

## ПРОБЛЕМА АГРОФИЗИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Современные наука и производство требуют ландшафтного подхода к изучению агрофизических свойств и процессов в почвенном покрове. Исследования комплексного почвенного покрова должны проводиться по географически фиксированной сетке, в которой количество точек и шаг опробования охватывают все компоненты почвенного покрова, и получаемая в ходе исследований информация позволяет охарактеризовать все выделяемые градации факторов.

**Ключевые слова:** агрофизическая оценка, почвенный покров, агроландшафт, физические свойства, варьирование, трансекта, точка опробования, топоизоплеты.

Агрофизическая оценка территории включает в себя изучение физического состояния почвенного покрова с целью выделения благоприятных и неблагоприятных для роста и развития растений зон, разработки рекомендаций по повышению эффективности и устойчивости агроэкосистем. Получение информации об агрофизическом состоянии почвенного покрова дает возможность анализировать и управлять процессами, т. е. оптимизировать условия жизни растений, почвенной биоты, сохранности и повышения устойчивости агроценозов. Следует отметить, что современная наука и производство требуют изучения именно агрофизических свойств и процессов в почвенном покрове, так как на сегодняшний день ясно, что нельзя управлять отдельно взятой почвой или посевом, что надо знать физические закономерности почвенного покрова, агробиоценоза.

Отметив важность информации об агрофизическом состоянии агроландшафта, рассмотрим методы ее получения. В большинстве случаев традиционные подходы к агрофизической оценке территории строятся на основе классификационных градаций отдельных свойств почвы, включая такие показатели, как объект (почва и культура) и оптимальные диапазоны значений физических свойств в пахотном слое. Они хорошо и полно представлены в работах Н.А. Качинского, А.Г. Бондарева, В.В. Медведева, а также других авторов (1, 4).

Ландшафтные агрофизические исследования объекта проводятся по методу ключей, используя в качестве исходной опорной информации почвенные карты, карты рельефа и т. д. (2). При этом предполагается, что для каждого из выделенных на почвенной карте ареалов характерны определенные физические свойства и их смена на границах, разделяющих различ-

ные почвенные классификационные единицы или области действия одного и того же фактора, происходит резко, скачкообразно. Свойства, определенные в ключевых точках или усредненные в случае опробования по сетке, приписываются всей территории контура внутри его заданной границы. Варьирование свойств на малых расстояниях в пределах контура считается случайным или считается следствием ошибки эксперимента.

Однако следует рассмотреть причины изменчивости почвенных свойств. Пространственная неоднородность почвенного покрова отражает действие различных факторов и процессов. Изменение в пространстве и во времени факторов почвообразования, а также протекание различных внутрипочвенных процессов влечет за собой закономерное изменение почвенных свойств. Действие каждого фактора охватывает **различные** по размеру и положению в пространстве части почвенного покрова и почвенного профиля. Разнообразие этих факторов и различная интенсивность их воздействия в пространстве и во времени приводит, с одной стороны, к дифференциации почвенного покрова, но в то же время препятствует образованию резких границ между отдельными элементами почвенного покрова. Это, по мнению Е.А. Дмитриева, и обуславливает непрерывность и постепенность изменения почвенных свойств. Итак, свойства почвы меняются в вертикальном и горизонтальном направлениях постепенно: «Почвенный покров можно определить как природное тело в пределах некоторого участка земной поверхности, имеющее латеральную, вдольповерхностную составляющую в изменчивости состава и свойств» (3).

Покажем это на примере комплекса серых лесных почв Владимирского ополья, где основ-

ными структурообразующими элементами являются серые лесные почвы различной степени оподзоленности и серые лесные почвы, имеющие в составе своего профиля второй гумусовый горизонт. Исследование неоднородности почвенного покрова методом длинномерных траншей – всего проанализировано 7 трансект длиной до 40 м – позволил детально диагностировать закономерности морфологической смены почвенных горизонтов и количественно анализировать достоверность различий физических свойств (влажность, плотность, влажность при НВ, коэффициент впитывания и др.) как внутри горизонтов, так и между отдельными горизонтами.

Прежде всего следует отметить высокую морфологическую пестроту почвенного покрова и вариабельность физических свойств. При этом границы переходов между почвенными выделами и горизонтами размыты, носят неявный характер. Достоверные различия между почвенными разностями по физическим свойствам обнаружены в основном для глубины ниже 45–50 см и лишь по отдельным свойствам. В то же время могут достоверно различаться верхние и нижние части отдельных горизонтов.

Эта вариабельность свойств характерна и для агроландшафта в целом. Факторы, формирующие физическое состояние, такие, как обработка и уплотняющее воздействие ходовых систем сельскохозяйственной техники, неоднородность микрорельефа и связанная с этим неоднородность гидрологических условий, могут изменяться в масштабе сельскохозяйственного поля. А для современного ландшафтного земледелия, ставящего задачи оптимизации управления ростом растений, снижения неравномерности урожая, необходима реальная агрофизическая картина почвенного покрова и ее вариабельность в пределах обрабатываемого поля,

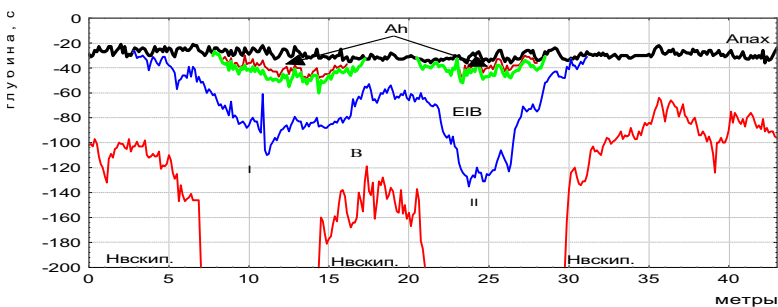


Рисунок 1. Морфологическое строение профиля трансекты в комплексе серых лесных почв Владимирского ополья

что нельзя обеспечить лишь традиционными ключевыми исследованиями.

Агрофизические исследования комплексного почвенного покрова должны проводиться по географически фиксированной сетке, в которой количество точек и шаг опробования позволяют охватить все компоненты почвенного покрова, и получаемая в ходе исследований информация позволяет охарактеризовать все выделяемые градации факторов.

Полученные в ходе ландшафтных исследований данные позволят представить изменение свойства в пространстве в виде своеобразной карты (так называемой функциональной поверхности), где каждой точке с координатами  $x$  и  $y$ , указывающими ее положение в пространстве, соответствует значение изучаемого свойства (координата  $z$ ). Каждой паре значений  $x$  и  $y$  соответствует единственное значение  $z$ . Представление варьирующего показателя в виде функциональной поверхности дает возможность построения подробных карт изменения того или иного свойства в пространстве, возможность предсказания величин изучаемых свойств в точках, в которых не проводилось опробование, выявление структуры варьирования того или иного свойства.

В качестве примера такого подхода, использующего ГИС в исследованиях агрофизического состояния сельскохозяйственного угодья, приведем работы по изучению уже показанного ранее комплекса серых лесных почв Владимирского Ополья.

На опытном участке площадью 2,7 га проводились исследования, целью которых являлась комплексная характеристика агрофизического состояния территории и выявление причин его неоднородности в пределах элементарных почвенных ареалов.

Для характеристики почвенного покрова нашего участка была заложена регулярная сеть точек с шагом 20 м, всего 64 точки. В этом случае регулярная сетка позволяла изучить все составляющие почвенного покрова. Во всех точках проведены исследования морфологического строения профиля и физических свойств основной части корнеобитаемого слоя – на глубинах 0, 10, 20, 30, 40 и 50 см.

Результаты площадного агрофизического обследования показали, что если верхний пахотный горизонт отличается в целом благоприятными физическими свойствами, то на глубине 20 см хорошо прослеживается уплотненная «плужная подошва». Здесь значения плотности почвы достигают 1,45 г/см<sup>3</sup> и выше. Проявляется это и в пенетрации, и во влагопроводности. При этом трудно проследить соответствие с почвенными контурами, лишь почвы со вторым гумусовым горизонтом менее подвержены уплотнению и сохраняют оптимальные значения.

Ниже в слое 30-35 см плужное уплотнение менее заметно, и на первый план выходит фактор пространственной неоднородности почв. Но и здесь строгого соответствия с почвенными контурами не выявляется, выделяется лишь зона почв со вторым гумусовым горизонтом в местах, где он доходит до этой глубины.

Изоплеты послойного распределения диапазона доступной влаги и воздухоемкости, рассчитанных как (НВ – ВЗ) и (порозность – НВ), соответственно, показывают зоны веро-

ятного иссушения почв (запасы влаги менее 21 мм водного слоя) и оптимальные (> 25 мм водного слоя).

Подобное картографическое представление позволяет разрабатывать и планировать технологии для оптимизации использования данной территории.

Применение ГИС-технологий позволяет провести анализ соответствия функциональных поверхностей путем наложения тематических слоев. В наших исследованиях это почвенная карта, отражающая структуру почвенного покрова, и пространственные изоплеты значений изученных физических свойств в пределах изучаемой территории. В результате наложения получаем наглядную и в то же время количественную картину пространственного распределения зон с повышенными значениями плотности и сопротивления пенетрации, пониженной водопроницаемостью. Можно дать анализ формирования неблагоприятных агрофизических зон в каждой их выделенных почвенных разностей.

Количественный анализ заключается в расчете удельной площади различных катего-

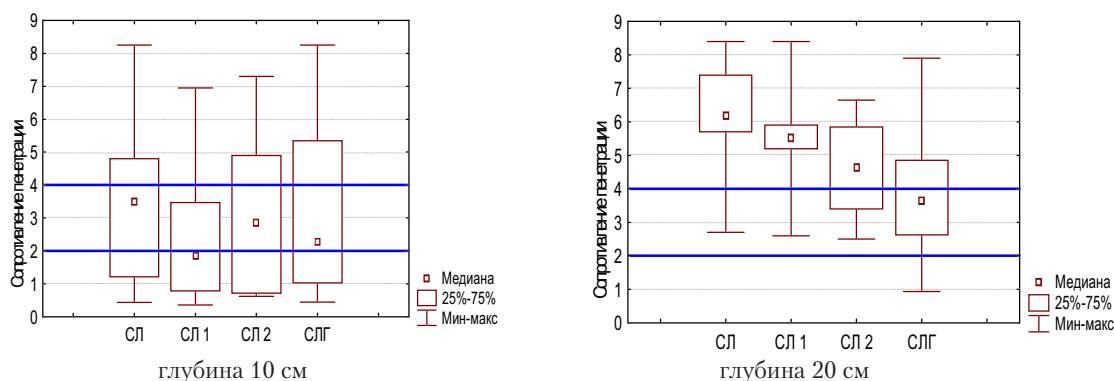


Рисунок 2. Статистики варьирования сопротивления пенетрации опытного участка серых лесных почв Владимирского ополья (МПа): СЛ – неподзоленные, СЛ1 и СЛ2 – слабо- и среднеподзоленные, СЛГ – со 2-м гумусовым горизонтом. Горизонтальными линиями показан оптимальный диапазон.

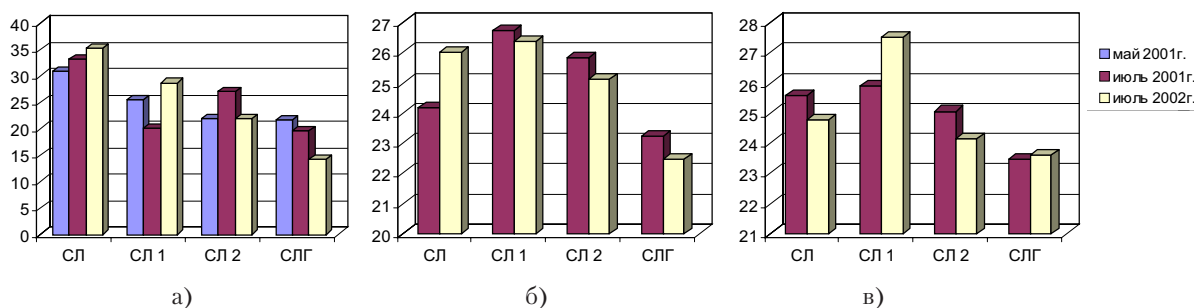


Рисунок 3. Диаграммы площадного распределения зон с неблагоприятными агрофизическими свойствами в слое 20-25 см почвенного покрова опытного участка Владимирского ополья (%): а) плотность >1.3 г/см<sup>3</sup>, б) сопротивление пенетрации >3 МПа, в) коэффициент впитывания <3 см/час. При выделении градаций физических свойств почв использовали оценочные классификации А.Г. Бондарева, В.В. Медведева (1).

рий физических свойств относительно площади определенного почвенного контура:

$$s(n)_{ud} = \frac{S_n}{S_{kont}} \cdot 100\%,$$

где  $s(n)_{ud}$  – доля площади почвенного контура  $S_{kont}$ , на которой почвенный покров характеризуется значением параметра равным  $n$ ,  $S_n$  – площадь ареала распространения участков со свойствами изучаемого параметра, равного  $n$ .

Это показывает вклад каждой почвенной разности в суммарную картину пространственного распространения зон с неблагоприятными агрофизическими условиями.

Из представленных диаграмм видно, что только на основе границ почвенных ареалов представить агрофизическую картину не представляется возможным: категории повышенной плотности, твердости и пониженной водопроницаемости в нижней части пахотного горизонта присутствуют у всех почвенных разностей. Однако доля их участия в общей картине уплотнения различна. При этом максимальная плотность не всегда сопровождается максимальным сопротивлением пенетрации и минимальным впитыванием.

Вновь можно отметить, что минимальные процентные соотношения неоптимальных градаций физических свойств отмечены у серых лесных почв с ВГГ. Эти почвы являются характерными участками почвенного покрова, в меньшей степени подверженными уплотняющему воздействию сельскохозяйственной техники. Это следствие дифференциации в содержании органического вещества у основных представителей почвенного комплекса.

Полученные в результате исследований комплекса серых лесных почв Владимирского ополья данные свидетельствуют о большой диагностической и агрофизической важности ВГГ в функционировании агроландшафтов. И его роль возрастает с увеличением его мощности, что необходимо учитывать и в подборе агромероприятий по использованию почвенного покрова.

Процесс наложения функциональных поверхностей показал, что в пределах каждого элементарного почвенного ареала имеются зоны как оптимальной, так и повышенной плотности. Причиной этого, наряду с агрофизической изменчивостью внутри контура, может стать и

варьирование морфологической неоднородности с глубиной. Например, в почвах со вторым гумусовым горизонтом мощность этого горизонта сильно меняется в пределах одного почвенного контура – от отдельных сантиметров до 40 см и более. Следовательно, на глубине 40-50 см в ареале серых лесных почв с ВГГ могут находиться генетические горизонты разного происхождения, состава и свойств, что можно видеть на рисунке 1.

Учет этого представляется очень важным при проведении работ по картированию почвенного покрова с подобными образованиями (ВГГ). Отсутствие сведений по варьированию мощности ВГГ и глубины нижней границы этого горизонта, распространение свойств, измеренных в одной точке почвенного контура на площадь всего контура, может привести к искажению информации (агрофизической, агрохимической и т. д.). Традиционные подходы к получению информации о физическом состоянии почв могут сопровождать почвенные исследования, не связанные с высокой комплексностью почвенного покрова и получением количественной информации, необходимой для последующих модельных расчетов.

Развитие ландшафтного земледелия требует детальной оценки агрофизического состояния с целью прогноза условий роста растений и миграции веществ. Представленные материалы являются новым шагом в анализе и оценке агрофизических свойств почвенного покрова, использования агрофизической информации в ландшафтном земледелии. Эти подходы и методы находятся на стадии научно-методического обоснования. Однако несомненна их перспективность для развития агрофизики ландшафта как составной части ландшафтного земледелия.

Дальнейшее развитие агроландшафтных подходов невозможно без сочетания традиционных экспериментальных методов исследования физических свойств почв с современными геостатистическими методами, процедурами аппроксимации и распространения данных, полученных в отдельных точках поля, на весь изучаемый массив. Эти возможности реализуются путем использования различных методов аппроксимации данных в пределах изучаемого ландшафта, получения топоизоплет изучаемых свойств на весь почвенный покров с дальней-

шим выделением контуров с оптимальной, неблагоприятной или крайне неблагоприятной агрофизической обстановкой.

Современный подход к комплексной агрофизической оценке сельскохозяйственных угодий должен обеспечивать получение массива почвенно-физических данных, который можно использовать для оценки и последующего рас-

чета миграции веществ и энергии в ландшафте, а также принятия обоснованных управленческих решений.

При таком подходе, названном нами *ландшафтно-агрофизическим*, опробование должно охватывать всю изучаемую территорию и включать еще этапы пространственного анализа и поливариантного прогноза.

---

**Список использованной литературы:**

1. Бондарев А.Г., Медведев В.В. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. – Тр. Почв. ин-та им.В.В.Докучаева. – 1980. – С. 85–98.
2. Владыченский С.А. Сельскохозяйственная мелиорация почв. – М.: Изд-во Московского университета, 1972. – 400 с.
3. Дмитриев Е.А. Глава из неоконченной книги «Неоднородность почвы» // Масштабные эффекты при исследовании почв. - М.: Изд-во МГУ., 2001. – С. 8-39.
4. Медведев В.В. и др. Критерии оценки пригодности земель Украины для возделывания зерновых культур // Почвоведение. – 2002 – №2.