

*На правах рукописи*

РОДИОНОВА Мария Евгеньевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНДИКАТОРОВ  
ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА  
ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

25.00.26 – землеустройство, кадастр и мониторинг земель

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Белгород – 2012

Работа выполнена на кафедре природопользования и земельного кадастра  
ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет»

Научный руководитель      **ЛИСЕЦКИЙ Федор Николаевич** –  
доктор географических наук,  
Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет, профессор

Официальные оппоненты:    **АХТЫРЦЕВ Анатолий Борисович** –  
доктор биологических наук,  
Воронежский государственный  
педагогический университет

**КРЮКОВА Наталья Алексеевна** –  
кандидат географических наук,  
Воронежский государственный аграрный  
университет им. императора Петра I, доцент

Ведущая организация        **Департамент природопользования и охраны  
окружающей среды Белгородской области**

Защита состоится 22 мая 2012 г. в 13-30 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.036.02 при Воронежском государственном педагогическом университете, по адресу: 394043 г. Воронеж, ул. Ленина, 86, ауд. 408.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале Воронежского государственного педагогического университета.

Автореферат разослан 20 апреля 2012 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенных печатью) просим направлять по адресу: 394043 Воронеж, ул. Ленина, 86. Естественно-географический факультет, ученому секретарю диссертационного совета ДМ-212.036.02. Факс: 8 (4732) 55-19-49, E-mail: shmykov@vspu.ac.ru

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат географических наук,  
доцент

**В.И. Шмыков**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Наиболее масштабным, экологически и экономически ведущим антропогенным влиянием на ландшафты является сельскохозяйственная деятельность, изменяющая структуру земельного фонда и активизирующая разнозначимые процессы антропогенного почвообразования. Одна из приоритетных задач мониторинга земель состоит в анализе структуры земельного фонда и его трансформации. Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 июня 2008 г. № 450 на Министерство сельского хозяйства возложены полномочия по осуществлению государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Одобренная распоряжением Правительства РФ от 30 июля 2010 г. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения на период до 2020 г. создает предпосылки для организации эффективной системы наблюдений за параметрами плодородия почв и процессами их деградации. Первая цель государственного мониторинга земель заключается в систематическом наблюдении за состоянием и использованием полей севооборотов, рабочих участков, а также за параметрами плодородия почв и развитием процессов их деградации. По данным FAOSTAT, 28 % деградируемых почв мира приходится на нерационально используемые пахотные земли. Свойства агрогенных почв определяются комбинациями природных факторов и неспецифическими сельскохозяйственными воздействиями, природоподобными по существу, но более мощными по масштабам и скорости изменения.

Порядок государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, утвержденный приказом Минсельхоза РФ от 4 мая 2010 г. №150, определяет контроль за 19 и 15 показателями с периодичностью 1 раз в 5 и 15 лет соответственно, что учитывает развитие быстротекущих и среднетекущих процессов. Согласно «Техническим указаниям по государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий в субъекте РФ» (2000), количество основных показателей почвенного плодородия, учитываемых при определении совокупного балла бонитета, ограничивается тремя. Однако, при длительной истории трансформации структуры земельного фонда, сложной пространственно-временной организации почвенного покрова и долговременных сельскохозяйственных нагрузках на земельные ресурсы необходимо использовать особый набор индикаторов почвенного плодородия, отражающих как почвенно-географические, так и антропогенные различия в агроландшафтах.

Мониторинг состояния пахотного горизонта почв, подвергшихся долговременным сельскохозяйственным воздействиям, позволяет понять их современное состояние, прогнозировать развитие процессов антропогенного почвообразования и деградации почв.

**Объект исследования** – длительно изменяемые в результате агрогенных воздействий почвенно-земельные ресурсы в зоне лесостепи, степи и предгорной лесостепной области.

**Предмет исследования** – агрогенная трансформация структуры землепользований во времени, изменение физических, химических, геохимических свойств

почв в условиях разной по длительности истории сельскохозяйственного освоения ландшафтов.

**Основная цель исследования** – разработать систему индикаторов агрогенеза почв для организации мониторинга почвенного плодородия при длительном освоении агроландшафтов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи.

1. Разработать методику и критерии моделирования пространственно-временной трансформации земель при многократной смене видов их использования для обоснования рядов агрогенных трансформаций почв.
2. Выявить диагностические индикаторы физико-химических и биогеохимических свойств для оценки диахронических агрогенных изменений почв.
3. Установить связь интенсивности пространственно-временных трансформаций почв и изменения почвенных свойств.
4. Предложить дополнения к перечню показателей состояния плодородия почв, учитываемых в рамках государственного регулирования плодородия земель сельскохозяйственного назначения и направленных на учет долговременных изменений ресурсов почвенного плодородия.

**Теоретические основы исследования.** Значение мониторинга земель и, в частности, почвенно-экологического мониторинга обосновали в своих работах И.П. Герасимов (1975), Б.В. Виноградов (1984), И.А. Крупеников (1985), В.А. Ковда (1988), В.Н. Жердев (1994, 2000), П.С. Русинов (1999), В.В. Медведев (2002) и др.

Исследуя комплекс агрогенных изменений почвенных свойств в различных природных зонах, Ф.И. Козловский (1986, 1994), В.А. Ковда (1989), В.В. Добровольский (1999, 2008), Ф.Н. Лисецкий (1999, 2000), И.А. Крупеников (2000, 2005), Д.И. Щеглов (1999, 2000), А.М. Русанов (2000), З.П. Кирюхина, З.В. Пацукевич (2004), В.Е. Приходько (2006), А.В. Смагин (2009) и др. отмечали проявление до 50 видов почвенно-деградационных процессов (Крупеников, 2008).

В ряде работ (П.Г. Адерикина (1964), Д.С. Булгакова (1985), Т.И. Евдокимовой (1999) и др.) для разных типов агропочв приводятся данные об улучшении агрохимических свойств, структуры, количества и качества гумуса под воздействием окультуривания. Во многих работах выявлены неоднозначные влияния на почвы разных сельскохозяйственных воздействий и систем земледелия (В.Д. Муха (1994), Н.А. Караваева, С.Н. Жариков (1996), А.П. Щербаков, И.И. Васенев (2000) и др.).

Главной закономерностью культурного почвообразовательного процесса В.Д. Муха (2006) считает резкое усиление микробиологической и ферментативной активности, интенсификацию процессов минерализации и трансформации органического вещества почвы, выветривания и трансформации илистой минеральной части почвы, что и приводит к противоположным результатам агрогенеза. Этим объясняется парадокс естественно-антропогенного почвообразования, что усложняет выбор и обоснование мониторинговых индикаторов агрогенных трансформаций почв, особенно, старопахотных и залежных модификаций.

Проблему поиска почвенных индикаторов, наиболее объективно отражающих агрогенные трансформации, исследовали И.А. Крупеников (1985, 2008), Н.А. Кара-

ваева и др. (1985, 1989, 2005), Б.Г. Розанов (1990), Д.И. Щеглов (1999), В.О. Таргульян, С.В. Горячкин (2001), Ф.И. Козловский (1991, 2003), В.Б. Азаров (2004), Е.В. Приходько (2006), И.И. Васенев (2008), Ю.Г. Чендев (1997, 2008), в том числе проблему поиска индикаторов агрогенеза почв в районах традиционного и древнего земледелия разрабатывали А.Л. Александровский (1991, 2007), Ф.Н. Лисецкий (2000, 2008), М.В. Бобровский (2001), М.И. Герасимова, М.Н. Строгонова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева (2003), А.А. Гольева, А.А. Малышев (2003), М.И. Дергачева (2006), М.И. Гоняный (2007) и др. Однако, еще не решена задача обоснования общих и региональных систем мониторинговых индикаторов, отражающих агрогенную трансформацию почв разного по длительности сельскохозяйственного освоения территории.

**Материалы и методы исследования.** В основе диссертации лежит трансзональный подход к организации научного исследования, что позволяет при сопоставлении контрастных почв найти общие и региональные индикаторы агрогенной трансформации почвенного плодородия. Полевые исследования проводили в период с 2008 по 2011 гг. на территории Белгородской области России, Николаевской области и Автономной республики Крым Украины (рис. 1). Обследованы почвы лесостепи (темно-серые, в т.ч. агротемно-серые, агротемно-серые оподзоленные, агрочерноземы глинисто-иллювиальные); степи (черноземы текстурно-карбонатные солонцеватые, в т.ч. постагрогенные, агроземы текстурно-карбонатные, турбоземы текстурно-карбонатные); лесостепной предгорной области (коричневые и агрокоричневые почвы, турбоземы карбонатные постагрогенные, карболитоземы темногумусовые постагрогенные).



- I – полигоны исследования:  
 1 – Хотмыжский, 2 – Ольвийский,  
 3 – Херсонесский;  
 II – граница физико-географических зон;  
 III – граница области предгорной лесостепи;  
 IV – границы древнерусского государства (X в.);  
 V – зона смешанных лесов;  
 VI – лесостепная зона;  
 VII – степная зона;  
 VIII – Крымские горы

Рис. 1. Расположение полигонов исследования

Сельскохозяйственное освоение на территории ключевых участков отличается максимальной длительностью для рассматриваемых зон. Так, общая длительность агрогенных трансформаций в Центральной лесостепи составляет порядка 400 лет (Чендев, 2008), на территории Хотмыжского полигона она достигает 800-1100 лет; период нового освоения степного Побужья составляет порядка 150 лет (Материалы..., 1883), в пределах ключевого участка «Крестовый овраг» Ольвийского поли-

гона длительность античного освоения определена в 310-330 лет. Период нового освоения Гераклейского полуострова составляет 200 лет, общая продолжительность земледелия достигает 1600 лет.

В исследовании применяли следующие методы: историко-картографический, сравнительно-географический, геоинформационного анализа и моделирования, рядов антропогенных трансформаций почв и ландшафтов (Иванов, Александровский, 1984), физико-химические методы исследования почв, математико-статистической обработки. С помощью историко-картографического метода и геоинформационных систем (БелГИС, ArcGIS) созданы пространственно-временные модели территории. В качестве исходных картографических материалов использовали архивные карты и планы, современные топографические и тематические карты, аэрокосмические снимки. Применяемый в историко-географических исследованиях диахронический подход (Жекулин, 1982) позволяет связать исторические срезы и определить общие тенденции развития географического объекта за определенное время.

Выполнены физико-химические определения по следующим видам анализов: гумус по Тюрину, групповой гумус по Кононовой-Бельчиковой, фракционно-групповой состав гумуса по Тюрину в модификации Пономаревой-Плотниковой, рН водной и солевой вытяжек, гидrolитическая кислотность, обменные кальций и магний, обменный натрий, сумма поглощенных оснований по Каппену, CO<sub>2</sub> карбонатов ацидиметрическим методом, валовой азот по Кьельдалю, лабильный гумус методом М.А. Егорова, соединения фосфора по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, подвижного фосфора и калия по Чирикову; структурно-агрегатный состав (сухое и мокрое просеивание) по Саввинову, водопрочность агрегатов по Андрианову, цвет сухой и влажной почвы – по шкале Манселла. Валовой химический состав почв определяли методом рентгенофлуоресцентных измерений по 20 анализам (оксидам: TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO и элементам: V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb, Rb, Na). Рассчитано 25 агрофизических, агрохимических и геохимических коэффициентов.

Коэффициент накопления микроэлементов D.M. Shaw (1964), рассчитываемый как среднее арифметическое, автором предложено вычислять по модифицированной формуле:

$$R = \sqrt{\frac{S_i}{P_i}}, \quad (1)$$

где  $S_i$  и  $P_i$  – содержание каждого микроэлемента (Mn, Zn, Cu, Ti, Ni, Cr, V) в почве и почвообразующей породе соответственно.

Расчетная формула коэффициента элювиирования (Liu, 2009) включает основные оксиды (MnO, CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O):

$$K_3 = \text{SiO}_2 / (\text{RO} + \text{R}_2\text{O}). \quad (2)$$

Стандартизацию данных и математико-статистическую обработку полученных материалов выполняли в программах MS Excel и Statistica 8.0. Многомерный разведочный анализ проводили методом иерархической классификации и

К-средних. Для установления откликов почв на агрогенные трансформации использована модель экспоненциального роста из блока нелинейного оценивания.

**Достоверность результатов** обусловлена взаимодополнением актуальных картографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли, широким обеспечением каждого исследуемого почвенного образца данными физико-химических и геохимических определений (около 800), 3-5-кратной повторностью агрофизических лабораторных измерений, использованием гостированных методик определения агрохимических показателей. Определение валового химического состава почв проводили по аттестованной в соответствии с ГОСТ Р 8.563-96 методике измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа.

**Научная новизна.** Разработаны пространственно-временные модели агрогенных трансформаций для организации мониторинга почв при многократной временной изменчивости: модель изменения распаханности территории и модель трансформации ландшафта. Впервые для оценки агрогенной трансформации почв лесостепи, степи и предгорной лесостепи разработаны региональные системы мониторинговых индикаторов почвенного плодородия.

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Технология и результаты пространственно-временного моделирования и геоинформационного картографирования трансформации структуры земельного фонда, предлагаемые в качестве территориальной основы организации мониторинга земель сельскохозяйственного назначения для агроландшафтов с неоднократной сменой сельскохозяйственного использования.

2. Система индикаторов физико-химических и биогеохимических свойств для оценки диахронических агрогенных изменений почв.

3. Регистрация историко-географических этапов освоения территории и их количественное выражение через предложенную систему кодировки эколого-хозяйственных трансформаций земель. Связь интенсивности трансформации земель с индикаторами устойчивых изменений почвенных свойств в результате агрогенеза.

4. Предлагаемые дополнения к перечню показателей состояния плодородия почв, учитываемых в рамках государственного регулирования плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

#### **Практическая значимость и применение результатов исследования.**

Материалы диссертации вошли составной частью в отчеты по следующим научным проектам: «Фундаментальные основы развития геоаналитических систем на базе научно-образовательного кластера «Геоинформатика и технологии дистанционного зондирования в естественных науках» аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 гг.)»» (ГР № 01200951916, № 01201151337); «Развитие космических и геоинформационных технологий мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды для экологически ориентированного развития региональных социосистем» (ГР №01201252106); внутривузовский грант аспиранта

НИУ «БелГУ» – «Исследование агрогенной эволюции лесостепных почв Центрального Черноземья» (№ ВАКС-32-10).

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы доложены автором на научных и научно-практических конференциях: Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Регион-2010: общественно-географические аспекты» (15 апреля 2010 г., г. Харьков); XIX Международном научно-методическом семинаре «Картографическое обеспечение современного географического образования» (14 сентября 2010 г., г. Харьков); Всероссийской научно-практической конференции «Модели автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия» (15 сентября 2010 г., г. Курск); IV Международной научной конференции «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах» (14 октября 2010 г., г. Белгород).

**Публикации.** По теме диссертационного исследования автором опубликовано 13 научных работ, включая три в изданиях перечня ВАК Российской Федерации, общим объемом 3,83 п.л., в том числе 2,80 авторских п.л.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка использованных источников из 226 наименований, из них 33 на иностранных языках. Основной текст диссертации изложен на 144 страницах машинописного текста и содержит 38 таблиц и 21 рисунок.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

**1. Технология и результаты пространственно-временного моделирования и геоинформационного картографирования трансформации структуры земельного фонда, предлагаемые в качестве территориальной основы организации мониторинга земель сельскохозяйственного назначения для агроландшафтов с неоднократной сменой сельскохозяйственного использования.**

При классификации историко-ландшафтных карт, с помощью которых удается отразить исторический процесс освоения и изменения ландшафтов, В.С. Жекулин (1982) различал аналитические карты (изменение лесистости, распаханности и др.) и синтетические карты (с геокомплексами разного таксономического ранга, систематизированными по степени измененности природы). Ф.Н. Лисецкий (2000) указывает на возможность выявления пространственно-временных закономерностей аграрного освоения региона при синтезе разновременных картографических материалов и выборе характерных количественных градаций процесса распашки земель. Легенды, объединяющие хроносрезы, обеспеченные фактическими данными, позволяют теснее увязать пространственные и временные особенности освоения по сравнению с разнотипными картографическими способами отражения одинаковых градаций освоенности для XVIII и XX вв.

Разрабатывая пространственно-временные модели ландшафтов, схемы динамики аграрных трансформаций и лесистости, необходимо собрать соответствующий картографический материал и провести ретроспективный анализ антропогенной трансформации ландшафтов. В результате дешифрирования снимков, их последующей векторизации и векторизации картооснов были выделены границы па-



хотных ареалов для качественно различных историко-географических периодов. Уникальные возможности для реализации этого подхода применительно к ЦЧР представляет территория Хотмыжского полигона, где общая длительность агрогенеза достигает 800-1100 лет.

Оцифрованные и подготовленные данные конвертировали, используя приложение ArcToolbox геоинформационной системы ArcGIS, в растровую модель, которая считается более удобной для работы с непрерывными свойствами и процессами (Гитис, Ермаков, 2004). С помощью применяемых к географическим данным операторов вычисляли новые представления и свойства информации сеточного слоя.

Таким образом, разработан алгоритм создания пространственно-временной модели процесса антропогенной трансформации территории с неоднократными периодами аграрного освоения (рис. 2, А).

Построение модели для территорий с древним периодом распашки имеет свои особенности. Для пространственно-временной модели процесса распашки земель Хотмыжского полигона (рис. 3) алгоритм построения был усложнен. Сначала по разновременным картам была создана модель динамики распаханности территории для периода времени с 1690-х гг. Затем на полученную модель наложили схему реконструкции ареала древней пашни (X-XIV вв.).

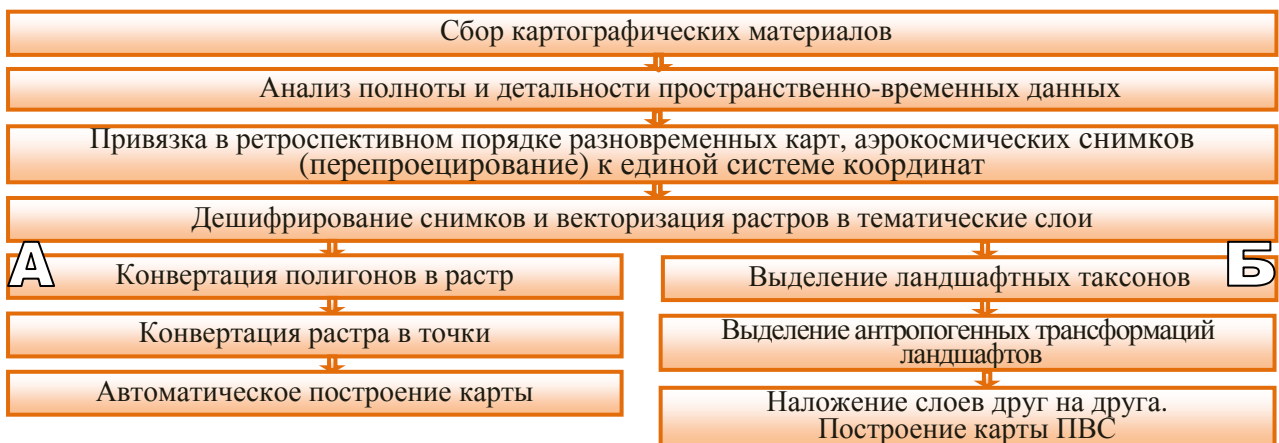


Рис. 2. Алгоритм создания картографических моделей пространственно-временных структур (ПВС): А) отдельного процесса трансформации территории; Б) трансформации ландшафтов в целом

- I – археологический памятник «Хотмыжское городище»;
- II – болота;
- III – места отбора почвенных образцов;
- IV – границы улиц;
- V – реки;
- VI – ручьи;
- VII – границы современной пашни;
- VIII – кварталы жилой застройки;
- IX – территория населенного пункта;
- X – пруды;
- XI – современные лесные массивы;
- XII – прочие земли

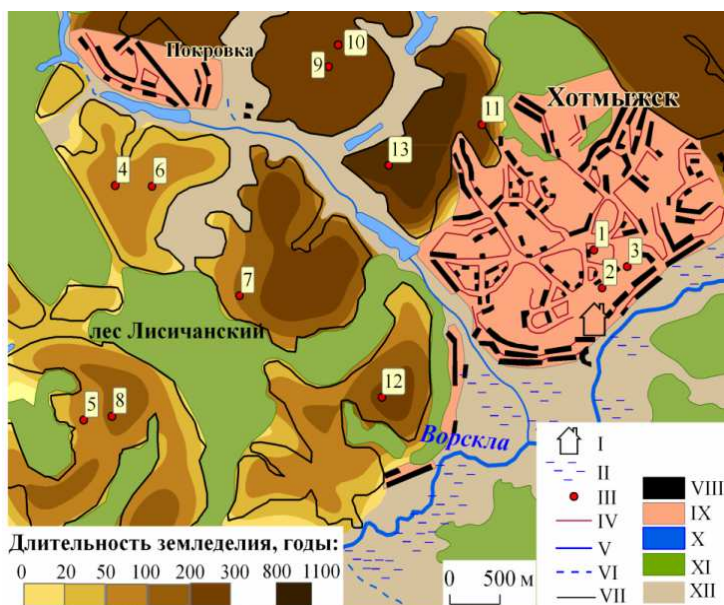


Рис. 3. Результаты моделирования процесса сельскохозяйственного освоения земель (Хотмыжский полигон исследования)

Полученная модель отображает ареалы разной длительности обработки земель. Данный метод исследования пространственно-временной изменчивости продолжающихся процессов (в данном случае сельскохозяйственной нагрузки) имеет ряд преимуществ: 1) более объективен, т.к. выделение новых ареалов длительности воздействия выполняется автоматически; 2) не нуждается в генерализации выделяемых ареалов; 3) более наглядно отображает динамику изучаемого процесса.

Таким образом, модель, разработанная с помощью ГИС-технологий, позволяет объективно воссоздать основные временные состояния структуры землепользования, в том числе при отсутствии данных по всем хроносрезам.

Задачу отображения и анализа пространственно-временной информации при многократной временной изменчивости можно решить путем синтеза картографических данных на ландшафтной основе.

Визуализация сложных диахронических пространственно-временных данных максимально реализована в историко-ландшафтных картах с легендой матричного типа, предложенной Ф.Н. Лисецким (2000) и в последующем дополненной при участии автора (Лисецкий, Родионова, 2011). Легенды историко-ландшафтных карт матричного типа позволяют отразить разновременные антропогенные модификации тех или иных элементов морфологической структуры ландшафтов.

Используя программный продукт ArcMap, по алгоритму (рис. 2, Б) была создана ландшафтная карта Ольвийского полигона исследования в пределах ближней сельской округи древнегреческого полиса (рис. 4). В результате моделирования выделены ландшафтные таксоны и антропогенные модификации, при пересечении соответствующие хроноэволюционным скрэпам (по Ю.Г. Чендеву (2008)) – участкам почвенного покрова, для которых характерна однотипность позднеголоценовой эволюции почвообразования.

Анализ материалов крупномасштабного картографирования территории с античным этапом землепользования показывает своеобразие территории по компонентам, составу, геометрии, количественным параметрам структуры поч-

венного покрова и морфологической структуре агроландшафтов и смежных с ними территорий. Это подтверждает представление о пространственно-временной организации ландшафтов как средоточии «памяти» не только природно-антропогенной эволюции почвенного покрова, но и всей совокупности агрогенно обусловленных процессов, определяющих полихронность рельефа, почв, растительности и других компонентов геосистемы.

Многовековая история прямых и косвенных антропогенных трансформаций предопределила увеличение числа пространственно-временных структур в морфологическом строении староосвоенных земель. По сравнению с районами текущего этапа освоения на территории длительного аграрного воздействия существенно увеличена «расчлененность формы ландшафтных контуров» (Викторов, 1986).

Таким образом, через картографические модели трансформации ландшафта удастся отразить как генетически обусловленные особенности морфологической структуры ландшафтов, так и разновременный характер их антропогенных модификаций.

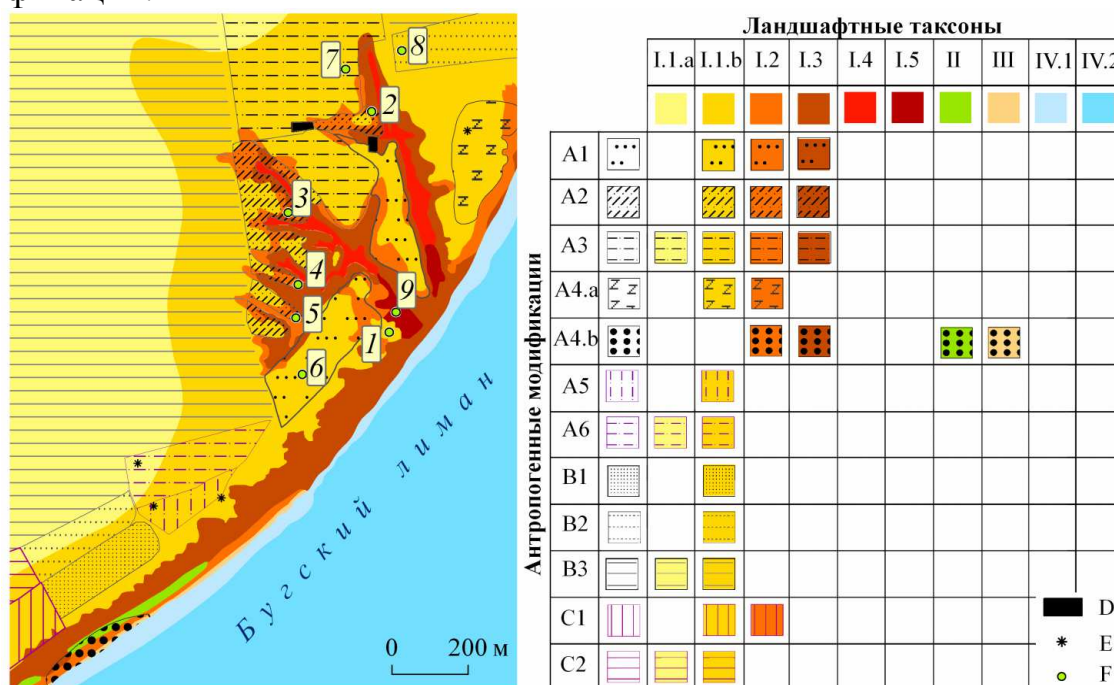


Рис. 4. Карта антропогенной трансформации ландшафтов (Ольвийский полигон, фрагмент):

*Ландшафтные таксоны:*

I. Слабодренированные лессовые равнины с темно-каштановыми солонцеватыми почвами и глее-слодами подов: 1. Водораздельные пространства и слабополгие склоны с темно-каштановыми почвами: а) полнопрофильными; б) слабосмытыми (слабодефлированными). 2. Пологие склоны с темно-каштановыми слабосмытыми (дефлированными) почвами. 3. Слабопокатые, покатые и очень покатые склоны с темно-каштановыми средне- и сильно-смытыми почвами. 4. Днища балок с лугово-темно-каштановыми среднесуглинистыми почвами с разнотравно-молочайной, пырейно-разнотравной ассоциациями. 5. Донные размывы с пионерными группировками.

II. Оползневые волнистые террасы под сорно-полынной ассоциацией.

III. Поймы с современными лиманными (аллювиальными) ракушечными песками.

IV. Аквальный ландшафт: 1) на глубинах до 1 м, территории, затопленные с 1985 г.; 2) на глубинах до 2 м.

*Антропогенные модификации ландшафта:*

А. Территории с восстановленным растительным покровом: 1 – входившие в зону античного освоения, распаханые в 60–70-х гг. XX века, в залежи с 2005 г.; 2 – входившие в зону античного земледелия, постантичная залежь; 3 – входившие в зону античного земледелия, повторно распаханые в 50–60-х гг. XIX в., в залежи с 2005 г.; 4 – территории античных поселений под зональной растительностью: а – классического и эллинистического времени (первая четверть V – середина III в. до н. э.); б – архаического, классического и эллинистического времени (с VI в. – начало III в. до н. э.); 5 – залежь на месте бывшей хозяйственной застройки 1960–1985 гг.; 6 – входившая в зону античного межевания на месте бывшей хозяйственной застройки 1960–1985 гг.

В. Территории, находящиеся в сельскохозяйственной обработке: 1 – распаханые в 60–70-х гг. XX в.; 2 – входившие в зону античного земледелия и распаханые в 60–70-х гг. XX в.; 3 – входившие в зону античного земледелия и распаханые в 50–60-х гг. XIX в.

С. Территории современных населенных пунктов: 1 – не входивших в зону античного земледелия; 2 – входивших в зону античного земледелия.

Д. Территории античных усадеб.

Е. Курганы.

Ф. Места отбора почвенных образцов (1–8) и материнской породы (9).

## **2. Система индикаторов физико-химических и биогеохимических свойств для оценки диахронических агрогенных изменений почв.**

Выполненный автором системный отбор индикаторов агрогенной трансформации почв основан на следующих принципах:

1) разноуровневые индикаторы состояния агропочв должны охватывать основные компоненты почвенной системы: физические, химические, биогеохимические;

2) из максимального числа количественных характеристик с помощью математико-статистических методов отобраны наиболее значимые для оценки антропогенного почвообразования;

3) отобранные математически значимые показатели должны быть подвержены сравнительному анализу, исключены взаимокоррелируемые.

Используя математико-статистический анализ, рассчитали коэффициенты вариации и корреляции признаков для совокупности агрофизических, агрохимических и геохимических показателей состояния почв общим числом 56 (табл. 1).

*Таблица 1*

### **Анализируемые показатели при разработке системы индикаторов агрогенных трансформаций почв**

Агрофизические показатели	объемная масса почвы, коэффициент структурности, водопрочность по Саввинову, водопрочность по Андрианову (r), диаметр водопрочных агрегатов(d), содержание водостойчивой фракции (более 0,25 мм), коэффициент эффективности участия гумуса в формировании водостойчивости структуры (r:Г)
Агрохимические показатели	гумус, групповой и фракционный состав гумуса, C:N, C <sub>ГК</sub> :C <sub>ФК</sub> , C <sub>лаб</sub> :C <sub>орг</sub> , содержание подвижных форм органического вещества, фосфора и калия, общий азот, CO <sub>2</sub> карбонатов, pH водной и солевой вытяжек
Геохимические показатели	валовой химический состав по 20 оксидам и элементам, их интерпретация в геохимические коэффициенты (накопления (R) и элювиирования (K <sub>э</sub> ), SiO <sub>2</sub> :Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> :Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> :R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +MnO):Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :(MgO+CaO+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)

В результате были выбраны показатели, которые можно использовать в качестве индикаторов длительной агрогенной трансформации для почв каждой из зон исследования (табл. 2–4).

Обнаружена взаимозависимость между водопрочностью копролитов и диаметром водопрочных агрегатов, а также параллельное снижение биогенности и уменьшение средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов с увеличением длительности сельскохозяйственной эксплуатации. После залежного режима почва возвращается к состоянию недавно окультуренной.

Выделенные группы характеристик почвенных свойств, отражающих агрогенные модификации, образуют систему мониторинговых показателей агрогенеза, комплексно диагностирующих уровень трансформации почв (структуры, состава и качества органического вещества, геохимические особенности).

Существование трансзональных индикаторов агрогенной трансформации обусловлено тем, что переход из природного в природно-антропогенный ландшафт может охватывать территории на уровне географических зон. Так, распашка черноземной полосы европейской территории привела к объединению степной и лесостепной зон в единую пахотно-степную зону с лесами, сохранившимися в балках и долинах рек (Глазовский и др., 1991).

Таблица 2

**Значения показателей, выступающих индикаторами  
агрогенной трансформации почв лесостепи (горизонт 0–20 см)**

Показатели	г	d	ГК-2	ФК-2	C <sub>ГК</sub> :C <sub>орг</sub>	Слаб	Нобщ	K <sub>э</sub>	SiO <sub>2</sub> :R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Ед. измерения	%	мм	%	%	безразм.	%	%	безразм.	безразм.	
Фон (лес)										
-	81	2,79	14,58	0,00	24,83	0,60	0,13	27,60	9,6	
Почвы земельных участков в ЛПХ										
1	6 лет	50	0,55	6,29	4,82	8,20	0,20	0,35	8,55	6,9
2	800-1100 лет	36	0,43	6,19	1,03	9,41	0,20	0,26	14,47	5,7
3	700-1000 – 80 (залежь) – 8	36	0,68	4,79	0,58	6,11	0,20	0,31	5,67	7,1
Почвы пашни сельскохозяйственных предприятий										
4	70-100 лет	32	0,57	28,29	0,00	33,29	0,17	0,15	15,26	5,6
5	70-100 лет	36	0,40	11,43	4,29	21,15	0,31	0,14	16,00	6,2
6	70-100 лет	31	0,40	20,62	0,39	21,96	0,27	0,16	16,86	5,3
7	150-200 лет	23	0,50	14,80	2,00	20,73	0,27	0,16	15,85	5,1
8	150-200 лет	42	0,45	15,70	1,34	22,57	0,25	0,20	18,14	7,3
9	250-300 лет	26	0,82	18,85	0,00	22,05	0,24	0,16	14,03	5,0
10	250-300 лет	42	1,58	20,89	0,37	20,44	0,30	0,16	14,12	4,9
11	250-300 лет	23	1,20	23,08	0,00	25,81	0,23	0,14	13,65	5,0
12	250-300 лет	40	0,85	13,02	0,00	24,36	0,29	0,14	16,34	6,4
13	800-1100 лет	31	0,44	5,37	0,00	12,09	0,33	0,23	15,02	5,5

Примечание к табл. 2-4: γ – объемная масса почвы, г – водопрочность агрегатов по Андрианову, d – диаметр водопрочных агрегатов (мокрый сев по Саввинову), ГК-2 – гуминовые кислоты фракции, связанной с кальцием, ФК-2 – фульвокислоты фракции, связанной с кальцием, Слаб – подвижное органическое вещество, Нобщ. – минеральный азот, K<sub>э</sub> – коэффициент элювиирования (по элементам MnO, CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O), R – коэффициент накопления элементов ( по элементам Ti, V, Cr, Mn, Zn, Cu, Ni).

Таблица 3

**Значения показателей, выступающих индикаторами  
агрогенной трансформации почв степной зоны (горизонт 0–20 см)**

Показатели	$\gamma$	$r$	$d$	Гумус	$C_{КГ}:C_{ФК}$	Нобщ.	$P_2O_5$ подв.*	R	$SiO_2:R_2O_3$
Ед. измерения	г/см <sup>3</sup>	%	мм	%	безразм.	%	мг/кг	безразм.	безразм.
1 Целина	1,20	74	0,75	3,57	3,03	0,165	395	1,19	6,2
2	1,30	71	0,90	2,61	2,17	0,14	115	1,18	6,19
3 Залежь	1,22	56	1,14	2,25	1,42	0,126	66	1,32	5,97
4 постантичная	1,30	75	1,33	2,35	1,52	0,119	83	1,13	6,40
5	1,28	67	0,40	1,86	2,57	0,098	112	1,15	6,49
6	1,33	10	0,57	2,04	2,50	0,098	300	1,04	6,30
7 Залежь современная	1,28	9	0,51	1,29	1,49	0,081	102	1,19	5,77
8 Пашня	1,02	12	0,76	1,63	2,97	0,084	98	1,23	5,68

\* Подвижный фосфор определялся по методу Чирикова.

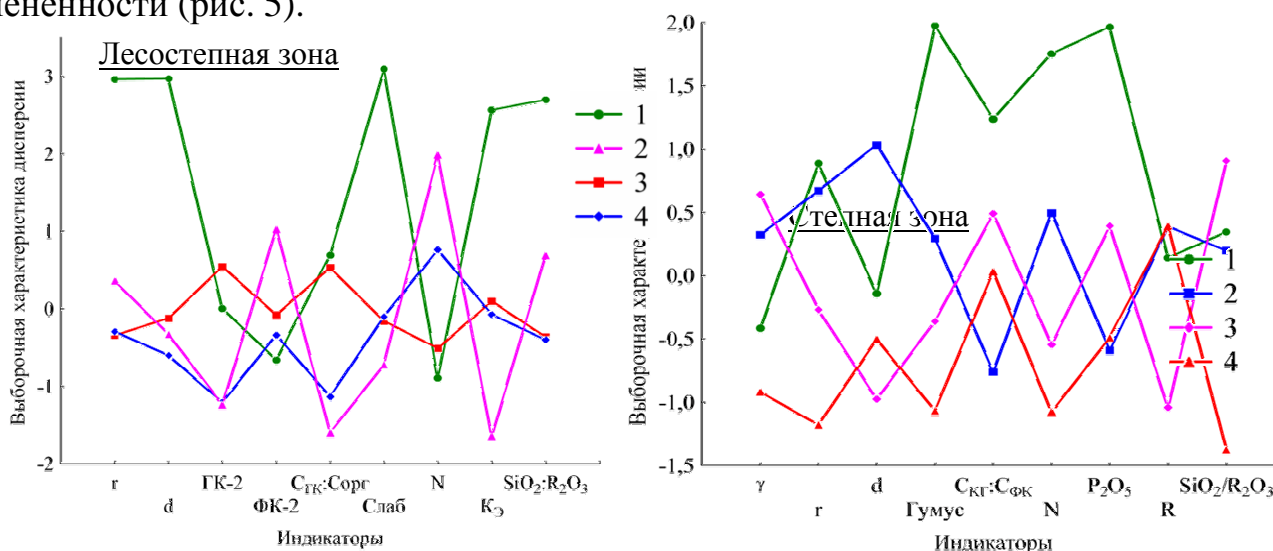
Таблица 4

**Значения показателей, выступающих индикаторами  
агрогенной трансформации почв предгорной лесостепи (горизонт 0–20 см)**

Показатели	$\gamma$	$r$	Гумус	$C_{КГ}:C_{ФК}$	Нобщ.	$P_2O_5$ подв.*	$CaCO_3$	R
Ед. измерения	г/см <sup>3</sup>	%	%	безразм.	%	мг/кг	безразм.	безразм.
1 Целина степь	0,92	91	7,00	0,42	0,416	27,7	10,87	1,35
2 Целина лес	0,87	95	9,57	0,73	0,406	22,0	6,86	1,68
3	1,20	89	5,40	0,57	0,262	20,6	46,88	1,26
4 Залежь	1,24	93	4,27	0,35	0,207	15,4	49,30	1,25
5 постантичная	0,91	91	5,22	0,40	0,287	14,2	53,30	1,34
6	0,92	79	4,50	0,44	0,228	12,2	48,09	1,26
7	1,04	88	4,22	0,27	0,196	9,8	63,85	1,44
8	0,93	74	5,55	0,51	0,319	8,5	52,94	1,62
9 Залежь современная	1,80	78	2,30	1,13	0,130	34,1	23,03	1,76

\* Подвижный фосфор определялся по методу Мачигина (карбонатные почвы)

Проведенный кластерный анализ подтверждает эффективность использования отобранных индикаторов для мониторинга почв разной длительности освоения. Результатом кластеризации стала группировка почв по агрогенной измененности (рис. 5).





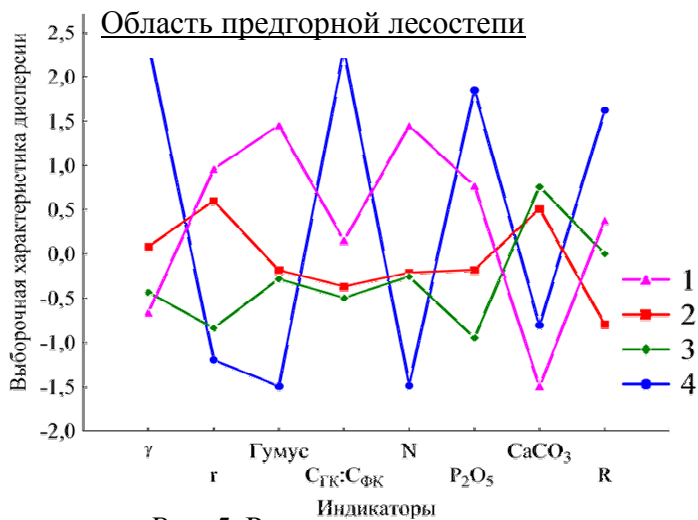


Рис. 5. Результаты кластеризации методом К-средних: 1-4 – кластеры

Почвы лесостепи группируются в следующие кластеры (в скобках указаны номера почв по табл. 2):

- 1) кластер лесных почв;
- 2) кластер почв земельных участков в ЛПХ (1, 3);
- 3) кластер пахотных почв (4, 5, 6, 7, 7, 8, 9, 10, 11, 12);
- 4) кластер почв максимальной агрогенной трансформации (2, 13).

Для лесных почв (первый кластер) характерны наибольший диаметр водопрочных агрегатов и водопрочность, максимальное содержание органического углерода, коэффициента элювиирования и минимальная насыщенность почв полуторными оксидами.

Кластер почв, находящихся в личных подсобных хозяйствах, отличается максимальной фульватностью и содержанием общего азота, минимальным значением коэффициента элювиирования.

Кластер пашни длительностью 70–300 лет характеризуется нивелированием зональных свойств по исследуемым показателям, но обладает максимальным содержанием гуминовых кислот фракции, связанной с кальцием.

Кластер почв с максимальной длительностью освоения сходен с кластером почв, находящихся в ЛПХ, различие заключается лишь худшей водопрочности и меньшем диаметре водопрочных агрегатов, содержанием общего азота, но большим коэффициентом элювиирования.

Для почв степной зоны выделено 4 кластера (в скобках указаны номера почв по табл. 3):

- 1) кластер целины (1);
- 2) кластер постантичной залежи (2, 3, 4);
- 3) кластер залежи в ареале земель нового периода освоения (5, 6);
- 4) кластер наиболее агрогенно-преобразованных почв (7, 8).

Целинная почва по сравнению с агрогенно измененными почвами имеет максимальные значения по водопрочности структуры, содержанию общего азота и подвижного фосфора, гумуса, соотношению гуминовых и фульвокислот.

Почвы, находящиеся в залежи со времени упадка античной сельской округи, отличаются восстановлением почвенной структуры, но сохраняют максимальную в агрогенном ряду фульватность.

В кластере современной залежи почвы, отражая в целом зональные особенности рассматриваемых параметров, отличаются ухудшением структуры и гумусного состояния, уменьшением степени насыщенности подвижным фосфором и общим азотом, наименьшим в агрогенном ряду накоплением титана, марганца, ванадия, меди, цинка, хрома и никеля и наибольшим накоплением полуторных оксидов.

Кластер почв с наибольшей агрогенной трансформацией характеризуется наименьшей плотностью сложения, водопрочностью, процессом дегумификации и обеднения азотом, самым низким значением полуторных оксидов.

Почвы предгорной лесостепи по выделенным индикаторам агрогенных трансформаций образуют 4 кластера (в скобках указаны номера почв по табл. 4):

- 1) кластер целинных полноголоценовых почв (1, 2);
- 2) кластер постантичной залежи (3, 4, 5);
- 3) кластер залежи постантичного, поствизантийского и российского периодов освоения (6, 7, 8);
- 4) кластер современной пашни (9).

Кластер целинных почв характеризуется наиболее низким содержанием углекислоты карбонатов, рыхлым сложением, наибольшим содержанием гумуса и общего азота, лучшей водопрочностью.

Кластер постантичной залежи отличается высокой водопрочностью структуры, более плотным (относительно целины) сложением, наименьшим коэффициентом накопления микроэлементов.

Кластер с разновременными залежными почвами отличается наименьшим содержанием подвижного фосфора и высоким содержанием карбонатов, наибольшей фульватностью.

Для кластера современной пашни характерно наибольшее удаление в свойствах от целинных почв: высокая плотность сложения, наименьшая водопрочность, низкое содержание общего азота и гумуса, его фульватно-гуматный тип, максимальное в агрогенном ряду содержание подвижного фосфора и накопления элементов.

### **3. Регистрация историко-географических этапов освоения территории и их количественное выражение через предложенную систему кодировки эколого-хозяйственных трансформаций земель. Связь интенсивности трансформаций земель с индикаторами устойчивых изменений почвенных свойств в результате агрогенеза.**

Агроландшафтные территориальные системы формируются не только за счет единичных природных и антропогенных элементов, но и благодаря системно взаимосвязанным территориальным комплексам – компонентным структурам агроландшафтов: системам землеустройства и землепользования (в том



числе реконструируемым), системам расселения, путям сообщения и др. (Бучас, Данюлайтис, 1984).

Интенсивность агрогенной трансформации почвы ( $P_{at}$ ) при многоразовом ее использовании предлагаем определять по формуле:

$$P_{at} = 100 \times \left[ 1 - \sum_{i=1}^n \frac{[T]_i \times K_i}{T} \right], \quad (3)$$

где  $T_i$  – длительность периода агрогенной трансформации почв, годы;  $T$  – субатлантический период развития почв, принятый равным 2500;  $K_i$  – поправочный коэффициент агрогенной нагрузки на почвы. Обоснование значений поправочного коэффициента  $K_i$  проведено, исходя из длительности основного этапа ренатурации почв в результате восстановительной сукцессии на залежи (Динамика..., 2010) и результатов исследований биогеохимической трансформации пахотных почв по различным историко-экологическим периодам (Лисецкий, 2011). Таким образом, для фазы агрогенного ряда, когда почва находится в состоянии целины,  $K_i=1$ , для экстенсивной и интенсивной практик использования пашни  $K_i$  составляет 0,49 и 0,54 соответственно. Для землепользований личного подсобного хозяйства  $K_i=0,80$ . Для почв под современными виноградниками  $K_i=0,08$ . Значение  $K_i$  зависит от залежи и соотносится со временем восстановления растительности, которое по работе (Динамика..., 2010) принято за 150 лет. Поэтому при  $T_i \leq 150$  поправочный коэффициент агрогенной нагрузки рассчитывали по формуле:  $K_i=0,54+(T_i/150) \times 0,46$  для пашни и  $K_i=0,80+(T_i/150) \times 0,20$  для огородной, а при  $T_i > 150$   $K_i$  принимали за 1.

Для кодировки степени агрогенной трансформации почв использованы следующие обозначения: *VL* (*virgin land*) – целинные земли; *ArL-lp* (*arable land, land plots*) – пашня в античных земельных наделах; *ArL-ext* – пашня экстенсивного этапа использования; *ArL-int* – пашня интенсивного использования; *Vin* – виноградники; *FL* (*fallow land*) – залежные земли; *An-FL* – постантичная залежь; *GrL* (*garden land*) – огородные земли. В скобках указана длительность фаз в годах. Это позволяет унифицировать форму записи истории развития почв в условиях антропогенных преобразований.

Формула антропогенной измененности и результаты расчета показателя  $P_{at}$  для агрогенно трансформированных почв исследуемых полигонов представлены в табл. 5–7.

Таблица 5

Кодировка степени агрогенной трансформации почв ( $P_{at}$ ) лесостепной зоны

Объект № по табл. 2	Формула агрогенной преобразованности	$P_{at}$
Почвы земельных участков ЛПХ		
2	$VL(\leq 1400) - ArL-old(\geq 460) - FL(\leq 280) - GrL(360)$	12,26
3	$VL(\leq 1400) - ArL-old(\geq 460) - FL(\leq 280) - GrL(272) - FL(\approx 80) - GrL(8)$	11,92
1	$VL(2494) - GrL(6)$	0,05
Почвы пашни сельскохозяйственных предприятий		

Объект № по табл. 2	Формула агрогенной преобразованности	$P_{at}$
13	$VL(\approx 1400)-ArL-old(\geq 460)-FL(\leq 280)-ArL-ext(281)-ArL-int(79)$	16,57
9, 10, 11, 12	$VL(\leq 2250)-ArL-ext(\geq 171)-ArL-int(79)$	4,94
7, 8	$VL(\leq 2350)-ArL-ext(\geq 71)-ArL-int(79)$	2,90
4, 5, 6	$VL(\leq 2430)-ArL-int(\geq 70)$	1,29

Таблица 6

**Кодировка степени агрогенной трансформации почв ( $P_{at}$ ) степной зоны**

Объект № по табл. 3	Формула агрогенной преобразованности	$P_{at}$
7	$VL(> 100)-ArL-lp(140)-An-FL(2110)-ArL-ext(\approx 90)-ArL-int(> 40)-Vin(12)-ArL-int(4)-FL(3)$	6,02
8	$VL(> 80)-ArL-ext(> 31)-ArL-lp(140)-An-FL(2200)-ArL-int(31)-Vin(13)-ArL-int(5)$	4,63
6	$VL(\approx 2310)-ArL-ext(140)-ArL-int(47)-FL(3)$	3,77
5	$VL(> 100)-ArL-lp(> 140)-An-FL(> 2215)-ArL-int(5)-FL(40)$	3,49
2	$VL(110)-ArL-lp(140)-An-FL(2250)$	2,86
3	$VL(> 140)-ArL-lp(> 110)-An-FL(> 2250)$	2,24
4	$VL(> 150)-ArL-lp(> 50)-An-FL(> 2300)$	1,02

Таблица 7

**Кодировка степени агрогенной трансформации почв ( $P_{at}$ ) области предгорной лесостепной**

Объект № по табл. 4	Формула агрогенной преобразованности	$P_{at}$
6	$VL(\leq 200)-ArL-cl(700)-GrL(900)-FL(700))$	21,48
3,4,5	$ArL-ext(200)-ArL-cl(700)-FL(1600)$	18,36
7	$VL(\leq 200)-ArL-cl(700)-FL(\approx 1380)-GrL(\approx 200)-FL(20)$	16,04
8	$VL(\leq 200)-ArL-cl(700)-FL(1600)$	14,28
9	$VL(\leq 2300)-ArL-ext(\geq 70)-ArL-int(\approx 103)-Vin(17)-ArL-int(10)$	4,13

Для отобранных индикаторов были просуммированы выборочные характеристики дисперсии ( $S_z$ ). Нелинейным оцениванием в программе Statistica 8.0 рассчитана зависимость суммарного индикатора агрогенеза ( $S_z$ ) от степени агрогенных трансформаций ( $P_{at}$ ) для каждой зоны исследования (рис. 6).

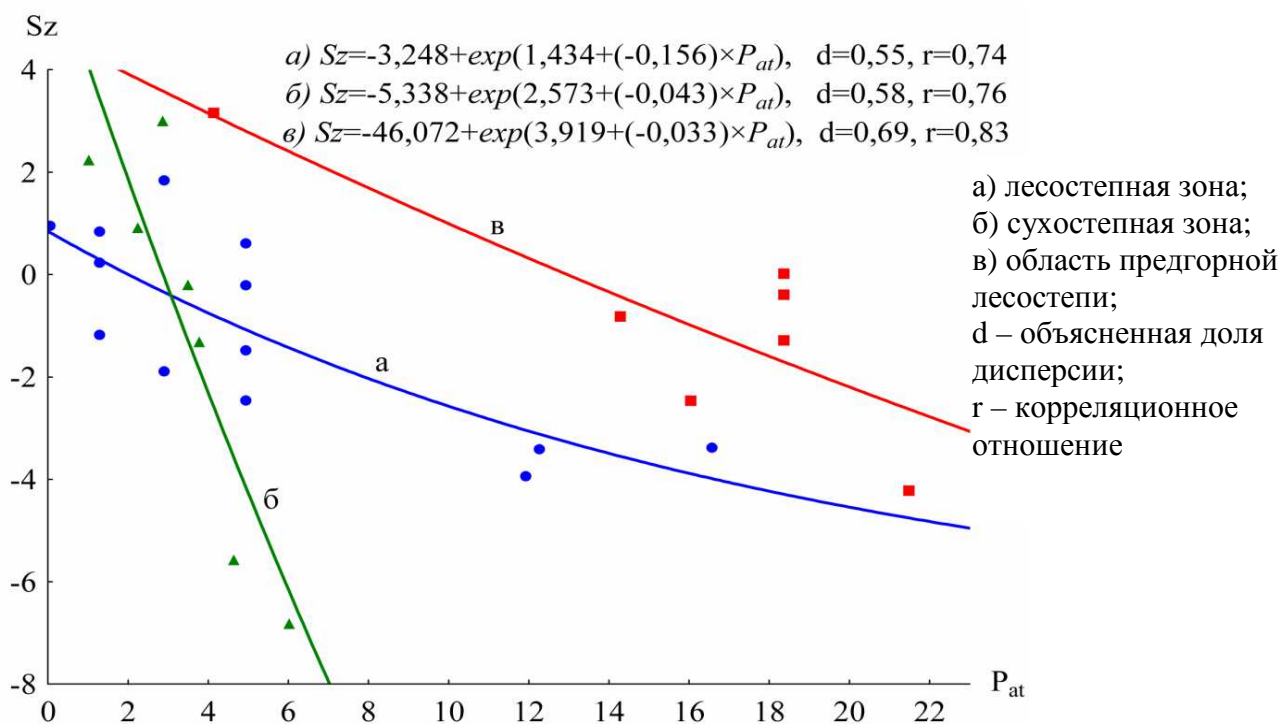


Рис. 6. График зависимости коэффициента изменения почвенных свойств ( $Sz$ ) от степени агрогенных трансформаций ( $P_{at}$ )

Разным почвам присуща разновременная изменчивость с периодической активизацией основных процессов их функционирования и развития. Ускоренные изменения качества почв наблюдаются при удалении их основных диагностических параметров от своих оптимальных зональных значений и замедляются в области поведения экологической функции, близкой к оптимальным параметрам (Васенев, 2008). При существенных нарушениях устойчивого состояния почв их способность сопротивляться изменениям резко ослабляется, что приводит к изменению режима функционирования, а при переходе значений через регионально и типологически обусловленные пороговые значения изменения становятся необратимыми.

#### 4. Предлагаемые дополнения к перечню показателей состояния плодородия почв, учитываемых в рамках государственного регулирования плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Основной причиной выпаханности, как начальной стадии деградации почвенного плодородия, является длительное сельскохозяйственное использование почв при низких уровнях поступления свежего органического вещества. Выпаханными могут быть как высококультурные, так и некультурные почвы, имеющие как высокое, так и низкое содержание гумуса (Борисов и др., 2009).

Результаты трансзонального исследования почв в местах древнего земледелия позволили выявить индикаторы агрогенной трансформации общего и зонального уровня (табл. 6), которые существенно дополняют показатели состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, утвержденные порядком Государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения (2010) (табл. 7).

## Индикаторы агрогенной трансформации почв

Трансзонального уровня		
объемная масса почвы, средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов, водопрочность по Андрианову, содержание гумуса, тип гумуса (соотношение $C_{КГ}$ : $C_{ФК}$ ), содержание минерального азота и подвижного фосфора, коэффициент накопления микроэлементов (R), $SiO_2:R_2O_3$		
Лесостепи	Сухой степи	Предгорной лесостепи
содержание гуминовых и фульвокислот фракции, связанной с кальцием, степень гумусированности органического вещества ( $C_{ГК}:C_{Орг}$ ), содержание лабильного органического вещества, коэффициент элювиирования ( $K_Э$ ), биогенность, содержание элементов необходимых и полезных для растений: Pb, Fe, Co	содержание элементов полезных для растений: Pb, Co	углекислота карбонатов, содержание элементов необходимых и полезных для растений: Fe, Al

По последним исследованиям сегодня насчитывается около 40 элементов-биофилов (Кирилук, 2006), группу тяжелых металлов и металлоидов составляют 57 элементов (Водяницкий, 2012). По величине коэффициента биологического поглощения (КБП) элементы располагаются в следующем убывающем ряду: в древесных растениях –  $Ag > Mn > B > Ni > Cr > Pb, I > Fe > Ti$ , травянистых –  $B > Ni > Mn > Pb > Ag > Cr > Fe > Ti$ . В природных условиях наиболее интенсивно используются бор, марганец, никель. Для культурных растений КБП имеет следующий вид:  $Zn, Li, Cu, B > Ag, Ni, Mn, Pb, Mo, Co > Al, Ba, Cr, V, Fe, Zr > Ti, Be$  (Кирилук, 2006). По сравнению с целиной в почвах с длительной сельскохозяйственной эксплуатацией установлено снижение концентрации следующих элементов: Zn, Cu, Ni, Mn, Pb, Co (Al, Cr, V, Fe, Ti); из них необходимые для растений (Битюцкий, 2011): Zn, Ni, Cu, Mn, Fe.

Гумус почв выступает с одной стороны источником элементов питания для растений, а с другой гумусовые кислоты и их производные активно влияют на миграцию и аккумуляцию химических элементов в педосфере. Таким образом, необходимо включение в мониторинг таких индикаторов агрогенных изменений почв, которые отражают как пространственные, так и деграционные проявления всех этапов антропогенного почвообразования.

Таблица 7

## Показатели состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения

№	Контролируемые процессы и свойства	Показатели состояния плодородия земель	Учитываемые/ Предлагаемые к учету	Ед. измерения	Периодичность (раз / в п лет)
1	Гумусное состояние	Содержание органического вещества в пахотном горизонте (Гумус)	учитывается	%	1/5
2		$C_{КГ}:C_{ФК}$	предлагается	безразм.	1/5
3		$C_{ГК}:C_{Орг}$	предлагается	безразм.	1/5
4		ГК-2 и ФК-2	предлагается	%	1/5
5		Содержание подвижного органического вещества	предлагается	%	1/5
6	Реакция почвенного	Кислотность-щелочность ( $pH_{KCl}$ )	учитывается	безразм.	1/5
7		Кислотность-щелочность ( $pH_{H_2O}$ )	учитывается	безразм.	

№	Контролируемые процессы и свойства	Показатели состояния плодородия земель	Учитываемые/ Предлагаемые к учету	Ед. измерения	Периодичность (раз / в лет)
8	раствора	Гидролитическая кислотность (для почв с $pH_{H_2O} < 7$ )	учитывается	мг.экв./100 г почвы	1/5
9	Обеспеченность элементами питания	Содержание подвижного фосфора	учитывается	мг/кг почвы	1/5
10		Содержание обменного калия	учитывается	мг/кг почвы	1/5
11		Содержание минеральных форм азота	учитывается	мг/кг	1/5
12		Содержание макро- и микроэлементов (значение ПДК согласно постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 23 января 2006 г. № 1) Ca, Mg, Zn(23), Cu(3), Mo, S, B	учитывается	мг/кг	1/5
		<b>Содержание микроэлементов Al, Fe, Co, Pb (32)</b>	<b>предлагается</b>	<b>мг/кг</b>	<b>1/5</b>
13		<b>Коэффициент элювиирования, коэффициент накопления микроэлементов, <math>SiO_2:R_2O_3</math></b>	<b>предлагается</b>	<b>безразм.</b>	<b>1/25</b>
14	Засоленность	<b>CO<sub>2</sub> карбонатов</b>	<b>предлагается</b>	<b>безразм.</b>	1/5
15	Агро-физические свойства	Равновесная плотность почвы по основным горизонтам до 1 метра	учитывается	г/см <sup>3</sup>	1/15
16		<b>Диаметр водопрочных агрегатов по Саввинову</b>	<b>предлагается</b>	<b>мм</b>	<b>1/15</b>
17		<b>Водопрочность агрегатов по Андрианову</b>	<b>предлагается</b>	<b>%</b>	<b>1/15</b>
18	Биологическая активность	Определение микробиологической активности	учитывается	мг/100 г почвы	1/5
19		<b>Определение биогенности почв по количеству копролитов</b>	<b>предлагается</b>	<b>%</b>	<b>1/5</b>

Приказом Минэкономразвития РФ от 20 сентября 2010 г. № 445 утверждены новые Методические указания по государственной кадастровой оценке земель (ГКОЗ) сельскохозяйственного назначения, изменяющие технологию ведения земельно-оценочных работ: в III туре оценки исполнители более не обеспечиваются централизованно разработанными техническими указаниями. Разработчики Методических указаний подчеркивают, что объективность оценки земель зависит главным образом от величины основного рентообразующего фактора – плодородия почв сельскохозяйственных угодий (Махт и др., 2011). Характеристику плодородия земельных участков в баллах бонитета или заимствуют из предыдущих туров ГКОЗ, или оценивают заново. При этом совокупный балл бонитета рассчитывают на основе параметров мощности гумусового горизонта, процентного содержания гумуса и физической глины. Прочие важные показатели почвенного плодородия используют только в виде поправочных коэффициентов к совокупному баллу, что, на наш взгляд, не всегда объективно влияет на итоговую оценку.

Показатели состояния плодородия земель, учитываемые в рамках государственного регулирования обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного

назначения, дополненные индикаторами, учитывающими влияние агрогенных изменений, целесообразно учитывать при проведении государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

### **Основные выводы и предложения**

1. Разработанная технология и результаты пространственно-временного моделирования и геоинформационного картографирования трансформации структуры земельного фонда, предлагаемые в качестве территориальной основы организации мониторинга почвенного плодородия для агроландшафтов с неоднократной сменой сельскохозяйственного использования, отображают динамику процесса сельскохозяйственных трансформаций, позволяют отражать всю историю антропогенного преобразования территории.

2. Регистрацию историко-географических этапов освоения территории перспективно проводить с помощью предложенной системы кодирования эколого-хозяйственных трансформаций земель. Количественное выражение интенсивности агрогенных трансформаций почвы имеет практическую значимость и может быть использовано для прогноза изменения ресурсов почвенного плодородия, в том числе для масштаба долгосрочных оценок.

3. Суммарный показатель индикаторов агрогенных трансформаций почв экспоненциально убывает с увеличением интенсивности агрогенных изменений, что позволяет прогнозировать долговременные изменения ресурсов почвенного плодородия в результате агрогенеза.

4. Обоснованные индикаторы агрогенной трансформации почв для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения обладают информативностью в отражении состояния почв, чувствительностью к смене экологической обстановки, доступностью методов аналитического определения и воспроизводимостью результатов.

5. Мониторинг агрогенно трансформированных почв необходимо проводить с помощью системы диагностических показателей, по которым можно оценить степень изменения признаков, свойств и процессов на различных иерархических уровнях пространственно-временной организации почвенной системы.

6. Показатели состояния плодородия земель, учитываемые в рамках государственного регулирования обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения, предложено дополнить индикаторами, учитывающими влияние агрогенных воздействий на развитие быстротекущих, среднетекущих, долгосрочных процессов:  $C_{КГ}:C_{ФК}$ ,  $C_{ГК}:C_{орг}$ , ГК-2 и ФК-2, содержание подвижного органического вещества,  $CO_2$  карбонатов, дополнительный перечень микроэлементов (Pb, Co, Al, Fei), биогенность (Бс) почв по содержанию копролитов (1 раз в 5 лет); диаметр водопрочных агрегатов по Саввинову, водопрочность по Андрианову (1 раз в 15 лет); коэффициенты элювиирования и накопления микроэлементов,  $SiO_2:R_2O_3$  (1 раз в 25 лет).

#### **По материалам диссертации опубликованы следующие работы:**

1. Эталонные почвы в системе особо охраняемых природных территорий / Ф. Н. Лисецкий, М. Е. Замураева, В. В. Половинко и др. // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 1. – С. 104-110.\*

2. Экологические следствия агрогенной и эрозионной трансформации почв лесостепной зоны / Ф. Н. Лисецкий, **М. Е. Родионова**, О. А. Маринина и др. // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 2. – С. 11-19.\*

3. **Родионова, М. Е.** Особенности изменения валового химического состава лесостепных и степных почв в результате их агрогенных трансформаций / М. Е. Родионова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3 (Ч. 2). – С. 333-338.\*

4. **Замураева, М. Е.** Оценка биогенности почв по содержанию копролитов / М. Е. Замураева, М. А. Данильченко // Почвы и продовольственная безопасность России : сб. материалов Всерос. науч. конф. XII Докучаевские молодежные чтения / СПбГУ. – СПб., 2009. – С. 14-15.

5. Лисецкий, Ф. Н. Антропогенная обусловленность развития эрозионных процессов в староосвоенных земледельческих районах / Ф. Н. Лисецкий, **М. Е. Замураева** // Двадцать четвертое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Барнаул, 5-9 октября 2009 г.): докл. и сообщения. – Барнаул, 2009. – С. 131-133.

6. **Замураева, М. Е.** Обоснование рядов антропогенных трансформаций почв для последующего изучения свойств их органо-минеральной матрицы / М. Е. Замураева, М. А. Данильченко // Органо-минеральная матрица почв: сб. материалов Всерос. науч. конф. XIII Докучаевские молодежные чтения / СПбГУ. – СПб., 2010. – С. 70-72.

7. **Замураева, М. Е.** Особенности отображения и анализа пространственно-временной географической информации для гетерохронных процессов / М.Е. Замураева, Я.В. Кузьменко // Регион-2010: суспільно-географічні аспекти: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих науковців / ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – Харків, 2010. – С. 289-292.

8. **Замураева, М. Е.** Использование моделей геообработки для исследования антропогенных модификаций ландшафтов / М. Е. Замураева, А. Г. Нарожняя, О. М. Мозговая // Проблемы непрерывной географической освіти і картографії: зб. наук. праць / ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – Харків, 2010. – Вип. 11. – С. 103-109.

9. **Замураева, М. Е.** Изменение структурного состояния почв в агроландшафтах разной длительности использования / М. Е. Замураева // Модели автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. / ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН. – Курск, 2010. – С. 133-137.

10. Лисецкий, Ф. Н. Использование ГИС-технологий для картографирования территорий разной длительности земледельческого освоения / Ф. Н. Лисецкий, **М. Е. Замураева**, Я. В. Кузьменко // Историческая география на рубеже веков: сб. науч. трудов к 80-летию со дня рождения В.С. Жекулина (1929-1989) / СПбГУ. – СПб., 2010. – С. 131-147.

11. Лисецкий, Ф. Н. Тренды агрогенной трансформации почв лесостепной зоны при разной длительности их сельскохозяйственного использования / Ф. Н. Лисецкий, **М. Е. Замураева**, М. А. Данильченко // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісне господарство. - 2010. - № 4.-С. 23-27.

12. **Замураева, М. Е.** Оценка роли педобионтов в формировании структуры лесостепных почв при разных эколого-хозяйственных ситуациях / М. Е. Замураева, М. А. Данильченко // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: сб. материалов IV междунар. науч. конф. / НИУ «БелГУ» – М.; Белгород, 2010. – С. 64-67.

13. Лисецкий, Ф. Н. Создание картографических пространственно-временных моделей использования земель и ландшафтов в районах длительного аграрного освоения / Ф. Н. Лисецкий, **М. Е. Замураева** // Глобальные и региональные проблемы исторической географии: сб. материалов IV междунар. науч.-практ. конф. по исторической географии / СПбГУ. – СПб., 2011. – С. 280-285.

*\*Статьи, опубликованные в изданиях, включенных в перечень ВАК России.*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ВВЕДЕНИЕ

#### Глава 1 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ АГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ В ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНАХ

- 1.1 Особенности агрогенной трансформации почв и ландшафтов при разной длительности аграрного освоения
- 1.2 Особенности агропедогенеза в лесостепи и степи

#### Глава 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- 2.1 Объекты исследования
  - 2.1.1 Хотмыжский полигон исследования агрогенных изменений лесостепных почв
  - 2.1.2 Ольвийский полигон исследования агрогенных изменений почв сухостепной зоны
  - 2.1.3 Херсонесский полигон исследования агрогенных изменений почв предгорной лесостепной области
- 2.2 Методы исследования
  - 2.2.1 Историко- и почвенно-картографические методы и пространственно-временное моделирование антропогенных трансформаций почв по данным ДЗЗ и средствами ГИС-технологий
  - 2.2.2 Комплексные исследования методами изучения эволюции почв
  - 2.2.3 Специфические аналитические методы исследования

#### Глава 3 ИССЛЕДОВАНИЕ АГРОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И УЧЕТА ИХ ЗОНАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

- 3.1 Агрогенно обусловленные изменения свойств лесостепных почв (на примере Хотмыжского полигона)
- 3.2 Агрогенно обусловленные изменения в почвах сухой степи (на примере Ольвийского полигона)
- 3.3 Агрогенно обусловленные изменения свойств почв северостепной умеренно засушливой почвенной зоны (на примере Херсонесского полигона)

#### Глава 4 ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОТРАЖАЮЩИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ ПОЧВ РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

- 4.1 Оценка количественных связей между длительностью агрогенного использования почв и индикаторами агрогенных трансформаций
- 4.2 Система индикаторов агрогенной трансформации почв в целях агроэкологического мониторинга

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК