

СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ПРАКТИКЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

А.Н. Червань

*Белорусский государственный университет, Минск, пр. Независимости, 4, 2203030,
Беларусь, email: chervan@bsu.by*

Иерархическая многоуровневая система неоднородностей почвенного покрова, характеризуемых компонентным составом и упорядоченным рисунком почвенного покрова, а значит, устойчивыми механизмами геохимических и геофизических связей представляет собой структуру почвенного покрова. Она является одновременно понятием почвенно-географическим, так как определяется пространственным размещением почв, и почвенно-генетическим, так как обусловлена и влиянием факторов на формирование почвенного покрова и взаимосвязи почв и их эволюцией. Тезисно представлены результаты апробации результатов геообработки почвенно-агрохимических факторов в ГИС для прецизионного землепользования в агроландшафтах. Рассмотрены неотъемлемые тематические блоки базы геоданных пилотного агроландшафта в геоинформационной программной среде в формате классов пространственных данных. Приведен пример технологических карт для обрабатываемых участков агроландшафта с целью автоматизации работ и пространственно-временной оптимизации землепользования.

Ключевые слова: почвенная комбинация; агроландшафт; ГИС-технологии; агрохимические показатели; прецизионное земледелие; технологическая карта

Понятия системы и структуры неразрывны, так же как и система землепользования прочно территориально и функционально обусловлена структурой почвенного покрова. Характерное для структуры наличие связей и отношений между образующими систему элементами (организованность) проявляется в неразрывном единстве со средой (надсистемой), в котором проявляется ее целостность. Распределение и перераспределение функций между элементами системы всегда происходит в рамках сложившейся структуры, которая в этом смысле выступает как носитель функций [1, с. 17]. В то же время она формируется извне – в результате отношений, в которые вступают в процессе функционирования элементы системы. Следовательно, структура системы – связующий признак ее внутреннего и внешнего функционирования. Поэтому в сельскохозяйственной деятельности (на территории агроландшафтов) структура землепользования должна быть адаптивна структуре почвенного покрова, состоящей из почвенных комбинаций – закономерно организованных и чередующихся элементарных ареалов в разной степени генетически связанных между собой

и образующих типизирующийся рисунок. Такой рисунок может идентифицироваться картометрическими приемами с использованием ГИС-технологий и приемов автоматизированного дешифрирования ДДЗ, что делает возможным типологию земель на основе структурного анализа почвенных комбинаций (геосистем).

Пространственно-временная дифференциация функций геосистемы и любой ее подсистемы, например, почвенного покрова, наблюдается в качественном и количественном выражении [2, с. 291]. В зависимости от акцента в подходе к понятию структуры рассматриваются идеи комплексности, целостности (онтологический аспект) или идеи операционального управления (гносеологический аспект) пространственной составляющей системы. В сельскохозяйственной деятельности, например, основой такого управления предлагается агроландшафтная территориальная структура – пространственная составляющая техногенной подсистемы геосистемы в нашем понимании. Такое деление земной поверхности на участки сельскохозяйственного использования, границы которых обусловлены процессом перераспределения вещества и энергии мезорельефом, а они характеризуются генетическим единством и тесной взаимосвязью слагающих их компонентов [3, с. 4].

Рассматривая почвенный покров как информационно насыщенную часть биогеоценоза (геосистемы), исследования его структуры позволяют получить объективные хозяйственные, экологические и социальные данные [4, с. 13]. С появлением и развитием ГИС и технологий пространственной обработки данных облегчилось решение подобных задач. Гео-статистические (вероятностные) подходы особенно важны при нечетких (слабоконтрастных) зависимостях системных компонентов от условий среды, например, когда имеет место неоднозначная связь почв с рельефом, растительной формацией или другими факторами почвообразования. Несмотря на наличие крупномасштабных почвенных карт в Беларуси имеет место высокая степень неоднородности почвенно-агрохимических факторов землепользования, особенно претендующего на прецизионное использование ресурсов. Это предопределяет внимание к структуре почвенного покрова, рисунок которой позволяет пространственно идентифицировать генетически обусловленную неоднородность и вплотную подойти к типовому проектированию систем земледелия.

Типологическим агроландшафтом является генетически однородная территория, для повышения плодородия почв которой и эффективного решения задач земледелия возможно применение единой системы агрономических, мелиоративных и природоохранных мероприятий.

Таким образом, стратегия формирования высокопродуктивных агроландшафтов заключается в адекватной оценке его полифункциональных

возможностей и приведение в соответствие с их уровнем системы эксплуатации агроландшафта, а не наоборот, как это происходило до последнего времени. Поэтому адаптивно-ландшафтное землепользование осуществляется с учетом законов и правил функционирования геосистем. Чем выше уровень интенсификации земледелия и насыщенность высокоэффективными наукоемкими агротехнологиями, тем выше требования к полноте и точности территориальной (геоинформационной) основы.

Комплекс учета и оценки почвенных, агрохимических и сопутствующих факторов сельскохозяйственного землепользования с использованием ГИС-технологий разработан и апробирован в пилотном агроландшафте Брестской области республики. Агроэкологическая типизация почвенного покрова и оценка сельскохозяйственных земель для основных видов возделываемых культур выполнялась с учетом границ заранее идентифицированных почвенных комбинаций, послуживших пространственной и информационно-генетической основой предлагаемых мер оптимизации землепользования.

На территорию хозяйства сформирована база данных в геоинформационной среде в формате классов пространственных данных. Структура БД предусматривает три послойно организованных тематических блока, последовательно связанных между собой:

I – Инвентаризационный: 1. Землепользование: границы кадастровых (1.1), обрабатываемых (1.2) и элементарных (1.3) участков; 2. Производственная инфраструктура: 2.1. местоположение производственных центров (мехдвор, МТФ, складские помещения, силосные и сенажные ямы, прочее), 2.2. дорожная сеть с учетом категории и покрытия дорог, каналы и каналы мелиоративных систем; 3. Земельно-кадастровые сведения по видам земель.

II – Оценочный: 1. Почвенно-ресурсный потенциал (рис. 1): 1.1. генетическая принадлежность почвенных ареалов, 1.2. условия и степень увлажнения с определением продуктивной влаги, 1.3. гранулометрический состав почвообразующих пород минеральных почв и ботанический состав торфа органогенных почв, 1.4. особенности пород под пахотным горизонтом почвенного покрова, 1.5. проявление процессов деградации почв (водная эрозия, дефляция, подтопление и другие); 2. Агрохимическое состояние сельскохозяйственных земель: оценка выполнена как в дискретных границах обрабатываемых участков, так и в виде непрерывных поверхностей распределения показателей методом интерполяции: 2.1. кислотность почв, 2.2. содержание гумуса в пахотном горизонте почвы, 2.3. содержание подвижных форм макроэлементов - фосфора (P_2O_5), калия (K_2O), подвижных оснований (MgO , CaO), 2.4. содержание подвижных

форм микроэлементов – Mn, Cu, Zn, B, S; 3. Мелиоративное состояние земельных участков; 4. Кадастровая оценка земельных участков хозяйства; 5. Целесообразность возделывания 16 сельскохозяйственных культур по почвенно-агрохимическим условиям территории хозяйства;

III – Планировочный (по каждому обрабатываемому участку): 1. Основная и дополнительная сельскохозяйственная культура для возделывания в составе севооборота на период 2021-2023 гг; 2. Зоны дифференциации (оптимальная, близкая к оптимальной и удовлетворительная) возделывания рекомендуемых сельскохозяйственных культур по элементам системы земледелия: способу обработки почвы, системе удобрения и мелиорации, варианту севооборота; 3. Учетные данные по обрабатываемым участкам для ведения «книги истории» поля, в том числе сведений о возделываемых сельхозкультурах, внесенных видов и доз удобрений и мелиорантов, средствах защиты растений и прочее.

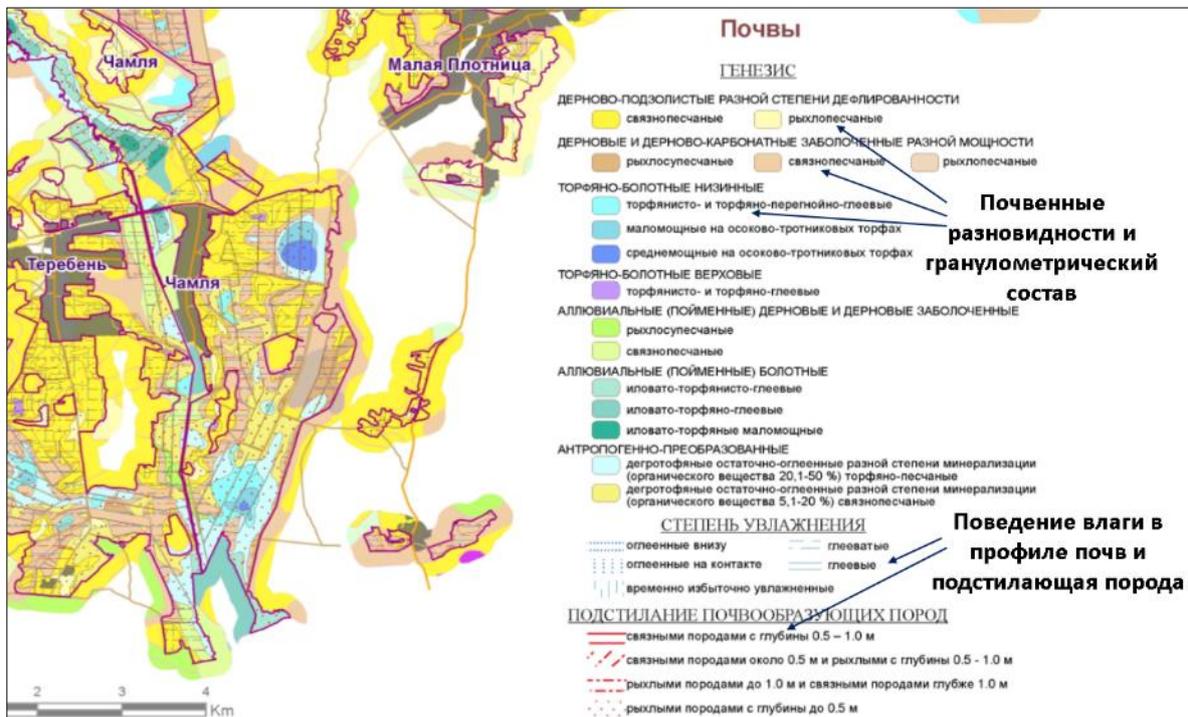


Рис. 1. Почвенные условия землепользования в агроландшафте (фрагмент)

Каждый информационный слой данных имеет точную пространственную привязку для реализации любых технологических операций точного земледелия. Все векторные классы пространственных данных сопровождаются разработанной тематической легендой (условными обозначениями) по атрибутивным значениям. Растровые слои представлены в виде 5 качественных групп по диапазону количественных значений, гра-

ницы групп определялись геостатистически по методу квантилей. Моделирование пространственного распределения почвенных и агрохимических показателей осуществлялось с учетом их динамики за многолетний период методами обратновзвешенных интерполяций. В оценке почвенных данных использованы результаты трех туров почвенного обследования, агрохимических – 13 туров. Итоговые классы данных были откорректированы на основе дополнительных полевых изысканий и отбора образцов из пахотного горизонта почв.

Каждый тематический блок, реализованный в слоях векторных данных, сопровождается данными дистанционного зондирования – ортофотопланами высокого пространственного разрешения и цифровой топографической картой местности с отражением изолиний рельефа.

Установлена производительная способность почв обрабатываемых участков на основе бонитета почв и с учетом динамики агрохимических показателей за многолетний период методами обратновзвешенных интерполяций. Сформировано более 30 классов почвенных и агрохимических факторов землепользования с унифицированными атрибутивными таблицами для автоматизации оценочных работ. Определение бонитета почв относительно основных сельскохозяйственных культур выполнено на основе генетических свойств и признаков почвенного покрова по рабочим участкам, в том числе степени увлажнения, гранулометрического состава почвообразующих пород и характера их смены/подстилаяния. В ходе анализа пространственного распределения показателей продуктивности учитывался балл кадастровой оценки.

Пространственное пересечение классов пространственных данных факторов землепользования и последующая кластеризация полученных микрозон определили автоматизированный выбор оптимальной сельскохозяйственной культуры для каждого обрабатываемого участка. Общее количество микрозон на площади 3820 га сельскохозяйственных земель составляет 165127. В случае высокой степени контрастности сделаны соответствующие корректировки границ участков. Кластеризация микрозон выполнялась на основе биологических требований сельскохозяйственных культур и увеличения степени однородности почвенно-генетических условий, в том числе в соответствии с границами почвенных комбинаций (рис. 2). В порядке от красного к зеленому оттенку цветовой шкалы оптимальности почвенно-агрохимических условий возделывания был выполнен пространственный анализ всей территории хозяйства для каждой культуры.

Детальная геостатистическая оценка почвенно-ресурсного потенциала пилотного агроландшафта послужила картографическим обоснова-

нием выделения 639 зон обрабатываемых участков с дифференцированной системой земледелия, которые при необходимости могут быть разделены по показателям внутренней неоднородности агрохимического состояния и производительной способности почв. Для каждого обрабатываемого земельного участка установлены необходимые элементы системы точного земледелия, а именно способ обработки почвы, система удобрений и мелиорантов для рекомендованной культуры в составе севооборота с чередованием во времени и в пространстве.

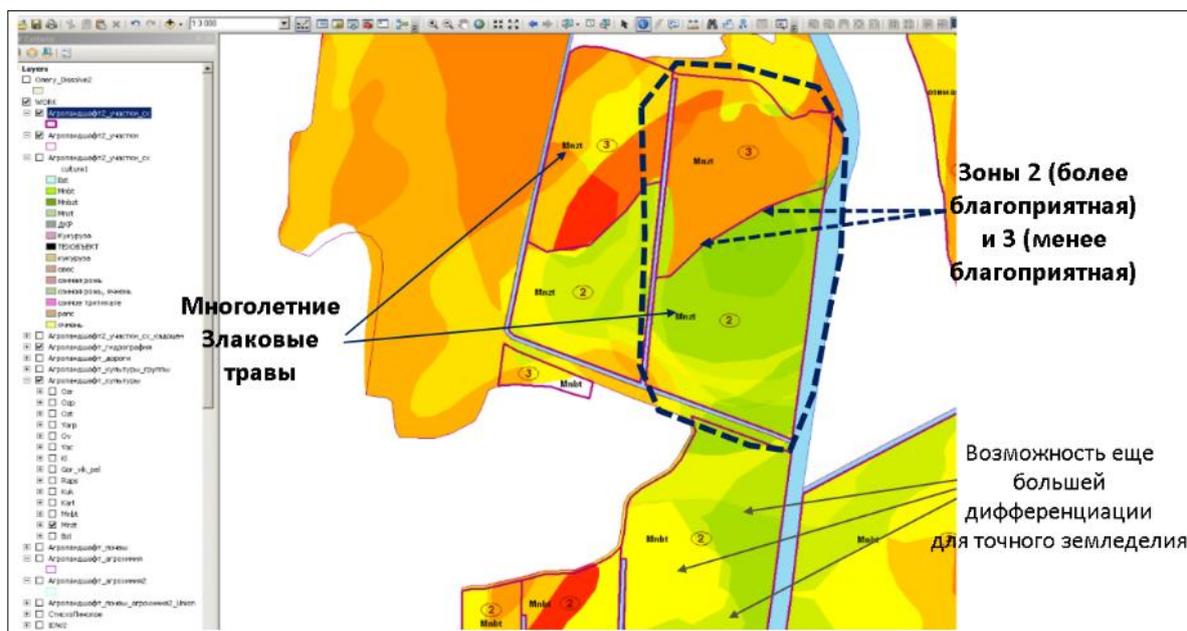


Рис. 2. Подбор оптимальных культур и дифференциация технологии их возделывания по зонам (фрагмент)

Разработанная пространственная модель реализована в формате данных, допускающих их использование в бортовых компьютерах сельскохозяйственной техники. Определены технические условия для сельскохозяйственной техники точного земледелия:

- загрузка в бортовые компьютеры пространственных и атрибутивных данных (границы участков, контуры микрзон, барьеры для прохода техники, характеристика участков, т. д.);

- автоматическое управление агрегатами (регулирование глубины, ширины захвата, нормы высева, дозы удобрения, т.п.) в процессе движения по алгоритмам учета загруженных пространственных данных;

- встроенные алгоритмы обработки и экспорта/импорта пространственных и атрибутивных данных в обменных форматах (*.shp, *.kml, *GeoTIFF) и унифицированных системах координат (WGS-84 и прочие);

- поддержка данных дистанционного зондирования в режиме on-line;

достаточность внутренней и оперативной памяти бортовых компьютеров для загрузки и обработки векторных и растровых слоев данных объемом более 2,0 Гб;

пространственная точность любой технологической операции в пределах 0,2–1,0 метра на местности;

автоматический дифференцированный учет урожайности и показателей качества культур в ходе сбора;

раздельное внесение нескольких видов удобрений (NPK) из одного бункера с разной дозой;

регулирование ширины захвата агрегата в процессе обработки почвы и внесения удобрений;

обеспечение внесения органических удобрений и их смесей в диапазоне 5–60 т/га;

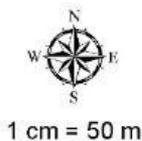
сеялки, оборудованные бункером для припосевного внесения удобрений; контроль перекрытий зон обработки почвы и внесения удобрений.

Агрономический анализ модели почвенно-агрехимических факторов землепользования, предшествующих сельхозкультур, их биологических особенностей и вероятной урожайности позволил рассчитать дифференцированные дозы минеральных и органических удобрений для обрабатываемых участков и микрзон в их границах по каждой группе культур.

Технологические карты по каждому обрабатываемому участку (всего 630 карт) сформированы в виде проектов в ГИС среде, допускающих их печать или конвертацию для анализа выполнения работ в целом по хозяйству (пример приведен на рис. 3). Сопровождение производства растениеводческой продукции в системе прецизионного или точного земледелия на основе разработанной пространственной модели предусматривает пространственное прогнозирование возбудителей болезней и других рисков возделывания культур в течение всего периода вегетации.

Автоматизированная актуализация всех технологических операций за период вегетации в базе данных позволяет скорректировать план сельскохозяйственных работ на следующий год и с большей точностью прогнозировать урожайность с одновременным увеличением эффективности производства. На территории пилотного агроландшафта ГИС-анализ пространственных факторов землепользования обеспечил разработку рекомендаций по структуре посевных площадей и чередованию запланированных культур. Структура посевных площадей разработана и рекомендуется с учетом специализации хозяйства (агроландшафта), биологических особенностей культур, периодов возврата культур на прежнее место, а также оптимальных и возможных предшествующих культур.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА



Номер участка	125481700001000200_5			Зоны	2,3
Площадь участка, га	14,2		Предшественник		
Культура; сорт, ПВ, млн.лп	Люцерна+				Пл. урожай-ть
Чередование культур	Люцерна + тим 3 г.л.-Люцерна+ тим 4 г.л.-оливая рожь				
Почва	Дерново-глеяные насыщенные среднесуглистые песчаные почвы связанных песках, сменяемых рыжыми песками				
Кислотность (рН КСН)	5,3		Содержание гумуса, %		1,9
Макроэлементы, мг/кг	P2O5 -169	K2O-131	CaO - 648	MgO -201	
Микроэлементы, мг/кг:	SO2-3,2	B-0,4	Cu-1,0	Zn-3,0	Mn-2,8



Технологические операции (по зонам участка):

1. Ранневосстановительный покос, в г. в.	зона 2 - P30(ам.с.)K90(к.кл.) зона 3- P30(ам.с.)K100(к.кл.)
2. Косение (1-й укос) + площадь	ф. бутонизации, высота среза 7-8 см
3. Провяливание	при и сплывании влаги- площади и хорошей погоде время 4-6 часов, а при неблагоприятной не более 36 часов
4. Сревание валков	
5. Подбор валков с измельчением	Подбор и измельчение при содержании сухого вещества 40-45%, измельчение 3-5 см
6. Косение (2-й укос)-площадь	ф. бутонизации-начала цветения, высота среза 7-8 см
7. Провяливание	при использовании влаги- площади и хорошей погоде время 4-6 часов, а при неблагоприятной не более 36 часов
8. Сревание валков	
9. Подбор валков с измельчением	Подбор и измельчение при содержании сухого вещества 40-45%, измельчение 3-5 см
10. Косение (3-й укос)-площадь	в конце августа, высота среза 7-8 см
11. Провяливание	при использовании влаги- площади и хорошей погоде время 4-6 часов, а при неблагоприятной не более 36 часов
12. Сревание валков	
13. Подбор валков с измельчением	Подбор и измельчение при содержании сухого вещества 40-45%, измельчение 3-5 см

Рис. 3. Технологическая карта на обрабатываемый участок агроландшафта

Автоматизация обоснования размещения и технологии возделывания сельскохозяйственных культур является наиболее весомым вкладом современных ГИС-технологий в растениеводческую отрасль экономики. Учет структуры почвенного покрова при этом предопределяет возможность стратегических мер оптимизации землепользования.

Библиографические ссылки

1. Понятие структуры территориальных систем и некоторые подходы к ее моделированию / В. М. Котляков [и др.] // Известия РАН. Серия географическая, 1999. № 5. С. 17–24.
2. *Козловский Ф. И.* Теория и методы изучения почвенного покрова. М. : ГЕОС, 2003. 536 с.
3. *Васенев И. И., Дегтева М. Ю., Афонченко Н. В.* Закономерности функционирования и взаимодействия агроландшафтных территориальных структур, параметры устойчивости управляемых систем : метод. рекомендации. Курск, 2004. 20 с.
4. *Романова Т. А.* Диагностика почв Беларуси и их классификация в системе ФАО – WRB. Минск, 2004. 428 с.