минеральными и органическими удобрениями (табл. 2). Как видно из табл. 2, дозы внесения удобрений почти постоянны.

Таблица 2

Средняя динамика вноса минеральных и органических удобрений
 [Table 2. The average dynamics of mineral and organic fertilizers]

Удобрения [Fertilizers]	1980	1981	1982	1983	1984
Органические, т/га [Organic, t/ha]	2,9	2,2	3,6	3,5	3,8
Минеральные, т/га [Mineral, t/ha]	0,68	0,6	0,7	0,64	0,59

Для определения уровня геохимической сельскохозяйственной нагрузки производился расчет модульных показателей. При этом были определены модуль вноса (M_B), модуль выноса ($M_{вын}$) и модуль сохранения или потери вещества (M_c). Расчет производился для трех ведущих культур, произрастающих на типичных черноземах. Нормы внесения удобрений составляют: суперфосфат гранулированный и в порошке – 14 ц/га, калийная соль – 2,5 ц/га, азот аммиачный – 1 ц/га. Средняя урожайность пшеницы – 40 ц/га, гороха – 27,4 ц/га, свеклы – 176 ц/га. Физический смысл рассчитанных коэффициентов заключается в оценке массы вещества, вносимого и выносимого из почвы, к его содержанию в почве (табл. 3).

Таблица 3

Геохимическое воздействие земледелия на ландшафт

Тип почвы		Типичные черноземы		
Химические элементы		10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
Модуль запаса	Озимая пшеница	1,1	7	–
	Горох	1,3	6,5	1
	Сахарная свекла	2,2	14	0,8
Модуль выноса	Озимая пшеница	3,32	1,4	3,6
	Горох	3,65	1,25	1,67
	Сахарная свекла	6,4	5,6	–
Модуль вноса	Озимая пшеница	–2,22	5,5	–2,6
	Горох	–2,35	5,25	–0,6
	Сахарная свекла	–4,2	8,4	–3,3

Table 3

Geochemical effects of agriculture on the landscape

Soil type		Typical chernozems		
Chemical elements		10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
Stock module	Winter wheat	1,1	7	–
	Peas	1,3	6,5	1
	Sugar beet	2,2	14	0,8
Stem module	Winter wheat	3,32	1,4	3,6
	Peas	3,65	1,25	1,67
	Sugar beet	6,4	5,6	–
Insertion module	Winter wheat	–2,22	5,5	–2,6
	Peas	–2,35	5,25	–0,6
	Sugar beet	–4,2	8,4	–3,3

Для агросистем озимой пшеницы 0,7 % фосфора от его запаса вносится в почву, 0,14 % выносится вместе с урожаем, 0,56 % остается в почве. По азоту внос с минеральными удобрениями составляет 0,11 %, выносится с урожаем 0,33 %, дефицит азота 0,22 %. По калию поступление составляет 0,1 %, отчуждение с урожаем 0,36 %, отрицательный баланс составляет 0,26 %. В агросистемах гороха и сахарной свеклы характерен более значительный вынос с урожаем калия и азота.

Степень земледельческого геохимического воздействия по азоту и калию превышает естественный геохимический потенциал ландшафта. Отрицательные балансы по азоту и калию всех агросистем на типичных черноземах Окско-Донской равнины отмечены также в работе Г.П. Школьной [3].

В целом по данным региона наблюдаются ежегодные потери азота и калия и нормальный режим по фосфору. В зависимости от температуры и уровня увлажнения масса выноса вещества и модуль сохранения его запасов в почве будут варьировать.

Для ландшафтов Воронежского лесостепья характерны 3–4 засухи за семнадцатилетний период. В засушливый год будет наблюдаться накопление вносимых туков, так как отчуждение вещества с урожаем невелико. В годы с максимальными урожаями следует ожидать преобладание выноса вещества.

Рассчитанный коэффициент роста модулей выноса вещества составляет 0,052, а величина коэффициента роста модулей запасов вещества – 0,038. Сопоставление скорости роста выноса за десятилетие и запасов вещества в почве выявляет тенденцию запаздывания сохранения запасов вещества в почве по сравнению с выносом.

В среднем десятилетний период в агросистемах характеризуется уменьшением обменного калия и азота и увеличением обменных форм фосфора на типичных черноземах. Это свидетельствует о негативном сельскохозяйственном воздействии на земельные ресурсы.

На агросистемы оказывают влияние техногенное воздействие, которое было рассчитано по методике П.Ф. Глазовского [4]. Модули техногенного давления в бассейне реки Воронеж показаны в табл. 4

Таблица 4

Модуль техногенного давления на лесостепные ландшафты бассейна реки Воронеж
 [Table 4. Module of technogenic pressure on forest-steppe landscapes of the Voronezh river basin]

Химический элемент [Chemical element]	Модуль содержания, км ² [Content module, km ²]	Модуль техногенного давления по П.Ф. Глазовскому [Technogenic pressure module by P. F. Glazovsky]
N	10700	0,93
P	1680	0,65
K	5940	0,31
S	4230	0,81

Данные табл. 4 наглядно отражают процесс уменьшения запасов вещества, что свидетельствует об интенсивном характере сельскохозяйственного воздействия. Для Воронежского лесостепья на рубеже XXI века характерна флуктуация климатических процессов, влияющих на процесс почвообразования. Сельскохозяйственное природопользование нарушает природный гео-

химический и гидрологический фон территории. Сочетание различных типов черноземов определяет структуру и динамику миграционных процессов в почве. В этой связи при организации сельскохозяйственного мониторинга необходимо учитывать контрастность проявления природно-антропогенных процессов.

Апробированная система модульных показателей определяет особенности природных и антропогенных факторов в агросистемах.

В бассейне реки Воронеж расположено 250 сельских хозяйств, и наряду с земледельческим использованием территории значительное влияние на нее оказывают животноводческие комплексы. В среднем в пределах исследуемой зоны находятся 15 комплексов крупного рогатого скота, 13 свиноводческих и 8 птицефабрик (табл. 5).

Таблица 5

Поголовье скота и масса продуцируемого навоза на территории бассейна реки Воронеж

Животноводческие комплексы	Количество, тыс. голов	Выход навоза, тыс. т
Крупнорогатого скота	560	3350
Свиноводческие	640	640
Птицефабрики	13920	98

Table 5

Livestock number and mass of manure produced on the territory of the Voronezh river basin

Livestock complexes	Quantity, thousands heads	The output of manure, thousands tons
Cattle	560	3350
Pig breeding	640	640
Poultry farms	13920	98

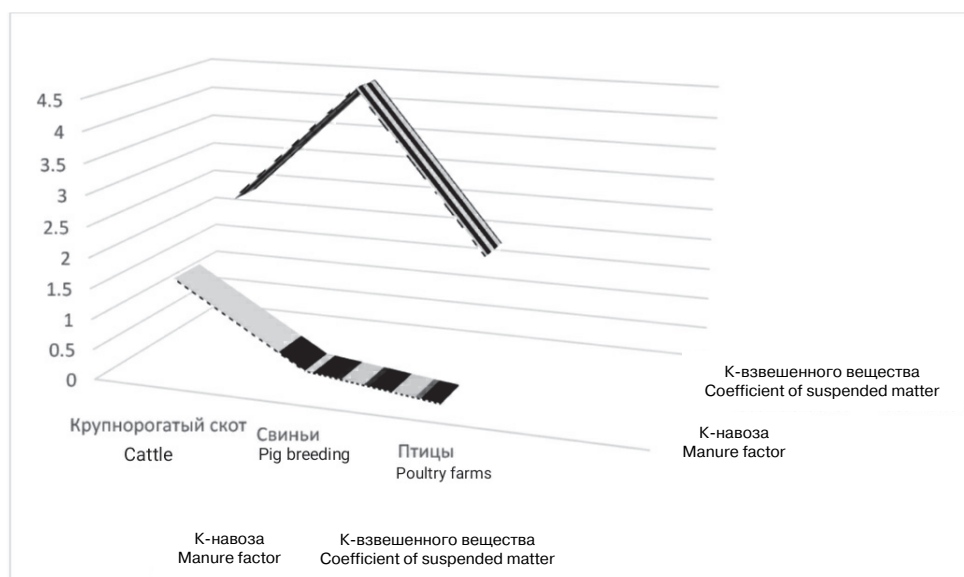


Рисунок. Коэффициент животноводческого воздействия по навозу и взвешенному веществу [Figure. Coefficient of livestock impact on manure and declared substance]

В настоящее время животноводство, как и земледелие, оказывает значительное воздействие на изменение геохимического фона территории, в том числе на гидросистему бассейна. Для водоснабжения в сельском хозяйстве, особенно

животноводстве, используются подземные воды в количестве 243 тыс. м³/сут. При этом только 10 % составляют хозяйственно-бытовые стоки и 90 % производственно-сточные воды. Уровень очистки вод с сельскохозяйственных объектов в настоящее время довольно низок. Только 23 сельскохозяйственных объекта имеют очистные сооружения, причем пять из них расположены перед самым выпуском сточных вод в реку. Очищается всего 3 тыс. м³/сут, 8 тыс. м³/сут используется на орошение. Наиболее высок уровень загрязнения в животноводческих комплексах, расположенных на малых реках. Животноводческие фермы являются источниками загрязнения атмосферного воздуха. Значительна величина бактериального загрязнения. Животноводческие фермы служат поставщиками органических удобрений. В перспективе ежегодный объем жидких органических удобрений превысит 10 млн м³. Данная величина равноценна 60 тыс. т аммиачной селитры и 39 тыс. т калийной соли. Животноводческое воздействие на агросистемы бассейна реки Воронеж отражено на рисунке.

Сравнение уровней животноводческого воздействия по общему азоту и органическому веществу с урбосистемами показывает их равнозначность. Следует отметить, изменение структуры и динамики численности поголовья скота. Распределение животноводческих комплексов по территории бассейна неравномерно. Интенсивна степень их воздействия в бассейнах рек Лесного и Польного Воронежа, Иловой и Плавичи. В наиболее неблагоприятных экологических условиях под влиянием животноводства оказываются и аквальные ландшафты, а также пригородные территории.

В целом для животноводства характерно постепенное увеличение животноводческой нагрузки, что приводит к независимому варьированию коэффициента геохимической животноводческой нагрузки. Причем этот процесс экспоненциально возрастает во времени. Большая часть массы вещества, продуцируемого животноводством, используется в качестве удобрений, и уровень использования во времени также возрастает.

Сельскохозяйственное природопользование в наибольшей степени влияет на структуру и динамику природных массообменных процессов. В земледелии наблюдается значительный уровень геохимического воздействия, который выражается в преобладании выноса вещества из почвенной подсистемы речного бассейна. Урожайность сельскохозяйственных культур по сравнению с началом XX века возросла незначительно, если учитывать среднестатистические данные за десятилетие начала XXI века и современного периода. Животноводство, особенно крупные животноводческие комплексы, являются источниками загрязнения территории, значительно изменяя природный потенциал.

Заключение

Изучение массообменных процессов в почвах речных бассейнов определяет их функциональный режим. Сельскохозяйственное природопользование усиливает процессы эрозии, загрязнения почв и подземных вод, их переувлажнения и иссушения. Расчеты модульных показателей выявили, что истощение земельных ресурсов происходит за счет несбалансированного сельскохозяйственного природопользования, и позволяют осуществлять более обос-

нованные прогнозы дигрессионных процессов в почве. Комплексный мониторинг позволит выявить наличие технологических потерь в региональном природно-антропогенном геохимическом фоне.

Список литературы

- [1] *Потапова И.С.* Геоэкологическая оценка сельскохозяйственного землепользования Бобровского района // Проблемы региональной экологии. 2012. № 3. С. 67–69.
- [2] *Потапова И.С.* Региональные проблемы экономической безопасности природных антропогенных объектов // Региональные проблемы экологической безопасности природных и антропогенных объектов: материалы региональной научной конференции (Воронеж, 12–13 декабря 2008 г.). Воронеж: ВГПУ, 2008. С. 76–81.
- [3] *Школьная Г.П.* Биологическая продуктивность агроценозов на типичном черноземе и на черноземно-луговой почве: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1978. 24 с.
- [4] *Касимов Н.С., Снытко В.А.* Н.Ф. Глазовский. Избранные труды: в 2 т. // Вестник Российской академии наук. 2010. Т. 80. № 11. С. 1044–1045.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 26.12.2019

Дата принятия к печати: 15.01.2020

Для цитирования:

Фалак А., Межова Л.А. Определение экологических проблем сельскохозяйственного природопользования на основе модульных геохимических показателей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 1. С. 57–64. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-1-57-64>

Сведения об авторах:

Фалак Алмобарак, аспирант кафедры географии и туризма географического факультета Воронежского государственного педагогического университета. E-mail: falak88.2019@gmail.com

Межова Лидия Александровна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и туризма Воронежского государственного педагогического университета. E-mail: lidiya09mezhova@yandex.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-1-57-64

Research article

Determination of environmental problems of agricultural nature management based on modular geochemical indicators

Almobarak Falak, Lidia A. Mezhova

Voronezh State Pedagogical University
86 Lenina St, Voronezh, 394043, Russian Federation

Abstract. Central Chernozem is one of the largest agricultural regions in Russia. As a result of the long period of natural resources use the anthropogenic load on agricultural lands is increasing. The result of agricultural nature management is the increase of land degradation pro-

cesses. Voronezh Region has a high agro-climatic potential, most of the territory is occupied by agricultural land, arable land prevails among them. Soil degradation is the most acute problem. There is a need to assess the impact of agricultural natural resources use on land resources of the region. Modular coefficients for assessment of geochemical impact of agriculture and animal husbandry on agricultural systems are proposed. The developed factor is a tool for identification of negative land use processes and environmental problems. The article deals with the issues of ecologically oriented, scientifically grounded strategy of agricultural nature management. Ecological approach to assessment of soil quality in the future will develop a strategy for balanced land use. The article has a scientific and practical character and is aimed at the development of methods of ecological assessment of soil quality. The proposed methodological approach identifies destructive processes in soils. For ecologically oriented strategy of development of regions it is important to define maximum allowable agricultural loads for preservation of sustainable environment.

Keywords: modular assessment, geochemical impacts, agrosystems, environmental management, land use, environmental problems

References

- [1] Potapova IS. Geoekologicheskaya otsenka sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya Bobrovskogo raiona [Geoecological assessment of agricultural land use in Bobrovsky district]. *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology]. 2012;(3):67–69. (In Russ.)
- [2] Potapova IS. Regional'nye problemy ekonomicheskoi bezopasnosti prirodnykh antropogennykh ob'ektov [Regional problems of economic security of natural anthropogenic objects]. *Regional'nye problemy ekologicheskoi bezopasnosti prirodnykh i antropogennykh ob'ektov* [Regional problems of ecological safety of natural and anthropogenic objects]: proceedings of the regional scientific conference (Voronezh, December 12–13, 2008) (p. 76–81.). Voronezh: Voronezh State Pedagogical University; 2008. (In Russ.)
- [3] Schkolnaya GP. *Biologicheskaya produktivnost' agrotsenozov na tipichnom chernozeme i na chernozemno-lugovoi pochve* [Biological productivity of agrocenoses on typical Chernozem and on Chernozem-meadow soil]: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences. Moscow; 1978. (In Russ.)
- [4] Kasimov NS, Snytko VA. N.F. Glazovsky. Izbrannyye trudy [Selected works]: in 2 vols. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2010;80(11):1044–1045. (In Russ.)

Article history:

Received: 26.12.2019

Revised: 15.01.2020

For citation:

Falak A., Mezhova LA. Determination of environmental problems of agricultural nature management based on modular geochemical indicators. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(1):57–64. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-1-57-64>

Bio notes:

Almobarak Falak, PhD student of the Department of Geography and Tourism of Faculty of Geography of Voronezh State Pedagogical University. E-mail: falak88.2019@gmail.com

Lidia A. Mezhova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography and Tourism of Faculty of Geography of Voronezh State Pedagogical University. E-mail: lidiya09mezhova@yandex.ru