

Н.В. КЛЕБАНОВИЧ, А.А. САЗОНОВ, А.Л. КИНДЕЕВ

**БАЗА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ  
ДАННЫХ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ – ОСНОВА СИСТЕМЫ  
АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

*Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Беларусь,  
N\_Klebanovich@inbox.ru*

На основе слоя «почвы» локальной ЗИС и данных агрохимического обследования создана база геопространственных информационно-аналитических данных почвенно-земельных ресурсов сельскохозяйственных земель Солигорского района, позволяющая делать морфометрические и агрохимические обобщения и дифференцировать территорию сельскохозяйственных земель для целей адаптивно-ландшафтного земледелия.

Под адаптивно-ландшафтной системой земледелия обычно понимают систему менеджмента земли определённой агроэкологической группы, которая ориентирована на производство качественной продукции в нужном количестве в соответствии с общественными потребностями, природными и производственными условиями ресурсами, и обеспечивает устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия. Понятие адаптивно-ландшафтная пришло на смену зональной системе земледелия, имея ввиду адаптацию не только к природным, но и производственным факторам.

«Ландшафтной» она называется, так как относится к конкретной агроэкологической группе земель, соответствующей определённому ландшафту. Отдельные звенья систем земледелия формируются в пределах агроэкологических типов земель – участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями (геосистем).

Обязательным условием проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия является формирование геоинформационных систем (ГИС) агроэкологической оценки земель по перечисленным параметрам. Из обилия природных факторов при проектировании системы учитываются те, которые связаны с биологией растений, которые определяют ландшафтные связи и устойчивость агроландшафтов. Чем выше уровень интенсификации земледелия, тем большее количество агроэкологических факторов учитывается.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия обычно проектируются посредством подробного почвенно-ландшафтного картографирования, идентифицирующего элементарные ареалы агроландшафта (ЭАА), и близкие по экологическим условиям ЭАА объединяются в типы земель.

Строго говоря, адаптивно-ландшафтная система земледелия – это система использования земли определённой экологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества, и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия [2].

Для формирования адаптивно-ландшафтной системы, эффективно работающей в условиях конкретного ландшафта, необходимо решение целого ряда информационно-методических задач, конечным этапом которого является разработка локальной агрогеоинформационной системы. Одним из самых сложных аспектов формирования таких систем и неотъемлемым атрибутом высокого уровня земледелия является дифференцированное использование почв в зависимости от их свойств и сочетаний отдельных почвенных разностей в пространстве (структуры почвенного покрова).

В Беларуси пестрота почвенного покрова весьма велика, количество почвенных таксонов в одном только сельскохозяйственном предприятии может превышать 100 и разрабатывать рациональные пути использования каждой разновидности нереально и бессмысленно. Однородность по отношению к почве означает, «что выбираемый участок должен быть покрыт одной и той же почвой, относящейся к одному и тому же типу, подтипу, роду, виду и разновидности ...» [1]. Неоднородность может пониматься также и как варьирование отдельных свойств, а однородность соответственно – как константность значений в пределах изучаемого объекта. Однородным, например, предлагается считать почвенный покров, содержащий не менее 70 % основной почвенной разности [3]. Элементарные почвенные ареалы, чередуясь в пространстве, образуют почвенные комбинации, которые создают структуру почвенного покрова (СПП), то есть закономерную совокупность ЭПА, характерными параметрами которой

являются: компонентность (состав); сложность (частота пространственной смены ареалов, форма контуров); контрастность (степень генетического и агрономического различия между ареалами). Сложность и контрастность в совокупности характеризуют неоднородность почвенного покрова [2].

На сельскохозяйственных землях самой динамичной и востребованной на производстве является группа агрохимических свойств почв, для определения которых проводится самый регулярный вид обследований земель – агрохимические. При их проведении учитывается гранулометрический состав почв, что позволяет проводить инвентаризацию данных как для конкретных полей, севооборотов, хозяйств, районов, так и отдельно в разрезе гранулометрического состава.

В изменившихся экономических условиях возникли новые задачи и требования к почвенно-агрохимическим материалам, изменилась организация почвенно-картографических работ, появились принципиально новые технологии. Экспериментальные исследования последних лет направлены на разработку методов использования материалов дистанционного зондирования и ГИС-технологий, а также на почвенно-картографическое обоснование адаптивно-ландшафтного земледелия и изучение агрогенной и постагрогенной трансформации почвенного покрова. В мире появилось огромное количество научных работ, в которых неоднородность почвенного покрова изучается не только на глобальном и региональном уровне, но и на локальном.

На умбрисолях Галисии [5] наггет и коэффициенты вариации содержания органического вещества, азота, фосфора, значений  $pH$  ( $H_2O$ ), ёмкости катионного обмена и каменистости были больше для участка в естественных условиях, чем на культивируемых в течение последних 100 лет почвах. На глеевых подзолах Бельгии [4] пространственная зависимость была наиболее выражена для значений  $pH$ , содержания магния и кальция (отношения наггета к порогу вариограмм менее 25 %), умеренная (около 40 %) – для углерода и фосфора.

Следует подчеркнуть, что закономерности изменений variability различных свойств почв при окультуривании имеют региональный характер, и потому их следует выявлять для каждого природного региона отдельно. Большое значение имеет разработка агроэкологически ориентированной типизации почвенных неоднородностей для предотвращения деградации плодородия почв, повышения устойчивости производства. Нами проведён геоинформационный анализ состояния почвенного покрова и проведена оценка почвенно-ресурсного потенциала земель сельскохозяйственного назначения и экологической устойчивости агроландшафтов Солигорского района Беларуси.

В информационной среде были созданы программные модули для хранения и обработки информации, наполнение базы данных сведениями. Для установления закономерностей неоднородности почвенного покрова применялся системный анализ качественных и количественных параметров, заложенных в цифровых почвенных картах (слой ЗИС локального уровня) и базах атрибутивных данных.

База данных почвенных характеристик Солигорского района разработана в среде ГИС *ArcGIS Desktop 10.5*, состоит из совокупности цифровых пространственных и атрибутивных данных, организованных в виде векторных полигональных классов пространственных объектов файловой базы геоданных (БГД) *ArcGIS*, содержащих информацию о почвах, геосистемах и данных агрохимических обследований сельскохозяйственных земель.

Классы пространственных объектов БГД сгруппированы в набор классов-объектов «*Soil\_Layer*», что позволяет более эффективно управлять данными, хранить их в одной

системе координат СК-63 и установить правила топологии. Информация о почвенном покрове (классификационная принадлежность почвы, генезис почвообразующих пород, гранулометрический (ботанический) состав почв, характер подстилки, код почвы и др.) хранится в классе пространственных объектов *Soil*. Для поддержания целостности данных и исключения ошибок ввода, в базе данных создаются соответствующие домены.

Информация о геосистемах хранится в полигональном классе пространственных объектов «*Geosys*». Информация о агрохимических показателях хранится в полигональном классе пространственных объектов «*Agrohim*», атрибуты которой содержат информацию о четырёх основных показателях – содержании гумуса, калия ( $K_2O$ ), фосфора ( $P_2O_5$ ), и кислотности ( $pH$ ).

Создание базы данных агрохимических свойств почв позволяет получить обобщённую информацию по разным таксономическим уровням генетической принадлежности почв и по геосистемам. Анализ данных показывает, что наиболее гумусированными являются геосистемы центральной поймы среднего уровня, где половина контуров имеет содержание гумуса более 5 %. Среди непойменных геосистем более высокое содержание на почвах геосистем низких плоских водоразделов, в среднем 2,73 %, и неглубоких озеровидных депрессиях – 2,59 %. Самые низкие показатели также на почвах геосистем низких плоских водоразделов, но с торфом – 1,51 %. На доминирующих типах геосистем содержание гумуса, как правило, в интервале 1,6 – 2,0 %.

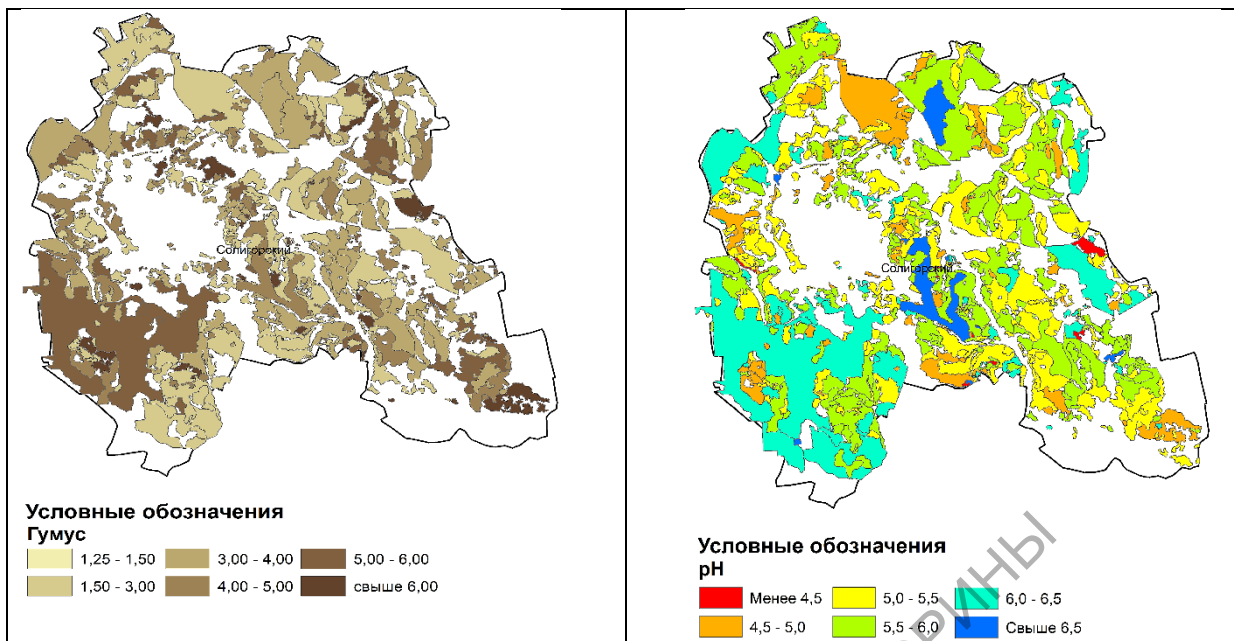
Большинство геосистем района отличается низкой величиной  $pH$  в  $KCl$ , особенно на низких плоских водоразделах – 4,09 (без торфа) и 3,83 – с торфом. Ни в одной группе геосистем средняя величина  $pH$  не превышает 5,5, а на выпуклых водоразделах средний показатель менее 5,0. Иными словами, в изучаемом районе вопрос с известкованием кислых почв стоит очень остро.

По содержанию подвижных соединений фосфора почвы района в целом бедны, значительно ниже среднего по стране и области, большинство групп геосистем имеет средний показатель в интервале 97 – 152 мг/кг. Напротив, по содержанию подвижных соединений калия общий уровень существенно выше среднего по стране и области, лишь в одной группе показатель ниже 230 мг/кг, особенно богаты калием почвы геосистем пойм и депрессий.

В географическом аспекте наиболее гумусированные геосистемы сосредоточены в юго-западной части района, где много заболоченных и постторфяных почв (рисунок 1). Разные геосистемы имеют существенно отличную реакцию среды, от сильнокислых до близких к нейтральным (рисунок 2), что хорошо видно на приведенной картограмме. На картограммах содержания подвижных фосфора (рисунок 3) и калия (рисунок 4) дифференциация заметно меньше и серьёзный диссонанс вносит наличие геосистем с торфяно-болотными почвами, у которых диапазоны обеспеченности элементами питания существенно отличаются от минеральных почв, и их необходимо корректно трактовать.

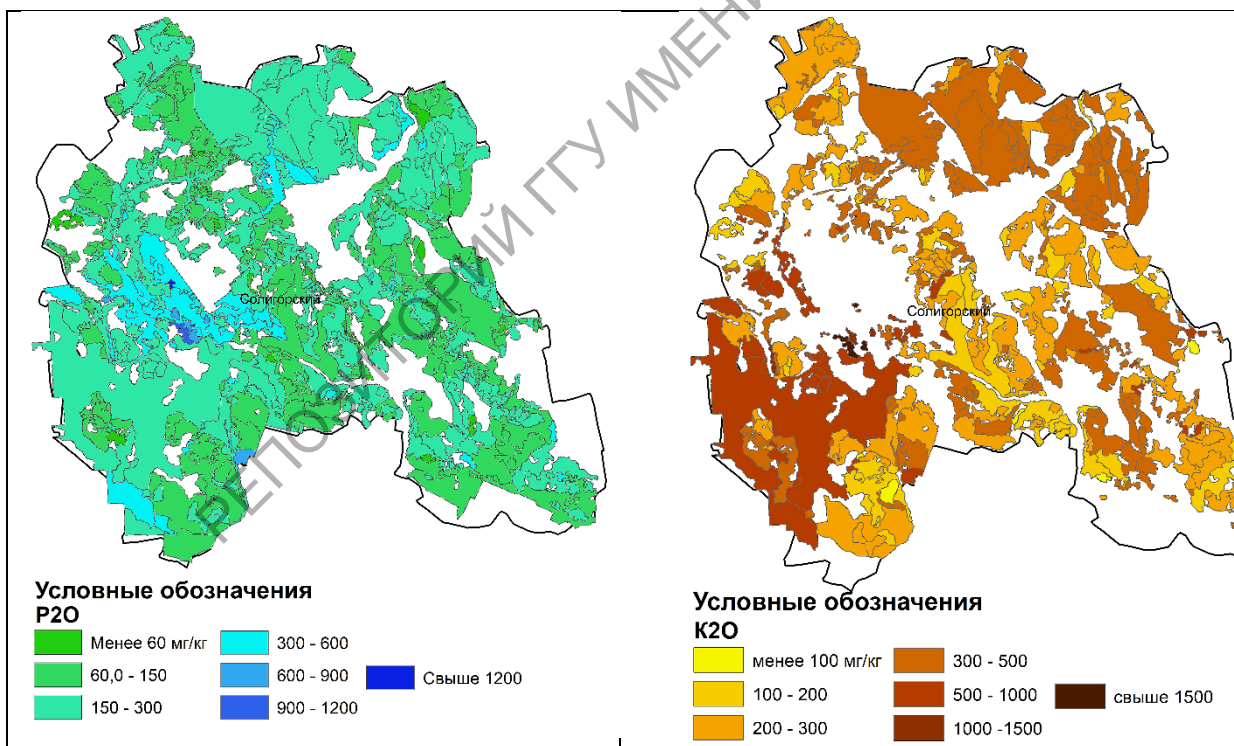
По созданной базе геоданных осуществлена систематизация результатов почвенного обследования сельскохозяйственных земель Солигорского района и проведен морфометрический геоинформационный анализ почвенного покрова района.

На территории сельскохозяйственных земель (165 тыс. га) выделено 887 геосистем (более 32 тысяч контуров). Преобладают водоразделы выпуклые 42,5 % и плоские 20,2 %, депрессии в районе чаще озеровидные – 26,7 %, пойменные земли занимают 8,3 % территории.



**Рисунок 1 – Картограмма гумусированности геосистем Солигорского района**

**Рисунок 2 – Картограмма кислотности геосистем Солигорского района**



**Рисунок 3 – Картограмма содержания подвижного фосфора в почвах геосистем Солигорского района**

**Рисунок 4 – Картограмма содержания подвижного калия в почвах геосистем Солигорского района**

Все геосистемы имеют очень высокую степень контрастности почвенного покрова, в среднем КК 7,0, в депрессиях КК 8,15 – 8,89, а в поймах 5,21. Средняя площадь контуров максимальна на депрессиях озеровидных – 5,67 га и водоразделах выпуклых – 5,2 га, а на фрагментарных водоразделах снижается до 2,6 га. Периметр контуров максимален на почвах долинообразных депрессий за счет сложной формы контуров.

Наибольшие значения коэффициент расчлененности имеет на водоразделах фрагментарных – 3,52, но по всем группам геосистем оставаясь в градации слаборасчлененных. Отметим существенно более высокий уровень коэффициента изрезанности водоразделов по сравнению с депрессиями при отсутствии значительных различий по коэффициенту кругообразности. Наиболее сложную структуру почвенного покрова имеют геосистемы фрагментарных водоразделов – 0,81, депрессий долинообразных – 0,82, пойменных земель – 0,77.

Общая неоднородность почвенного покрова ни в одной группе геосистем не имеет оптимальных значений, но входит в допустимый интервал. Самая низкая неоднородность на водоразделах выпуклых – 2,9, что благоприятствует ведению аграрного производства.

В разрезе отдельных подгрупп геосистем неоднородность почвенного покрова дифференцирована гораздо более существенно, иногда, для водоразделов двучленных без водоупора, находится в оптимальном интервале (менее 1,5): выпуклые низкие – 0,86, плоские высокие – 0,10, плоские низкие – 0,90.

В целом полученные показатели дают ясное количественное представление о структуре почвенного покрова сельскохозяйственных земель Солигорского района. Полученные данные указывают на возможность прикладного использования разработанной методики создания базы данных и обработки цифровой информации о почвах на уровне района.

Дифференцированное использование почв в зависимости от их свойств и сочетаний отдельных почвенных разностей в пространстве (структуры почвенного покрова) является неотъемлемым атрибутом высокого уровня земледелия. Представление данных о почвах, обработанных статистически и информационно, в виде геосистем (типов земель, структур почвенного покрова) даёт новое, более качественное знание, в том числе о наиболее востребованных агрохимических свойствах почв и улучшает менеджмент земель, особенно в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия.

### Список литературы

- 1 Дмитриев, Е. А., Пространственно-временная неоднородность почв и погрешности экстраполяционных оценок средних значений влажности и рН / Е.А. Дмитриев, А.В. Николенко // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. – 1996. – № 4. – С. 3–14.
- 2 Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия. / В.И. Кирюшин – М: Колос, 1996. – 367 с.
- 3 Словарь-справочник почвенно-экологических терминов / Под ред. Б. Ф. Апарина и А. И. Попова. Учебное пособие. – СПб: Изд-во СПб ун-та, 2006. – 287 с.
- 4 Geypens, M. Spatial variability of agricultural soil fertility parameters in a gleyic podzol of Belgium / M. Geypens, L. Vanongeval, N. Vogels, J. Meykens // Precision Agriculture. – 1999. – Vol. 1. – p. 319–326.

5 Paz-González, A. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon / A. Paz-González, S. R. Vieira, M. T. Taboada Castro // Geoderma. – 2000. – Vol. 97. – p. 273–292.