

УДК: 504.062+631.4

DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-2-63-72



МЕТОДИКА УЧЕТА ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛОЖИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. Л. Киндеев*, Н. В. Клебанович

Белорусский государственный университет, 220030, Республика Беларусь, Минск, ул. Ленинградская, д. 16

* E-mail: AKindeev@tut.by

В статье на примере Воложинского района Республики Беларусь предлагается комплексная оценка агрохимического и почвенного потенциала почвы посредством типизации почвенного покрова в зависимости от агрохимических показателей ($pH_{КС}$, содержание гумуса, подвижных соединений фосфора и калия) и балла бонитета, отражающего плодородие почвы. При помощи методов геостатистики значения агрохимических показателей были интерполированы из элементарных участков в ареалы почвенных разновидностей сельскохозяйственных земель и классифицированы по грациям агрохимических показателей, составивших агрохимический потенциал (АП). После пересечения АП с баллом бонитета было выделено девять групп почв по почвенно-агрохимическому потенциалу (ПАП), из которых наибольшую долю (58,2%) занимают почвы со средним потенциалом (61950 га). По результатам пространственной оценки ПАП было определено, что наибольшим потенциалом обладают дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы, развивающиеся на легких суглинках и связных супесях. Также было выявлено, что территории с низким ПАП тяготеют к наиболее расчлененным участкам местности с песчаными и связносупесчаными почвами. На основании проведенной типизации определены основные виды предпочтительного использования земель Воложинского района: большая часть сельскохозяйственных земель может быть задействована в интенсивном сельскохозяйственном использовании под пашню (52,1 %) и луга (12,5%), традиционное использование земель возможно на 29,3% территории и только 6,2% земель, преимущественно эрозийно-опасных, требуют почвозащитных систем земледелия.

Ключевые слова: ГИС-картографирование, агроландшафт, свойства почвы, кадастровая оценка, использование земель.

Введение

Одним из основных направлений модернизации и оптимизации сельского хозяйства является обеспечение аграрно-промышленного комплекса новыми эффективными адаптированными ресурсосберегающими технологиями и методиками, направленными на охрану агроландшафтов от деградации и повышение продуктивности агроценозов [Клебанович и др., 2019]. При этом неотъемлемой частью сельскохозяйственного производства является учет состояния почвенного покрова, что позволяет оптимизировать пространственную структуру землепользования сельскохозяйственных организаций.

На данном этапе развития АПК Республики Беларусь, как и других стран СНГ, данные технологии редко встречаются в практическом использовании, однако недавние исследования показывают, что тип землепользования имеет значительное влияние на содержание органического углерода, показав свое

максимальное содержание в почве ($138,0 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1}$) на пашне и минимальное на сенокосах и под спелым лесом ($67\text{--}68 \text{ т С} \cdot \text{га}^{-1}$) [Дубровина, 2021]. При этом нельзя не отметить громадный опыт в разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия [Червань, 2016; Кирюшин, 2021], которые учитывают потенциал агроландшафта и позволяют выстраивать структуру землепользования так, чтобы не нарушать его целостности. В Республике Беларусь были разработаны методики оценки производительности земель при помощи геосистемного подхода, представляющего собой типизацию территорий на основе структуры почвенного покрова, геоморфологических и орографических условий (подробнее в [Червань, 2021]), но при этом не учитывалось агрохимическое состояние территории.

Большие по площади геосистемы, включающие в себя значительное число элементарных участков, могут иметь кардинальные различия в агрохимических и физических свойствах почв территории. При этом не исключается и внутрипольная неоднород-

ность самих участков, учетом которой занимается точное земледелие [Киндеев, 2022]. Но использование методик точного земледелия в региональном масштабе малореально ввиду трудоемкости полевых работ.

В связи с этим целью данного исследования является создание методики оценки почвенно-агрохимического потенциала сельскохозяйственных земель для оптимизации землепользования в региональном масштабе. В рамках выполнения цели предлагается решить следующие задачи:

1. Разработать алгоритм определения почвенно-агрохимического потенциала (ПАП) почвенного покрова сельскохозяйственных земель в региональном масштабе на примере Воложинского района Республики Беларусь;
2. Выделить группы ПАП на основе агрохимического и естественного состояния почвы;
3. Выявить территориальные различия (диспропорции) ПАП и типизировать почвенные комбинации по группам ПАП;
4. Разработать предложения по совершенствованию структуры землепользования на основе ПАП.

Материалы и методы

Воложинский район находится в составе Западно-Белорусской провинции, которая характеризуется чередованием холмисто-моренного рельефа с водно-ледниковыми низинами. Климат территории влажный, средние температуры июля — плюс 17,5–18,5°C, января — минус 4,0–6,5°C. Годовые суммы осадков составляют около 550–650 мм. Бывшие ледниковые озера заторфованы или спущены реками. Европейские широколиственно-еловые леса средне-европейского типа чередуются с южнотаежными борами. Среди болот преобладает низинный тип

[Бурко и др., 2007]. Район расположен на границе трех геоморфологических объектов: Ошмянские ледниковые гряды на западе, Минская ледниковая возвышенность на востоке и Верхненеманская водно-ледниковая низина на юге, что обуславливает значительную степень расчлененности рельефа и активное протекание эрозионно-денудационных процессов.

Проведение исследований по определению почвенно-агрохимического потенциала непосредственно в Воложинском районе обусловлено рядом факторов:

1. Высокой ландшафтно-эстетической ценностью и рекреационной значимостью территории Воложинского района [Бурко и др., 2007], что обуславливает необходимость разработки систем рационального природопользования, в первую очередь АПК, в связи с большой долей сельскохозяйственной освоенности территории;
2. Включением Воложинского района в проект развития органического сельского хозяйства Республики Беларусь [Тищенко, 2018], что говорит о важности разработки методик по определению почвенно-агрохимического потенциала для определения степени эффективности подобных программ именно для этого района;
3. Воложинский район Минской области, согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь № 9 от 11.01.2016 [Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь], является единственным районом центральной части Беларуси, который относится к зоне с периодическим радиационным контролем — территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs от 1 до 5 Ки·км⁻² и/или ^{90}Sr от 0,15 до 0,5 Ки·км⁻², что свидетельствует о необходимости дополнительных почвенно-экологических исследований.

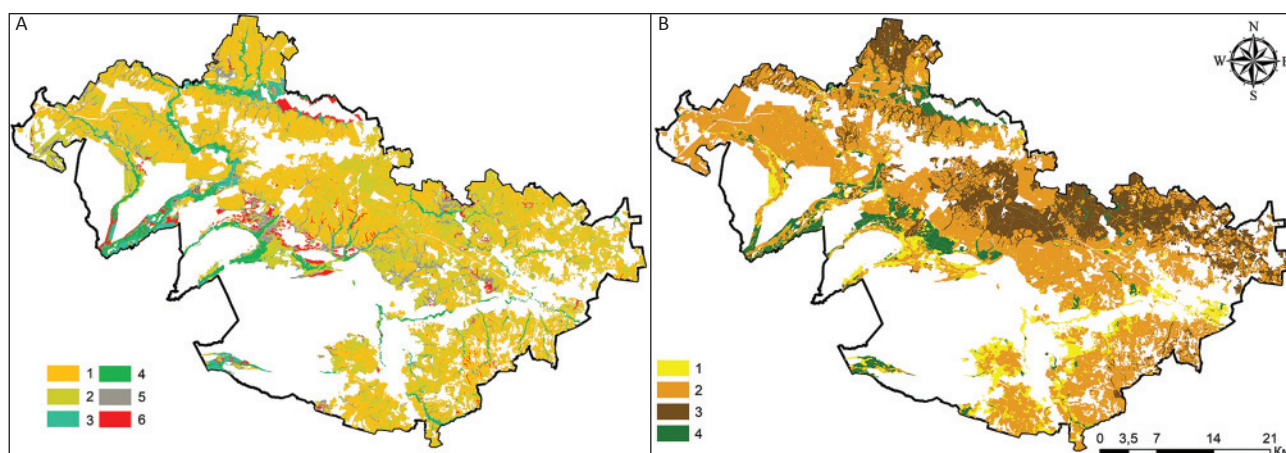


Рис. 1. Карты типов почв (А) и гранулометрического состава (В) сельскохозяйственных земель Воложинского района

А: 1 — дерново-подзолистые (Retisols); 2 — дерново-подзолистые заболоченные (gleyic Retisols); 3 — аллювиально-болотные (Histic Fluvisols); 4 — аллювиально-дерновые (Gleyic Fluvisols); 5 — дерновые заболоченные (Gleysols); 6 — антропогенно преобразованные (Anthrosols). Без окраски — лесные и иные несельскохозяйственные земли.
В: 1 — песчаные; 2 — супесчаные; 3 — суглинистые; 4 — органогенные

Исходными материалами для исследования послужили данные земельно-информационной системы (ЗИС) Республики Беларусь об агрохимических показателях почв сельскохозяйственных земель Воложинского района, а также данные крупномасштабного почвенного картографирования почв района [Геопортал земельно-информационной системы Республики Беларусь].

Общая площадь сельскохозяйственных земель составляет 106524 га, 55,7% от общей площади района. Количество элементарных участков — 14428. По данным крупномасштабного почвенного картографирования в районе насчитывается 499 почвенных разновидностей, составляющих 6 основных типов почв (рис. 1), согласно разработанному в Республике Беларусь ТКП 651-2020 (33520) [Почвенное обследование земель ..., 2020] (Англоязычные названия почв приведены в соответствии с международной классификацией WRB (World Reference Base)) [IUSS Working Group WRB].

Дерново-подзолистые почвы составляют 46% площади сельскохозяйственных земель — наибольшая доля от всех типов почв района и распространены повсеместно. Дерново-подзолистые заболоченные почвы представлены в северо-западной, центральной и северо-восточной частях Воложинского района и составляют 34% территории. Следует отметить, что этот тип почв представлен преимущественно временно избыточно увлажня-

емыми видами, что при доминировании легких почв не оказывает депрессирующего влияния на эффективное плодородие. Аллювиально-болотные и аллювиально-дерновые почвы (11%) сосредоточены в западной половине. Дерновые заболоченные почвы имеют мозаичное распределение по району и занимают 6% площади от всех типов почв района. Антропогенно преобразованные почвы встречаются локально и занимают лишь 3% территории.

По гранулометрическому составу самые легкие, песчаные почвы представлены точечно в северо-западной, центральной, юго-восточной и южной частях Воложинского района. Супесчаные почвы встречаются повсеместно и занимают наибольшую площадь района. Суглинистые почвы занимают всю северную часть района, простираясь до его центра. Почвы на органогенных породах отмечены в западной части района.

В основе предлагаемой методики лежит геостатистическая оценка пространственной неоднородности агрохимических показателей почвенного покрова для определения агрохимического потенциала почвы с последующим учетом естественного состояния почвенного покрова.

Для учета использовались площади элементарных участков, которые являются исходными операционными единицами для инструмента «Площадной интерполяции» Geostatistical Analyst. Данный инструмент позволяет корректно агреги-

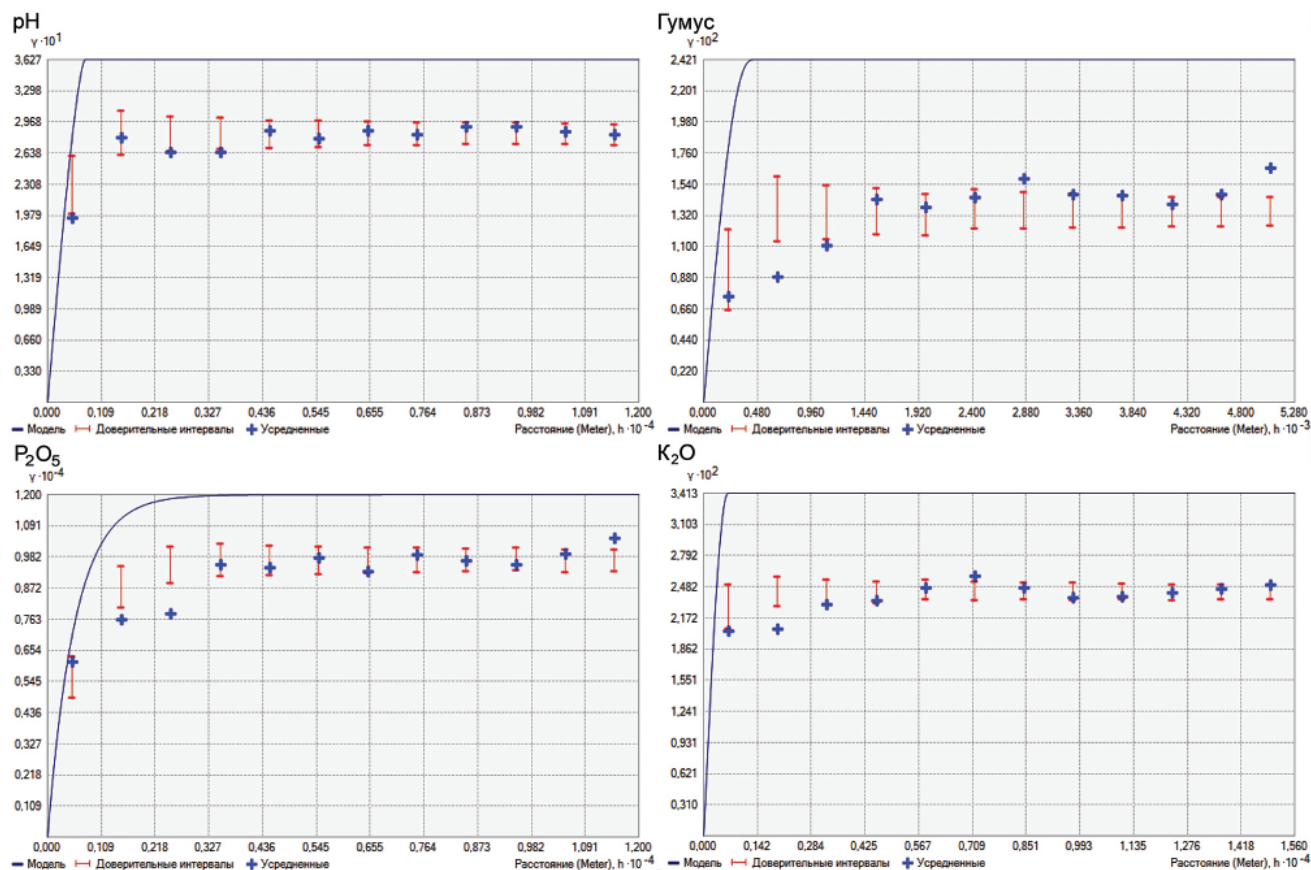


Рис. 2. Вариограммы исследуемых свойств почвенного покрова

ровать одни полигоны (элементарные участки) в другие (почвенные контура) и ранее уже использовался при анализе данных по загрязнению ^{137}Cs в населенных пунктах Республики Беларусь, показав превосходство выбранного метода по сравнению с обычными видами кригинга [Krivoruchko et al., 2011].

Вариография является ключевым моментом геостатистического оценивания данных (рис. 2). В случае с площадной интерполяцией обычное уравнение вариограммы будет представлять собой следующую формулу ковариации [Cressie, 1993]:

$$\text{cov}((Z(A_i), Z(A_j))) = \frac{1}{|A_i||A_j|} \iint_{A_i A_j} \text{cov}(Z(s'), Z(s)) ds ds', \quad (1)$$

$$\text{cov}((Z(A_i), Z(A_j))) = \frac{1}{|A_i|} \int_{A_i} \text{cov}(Z(s'), Z(s)) ds', \quad (2)$$

где $\text{cov}((Z(A_i), Z(A_j)))$ — ковариация между выполненными измерениями; A_i и A_j — площади полигонов; s' и s — значения исследуемых переменных в полигонах.

Одной из ключевых особенностей подбора вариограмм при использовании площадной интерполяции, в отличие от обычных видов кригинга (простой, ординарный), является не соблюдение идентичности между экспериментальной вариограммой и математической, а нахождение как можно большего числа усредненных значений (синие крестики на рис. 2) в доверительных интервалах (красные линии). Данное несоответствие вызвано тем, что математическая модель вариограммы строится по точечным данным, т. е. центроидам полигонов, а экспериментальная — непосредственно по полигонам с учетом их площади. В этом случае площадной кригинг может дать более точные прогнозы, чем точечный кригинг со значениями, присвоенными центроидам полигонов [Krivoruchko et al., 2011].

Эффект самородка у всех представленных вариограмм равняется 0, что позволяет говорить об отсутствии остаточной дисперсии в данных. Эмпирическая вариограмма pH_{KCl} практически идеально ложится в доверительные интервалы, однако наибольшая корреляция наблюдается на средних и дальних расстояниях, в свою очередь, до 2000 м значения имеют более сильную пространственную изменчивость.

Пространственная автокорреляция гумуса лучше всего описывается частным случаем сферической вариограммы — тетрасферической. Ранг вариограммы составил 1528 м, что говорит об отсутствии пространственной связи между значениями на расстояниях, превышающих установленное. Как видно из вариограммы, наибольшим подобием обладают значения на средней дистанции — от 1500 до 4500 метров, а также на малых расстояниях до 400 м.

Калию и фосфору соответствуют экспоненциальная и сферическая вариограммы. У K_2O на-

блюдаются отклонения на дистанциях от 2000 до 4500 м, которые затухают после преодоления этой отметки. Значения фосфора также имеют отклонения от доверительных интервалов на дистанциях до 3000 м.

На основе полученных вариограмм и картограмм агрохимических свойств почвенного покрова была сформирована карта агрохимического потенциала (АП), отражающая 6 групп обеспеченности элементами питания (рис. 2). Количество зон определялось исходя из числа градаций, установленных методикой крупномасштабных агрохимического и радиологического обследований почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь [Богдевич, 2020]. Так, например, к землям с очень низким АП относятся все территории, где pH_{KCl} менее 4,5, гумус менее 1,00%, содержание фосфора и калия менее $60 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Оценка естественного почвенного состояния базируется на балле бонитета сельскохозяйственных земель, в который заложена качественная информация о гранулометрическом составе и степени увлажнения почвы, что во многом определяет перераспределение вещества и энергии в почвенном покрове. Данные о балле бонитета, так же как и агрохимические показатели, были агрегированы в почвенные контура.

Для определения ПАП значения балла бонитета почвенного покрова были разделены на три группы, где низким считается балл от 0 до 22, средним от 22,1 до 44 и высоким от 44,1 до 66, а шесть групп агрохимического потенциала были генерализованы в три, где низким считается значение с 6 до 12, средним с 12,1 до 18 и высоким с 18,1 до 24. После чего был произведен их анализ, что позволило выделить 9 групп ПАП (рис. 3).

Типизация почвенного покрова проводилась на основе системного подхода с применением ГИС-

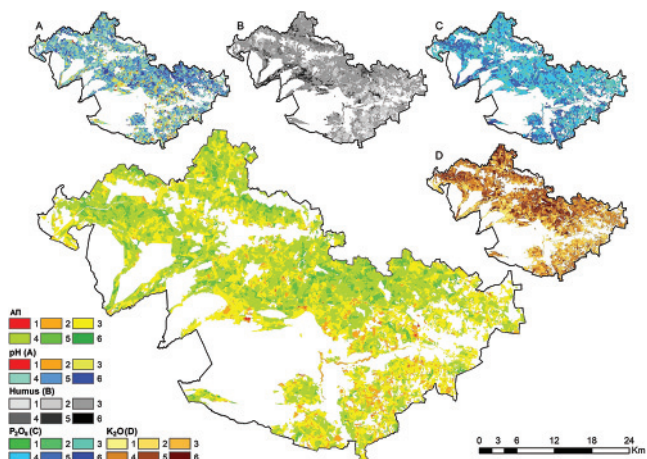


Рис. 3. Агрохимический потенциал (АП)

Воложинского района и картограммы:

A — pH_{KCl} ; B — гумуса; C — P_2O_5 ; D — K_2O

Примечание. Номерам легенды соответствуют градации в табл. 1.

Таблица 1

Типизация сельскохозяйственных земель по агрохимическому потенциалу

№ на карте	Агрохимический потенциал	pH _{KCl}	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг·кг ⁻¹	K ₂ O, мг·кг ⁻¹
1	Очень низкий	менее 4,5	менее 1,00	менее 60	менее 60
2	Низкий	4,51–5,00	1,01–2,00	60–100	61–140
3	Средний	5,10–5,50	2,0–3,00	101–150	141–200
4	Повышенный	5,51–6,00	3,01–4,00	151–200	201–300
5	Высокий	6,10–6,50	4,01–6,00	201–400	301–400
6	Очень высокий	свыше 6,50	свыше 6,00	свыше 400	свыше 400

технологий. Выделяемые почвенные комбинации (ПК) в каждой из групп ПАП индивидуализированы через компонентный состав и долю их участия в структуре почвенного покрова каждой группы [Кауричев и др., 1992].

По представленной методике составлялись формулы ПК, в которых закодированы качественное и количественное разнообразия почвы. Буквенные индексы обозначают типы почв: ДП — дерново-подзолистые, АБ — аллювиально-болотные; ДЗ — дерновые-заболоченные и т. д., а цифры в верхнем индексе обозначают долю (минимум — 5%) участия почвы в группе ПАП, например ДП⁴⁵ означает, что в группе 45% приходится на дерново-подзолистые почвы. Знак соединения в формулах указывает тип ПК: «+» — сочетания; «*» — комплекс (табл. 2).

В связи с тем, что в Воложинском районе имеются практически все основные типы почв Центральной части Республики Беларусь, представляется возможность провести типизацию почвенного покрова по ПАП (табл. 2).

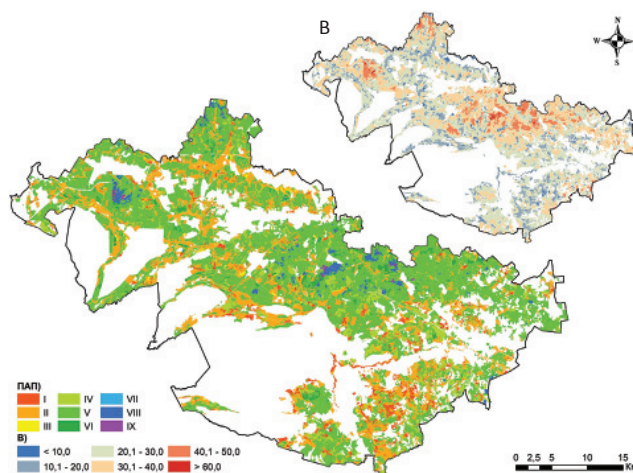


Рис. 4. Карта почвенно-агрохимического потенциала (ПАП) и балла бонитета (B)

I — низкий почвенный и агрохимический потенциал; II — низкий почвенный и средний агрохимический потенциал; III — низкий почвенный и высокий агрохимический потенциал; IV — средний почвенный и низкий агрохимический потенциал; V — средний почвенный и агрохимический потенциал; VI — средний почвенный и высокий агрохимический потенциал; VII — высокий почвенный и низкий агрохимический потенциал; VIII — высокий почвенный и средний агрохимический потенциал; IX — высокий почвенный и агрохимический потенциал

Дополнением к имеющейся методике послужила ее дифференциация с учетом гранулометрического состава групп ПАП, что позволяет детальнее рассматривать многообразие почвенных разновидностей. Так, название гранулометрического состава было закодировано буквенными индексами: ЛС — легкий суглинок, РС — рыхлая супесь, СП — связный песок и т. д., исключением является ботанический состав торфяных почв, все типы которого были генерализированы в группу органогенных пород (ОГ).

На основании экспертной оценки исходя из полученных групп и имеющейся структуры земель —

Таблица 2

Типизация почвенного покрова Воложинского района по ПАП

Индекс ПАП	Уравнение почвенной комбинации	Гранулометрический состав	Площадь группы, га	Кол-во контуров
I	ДП ⁴⁰ +ДПЗ ⁴⁰ +АД ¹⁰ +ДЗ ¹⁰	РС ⁴⁵ +СП ²⁵ +СС ²⁰ +ОГ ¹⁰	5290	2441
II	ДП ³⁵ +ДПЗ ³⁵ +(АД*АБ) ²⁰ +ДЗ ¹⁰	РС ³⁵ +СП ²⁵ +СС ²⁵ +ОГ ¹⁰ +ЛС ⁵	23893	10080
III	ДПЗ ³⁰ +ДП ²⁰ +(АБ*АД) ²⁰ +АП ¹⁵ +ДЗ ¹⁵	РС ³⁰ +ОГ ³⁰ +ЛС ¹⁵ +СС ¹⁵ +СП ¹⁰	674	313
IV	ДП ⁵⁵ +ДПЗ ³⁵ +(АД*АБ) ⁵ +ДЗ ⁵	РС ⁴⁵ +СС ³⁰ +ЛС ¹⁰ +СП ¹⁰ +ОГ ⁵	9687	3013
V	ДП ⁵⁰ +ДПЗ ³⁵ +(АД*АБ) ¹⁰ +ДЗ ⁵	СС ³⁵ +РС ³⁰ +ЛС ²⁵ +СП ⁵ +ОГ ⁵	61950	17028
VI	ДП ⁴⁵ +ДПЗ ³⁰ +(АД*АБ) ¹⁰ +ДЗ ⁵ +АП ⁵ +ТБН ⁵	СС ³⁰ +ЛС ³⁰ +РС ²⁰ +ОГ ¹⁰ +СП ⁵	2898	705
VII	ДП ⁸⁰ +ДПЗ ¹⁵ +ДЗ ⁵	СС ³⁵ +РС ³⁵ +ЛС ³⁰	38	18
VIII	ДП ⁶⁵ +ДПЗ ³⁰ +ДЗ ⁵	ЛС ⁵⁵ +СС ⁴⁰ +РС ⁵	1840	477
IX	ДП ⁷⁰ +ДПЗ ²⁰ +ДЗ ¹⁰	ЛС ⁵⁵ +СС ⁴⁰ +РС ⁵	255	78
Всего			106524	34153

приводится согласно установленным кодексом Республики Беларусь «О Земле» видам земель [Кодексы Республики Беларусь] — были определены основные виды предпочтительного использования земель: интенсивное сельскохозяйственное использование под пашней, интенсивное под лугами, традиционное (соблюдение севооборотов, норм внесения удобрений) и традиционное с почвозащитной системой земледелия (повышенные дозы азотных и фосфорных удобрений, проведение противоэрозионных мероприятий) [Кирюшин, 2002] (табл. 3, рис. 4). После этого проводилось сравнение нынешней структуры использования сельскохозяйственных земель и их предпочтительного использования.

Результаты

Оценка агрохимического потенциала агроландшафтов выражается через внесение в почву мелиорантов, в частности основных удобрений — азота, фосфора, калия и др. В связи с этим агрохимический потенциал (рис. 2) косвенно отражает интенсивность проведения работ по химической мелиорации почвенного покрова Воложинского района.

Каждой из установленной группы АП соответствуют диапазоны значений реакции среды, гумуса, калия и фосфора, представленные в табл. 1. Данные интервалы отражают очень низкие, низкие, средние, высокие и очень высокие значения агрохимических показателей для почв Республики Беларусь.

Рассматривая по отдельности составляющие агрохимического потенциала, можно заметить, что значения pH_{KCl} от 6,5 и выше принадлежат дерново-подзолистым и дерново-заболоченным почвам в центральной и восточной частях района. Нейтральная и слабощелочная реакция среды также единично встречается на месте антропогенно преобразованных почв в центральной части Воложинского района. Близкая к нейтральной реакция среды у дерново-подзолистых почв обусловлена работами по известкованию сельскохозяйственных почв в течение 40 лет, что позволило сократить к 2010 г. долю пашни с pH_{KCl} менее 5,0 до 5,2%. Повсеместно встречаются 4 и 5 группы кислотности, за исключением юго-восточной части района. Им соответствуют дерново-подзолистые и дерново-заболоченные почвы. Слабокислая реакция присуща аллювиаль-

Таблица 3

Предпочтительное использование сельскохозяйственных земель в зависимости от почвенно-агрохимического потенциала и вида земель

Предпочтительное использование земель	Площадь, га	Доля, %	Вид земель	Индекс ПАП
Земли интенсивного сельскохозяйственного использования (предпочтительно пахотные)	40283	97,34	Пахотные	V–IX
	924	2,23	Луговые улучшенные чистые	VI–IX
	4,33	0,01	Луговые суходольные чистые	VII–IX
	0	0,00	Луговые суходольные закустаренные	VIII
	173	0,42	Под многолетними насаждениями	IV–VI
Всего	41385			
Земли интенсивного сельскохозяйственного использования (предпочтительно луговые)	172	1,73	Под многолетними насаждениями	I–IV
	9698	97,34	Луговые улучшенные чистые	V
	85	0,86	Луговые суходольные чистые	VI
	7,07	0,07	Луговые суходольные закустаренные	VI
	0,32	0,00	Луговые заболоченные	VI–IX
Всего	9962			
Земли традиционного сельскохозяйственного использования	16235	69,76	Пахотные	I–IV
	5471	23,51	Луговые улучшенные чистые	I–IV
	1262	5,42	Луговые суходольные чистые	III–V
	237	1,02	Луговые суходольные закустаренные	III–V
	66,5	0,29	Луговые заболоченные	III–V
Всего	23271			
Земли традиционного сельскохозяйственного использования с почвозащитной системой земледелия	3752	80,01	Луговые суходольные чистые	I–II
	732	15,61	Луговые суходольные закустаренные	I–II
	200	4,26	Луговые заболоченные	I–II
	5,36	0,11	Земли постагрогенной деградации	I–IX
Всего	4689			

но-болотным и аллювиально-дерновым почвам, что соответствует западной части района.

Для территории Республики Беларусь в целом и для Воложинского района в частности повышенным содержанием органического вещества принято считать показатель выше 3,0%, что соответствует обычно антропогенно преобразованным, аллювиально-болотным и аллювиально-дерновым типам почв в северной, западной и центральной частях Воложинского района. Повышенное содержание гумуса (3,0–4,0%) чаще соответствует дерново-подзолистым и дерново-подзолистым заболоченным типам почв. Низкие и средние показатели содержания гумуса (менее 3,0%) обычно приурочены к дерново-подзолистым и дерново-подзолистым заболоченным типам почв в восточной и юго-восточной частях района.

В исследуемом районе большинство почв отдельных контуров можно отнести к хорошо обеспеченным по содержанию фосфора. Почвы с содержанием менее 100 мг·кг⁻¹ практически отсутствуют, занимая лишь отдельные почвенные ареалы, сосредоточенные по всей территории района. Высокое содержание чаще наблюдается у дерново-подзолистых, аллювиально-болотных и антропогенно преобразованных почв. Практически вся территория имеет оптимальные значения содержания фосфора — 250–300 мг·кг⁻¹ для супесчаных и 300–350 мг·кг⁻¹ для суглинистых почв [Богдевич, 2020].

По содержанию калия Воложинский район разделяется на северную и южную части. Высокое и очень высокое содержание K₂O в почвенном покрове ярко выражено в северной и центральной частях района. Высокие значения (от 300 мг·кг⁻¹ почвы) чаще соответствуют дерново-подзолистым и дер-

ново-подзолистым заболоченным почвам. Средние значения содержания K₂O и ниже наблюдаются в центральной и юго-восточной частях района. Они соответствуют аллювиально-болотным и аллювиально-дерновым почвам. В западной части района низкое содержание калия коррелирует с высоким содержанием гумуса на аллювиально-болотных и аллювиально-дерновых почвах.

Высокое влияние человека для поддержания АП в ряде случаев нивелирует природную гетерогенность свойств почвенного покрова, и для комплексной и объективной оценки необходимо включение в модель балла бонитета (рис. 3).

Почвы с наиболее высоким баллом бонитета сосредоточены в центральной и западной частях района, что в сочетании с высоким агрохимическим потенциалом образует два ареала VIII и IX групп ПАП. Почвы IX группы представлены 78 почвенными контурами, 70% из которых приходятся на дерново-подзолистые (ДП⁷⁰) почвы, 20% — на дерново-подзолистые заболоченные (ДПЗ²⁰) и 10% — дерновые заболоченные (ДЗ¹⁰), большая часть из которых развивается на лессовидных легких суглинках (ЛС⁵⁵) и связных супесях (СС⁴⁰), занимая 255 га, что составляет 0,24% от площади сельскохозяйственных земель. Также в своем составе имеют незначительную долю рыхлосупесчаных почв (около 5,0%). Группа VIII занимает большие площади — 1840 га (1,73%) и имеет идентичную структуру по гранулометрическому составу, но, в отличие от IX группы, в структуре почвенного покрова дерново-подзолистые заболоченные почвы занимают большую долю (ДПЗ³⁰), при этом уменьшается доля дерновых заболоченных (ДЗ⁵).

Наибольшее распространение в районе получили почвы со средним почвенным потенциалом (69,9%), дифференцированные по агрохимическому потенциалу: с низким (группа IV) — 9,1% (9688 га), со средним (группа V) — 58,2% (61950 га) и высоким (группа VI) — 2,7% (2898 га). Все три группы выделяются большей долей полугидроморфных почв — дерново-подзолистые заболоченные занимают от 30 (группа VI) до 35% (группы V и IV), также присутствует во всех группах комплекс аллювиально-дерновых и аллювиально-болотных почв (АД*АБ). Данные типы почвы развиваются преимущественно на связных (СС) и рыхлых (РС) аллювиальных супесях, доля которых в гранулометрическом составе увеличивается с уменьшением порядкового номера групп ПАП — в сумме от 50 до 75%. Группа VI выделяется самой неоднородной структурой почвенного покрова — кроме ранее описанных, в ней представлены в равных долях антропогенно преобразованные (ранее осушенные торфяники, в настоящее время — деградаторфяные минерально-торфяные с органическим веществом от 10 до 40 %) (АП⁵) и торфяно-болотные низинные (ТБН⁵) почвы.

Группы с низким почвенным потенциалом (I–III) занимают до трети всей территории Воло-

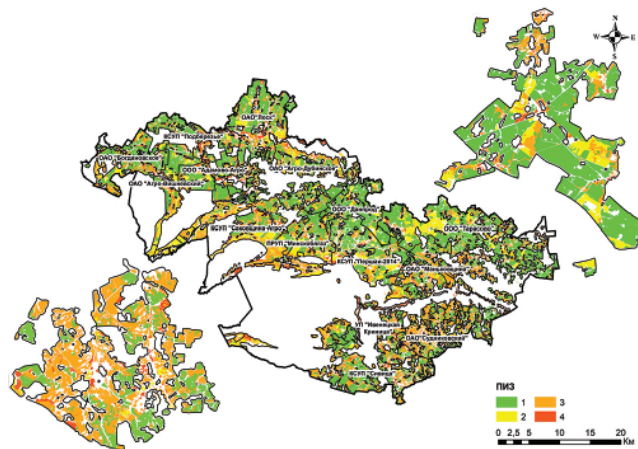


Рис 5. Предпочтительное использование земель (ПИЗ) Воложинского района

- 1 — земли интенсивного сельскохозяйственного использования (пахотные);
- 2 — земли интенсивного сельскохозяйственного использования (луговые);
- 3 — земли традиционного сельскохозяйственного использования;
- 4 — земли традиционного сельскохозяйственного использования с почвозащитной системой земледелия.

жинского района (28,0% и 29827 га) и наблюдаются практически повсеместно, однако наибольшее распространение получили в юго-западной части района, где чаще всего встречаются почвы I группы (5,0%, или 5290 га). В данной группе преобладают полугидроморфные почвы (как и во II и III), развивающиеся преимущественно на рыхлой супеси (РС⁴⁵) и связном (СП²⁵) песке, полностью отсутствуют суглинки. Выделяется II группа наличием большой доли антропогенно преобразованных почв (15%), представленных нарушенными торфяно-глебовыми и торфяными маломощными почвами и торфяно-минеральными остаточно-оглееными.

Выполненная оценка ПАП и группировка почвенных комбинаций позволяют сформировать предложение о совершенствовании структуры землепользования исследуемого района (табл. 3, рис. 4). Важно отметить, что площадь земель под представленными в таблице видами меньше, чем площадь всех сельскохозяйственных земель, и составляет 79308 га.

Большая часть земель может быть задействована в интенсивном сельскохозяйственном использовании под пашню (41,4 тыс. га), из которых 97,3% уже представляют собой пахотные земли, и лишь 2,7% земель требуют перевода из одного вида земель в другой. Группа земель традиционного сельскохозяйственного использования занимает 23,3 тыс. га и представлена пашней (69,8%) и улучшенными лугами (23,5%) с низким и средним уровнем почвенно-агрохимического потенциала. В меньшей степени сельскохозяйственные земли предпочтительны для интенсивного использования под лугом (9,9 тыс. га). К ним относятся земли среднего ПАП под улучшенными чистыми лугами (97,3%). Территории, требующие использования почвозащитных систем земледелия, занимают 4,6 тыс. га, 80,0% из которых находятся под суходольными чистыми лугами I–II группы ПАП, 15,6% — луговые суходольные закустаренные в северной части Воложинского района.

Обсуждение

Агрохимический потенциал Воложинского района можно оценить в основном как средний — 39,4% от всей площади сельскохозяйственных земель и повышенный — 48,3%. При этом территорий с низким АП больше, чем с высоким (7,4% и 4,7% соответственно). Земель с очень низким или очень высоким потенциалом по району всего 0,1 и 0,08%, что составляет 102 и 87 га и представлено только 68 и 44 почвенными контурами соответственно. К почвам с очень низким АП в большинстве (60 контуров) относятся дерново-подзолистые песчаные и рыхлосупесчаные почвы, по увлажнению — к слабоглееватым и глееватым. Очень высокий АП, наоборот, наблюдается у дерново-подзолистых суглинистых, реже у связносупесчаных почв, а также у иловато-торфянисто-глеевых и осушенных торфяно-болотных почв и приурочен к равнинным территориям

в долинах рек. К зонам с высоким агрохимическим потенциалом почвенного покрова можно отнести северо-западную и северную части района.

В районе практически отсутствуют почвы с очень низкими и высокими значениями агрохимических показателей. Значительную долю в уровень АП вносит реакция почвенной среды и содержание подвижных соединений калия. По значениям pH_{KCl} 38,9% площадей относятся к повышенному потенциалу, 29,8% — к высокому и 15,9% — среднему, а по содержанию K_2O 31,0% — повышенный, 29,5% — средний, 17,2% — высокий.

Балл бонитета почв позволяет учесть естественное состояние почвенного покрова района и комплексно оценить почвенно-агрохимический потенциал основных почв Воложинского района. Так, наблюдается корреляция между уровнем ПАП и гранулометрическим составом почв, что объясняется учетом данного показателя при бонитировке почвы.

Одной из причин пространственной дифференциации ПАП можно считать геоморфологические особенности территории: I и II группы тяготеют к областям с большими перепадами высот, средний уклон для территорий данных групп составил 4,63 и 4,00 градусов; группы с высоким ПАП (VIII–IX) расположены на наименее крутых склонах — в среднем 2,81 и 2,10 градусов. В остальных группах крутизна склонов варьирует от 4,00 до 3,01 градусов.

Наибольший потенциал имеют дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на легких суглинках и связных супесях. Низкий почвенный потенциал присущ почвам песчаного гранулометрического состава.

Оценка предпочтительного использования показала, что потенциал земель исследуемого района используется не в полной мере. Территории с низкими и ниже среднего почвенными и агрохимическими показателями используются под пашню либо улучшенные чистые луга. В то же время земли с высокими ПАП не задействованы под интенсивное сельскохозяйственное использование под пашню и луга. Нами было проведено обследование двух контрастных сельскохозяйственных организаций с наименее пригодными (ООО «Судниковский») и с наиболее пригодными почвами (ООО «Данпрод»). Большая часть территории ООО «Судниковский» относится к землям традиционного сельскохозяйственного использования, что в первую очередь связано с расчлененностью рельефа и протеканием эрозионных процессов, наблюдаемых в северной части Воложинского района. ООО «Данпрод» находится в центральной части района на суглинистых почвах, что определяет высокий балл бонитета, а однородный рельеф — уклон территории в среднем не превышает 3 градусов — нивелирует эрозионную опасность. В совокупности данные факторы позволяют интенсивно использовать большую часть территории под пашню.

Выводы

1. Репрезентативная оценка потенциала почвенного покрова невозможна без комплексного учета как агрохимического состояния почвенного покрова, так и уровня плодородия почв, выраженного в кадастровом балле. Представленная методика позволяет не только комплексно оценить почвенно-агрохимический потенциал земель, но и корректно интерполировать исходные данные об агрохимическом состоянии земель с помощью инструментов геостатистики.

2. В соответствии с принятыми в Республике Беларусь градациями агрохимического состояния почвенного покрова Воложинский район можно характеризовать как район с повышенным агрохимическим потенциалом, в первую очередь обусловленным высоким содержанием K_2O и преимущественно оптимальным уровнем pH_{KCl} — 5,5–6,0. Выделение 9 групп почвенно-агрохимического потенциала показывает значительные территориальные различия как в естественном, так и в агрохимическом состоянии почвенного покрова и определяет необходимость в определении географических особенностей их дислокации.

3. Наибольший ПАП имеют дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные и дерновые заболоченные преимущественно на легких лессовидных суглинках и связных супесях почвы в центральной и западной частях района, отличающиеся не только агрохимическими свойствами, но и благоприятным водно-воздушным режимом. В свою очередь почвы с легким гранулометрическим составом в северо-восточной части района, приуроченные к наиболее расчлененным участкам рельефа, характеризуются самым низким ПАП.

4. В связи со средним и высоким ПАП на большей части сельскохозяйственных земель района предлагается интенсивное (около 50% всех с/х земель) и традиционное использование земель (около 30%). Использовать почвозащитные системы земледелия рекомендуется на 6% территории, преимущественно приуроченных к овражно-балочным комплексам рек.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Богдевич И.М., Лапа В.В., Цыбулько Н.Н. и др. Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания. Минск, 2020.
2. Бурко Л.Д., Бурко Н.Е., Степанова Я.М. и др. Структура фауны микромаммалей Воложинского района // Вестник БГУ. Сер. 2: Химия. Биология. География. 2007. № 3.

3. Геопортал земельно-информационной системы Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://gismap.by/next/> (дата обращения 22.10.2023).

4. Дубровина И.А., Мошкина Е.В., Сидорова В.А. и др. Влияние типа землепользования на свойства почв и структуру экосистемных запасов углерода в среднетаежной подзоне Карелии // Почвоведение. 2021. № 11.

5. Кауричев И.С., Романова Т.А., Сорокина Н.П. Структура почвенного покрова и типизация земель. Минск, 1992.

6. Киндеев А.Л. Перспективные направления геостатистического анализа и стохастического моделирования с учетом экономических издержек при точном земледелии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2022. № 2.

7. Кирюшин В.И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2.

8. Кирюшин В.И. Разработка и проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия в различных природно-сельскохозяйственных зонах // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2002. № 1.

9. Клебанович Н.В., Олешкевич О.М., Сазонов А.А. и др. Разработать геоинформационную базу пространственных информационно-аналитических данных, отражающих устойчивость различных типов земель агроландшафтов к техногенному воздействию: отчет о НИР (заключ.). Минск, 2019.

10. Кодексы Республики Беларусь [Электронный ресурс] URL: https://kodeksy-by.com/kodeks_rb_o_zemle.htm (дата обращения 20.10.2023).

11. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] URL: <https://pravo.by/document/?Guid=12551&p0=C21600009&p1=1&p5=0> (дата обращения 20.10.2023).

12. Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. Национальный фонд технических нормативных правовых актов [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://tnpa.by/#/DocumentCard/490371/622805> (дата обращения 22.10.2023).

13. Тищенко Т.Н. Органическое сельское хозяйство в Республике Беларусь // Современная аграрная экономика: наука и практика. 2018.

14. Червань А.Н. Геосистемный подход к организации природопользования в переувлажненных агроландшафтах (на примере СПК «Ловжанский» Витебской области Беларуси) // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Естественные науки. 2016. № 25 (239). Вып. 37.

15. Червань А.Н. Типизация структуры почвенного покрова средствами ГИС для оценки производительного потенциала агроландшафтов (на примере Республики Беларусь) // Вестн. Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31, № 3.

16. Cressie N.A.C. Statistics for Spatial Data. New York, 1993.

17. IUSS Working Group WRB. World Reference Base of Soil Resources 2014, update 2015. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources Reports. № 106. Rome, 2015.

18. Krivoruchko K., Gribov A., Krause E. Multivariate Areal Interpolation for Continuous and Count Data // Procedia Environmental Sciences. 2011. 3.

Поступила в редакцию 08.11.2023

После доработки 23.01.2024

Принята к публикации 01.02.2024

METHOD OF ACCOUNTING SOIL-AGROCHEMICAL POTENTIAL FOR OPTIMIZING THE STRUCTURE OF LAND USE OF THE VOLOZHINSK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BELARUS

A. L. Kindeev, N.V. Klebanovich

The article discusses one of the ways to assess the condition of soil cover to improve the efficiency of land management using the example of the Volozhin region of the Republic of Belarus. A comprehensive assessment of the agrochemical and natural potential of the soil is proposed by means of typing the soil cover depending on agrochemical indicators (pH_{KCl} , humus content, mobile compounds of phosphorus and potassium) and a quality score reflecting the natural state of the soil. Using geostatistical methods, the values of agrochemical indicators were interpolated from elementary areas into areas of soil varieties of agricultural lands and classified according to the degree of content of agrochemical elements that made up the agrochemical potential (AP). After crossing the AP with the bonitet score, 9 groups of soils were identified according to soil-agrochemical potential (SAP), of which the largest share (58,2 %) is occupied by soils with average potential (61,950 ha). Based on the results of a spatial assessment of the PAP, it was determined that sod-podzolic and sod-podzolic swampy soils developing on light loams and cohesive sandy loams have the greatest potential. It was also revealed that areas with low PAP gravitate towards the most dissected areas of the terrain with sandy and cohesive sandy soils. Based on the typification carried out, the main types of preferred land use in the Volozhin region were determined: more than half of the agricultural land can be used for intensive agricultural use for arable land (52,1 %) and meadows (12,5 %), traditional land use is possible for 29,3 % territories and only 6,2 % of lands require the use of soil protection farming systems, primarily focused on erosion-hazardous areas of the area.

Keywords: GIS mapping, agricultural landscape, soil properties, cadastral assessment, land use.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Киндеев Аркадий Леонидович, препод. кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики БГУ,
e-mail: AKindeev@tut.by

Клебанович Николай Васильевич, профессор кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики БГУ,
e-mail: n_klebanovich@inbox.ru