

## Геоэкологические проблемы и природопользование

УДК 631.41:004.9(476)(045)

*А.Н. Червань*

### ТИПИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СРЕДСТВАМИ ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)

Рассматривается геосистемный подход к анализу структуры почвенного покрова по почвенным комбинациям с применением геоинформационных технологий. В границах почвенно-экологического районирования Беларуси идентифицированные типы земель рассматриваются как единицы территориального планирования по направлениям природопользования. Выполнена агроэкологическая оценка производительного потенциала почвенно-земельных ресурсов агроландшафтов на основе номенклатуры типов земель и формулы почвенной комбинации. В базовых агроландшафтах на типовой пространственной основе учтены факторы дифференциации структуры почвенного покрова и условия землепользования. Выявлены закономерности изменения себестоимости производства основных видов сельскохозяйственной продукции в зависимости от территориальной принадлежности к одному из ограниченного набора идентифицированных типов земель. Описаны перспективы использования типизированных структур почвенного покрова в землеустройстве и практике территориального планирования агроландшафтов.

*Ключевые слова:* почва, структура почвенного покрова, агроландшафт, ГИС, тип земель, потенциал, Республика Беларусь.

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-3-280-289

Эффективное использование почвенно-земельных ресурсов, предполагающее обеспечение воспроизводства их производительной способности при минимизации процессов деградации, требует системного анализа и прогноза состояния почвенного покрова на типовой основе пространственного учета факторов почвообразования. Значительный уровень эрозионной деградации почв Беларуси, приуроченных к грядово-холмистой части северной и центральной почвенно-экологических провинций, увеличение пыльных бурь в южной провинции свидетельствуют о необходимости дифференциации систем земледелия на основе оценки почвенно-ресурсного потенциала и устойчивости агроландшафтов [1; 2]. Совместное действие эрозионных и дефляционных процессов в структуре землепользования отдельных районов республики достигает 25-30 %, что приводит не только к экономически неэффективному ведению сельскохозяйственной деятельности, но и к увеличению гетерогенности почвенного покрова [3]. Применяемое в Беларуси почвенно-экологическое районирование (провинция – округ – район) и микрорайонирование характеризуют пространственное распределение условий почвообразования, однако не учитывают крупномасштабные изменения почвенно-земельных ресурсов отдельных землепользователей. Дифференцированный подход к учету и оценке почвенно-земельных ресурсов особенно необходим в сельскохозяйственных организациях эрозионных и заболоченных ландшафтов, которые в ряде административных районов занимают от 50 до 70 %. Чередующиеся внутри полей и рабочих участков почвы часто резко различаются водно-физическими и агротехнологическими свойствами [4]. На фоне усиления процессов деградации почвенно-земельных ресурсов очевидна необходимость перехода от агропроизводственных группировок почв к агроэкологической типизации почвенного покрова, в первую очередь по картометрическим параметрам его структуры.

Теория структуры почвенного покрова (СПП), разработанная В.М. Фридландом, направлена на изучение закономерностей распределения почв в пространстве. С момента ее становления СПП начали рассматривать в разрезе геосистем, дифференцируемым по «определенным образом чередующимся и в разной степени генетически связанным ареалам различных классификационных почвенных групп» [5. С. 9] с определенным рисунком пространственного размещения почвенных контуров. Позднее СПП предложено выделять инвариантом геосистем, руководствуясь тем, что почва является интегральным природным образованием, результатом совокупного действия всех без исключения элементов структуры и факторов развития геосистем. «Изучение структуры – отправной пункт сис-

темного анализа, поэтому оно нередко трактуется как выявление основных, наиболее стабильных, инвариантных элементов», – отмечает А.М. Берлянт [6. С. 159], делая упор на картометрический метод исследований. Значительная часть исследований посвящена учету неоднородности СПП при классификации земель и проектировании различных мероприятий по сохранению и восстановлению плодородия почв (мелиорации, системе земледелия) [7; 8].

Применение СПП в качестве основы инвентаризации почвенно-земельных ресурсов позволяет объединить типологическое и топологическое районирование при выделении типов земель [9; 10]. Особую актуальность это приобретает в рамках концепции адаптивно-ландшафтного земледелия, предусматривающей агроэкологическую группировку земель, основанную на закономерностях морфогенетической организации структур почвенного покрова и пространственно-временной изменчивости агрономически важных показателей его отдельных компонентов [10-12].

Идентификация закономерно организованных почвенных комбинаций, ограничивающих территориальные единицы природопользования, в том числе сельскохозяйственной деятельности – типов земель, возможна на основе картометрического анализа крупномасштабных почвенных карт с применением геоинформационных технологий. Результаты могут служить развитию агроэкологического картографирования, которое, как отмечено Ф.Р. Зайдельманом, является молодым и окончательно не сложившимся направлением тематической картографии ввиду отсутствия унифицированных методологических, методических и картографических подходов к составлению карт и классификаций, на основе которых эти карты создаются [13]. Актуальность типизации сельскохозяйственных земель обусловлена перспективой унифицированного территориального планирования агроландшафтов и применения агротехнических приемов управления плодородием почв. Рассматриваемый в статье геосистемный анализ структуры почвенного покрова позволяет определить генетически обусловленные принципы и критерии идентификации типов земель. Приводится обоснование геосистемной идентификации почвенных комбинаций с применением ГИС-технологий для разработки типовых решений в землепользовании, мониторинге и прогнозировании состояния структуры землепользования.

### **Объект и методы исследований**

Структура почвенного покрова агроландшафтов почвенно-экологических районов Беларуси с преобладанием эродированных (Браславский, Городокский, Мстиславский, Ушачский районы) и заболоченных (Березинский, Пинский, Полоцкий, Столинский, Шумилинский районы) почв является основным объектом исследования. Данные о структуре почвенного покрова, то есть системном объединении не только факторов землепользования, но и условий прошлого и современного почвообразования составили пространственную основу послышной организации природных и антропогенных факторов землепользования. Геоинформационная база пространственных данных в программном комплексе ArcGIS сформирована на основе следующих планово-картографических материалов:

- почвенные карты почвенно-экологических районов и отдельных землепользователей;
- схемы землеустройства территорий административных районов и хозяйств (М 1:50000, М 1:10000);
- данные актуального тура агрохимического обследования сельскохозяйственных земель;
- шкалы оценочных баллов пахотных и луговых земель в зависимости от возделываемых культур;
- картосхемы оценки неоднородности почвенного покрова с использованием шкал контрастности и расчлененности;
- данные дистанционного зондирования с пространственным разрешением, отвечающим картографическим целям в границах обрабатываемых земельных участков.

Типичные районы в физико-географическом и почвенно-мелиоративном отношении для соответствующих округов Беларуси в соответствии с почвенно-экологическим районированием составили базовые территориальные объекты в базе геоданных. Осуществляемая на разных уровнях – от всей территории республики до отдельных хозяйств – типология земель базируется на принципах деления территории по общности литолого-геоморфологических факторов (рельеф, состав, строение почвообразующих пород), которые определяют главные черты – «рисунок» структуры почвенного покрова.

В практике агроэкологической оценки почвенно-земельных ресурсов существуют разные методы и приемы интерпретации и пространственного анализа факторов землепользования. В настоящей статье используются следующие основные направления: оценочные (группы выделяются с использо-

ванием бонитировочных оценок), типологические (группы характеризуют тип среды произрастания или тип земель) и ограничительные (группы основываются на экологических ограничениях).

### Результаты и их обсуждение

Выполненный анализ цифровых почвенных карт в базовых почвенно-экологических районах показал, что для территории эродированных Браславского, Городокского, Мстиславского и Ушачского районов характерна высокая степень расчлененности грядово-холмистого рельефа, пересеченного долинами, понижениями и котловинами, занятыми озерами. В почвенном покрове преобладают дерново-подзолистые суглинистые (44 %) и супесчаные (45 %) почвы, развивающиеся на легких моренных суглинках, часто перекрытых водно-ледниковыми супесями, эрозии подвержено более 19 % пашни. Отличительными чертами заболоченных районов – Березинского, Пинского, Полоцкого, Столинского, Шумилинского – являются плоские и пологоволнистые озерно-аллювиальные равнины, большее распространение ежегодно заливаемых пойменных земель, преобладание заболоченных агроландшафтов (не менее 40 %) на фоне тяжелого гранулометрического состава автоморфных дерново-подзолистых почв.

Системность структуры почвенного покрова и анализ большой серии взаимосвязанных тематических карт при исследовании почвенных комбинаций вызвала необходимость использования баз геоданных и модулей пространственного и геостатистического анализа в ArcGIS. На этапе определения локализации и инвентаризации типов земель создана база геоданных, представляющая собой набор пространственных растровых и векторных классов («слоев») данных: цифровая модель рельефа и ее производные (уклон и экспозиция), потенциальный смыв почв в период снеготаяния и ливневых осадков, данные дистанционного зондирования (космо- и аэрофотоснимки), гипсометрические, геоморфологические и литологические условия, почвенно-экологическое районирование, границы почвенных таксонов. Дополнительно, для оценки производительной способности идентифицируемых типов земель геоинформационно учитывались данные об административно-территориальном делении (областей, районов), земельно-кадастровой структуре хозяйствования внутри районов, кадастровой оценке земель сельскохозяйственных организаций, ежегодные отчеты сельскохозяйственных предприятий о результатах хозяйственной деятельности.

Первый этап геосистемного анализа заключался в агроэкологической оценке естественного потенциала и выделении закономерно повторяющихся в пространстве почвенных комбинаций (ПК), которые на практике могут рассматриваться как типы земель, так как они сохраняют в своей форме и содержании информацию о природных особенностях территории, слагающих естественный ресурсный потенциал агроландшафта [14]. Природные факторы дифференциации структуры почвенного покрова использовались для идентификации ПК и были объединены в четыре группы: орографические, геоморфологические, литологические и гипсометрические. По результатам анализа их пространственного распределения с использованием средств ГИС определена формула ПК и соответствующий тип земель. Дополнительным материалом для верификации геосистем служили данные дистанционного зондирования – аэрофотопланы и космические снимки.

Взаимное влияние элементов агроландшафта определяет его почвенно-ресурсный потенциал, выражающийся в производительной способности почв. Инвентаризация почвенно-земельных ресурсов на основе анализа структуры почвенного покрова состояла в выделении закономерно организованных (типизированных) ПК, системно сохраняющих в своей форме и содержании информацию о природных особенностях территории в соответствии с ранее разработанной методикой [2]. Результатом использования представленных критериев идентификации ПК (табл. 1) для всей территории в пределах рассматриваемых почвенно-экологических районов стало создание единой легенды структуры почвенного покрова, объединившей 50 наименований ПК, или типов земель, учитывая факт оптимального единого вида хозяйственного использования.

Конфигурация групп генетических почвенных разновидностей, ограничивающих ведущий процесс почвообразования или их сочетание с учетом типа водного режима, и их состав уникальны для каждого типа земель. Для примера: почвенная комбинация (ДПБ<sub>1</sub><sup>50</sup>+ДПБ<sub>2</sub><sup>40</sup>+ДБ<sub>3</sub><sup>10</sup>) означает, что в ней 50 % составляют дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные почвы, 40 % – дерново-подзолистые глееватые и 10 % – дерновые глеевые, представленные крупными контурами (более одного гектара) контрастных почвенных разновидностей. Исключение составляют так называемые переходные зоны, структура почвенного покрова которых представлена сочетанием уже не отдельных почв, а

почвенных комбинаций. На всю территорию исследуемых агроландшафтов составлены карты структуры почвенного покрова в масштабе 1:50000 (рис. 1) и 1:10000 – для ключевых агроландшафтов.

Таблица 1

**Критерии иерархической группировки типов земель**

Критерии	Почвенные комбинации								
	Внепойменные					Пойменные			
Общая динамика природных процессов						3.Поймы			
Орографические	1.Водоразделы			2.Депрессии		2.Расчлененные			
Геоморфологические	1.Фрагментарные	2.Выпуклые	3.Плоские	1.Долинообразные	2.Озеровидные	1.Нерасчлененные			
							1.Прирусловая	2.Центральная	3.Притеррасная
Гипсометрические	1.Высокие 2.Низкие			1.Неглубокие 2.Глубокие		1.Высокого уровня 2.Среднего уровня 3.Низкого уровня			
Литологические (почвообразующие породы)	1.Рыхлые 2.Двучленные без водоупора 3.Двучленные с водоупором 4.Суглинистые 5.Глинистые 6.Торф					7.Рыхлый аллювий 8.Связный аллювий 9.Пойменный торф			

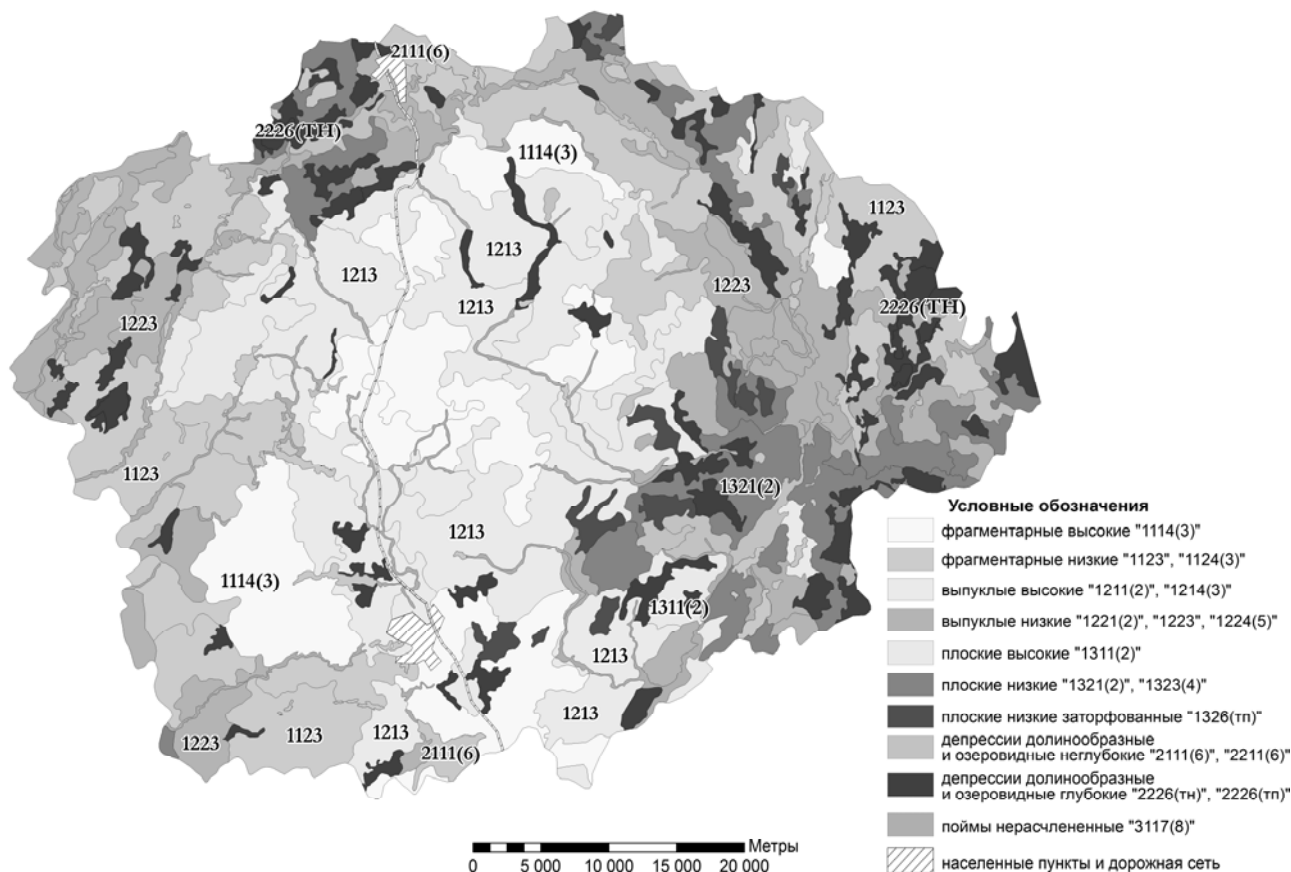


Рис. 1. Карта типов земель агроландшафтов на примере Городокского района Беларуси

Определенные на картах СПП границы типов земель послужили операциональными единицами как агроэкологической, так и агрохозяйственной оценок в агроландшафтах. Выполнен пространственный и геостатистический анализ факторов хозяйствования и самих типов земель, закодированных четырехзначным кодом, последовательно описывающим геосистемы с позиции условий функционирования (табл. 1): орографических («1.n.n.n.» водоразделы, «2.n.n.n.» депрессии, «3.n.n.n.» поймы, «4.n.n.n.» первая надпойменная терраса), геоморфологических (водоразделы «1.1.n.n.» фрагментарные, «1.2.n.n.» выпуклые, «1.3.n.n.» плоские, депрессии «2.1.n.n.» долинообразные, «2.2.n.n.» озеровидные, поймы «3.1.n.n.» нерасчлененные, «3.2.n.n.» расчлененные – «3.2.1.n.» прирусловые, «3.2.2.n.» центральные, «3.2.3.n.» притеррасные), гипсометрических («1.1.1.n.» «1.2.1.n.» «1.3.1.n.» – высокие, «1.1.2.n.» «1.2.2.n.» «1.3.2.n.» – низкие; «2.1.1.n.» «2.2.1.n.» – неглубокие, «2.1.2.n.» «2.2.2.n.» – глубокие; «3.1.1.n.» «3.2.1.1.» «3.2.2.1.» «3.2.3.1.» «4.1.n.n.» – высокого уровня, «3.1.2.n.» «3.2.1.2.» «3.2.2.2.» «3.2.3.2.» «4.2.n.n.» – среднего уровня, «3.1.3.n.» «3.2.1.3.» «3.2.2.3.» «3.2.3.3.» «4.3.n.n.» – низкого уровня) и литологических (последняя цифра – «n.n.n.1.» рыхлые, «n.n.n.2.» двучленные без водоупора, «n.n.n.3.» двучленные с водоупором, «n.n.n.4.» суглинистые, «n.n.n.5.» глинистые, «n.n.n.6.» торф, «n.n.n.7.» рыхлый аллювий, «n.n.n.8.» связный аллювий, «n.n.n.9.» пойменный торф). Например, код «1.2.1.3.» идентифицирует водораздел выпуклый высокий на двучленных почвообразующих породах с наличием водоупора в пределах профиля почвы.

В процессе оценки ресурсного потенциала агроландшафтов определялась (по относительной шкале в условных баллах) возможность организации на их территории эффективного природопользования с приоритетом устойчивого сельскохозяйственного производства. Типизация земель с унифицированной формулой ПК позволила экстраполировать результаты оценки по ключевым агроландшафтам на всю территорию почвенно-экологических районов.

На исследуемой территории определены 106 агроландшафтов (хозяйств), в пределах которых по результатам геосистемной инвентаризации структуры почвенного покрова (типам земель) рассчитана агроэкологическая составляющая почвенно-земельного потенциала. Оценка производительного потенциала агроландшафтов выполнена в условных баллах посредством учета агроэкологической (природной) и агрохозяйственной (антропогенной) составляющих потенциала, в том числе в соответствии с представленными факторами (табл. 2).

Таблица 2

### Факторы агроэкологической оценки агроландшафтов (фрагмент)

Факторы		Исходный балл бонитета по оценочной шкале	Эродированность / доля эрозионно-опасных почв, %	Заболоченность / доля торфяных почв, %	Неоднородность почвенного покрова, коэффициент Кн	Балл кадастровой оценки
Баллы, уровни						
5	Очень высокий	более 50,1	менее 5/0	менее 5	менее 5,1	более 50
4	Высокий	41,1–50,0	5/10	5–11	5–10,1	46–50
3	Средний	31,1–40,0	10/25	10–21	10–20,1	36–45
2	Ниже среднего	21,1–30,0	25/50	20–51	20–25,1	25–35
1	Низкий	менее 20,0	более 50	50–100	более 25,1	менее 25

Оценка ресурсного потенциала агроландшафтов выполнена в геоинформационной среде с применением модулей обработки пространственных данных ArcGIS: Spatial Analyst, Geostatistical analyst и других. В атрибутивных таблицах классов данных учтены количественные значения производительной способности почв, входящих в формулу почвенной комбинации каждого типа земель и идентификационные номера групп агроэкологической оценки.

Слагаемыми агроэкологической оценки типов земель явились исходный балл бонитета почв, степень эродированности, заболоченность и степень неоднородности почвенного покрова, оцененные баллом по шкале от 1 до 5 по степени выраженности фактора (табл. 1). Суммарный балл агроэкологической оценки получили путем расчета средневзвешенного балла отдельных типов земель в каждом базовом агроландшафте.

Объектом агрохозяйственной составляющей оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов выступили агропредприятия, как единые сельскохозяйственные комплексы. Результаты ранее выполненной в рамках государственной земельной политики кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения дополнены сведениями об окультуренности почв по обрабатываемым участкам. Балл кадастровой оценки выбран в связи с учетом не только бонитета почв, но и агротехнологических свойств и показателей земельных участков, нормируемых в соответствии с техническими нормативно-правовыми актами [15].

Итоговая оценка потенциала почвенно-земельных ресурсов агроландшафтов представляет собой совокупную величину баллов агроэкологической и агрохозяйственной составляющих. В результате проведенных исследований для территории республики выполнено ранжирование всего диапазона полученных величин условных баллов почвенно-земельного потенциала на следующие группы:

- I. Агроландшафты с очень низким потенциалом – менее 6,0 баллов в итоговой сумме;
- II. Агроландшафты с низким потенциалом – 6,1 ... 8,0 баллов;
- III. Агроландшафты со средним потенциалом – 8,1 ... 10,0 баллов;
- IV. Агроландшафты с высоким потенциалом – 10,1 ... 12,0 баллов;
- V. Агроландшафты с очень высоким потенциалом – 12,0 и более баллов.

На последнем этапе по каждому типу земель в пределах почвенно-экологических районов с преобладанием эродированных и заболоченных агроландшафтов подобраны 3-10 хозяйств, по которым проанализирована производственная себестоимость 1 тонны продукции зерновых культур, зеленой массы многолетних трав и кукурузы за четырехлетний период (табл. 3). Выбор культур обусловлен наличием их во всех анализируемых сельскохозяйственных организациях. Определение себестоимости единицы растениеводческой продукции в агроландшафтах по типам земель проводилось на основе информации годовых отчетов сельскохозяйственных предприятий о результатах хозяйственной деятельности. С целью увеличения достоверности результатов исследования выбраны базовые агроландшафты, в границах которых один тип земель занимает более 50 % площади. Шкала агрохозяйственной оценки также принята пятибалльной, сумма условных баллов кадастровой оценки и степени окультуренности агроландшафтов, в свою очередь, объединена в пять групп.

Таблица 3

**Себестоимость производства основных видов сельскохозяйственной продукции по типам земель агроландшафтов**

Тип земель, занимающий более 50 % площади хозяйства		Потенциал, условный балл			
		менее 6,0	6,1-8,0	8,1-10,0	более 10,1
		очень низкий	низкий	средний	высокий
		Группа пригодности для интенсификации сельхоздеятельности			
		1	2	3	4 и 5
		«1.1.1.4.»	«1.2.1.1.»	«1.2.1.2.»	«1.2.1.3.»
		«1.1.2.3.»	«1.2.2.1.»	«1.2.2.3.»	«1.3.1.3(4).»
		«1.3.2.1.»		«1.3.2.3.»	«4.2.7.n.»
				«2.1.1.1(2).»	«4.2.8.n.»
				«2.1.1.3(4).»	
				«3.2.2.7(8,9).»	
Себестоимость 1 т. продукции, руб.	зерновые	более 1000	1000–865	865–735	менее 735
	кукуруза з/м	более 150	150–135	135–115	менее 115
	многолетние травы з/м	более 85	85–65	65–50	менее 50
	оценка себестоимости	очень высокая	высокая	средняя	низкая

Анализ данных по 106 сельскохозяйственным организациям показал тесную обратную связь между почвенно-ресурсным потенциалом и себестоимостью продукции сельскохозяйственных культур. Результаты оценки свидетельствуют, что самый низкий потенциал и самая высокая себестоимость всех трех видов продукции имеет место в районах с наиболее высокой степенью проявления водной эрозии (Городокский район) и заболоченности (Полоцкий район). В Городокском районе это

связано также с неоднородностью почвенного покрова, роль которой не может компенсировать даже высокий бонитет почвенного плодородия. Сельскохозяйственное использование почвенно-земельных ресурсов Ушачского и Пинского районов на типах земель низких водоразделов и депрессий возможно лишь в условиях гидротехнического регулирования водного режима почв. Вне мелиоративных систем типы земель характеризуются низкой продуктивной способностью почв в основном в связи с широким распространением неблагоприятных литологических условий землепользования – рыхлых без водоупора почвообразующих породах. Типы земель Столинского района с преобладанием переувлажненных агроландшафтов отличаются разнообразием сельскохозяйственных предприятий по показателю почвенно-ресурсного потенциала: от очень высокого с оценкой 12–15 баллов (4 хозяйства) до очень низкого – 2 агроландшафта оценены менее 6 баллов.

Выполненная оценка производительного потенциала агроландшафтов позволила сформировать предложения по использованию сельскохозяйственных земель в соответствии с почвенно-ресурсным потенциалом. Следует отметить, что потенциал типов-земель указывается не только в аспекте сельскохозяйственной деятельности и формировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия, но и определяет целесообразность лесохозяйственной и природоохранной деятельности. Последняя определяется бонитетом лесотипологических комплексов и показателями биоразнообразия геосистем, которые также можно идентифицировать картометрическим анализом структуры почвенного покрова.

Типизация земель и оценка почвенно-ресурсного потенциала агроландшафтов любого размера и уровня сельскохозяйственной интенсификации обеспечивают идентификацию природных единиц для территориального планирования их использования с ориентацией как на естественный бонитет почв, так и после проведения мелиоративных мероприятий. Это позволяет прогнозировать объем необходимых затрат и экологические последствия изменения категорий земель.

В соответствии с предложенным алгоритмом все типы земель охарактеризованы по величине почвенно-земельного потенциала и факторам, ограничивающим эффективное сельскохозяйственное использование, с предложением предпочтительных направлений использования по группам пригодности (от 1 до 5): пахотного, лугового, лесного и природоохранного.

Геосистемный анализ структуры почвенного покрова районов распространения эродированных и эрозионноопасных агроландшафтов указывает на преобладание типов земель фрагментарных («1.1.1.n.») и выпуклых высоких («1.2.1.n.») водоразделов. Несмотря на благоприятный для агротехнической обработки почв гранулометрический состав (легкие суглинки и супеси, подстилаемые моренными суглинками), орографическое положение исключает эти типы земель из числа перспективных для гидротехнической мелиорации. Противозерозионные мероприятия, напротив, здесь необходимы и обеспечивают не только защиту агроландшафтов от проявления процессов водной эрозии, но и будут способствовать снижению гетерогенности почвенного покрова. Фрагментарные низкие водоразделы («1.1.2.3.»), как правило, являются сопутствующими типами земель и в связи с высокой неоднородностью почвенного покрова из-за контрастности почвенных групп в комбинации также не являются первоочередными объектами гидротехнического регулирования водного режима. Они имеют низкий почвенно-ресурсный потенциал, что подтверждается наиболее высокой себестоимостью продукции (табл. 3). Этот тип земель преимущественного залесения и охраны природы с выборочным залужением под пастбищное использование. Встречающиеся в рассматриваемых районах камовые водно-ледниковые образования в геосистемном отношении представлены типами земель фрагментарных высоких водоразделов («1.1.1.»), которые практически не пригодны для сельскохозяйственной обработки и должны быть включены в лесохозяйственный фонд или в природоохранные территории. Легкие почвообразующие породы и высокая неоднородность почвенного покрова этих типов земель делают необходимым сохранение естественной растительности или посадки хвойных древесных пород. Выпуклые и плоские высокие водоразделы на связных и двучленных с водоупором почвообразующих породах («1.2.1.3.»; «1.3.1.3(4).»), преобладающие в структуре агроландшафтов центральной почвенно-экологической провинции Беларуси, обладают наибольшим потенциалом почвенно-ресурсного потенциала в естественном состоянии (балл 4 при пахотном и 5 при луговом). Соблюдение агротехнических требований, не допускающих распространение водно-эрозионных процессов, увеличивают производительную способность этих типов земель до максимальных значений.

Структура почвенного покрова районов с преобладанием переувлажненных агроландшафтов представлена в основном водоразделами плоскими и выпуклыми низкими («1.3.2.3(4).» и «1.2.2.3(4).») на связных почвообразующих породах в сочетании с неглубокими депрессиями ложбин

стока с разным гранулометрическим составом почв («2.1.1.n.»). Указанные ПК имеют сходный балл почвенно-ресурсного потенциала средней группы – 8,1-10,0 (табл. 3). Пригодность для интенсификации сельскохозяйственной деятельности, то есть для пропашных и зерно-пропашных севооборотов в условиях распашки также составляет среднюю группу оценки (3). Повышенная неоднородность моренных и моренно-зандровых равнин с более связным гранулометрическим составом компенсирует более низкое плодородие почв на рыхлых почвообразующих породах в этих типах земель. Целесообразность лугового использования таких земель более высокая – балл 4. Гидромелиорация повышает балл пашни и лугов на единицу (20 %), переводя их, соответственно, в группу перспективных для интенсификации сельскохозяйственной деятельности земель. Водоразделы плоские низкие на рыхлых породах («1.3.2.1.») представляют довольно широко распространенный тип заболоченных земель, особенно характерный для Полесья. Они характеризуются максимальным риском распространения дефляции почв в связи с выровненным рельефом и низким содержанием физической глины в почвообразующих породах. Наименьший почвенно-ресурсный потенциал (группа 1 в табл. 3), низкое плодородие, переувлажнение в условиях близкого к дневной поверхности уровня почвенно-грунтовых вод и высокая степень неоднородности почвенного покрова в связи с выраженным микрорельефом обуславливают их непригодность ни для пахотного, ни для лугового использования. Это территории обязательного залесения либо формирования естественного растительного покрова в составе охраняемых природных территорий, поскольку присутствуют риски проявления деградации земель при излишней рекреационной нагрузке.

Эффект от гидротехнической мелиорации в границах типов земель неглубоких депрессий («2.1.1.n.») достигает 50 % от естественного уровня почвенно-ресурсного потенциала, однако не всегда они составляют минимально допустимую для этого площадь. Допустимо включать их в единую мелиоративную систему в случае периферийного положения относительно глубоких заторфованных депрессий («2.2.2.6.»).

Агроландшафты на первой надпойменной террасе «4.2.7.n.», «4.2.8.n.» с преобладанием в почвенном покрове палеопойменных разновидностей почв обладают наивысшим баллом ресурсного потенциала (более 10,0) и самыми благоприятными условиями пахотного использования (балл 5). Наибольшие площади они занимают в южной почвенно-экологической провинции рассматриваемых районов (Пинский и Столинский районы).

Кроме оценки ресурсного потенциала ограниченное количество типов земель в пределах республики (почвенные мезо- и макрокомбинации) и каждого базового района (микро- и мезокомбинации) позволяет с известной точностью прогнозировать изменение качественного состояния и количественного состава почвенно-земельных ресурсов с учетом фактической степени деградации почвенно-земельных ресурсов или отсутствия ее признаков.

## Заключение

Территориальное планирование неистощительного природопользования, особенно в направлении интенсивного сельскохозяйственного использования агроландшафтов, возможно выполнять в границах типов земель – инвариантных единиц, идентифицируемых на основе геосистемного анализа структуры почвенного покрова.

Оценка ресурсного потенциала агроландшафта определяет структуру направлений предпочтительного адаптивно-ландшафтного использования территории в границах типов земель, как в естественном состоянии, так и после антропогенного вмешательства, в случае сельскохозяйственной деятельности – ориентацию на пахотное или луговое производство. Обоснованием корректности выполненной оценки служит учет себестоимости основных видов сельскохозяйственной продукции по типам земель, ранжирующий агроландшафты по тем же групповым уровням, что и результаты агроэкологической и агрохозяйственной оценки.

Геоинформационные системы являются эффективным инструментом на всех этапах инвентаризации и оценки почвенно-ресурсного потенциала, позволяя создавать базы данных для одновременного многофакторного анализа природных и производственных факторов землепользования.

Рассмотренный геосистемный подход к структуре почвенного покрова существенно упрощает территориальное проектирование эффективного землепользования и открывает возможность разработки типовых решений в использовании потенциала почвенно-земельных ресурсов, мониторинга и прогнозирования состояния структуры природопользования.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черныш А.Ф., Устинова А.М., Червань А.Н., Цырибко В.Б., Касьяненко И.И. Деградация почв сельскохозяйственных земель Беларуси: виды и количественная оценка // Почвоведение и агрохимия. 2016. № 2 (57). С. 7-18.
2. Червань А.Н., Черныш А.Ф. Эрозионные агроландшафты Беларуси: борьба с эрозией почв и территориальное планирование землепользования // Эрозионные и русловые процессы. М.: Географ. ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова. 2020. Вып. 7. С. 338-356.
3. Цыбулько Н.Н., Устинова А.М., Червань А.Н., Касьяненко И.И., Романенко С.С., Цырибко В.Б. Эрозионная деградация почв Беларуси // Земледелие и защита растений. 2018. С. 19-26.
4. Клебанович Н.В., Киндеев А.Л., Сазонов А.А., Червань А.Н., Домась А.С., Ерьсько М.А., Ефимова И.А. Пространственная неоднородность почвенного покрова и агрохимических показателей почв Солигорского района // Земля Беларуси. 2019. № 1. С. 39-48.
5. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова: задачи и методы его изучения // Почвенные комбинации и их генезис: сб. науч. тр. М.: Наука, 1972. С. 9-32.
6. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. М.: Мысль, 1986. 240 с.
7. Качков Ю.П., Башкинцев О.Ф., Яцухно В.М. Территориально дифференцированные подходы оптимизации аграрного землепользования на разных уровнях организации природной среды // Природные ресурсы. 2010. № 1. С. 15-24.
8. Кауричев И.С., Романова Т.А., Сорокина Н.П. Структура почвенного покрова и типизация земель. М.: МСХА, 1992. 152 с.
9. Романова Т.А., Червань А.Н., Андреева В.Л. Теоретические основы и практическая значимость исследований структуры почвенного покрова // Почвоведение. 2011. № 3. С. 300-310.
10. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
11. Васенёв И.И., Руднев Н.И., Хахулин В.Г. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (информационно-справочные системы оценки их ресурсного потенциала и оптимизации базовых элементов систем земледелия). М.: Россельхозакадемия, 2004. 80 с.
12. Кочетов И.С., Лукин С.В., Лисецкий Ф.И., Марциневская Л.В. Оценка энергетической эффективности адаптивно-ландшафтной системы земледелия в ЦЧР // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2000. № 6. С. 21-23.
13. Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.А. Агроэкологическая почвенно-мелиоративная карта Нечерноземной зоны Европейской России масштаба 1:1500000 // Почвоведение. 2009. № 11. С. 1393-1403.
14. Романова Т.А., Черныш А.Ф., Червань А.Н., Радюк А.Э. Агроэкологическая составляющая потенциала почвенно-земельных ресурсов // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 2. С. 40-49.
15. ТКП 302-2018 (33520) Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств (утвержден и введен в действие приказом Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 15 мая 2018 г. № 87). 108 с.

Поступила в редакцию 27.09.2021

Червань Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики УО «Белорусский государственный университет»;  
РУП «Институт почвоведения и агрохимии» Национальной академии наук Беларуси (совм.)  
220030, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ленинградская, 16  
E-mail: ChervanAlex@mail.ru

*A.M. Chervan'*

**THE TYPIZATION OF THE SOIL COVER STRUCTURE BY GIS MEANS FOR EVALUATING THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF AGRICULTURAL LANDSCAPES ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-3-280-289

A geosystem approach to the analysis of the structure of the soil cover by soil combinations with the use of geoinformation technologies is considered. Within the boundaries of the soil-ecological zoning of Belarus, the identified types of land are considered as units of territorial planning in the areas of nature management. An agroecological assessment of the productive potential of soil and land resources of agricultural landscapes was carried out on the basis of the nomenclature of land

types and the formula of soil combination. In the basic agricultural landscapes, on a typical spatial basis, the factors of differentiation of the structure of the soil cover and the conditions of land use are taken into account. Regularities of changes in the cost of production of the main types of agricultural products, depending on the territorial affiliation to one of the limited set of identified types of land, have been revealed. The prospects for the use of typified soil cover structures in land management and the practice of territorial planning of agricultural landscapes are described.

*Keywords:* soil, soil cover structure, agricultural landscape, GIS, land type, potential, Republic of Belarus.

## REFERENCES

1. Chernysh A.F., Ustinova A.M., Chervan' A.N., Tsyribko V.B., Kas'yanenko I.I. [Soil degradation of agricultural lands in Belarus: the types and quantitative assessment], in *Pochvovedenie i agrokhimiya*, 2016, no. 2 (57), pp.7-18 (in Russ.).
2. Chervan' A.M., Chernysh A.F. [The erosional agricultural landscapes of Belarus: combating soil erosion and spatial land use planning], in *Eroziionnye i ruslovye processy*, Moscow: MSU, 2020, iss. 7, pp. 338-356 (in Russ.).
3. Tsybul'ko N.N., Ustinova A.M., Chervan' A.N., Kas'yanenko I.I., Romanenko S.S., Tsyribko V.B. [Erosional degradation of soils in Belarus], in *Zemledelie i zashchita rasteniy*, 2018, pp.19-26 (in Russ.).
4. Klebanovich N.V., Kindeev A.L., Sazonov A.A., Chervan' A.N., Domas' A.S., Eres'ko M.A., Efimova I.A. [Spatial heterogeneity of the soil cover and agrochemical parameters of the soils of the Soligorsk region], in *Zemlya Belarusi*, 2019, iss. 1, pp. 39-48 (in Russ.).
5. Fridland V.M. *Struktura pochvennogo pokrova: zadachi i metody ego izucheniya* [The structure of the soil cover: tasks and methods of its study], in *Sborn. nauch. tr. "Pochvennye kombinatsii i ikh genezis"*, Moscow: Nauka Publ., 1972, pp. 9-32 (in Russ.).
6. Berlyant A.M. *Obraz prostranstva: karta i informatsiya* [Image of space: map and information], Moscow: Mysl' Publ., 1986, 240 p. (in Russ.).
7. Kachkov U.P., Bashkinceva O.F. Yatsukhno V.M. [Territorially-differential approaches of optimization of agrarian land use at different levels of the organization of the natural environment], in *Prirodnye resursy*, 2010, no. 1, pp. 15-24 (in Russ.).
8. Kaurichev I.S., Romanova T.A., Sorokina N.P. *Struktura pochvennogo pokrova i tipizatsiya zemel'* [Soil cover structure and land typification], Moscow: Mosk. Sel'skokhoz. Akad., 1992, 152 p. (in Russ.).
9. Romanova T.A., Chervan' A.M., Andreeva V.L. [Theoretical basis and practical significance of investigations into soil cover patterns], in *Pochvovedenie*, 2011, no. 3, pp. 300-310 (in Russ.).
10. Kiryushin V.I. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* [Agroecological assessment of lands, design of adaptive landscape systems of farming and agricultural technologies. Methodical guidance], Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2005, 784 p. (in Russ.).
11. Vasenev I.I., Rudnev N.I., Khakhulin V.G. *Metodika agroekologicheskoy tipizatsii zemel' v agrolandshafte (informatsionno-spravochnye sistemy otsenki ikh resursnogo potentsiala i optimizatsii bazovykh elementov sistem zemledeliya)* [Methodology for agroecological typification of lands in the agricultural landscape (information and reference systems for assessing their resource potential and optimization of the basic elements of farming systems)], Moscow: Rossel'khozakademiya Publ., 2004, 80 p. (in Russ.).
12. Kochetov I.S., Lukin S.V., Lisetsky F.I., Martsinevskaya L.V. [Assessment of energetic effectiveness of landscape system of agriculture in Central Chernozem Region], in *Doklady Rossiyskoy Akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2000, no. 6, pp. 21-23 (in Russ.).
13. Zaidel'man F.R., Nikiforova A.A. [Agroecological soil-ameliorative map of the Nonchernozemic zone of European Russia on a scale of 1: 1500000], in *Pochvovedenie*, 2009, no. 11, pp. 1393-1403 (in Russ.).
14. Romanova T.A., Chernysh A.F., Chervan' A.N., Radyuk A.Eh. [Agroecological potential of soil-land resources], in *Pochvovedenie i agrokhimiya*, 2010, no. 2, pp. 40-49 (in Russ.).
15. *ТКР 302-2018 (33520) Kadastrrovaya otsenka sel'skokhozyaystvennykh zemel' sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy i krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystv* [TKP 302-2018 (33520) Cadastral valuation of agricultural land of agricultural organizations and peasant (farmer) households], (est. Prikazom Gosudarstvennogo Komiteta po Imuschestvu Respubliki Belarus' 15.05.2018 no. 87), 108 c. (in Russ.).

Received 27.09.2021

Chervan' A.M., Candidate of agricultural sciences, associate professor, head of department of Soil science and geoinformation systems of faculty of Geography and geoinformatics  
Belarusian State University;  
Institute of Soil Science and Agrochemistry of National Academy of Sciences of Belarus  
Leningradskaya st., 16, Minsk, Belarus, 220030  
E-mail: ChervanAlex@mail.ru