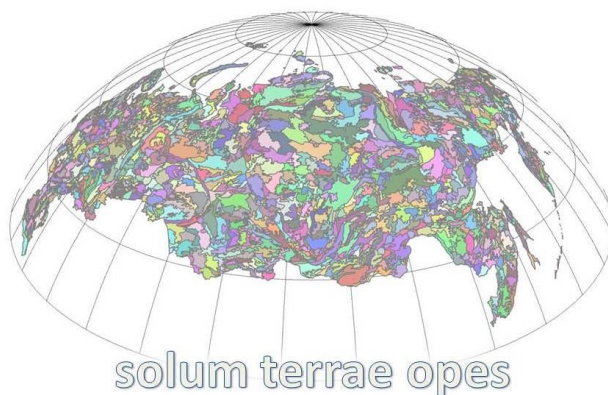


# Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов

Сборник докладов III  
Всероссийской открытой  
конференции.

9-11 декабря 2019 г.





Минобрнауки России



**СБОРНИК ДОКЛАДОВ  
ТРЕТЬЕЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОТКРЫТОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ПОЧВЕННЫЕ И ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ:  
СОСТОЯНИЕ, ОЦЕНКА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ»**

*к 100-летию В.М. Фридланда*

9 - 11 декабря 2019 г.

2019  
Москва

УДК 631.4

ББК 40.3

*Под редакцией*  
академика РАН А.Л. Иванова, академика РАН И.Ю. Савина

*Составитель:*  
Н.В. Савицкая

**Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов.** Сборник докладов Третьей Всероссийской открытой конференции. Москва, 9 - 11 декабря 2019 г., – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2019. – 331 с.

Сборник содержит избранные доклады Третьей Всероссийской открытой конференции «Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование», приуроченной к 100-летнему юбилею доктора географических наук В.М. Фридланда.

В них освещается широкий круг вопросов, касающихся инвентаризации, мониторинга, оценки и планирования рационального использования почвенных и земельных ресурсов.

ISBN 978-5-86921-079-1



**УДК 631.4**

**ББК 40.3**

© Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

## ГЕОГРАФИЯ, КАРТОГРАФИЯ ПОЧВ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

*Ананко Т.В., Герасимова М.И., Жангуров Е.В., Конюшков Д.Е.*

**ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ТУНДРОВО-ТАЕЖНОГО ТЕСТОВОГО ПОЛИГОНА (РЕСПУБЛИКА КОМИ, НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ) НА НОВОЙ ЦИФРОВОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МАСШТАБА 1:2.5 МЛН.....10**

*Безуглова О.С., Горбов С.Н.*

**ПОЧВЫ ДОНСКОЙ ПОЙМЫ: ГЕНЕЗИС И СВОЙСТВА.....14**

*Богданова М.Д., Исаченкова Л.Б., Герасимова М.И., Терская Е.В.*

**ОПЫТ СОСТАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ С УЧЕТОМ РАЗНЫХ СЦЕНАРИЕВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОДМОСКОВЬЯ).....20**

*Бронникова М.А., Конопляникова Ю.В., Герасимова М.И., Лебедева М.П., Гуркова Е.А., Голубцов В.А., Ефимов О.Е., Зазовская Э.П.*

**КРИОАРИДНЫЕ ПОЧВЫ: ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОБРАЗ, ГЕНЕТИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ.....24**

*Викторов А.С.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ ЛАНДШАФТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....29**

*Вильчевская Е.В., Королева П.В., Калинина Н.В., Рухович Д.И.*

**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН МЕТОДАМИ РЕТРОСПЕКТИВНОГО МОНИТОРИНГА.....34**

*Герасимова М.И., Ананко Т.В., Савицкая Н.В.*

**ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЮЖНО-ТАЕЖНОГО ТЕСТОВОГО ПОЛИГОНА (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) НА НОВОЙ ЦИФРОВОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИИ МАСШТАБА 1:2.5 МЛН.....39**

*Герасимова М.И., Лебедева И.И., Хитров Н.Б., Хохлов С.Ф.*

**РАЗВИТИЕ БАЗОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ В.М. ФРИДЛАНДА В «КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ».....43**

*Жулиев М.К., Гафурова Л.А.*

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ .....48**

<i>Зубкова Т.А., Суханова Н.И., Кирюшин А.В.</i> <b>АГРЕГАТНАЯ СТРУКТУРА ПОЧВ ЗАПАДИННЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАЗЛОМНЫХ ЗОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ.....</b>	<b>53</b>
<i>Иванов И.В., Замотаев И.В.</i> <b>НАУЧНЫЕ ИДЕИ ПОЧВОВЕДА-ГЕОГРАФА В.М. ФРИДЛАНДА, ИХ ИСТОКИ И РАЗВИТИЕ (к 100-летию со дня рождения) .....</b>	<b>58</b>
<i>Конюшков Д.Е., Герасимова М.И., Ананко Т.В., Лебедева И.И., Савицкая Н.В., Хохлов С.Ф.</i> <b>ОБНОВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ РОССИИ МАСШТАБА 1:2.5 МЛН: ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ.....</b>	<b>64</b>
<i>Королева П.В., Рухович Д.И., Рухович А.Д., Сулейман Г.А.</i> <b>ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ.....</b>	<b>68</b>
<i>Крицков И.В., Герасько Л.И., Аникеева С.А.</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....</b>	<b>73</b>
<i>Лаптева Е.М., Каверин Д.А., Пастухов А.В., Шамрикова Е.В., Шахтарова О.В.</i> <b>ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ АРКТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА.....</b>	<b>78</b>
<i>Лебедева И.И.</i> <b>ГЕОГРФИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЕТР В СВЯЗИ С ИХ ЭВОЛЮЦИЕЙ В ГОЛОЦЕНЕ.....</b>	<b>83</b>
<i>Лебедева И. И.</i> <b>ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ТЕСТОВЫЙ ПОЛИГОН НА ОБНОВЛЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МАСШТАБА 1:2,5 МЛН.....</b>	<b>87</b>
<i>Орлов Т.В., Смагин В.А., Калашиников А.Ю.</i> <b>РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ГЕОРАДАРНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ, СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ЛАНДШАФТНЫХ МЕТРИК ОДНОГО ВРЕМЕННОГО СРЕЗА.....</b>	<b>92</b>
<i>Прокопьева К.О., Конюшкова М.В., Новикова Н.М., Улюмджиев У.Ю.</i> <b>ЦИФРОВАЯ ФИТОИНДИКАЦИЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА СЕВЕРА КАЛМЫКИИ.....</b>	<b>96</b>
<i>Прудникова Е.Ю., Савин И.Ю., Виндекер Г.В., Грубина П.Г., Шарычев Д.В., Щепотьев В.Н., Вернюк Ю.И.</i> <b>АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ: ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ.....</b>	<b>102</b>

*Рожков В.А.*  
**О ЦИФРОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ.....106**

*Савицкая Н. В., Ананко Т.В.*  
**ОБНОВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МАСШТАБА  
1:2.5 МЛН: ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ.....110**

*Смирнова М.А., Жидкин А.П., Лозбенев Н.И., Заздравных Е.А.*  
**ЭРОЗИОННЫЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА: ГЕНЕЗИС И  
РАЗНООБРАЗИЕ КОМПОНЕНТОВ.....114**

*Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф.*  
**АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ СПП ЛЕСНОЙ ЗОНЫ.....119**

*Хохлов С. Ф.*  
**КЛАССИФИКАЦИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВ И ПОЧВЫ КУРИЛЬСКИХ  
ОСТРОВОВ НА ОБНОВЛЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИИ МАСШТАБА 1:2.5  
МЛН. ....123**

---

## **ЭВОЛЮЦИЯ, ДЕГРАДАЦИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ. МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ**

*Андроханов В.А., Соколов Д.А.*  
**ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ В ПОСТТЕХНОГЕННЫЙ ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ  
КУЗБАССА.....128**

*Борисочкина Т.И., Фрид А.С., Колчанова К.А., Никитина Н.С.*  
**ХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ.....132**

*Бурлуцкий В.А., Мазуров В.Н., Семешкина П.С.*  
**ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ  
СВОЙСТВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА  
СИНАНТРОПНЫХ СООБЩЕСТВ МЕЩОВСКОГО ОПОЛЬЯ.....137**

*Горбов С.Н., Безуглова О.С.*  
**ТРАНСФОРМАЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ  
АГЛОМЕРАЦИИ..... 141**

*Ергина Е.И.*  
**ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ КРЫМСКОГО  
ПОЛУОСТРОВА.....146**

<i>Жидкин А.П., Лозбенев Н.И., Шамигурина Е.Н., Фомичева Д.В., Смирнова М.А., Комиссаров М.А.</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЭРОЗИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....</b>	<b>151</b>
<i>Инишева Л.И., Кобак К.И., Турчинович И.Е.</i>	
<b>БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В СИБИРИ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ.....</b>	<b>156</b>
<i>Ковда И.В., Рябуха А.Г., Поляков Д.Г.</i>	
<b>РОЛЬ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕЛОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОДУРАЛЬСКОГО ПЛАТО.....</b>	<b>161</b>
<i>Козут Б.М., Семенов В.М.</i>	
<b>КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ФОРМУЛИРОВКЕ ПОНЯТИЯ “ГУМУС” ПАХОТНЫХ ПОЧВ.....</b>	<b>165</b>
<i>Колобова Н.А., Егорова З.Н., Матвеева Н.В., Котельникова А.Д., Рогова О.Б.</i>	
<b>ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ АГРОЦЕНОЗА.....</b>	<b>169</b>
<i>Кречетов П.П., Черницова О.В.</i>	
<b>ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ УГЛЕДОБЫЧИ НА ПРИМЕРЕ ПОДМОСКОВНОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА.....</b>	<b>174</b>
<i>Макаров М.И., Кадулин М.С., Сабирова Р.В., Малышева Т.И., Турчин С.Р., Лифанова В.О.</i>	
<b>ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТУНДРЫ И ВЫСОКОГОРИЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....</b>	<b>179</b>
<i>Маслов М.Н.</i>	
<b>ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭУТРОФНЫХ ТОРФОЗЕМОВ РАЗНОГО ТИПА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ.....</b>	<b>183</b>
<i>Песочина Л.С., Иванов И.В., Чендев Ю.Г.</i>	
<b>ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ТРЕНДЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 370 ЛЕТ.....</b>	<b>188</b>
<i>Прудникова Е.Ю., Варламов Е.Б., Абросимов К.Н., Холодов В.А., Савин И.Ю.</i>	
<b>СВЯЗЬ ОСОБЕННОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТКРЫТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ С ИХ СВОЙСТВАМИ.....</b>	<b>193</b>
<i>Сабодина Е.П., Мельников Ю.С.</i>	
<b>КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ РОССИИ – ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....</b>	<b>197</b>
<i>Соколов Д.А., Соколова Н.А.</i>	
<b>ДИСТАНЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ</b>	

**ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ ГОРЛОВСКОГО  
АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ) .....204**

*Черников Е.А., Фоменко Т.Г., Ярошенко О.В., Савчук Н.В., Курденкова Е.К.*  
**ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВ ТАМАНИ ПРИ  
ИЗМЕНЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ .....209**

*Чупина (Гаврилова) И.В.*  
**ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БОТАНИЧЕСКИХ  
САДОВ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ .....214**

*Шульгина С.В., Азарёнок Т.Н., Матыченкова О.В.*  
**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ И СОСТАВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ  
ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ.....219**

---

## **ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ**

*Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.*  
**ИЗМЕНЕНИЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ  
АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ  
КЛИМАТА.....225**

*Гафурова Л.А., Саидова М.Э.*  
**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ  
ПРИАРАЛЬЯ.....231**

*Горохова И.Н., Панкова Е.И., Чурсин И.Н.*  
**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МОНИТОРИНГА ОРОШАЕМЫХ  
ЗЕМЕЛЬ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ  
КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....241**

*Капелькина Л.П., Мязин В.В., Попов А.И.*  
**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....246**

*Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А., Беляева М.В., Соловьева Е.А.*  
**ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ ПО  
ИНДИКАТОРАМ НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ.....251**

*Лана В.В., Матыченков Д.В., Азаренок Т.Н.*  
**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ДИНАМИКИ И ПРОГНОЗА СВОЙСТВ  
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....255**



<i>Мухин Г.Д.</i> <b>АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ.....</b>	<b>260</b>
<i>Окмянская В.М., Богданова О.В.</i> <b>АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА .....</b>	<b>266</b>
<i>Рухович Д.И., Калинина Н.В., Долинина Е.А., Шаповалов Д.А.</i> <b>СРАВНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ПОЧВЕННОМ ОБСЛЕДОВАНИИ И ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬ .....</b>	<b>271</b>
<i>Рухович А.Д., Рухович Д.И., Королева П.В., Куляница А.Л.</i> <b>БОЛЬШИЕ СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ .....</b>	<b>275</b>
<i>Сапожников П.М.</i> <b>КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПО НОВОМУ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВУ — ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ТРУДНОСТИ.....</b>	<b>280</b>
<i>Тимофеева Ю.Р., Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.</i> <b>АГРОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>284</b>
<i>Хомяков Д.М.</i> <b>ПОЧВА И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....</b>	<b>289</b>
<i>Черкасов Е.А., Лобачев Д.А., Саматов Б.К.</i> <b>МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>294</b>
<i>Черноусенко Г.И., Калинина Н.В., Рухович Д.И.</i> <b>ОЦЕНКА ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАСОЛЕНИЮ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ .....</b>	<b>299</b>
<i>Черных Е.Г.</i> <b>ОЦЕНКА СРЕДОФОРМИРУЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК СЛЕДСТВИЕ УРБАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....</b>	<b>304</b>
<i>Яковлева Л.В., Николаева Е.А.</i> <b>РОЛЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ИЗМЕНЕНИИ СВОЙСТВ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ.....</b>	<b>308</b>
<b>ABSTRACTS.....</b>	<b>316</b>

# ГЕОГРАФИЯ, КАРТОГРАФИЯ ПОЧВ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

УДК 638.47

## ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ТУНДРОВО-ТАЕЖНОГО ТЕСТОВОГО ПОЛИГОНА (РЕСПУБЛИКА КОМИ, НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ) НА НОВОЙ ЦИФРОВОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МАСШТАБА 1:2.5 МЛН

Т.В. Ананко<sup>1</sup>, М.И. Герасимова<sup>1,2</sup>, Е.В. Жангуров<sup>3</sup>, Д.Е. Конюшков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

<sup>2</sup>*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

<sup>3</sup>*Институт Биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар*  
[tatyana@ananko.ru](mailto:tatyana@ananko.ru)

Новая цифровая почвенная карта РФ создается путем обновления содержания контуров Почвенной карты РСФСР м-ба 1 : 2.5 млн (1988) в идеологии классификации почв России (2004/2008) и их геометрической трансформации с использованием спутниковых и геоинформационных технологий. Вопросы обновления содержания рассмотрены на примере тестового тундрово-таежного полигона. Перевод единиц легенды в новую классификацию основан на интерпретации сведений о почвах в Программе карты (1972) и новых источниках как диагностических горизонтов и признаков, определяющих классификационное положение почв. На карту введены новые типы почв: глееземы криометаморфические, светлосемы иллювиально-железистые, органо-криометаморфические; изменился состав тундровых комплексов.

*Ключевые слова:* база данных, состав почвенных контуров, профили почв, тундровые комплексы

Для создания новой цифровой Почвенной карты Российской Федерации масштаба 1:2.5 млн (ПКРФ) на тестовых полигонах в различных природных зонах проводилось обновление содержания ПК РСФСР (1988) и ее контурной части на основе спутниковых и геоинформационных технологий (Жоголев, Савин, 2016). Обновление содержания велось по-контурно в базе данных (БД) к оцифрованной карте (1988) по классификации почв России (КПР, 2004/2008) и включало анализ информации о почвах в Программе карты (1972), региональных публикациях и новых полевых материалах с учетом условий

почвообразования. Для адекватного отражения почвенного покрова предлагались новые типы и подтипы, отсутствующие в КПР (Герасимова и др., 2018).

Тундрово-таежный тестовый полигон (64°–68° с.ш., 58°–60° в.д.) расположен в Республике Коми и Ненецком АО и охватывает равнинную типичную и южную тундру, лесотундру и северную тайгу, а также горные северо-таежные леса и тундры западных склонов Приполярного Урала (Атлас почв, 2010). Почвообразующие породы на равнинах: моренные слабо завалуненные суглинки и песчаные отложения террас и зандровых полей, покровные бескарбонатные суглинки и двучленные породы – контрастные и неконтрастные по гранулометрическому составу. На Приполярном Урале почвы формируются на щебнистом элюво-делювии преимущественно кислых пород: кварцитов, кристаллических сланцев и песчаников. Многолетняя мерзлота имеет сплошное распространение в типичной тундре, островное – в южной тундре и лесотундре.

Цель работы – охарактеризовать почвы (и почвенные комплексы) выделенных контуров в идеологии КПР, уточнить сведения о почвенном покрове, добавить информацию об антропогенно-преобразованных почвах.

**Таежные почвы.** *Глееподзолистые почвы на суглинках* сохранили название; к торфяно - и торфянисто-подзолисто-глеевым почвам добавлены характерные признаки: потечно-гумусовые и конкреционные. *Глееподзолистые почвы на контрастных двучленах* (песок/тяжелый суглинок) содержат микропрофиль подзола в верхнем песчаном компоненте, что учтено в новой легенде. *Глееподзолистые почвы на неконтрастных двучленах* (легкий/средний-тяжелый суглинок) по материалам В.Д. Тонконогова (2010), Е.В. Жангурова (Почвы и почвенный .., 2013) переведены в «светлоземы иллювиально-железистые текстурно-дифференцированные». *Подзолы и подзолы глеевые* сохраняют название. *Горные лесо-луговые почвы* переименованы в «серогумусовые

грубогумусированные», в т.ч. оподзоленные; *горные примитивные почвы* – в «петроземы».

**Комплексы тундры.** На территории тестового полигона на ПКРФ было выделено 5 тундровых почвенных комплексов и один болотный. Комплексы с минеральными почвами по геометрическим формам отнесены к бугорковым кочкарниковым, болотные – к крупнобугристым, что сохранено в обновленной легенде. Рассмотрим изменения в составе и номенклатуре почв – компонентов комплексов.

1. Комплекс *тундровые глеевые торфянистые и торфяные, торфянисто- и торфяно-глеевые болотные и почвы пятен*. Для почв зарастающих пятен в комплексах предложен термин «глееземы (крио)абрадированные» (Герасимова и др., 2018); почвы бугорков, судя по описаниям (Атлас почв..., 2010; Игнатенко, 1979) отличаются большей мощностью торфа, чем почвы основной поверхности, к ним относится название «торфяно-глееземы». Почвы основной поверхности на суглинках переведены в «глееземы типичные (поверхностно-глеевые)». В аналогичных комплексах на легких породах слабо дренированных поверхностей они замещаются «глееземами перегнойно-торфяными окисленно-глеевыми иллювиально-ожелезненными».

2. В комплексе *арктотундровых перегнойно-глеевых почв, почв пятен и тундровых глеевых торфянистых и торфяных*, формирующихся на суглинках, изменено название почв основной поверхности на «глееземы типичные», преобладающие на тестовом полигоне; «глееземы перегнойные» распространены преимущественно в арктической тундре (Игнатенко, 1979; Атлас Арктики, 1983).

3. Комплекс *тундровых поверхностно-глеевых дифференцированных (в том числе оподзоленных) торфянисто-перегнойных почв и тундровых глеевых торфянистых и торфяных* не включает почв пятен. Для почв основной поверхности характерен криометаморфический горизонт под сильно оглеенным голубовато-сизым горизонтом; ниже отмечаются признаки иллювиирования

глины. Эти почвы определены как «глееземы криометаморфические глинисто-дифференцированные» и сочетаются с «торфяно-глееземами бугорков». К сопутствующим компонентам в этих контурах добавлены «криометаморфические оподзоленные почвы».

4. Комплексы *подбуров (темных, светлых) тундровых, тундровых глеевых торфянистых и торфяных и почв пятен* выделяется в дренированных позициях на песках. Основную поверхность характеризуют «подбуры грубогумусовые». На бугорках формируются подбуры с торфяным горизонтом мощностью не меньше 10 см; пятна не выражены (Забоева, 1975; Игнатенко, 1979; Атлас почв..., 2010). В обновленной легенде это комплекс «подбуров грубогумусовых иллювиально-гумусовых (иллювиально-железистых) и торфяно-подбуров бугорков».

5. Комплекс крупнобугристых болот «*торфяные болотные переходные и торфяные болотные деградирующие*» переведены в терминологию классификации как «торфяные мезотрофные и торфяные деструктивные».

Уточнялось содержание контуров. Так, в тундрах Приполярного Урала на плотных породах на карте выделены контура глееземов тундровых дифференцированных, в т.ч. оподзоленных, что вызвало сомнения. По новым материалам (Почвы и почвенный покров..., 2013) в горных тундрах Урала преобладают не глееземы, а подбуры оподзоленные и глееватые. Глееземы на плотных породах с суглинисто-глинистым наполнителем описаны единично на сглаженных вершинах и пологих склонах в условиях дополнительного увлажнения. Их площади невелики. В обновленной БД они показаны сопутствующими почвами в контурах с преобладанием подбуров. Антропогенно-измененные почвы - пашни, города на данном полигоне отсутствуют.

### Список литературы

1. Атлас Арктики. М.: ГУГК, 1985, 204 с.
2. Атлас почв республики Коми. Сыктывкар: Ин-т Биологии УрО РАН, 2010. 346 с.

3. Герасимова М.И., Ананко Т.В. Конюшков Д.Е. Предложения к классификации почв России по итогам анализа Почвенной карты РСФСР масштаба 1: 2.5 млн (1988) // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1918. Вып. 95. С. 38–50.
4. Игнатенко И.В. Почвы Восточно-Европейской тундры и лесотундры М.: Наука, 1979. 279 с.
5. Жоголев А.В., Савин И.Ю. Автоматизированное обновление среднемасштабных почвенных карт // Почвоведение, № 11. 2016. С. 1319-1327.
6. Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975, 344 с.
7. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
8. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
9. Почвенная карта РСФСР масштаба 1 : 2.5 млн под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988. 16 листов.
10. Почвы и почвенный покров Печоро-Илычского заповедника (Северный Урал) / под ред. Дегтевой С.В., Лаптевой Е.М. Сыктывкар: Изд. УрО РАН, 2013. 327 с.
11. Программа Почвенной карты СССР в масштабе 1:2 500 000 под ред. В.М. Фридланда. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1972. 158 с.
12. Тонконогов В.Д. Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 304 с.

УДК 631.4

## ПОЧВЫ ДОНСКОЙ ПОЙМЫ: ГЕНЕЗИС И СВОЙСТВА

О.С. Безуглова, С.Н. Горбов

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

[lola314@mail.ru](mailto:lola314@mail.ru)

Исследования почв донской поймы проводили в пределах ее дельтовой части, входящей в состав природного парка «Донской». Разнообразие типов описанных почв и их свойств обусловлено особенностями гидрологии территории, в том числе глубиной залегания грунтовых вод и степенью их минерализации. Влияет на свойства почв и характер аллювиальных отложений.

*Ключевые слова:* аллювиальные почвы, дельта Дона.

**Введение.** Поймы относятся к динамичным элементам геохимического ландшафта, постоянно изменяющимся в соответствии с режимом поемности и характером антропогенной деятельности. Рельеф, количество осадков в бассейне реки и степень распаханности водораздельных пространств, определяют скорость и характер накоплений в пойме продуктов разрушающей деятельности воды. На степных реках, таких как Дон, бассейн которого практически лишен лесной растительности и распахан, половодья и паводки

обычно бывают относительно короткими, но бурными, обеспечивая обогащение поймы большим количеством взвешенного в воде материала. Пойма устьевой области р. Дон в границах Неклиновского, Азовского и Мясниковского районов Ростовской области представляет собой дельтовый ландшафт, имеющий статус ООПТ областного значения «Дельта Дона» в составе природного парка «Донской». Часть этой территории испытывает на себе достаточно сильный антропогенный пресс, так как захватывает окраины городов Ростова-на-Дону, Батайска и Азова. Строительство Цимлянского водохранилища практически положило конец поёмному процессу, донская пойма в ее низовьях, включая дельту, зарегулирована, а в районе Ростова-на-Дону и в значительной степени застроена. Природный резерват «Дельта Дона» имеет комплексный профиль, следовательно, охранный статус распространяется и на почвенный покров. Однако информация о нем очень скудная, поэтому в 2018 году в рамках инициативного научного проекта Минобрнауки России сотрудниками Южного федерального университета на этой территории на различных элементах пойменного ландшафта был заложен ряд разрезов (рисунок 1).

**Условия почвообразования.** Аллювиальный процесс, являющийся ведущим в поймах, в значительной степени участвовал и в образовании почв изучаемой территории, но основную роль играют процессы заболачивания и засоления, что обусловлено близким к поверхности (1—2 м) залеганием минерализованных грунтовых вод и сгонно-нагонными явлениями, причем с морскими водами происходит привнос солей. Минерализация грунтовых вод варьирует от 3 до 10, а на некоторых участках плоскоравнинной части достигает 25 г/л. Доминирует сульфатно-хлоридно-магниевый-натриевый тип минерализации.



Рисунок 1 – Местоположение разрезов в пойме р. Дон.

Естественно, что в формировании почв в условиях дельты не последнюю роль играют почвообразующие породы. В прирусловой пойме вдоль Дона и некоторых крупных его рукавов залегают отложения преимущественно лёгкого гранулометрического состава – пески и супеси, перекрытые обычно слоем суглинков мощностью 10—20 см. В центральной пойме преобладают суглинистые отложения, подстилаемые песками, притеррасные участки сложены тяжёлыми суглинками и глинами с прослоями песков в основании.

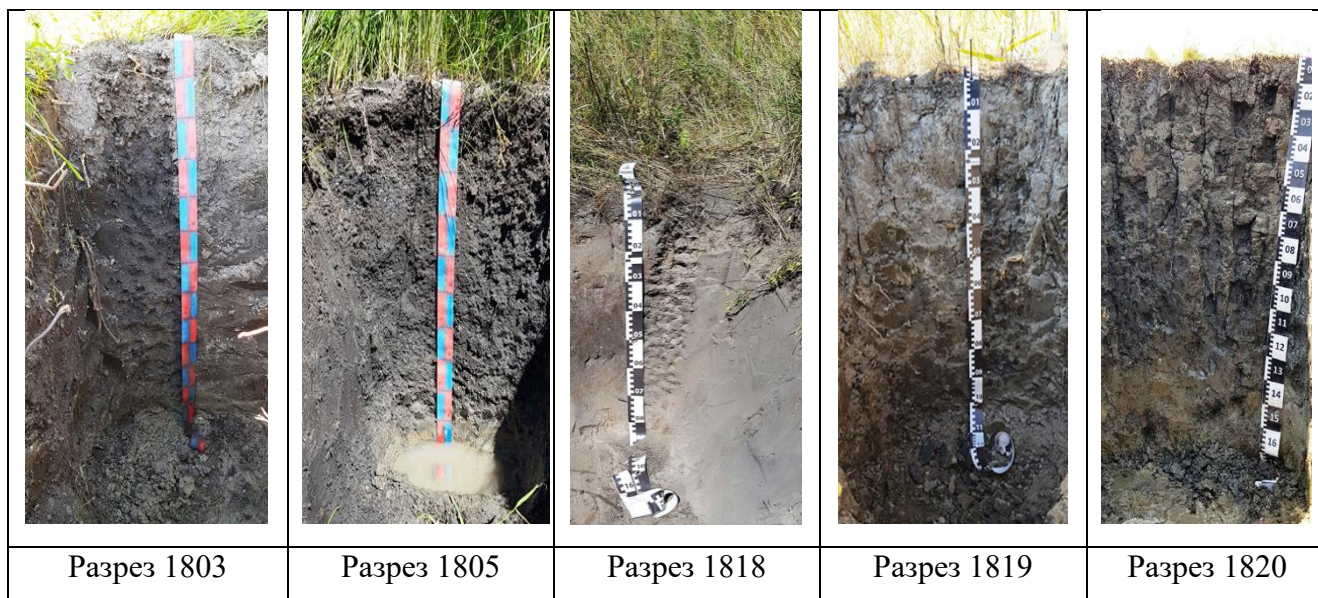
Преобладающие типы почв: луговые, лугово-болотные, болотные, аллювиально-луговые, аллювиальные различного гранулометрического состава, нередко солонцеватые и солончаковатые в той или иной степени. Встречаются и солончаки (Захаров, 1940).

**Результаты исследований.** Следует отметить, что пойменные ландшафты отличаются чрезвычайной пестротой почвенного покрова, что связано как со своеобразным зонированием территории поймы, обусловленным удаленностью от русла реки, так и с неровностями микрорельефа. Последнее, в условиях близкого залегания грунтовых вод, обеспечивает формирование почв в



диапазоне от гидроморфных до полугидроморфных рядов. И данное положение хорошо прослеживается на представленных фотографиях (рисунок 2).

Физико-химические свойства аллювиальных почв представлены в таблице 1, названия почв даны по Классификации и диагностике почв России (Шишов и др., 2004). Свойства почв весьма разнообразны и определяются, прежде всего, гранулометрическим составом аллювиальных отложений, а также особенностями рельефа и местоположением в пойме относительно русла реки и проток дельты. На тяжелых отложениях в обширной западине сформировался темногумусовый корковый солонец (разрез 1819). На слабопологом склоне юго-западной экспозиции к внутриостровному понижению описаны три разреза (1803—1805), которые, несмотря на близкое расстояние между ними (100—150 м), характеризуются существенными различиями в морфологии и физико-химических свойствах, что обусловлено уровнем залегания грунтовых вод. Для сравнения приведена фотография профиля типичной пойменной почвы – аллювиальной темногумусовой квазиглеевой на тяжелосуглинистых аллювиальных отложениях, разрез 1820, заложенный на территории Доно-Аксайской поймы.



*Рисунок 2 – Морфологические свойства аллювиальных почв поймы Дона.*

На супесчаных аллювиальных отложениях формируются также поверхностно оглеенные почвы, от почв более тяжелого гранулометрического состава они отличаются существенно более низкими запасами гумуса, хотя в дерновом горизонте содержание гумуса примерно такое же, как и в почвах на суглинистых отложениях.

Таблица 1 – Физико-химические свойства аллювиальных почв природного парка «Донской», участок «Дельта Дона»

№ разреза	Горизонт	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	pH	Сухой остаток, %	CaCO <sub>3</sub> , %	Гумус		Грансостав, %		
						%	т/га в А	<0,01	<0,001	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Аллювиальная темногумусовая глеевая мелкоторфянистая средне гумусированная среднесуглинистая на аллювиальных тяжелосуглинистых отложениях										
1804	Т 0-3	не опр.	Не определялись				193,3			
	А 3-20		7,39	0,270	2,26	6,29		41,89	28,31	
	А g 20-40		7,95	0,116	0,21	3,65		61,60	45,21	
Аллювиальная темногумусовая засоленная глеевая карбонатная среднеспонгиозная малогумусированная (солончаковая поверхностно оглеенная) тяжелосуглинистая на аллювиальных тяжелосуглинистых отложениях										
1803	Ad 0-10	0,92	7,75	0,702	1,36	4,92	272,9	41,40	27,15	
	А s 10-20	1,2	8,54	0,223	1,28	2,67		48,74	41,78	
	А1 20-40	не опр.	8,70	0,132	0,17	2,58		56,65	40,02	
	А g 40-60		8,40	0,138	0,53	2,80		58,47	41,91	
	В g 60-80		8,34	0,182	0,2	1,79		58,12	42,21	
	G 80-120		8,23	0,149	0,53	0,57		48,79	36,53	
Аллювиальная темногумусовая глеевая мелкоторфянистая средне гумусированная среднесуглинистая на аллювиальных тяжелосуглинистых отложениях										
1804	Т 0-3	не опр.	Не определялись				193,3			
	А 3-20		7,39	0,270	2,26	6,29		41,89	28,31	
	А g 20-40		7,95	0,116	0,21	3,65		61,60	45,21	
Аллювиальная темногумусовая глеевая типичная карбонатная мощная малогумусированная тяжелосуглинистая на аллювиальных тяжелосуглинистых отложениях										
1805	А d 0-10	1,11	8,15	0,155	1,66	4,48	305,8	38,63	26,68	
	А 10-40	1,46	8,36	0,135	1,88	2,17		49,02	34,82	

	AB 40-70		8,93	0,211	4,01	1,81		51,72	37,43
	B g 70-100		9,18	0,293	4,72	1,81		51,32	35,24
	G 100-140		8,61	0,471	2,12	0,98		27,24	21,87
Аллювиальная темногумусовая глеевая слабогумусированная среднеспособная (поверхностно оглеенная) супесчаная на аллювиальных отложениях									
1818	A d 0-10	0,84	не опр.	0,010	0,10	4,40	136,2	26,59	25,49
	A 10-25	1,48		0,065	0,12	0,58		18,04	14,85
	A g 25-55	1,59		0,070	0,10	1,43		17,18	14,26
	B g 55-70	1,45		0,055	0,12	0,83		17,46	13,16
	BC g 70-90			0,070	0,11	0,45		14,66	11,42
Солонец темногумусовый гидрометаморфизованный тяжелосуглинистый (корковый) на глинистых аллювиальных отложениях									
1819	A1 0-2	не опр.	не опр.	0,469	1,86	2,64	93,57	22,72	16,39
	B1 2-40	1,50		0,342	2,16	0,95		58,82	40,94
	B2 g 40-70	не опр.		0,473	5,21	0,75		76,13	55,80
	BC g 70-90			0,400	1,07	0,74		74,83	56,24
	C 80-120			0,015	1,11	0,40		65,27	48,65

**Заключение.** Донская пойма в своей дельтовой части характеризуется значительной пестротой почвенного покрова, что обуславливает ботаническое разнообразие и сохранение этой территории в качестве особой охраняемой территории. Генезис всех описанных почвенных типов и видов связан с гидроморфизмом, степень проявления которого, а также качественный состав грунтовых вод, наряду с гранулометрическим составом аллювиальных отложений обеспечивают почвенное разнообразие.

*Исследование выполнено в рамках Инициативного научного проекта базовой части государственного задания Минобрнауки России (шифр 6.6222.2017/8.9) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП "Высокие технологии" Южного федерального университета.*

### Список литературы

1. Захаров С.А. Почвы Ростовской области и их агрономическая характеристика. Кн.2. Почвенные районы, динамика почв и их окультуривание. Ростов н/Д., 1940. 168 с.

2. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

УДК 631.4

## **ОПЫТ СОСТАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ С УЧЕТОМ РАЗНЫХ СЦЕНАРИЕВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОДМОСКОВЬЯ)**

**М.Д. Богданова, Л.Б. Исаченкова, М.И. Герасимова, Е.В. Терская**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[md-bogdanova@yandex.ru](mailto:md-bogdanova@yandex.ru)

Для уточнения крупномасштабной почвенной карты были исследованы пахотные и лесные варианты дерново-подзолистых почв с разной историей землепользования и уточнена их номенклатура по новой классификации почв России. Результаты основаны на материалах многолетних полевых исследований и дешифрировании аэрофото- и космических снимков разного времени (1951...2017), позволивших создать разные сценарии землепользования, отразившиеся в свойствах почв.

*Ключевые слова:* антропогенные воздействия, почвы вырубок, агродерново-подзолистые почвы, классификация, картографирование

Изменениям свойств дерново-подзолистых почв на залежах, вырубках и под лугами посвящено значительное количество работ (Баранова и др., 1989; Герасимова, Исаченкова, 2008; Исаченкова, 2007; Карпачевский и др., 1986; Люри и др. 2010; Караваева и др., 1985; Сорокина и др., 2013; Телеснина и др. 2017; Хохлов, 2015).

Объект исследования – территория учебно-научной станции (УНС) «Сатино» Географического ф-та МГУ, хорошо изученная, имеющая традиционную почвенную и другие тематические карты масштаба 1:10 000, материалы специальных исследований (Общегеографическая ..., 2007; Исаченкова, 2007; Экосистемы..., 2006). В почвенном покрове доминируют дерново-подзолистые почвы. Основными видами антропогенного воздействия являются: вырубки, распашка, посадка яблоневых садов, создание садовых

участков. Каждый вид воздействия и их смена отражаются в свойствах почв, режимах и процессах.

Исследование включало историко-картографический и почвенный блоки. Почвенный блок основывался на многолетних полевых наблюдениях авторов, описаниях почвенных разрезов (более 300), детальных морфологических, мезоморфологических и аналитических исследованиях. Для диагностики почв использовалась новая классификация почв России (Классификация..., 2004).

Анализ серии аэрофото- и космических снимков за последние 75 лет (1951, 1986, 2000, 2017 гг.) позволил выделить несколько вариантов смен видов землепользования, их систематизировать как сценарии и составить карту сценариев землепользования. Они включают как устойчивое землепользование – постоянно лесные и постоянно пахотные участки, так и сценарии смены угодий. Для каждого сценария были выявлены определенные признаки дерново-подзолистых почв. В качестве ключевых выбраны контрастные участки с разной историей земельных угодий – лесной и пахотный (рисунок 1).

Сценарии лесного ряда включают: постоянно лесной массив и разновозрастные вырубki, зарастающие естественным образом и вырубki с посадками ели. Возрастной ряд вырубok: 0–5, 5–10, 10–20, 20–40, 40–60 лет и условно-коренные леса. С лесотехническими мероприятиями и этапами лесовосстановления связаны процессы оглеения, вторичная одернованность и гумусонакопление, формирование грубогумусового горизонта, соответствующие разным вариантам дерново-подзолистых почв, частично отраженным в классификации. Почвы, измененные лесопользованием, сохраняют типовую принадлежность: «дерново-подзолистые», а изменения соответствуют уровню подтипов – глееватые, турбированные и видов по количественным показателям.

Изменения свойств почв при их использовании в земледелии более разнообразны. В пахотный ряд входят: современная пашня, 7–10-летняя залежь

и яблоневый сад. Большая часть почв относится к типу агродерново-подзолистых, меньшая – агроземов текстурно-дифференцированных. Первые приурочены к лучше дренированным поверхностям и условиям регулярной обработки; среди них встречаются агроземы и переходные по свойствам между ними и агро-почвами – абрадированные агродерново-подзолистые, тяготеющие к склонам, либо к повышениям палеокриогенного микрорельефа. На нижних частях склонов формируются стратифицированные агродерново-подзолистые почвы. В почвах залежей сочетаются процессы поверхностного оглеения с гумусонакоплением, почвы дерново-подзолистые поверхностно-глееватые постагрогенные.

Закономерности трансформации почв, изученные в разрезах лесного и пахотного рядов, были экстраполированы на территорию УНС «Сатино» с использованием карты сценариев землепользования. Это позволило детализировать почвенную карту внесением в нее дополнительной информации о свойствах почв – результатах антропогенной эволюции, а также отразить современное состояние почвенного покрова.

### Список литературы

1. Баранова О.Ю., Номеров Г.Б., Строганова М.Н. Изменение свойств пахотных дерново-подзолистых почв при зарастании их лесом // Почвообразование в лесных биогеоценозах. М., 1989. С. 60–78.
2. Герасимова М.И. Агродерново-подзолистые почвы юго-западного Подмосковья: опыт анализа свойств пахотного горизонта // Вестник Моск. Ун-та. Серия 5, География. 2007. № 2. С. 16–27.
3. Герасимова М.И., Исаченкова Л.Б. "Короткая память" дерново-подзолистых почв в лесовосстановительных сукцессиях // Память почв. М.: URSS, 2008. С. 638–649.
4. Исаченкова Л.Б. Изменение свойств дерново-подзолистых почв в сукцессионных рядах восстановления широколиственно-хвойных лесов (на примере юго-западного Подмосковья). Дисс... канд. геогр. наук. М., 2007. 158 с.
5. Караваева Н.А. Жариков С.Н., Кончин А.Е. Пахотные почвы Нечерноземья: процессно-эволюционный подход к изучению // Почвоведение. 1985, № 11. С. 114–125.
6. Карпачевский Л.О., Строганова М.Н., Баранова О.Ю. и др. Эволюция почвенного покрова при лесовосстановлении // Успехи почвоведения. Мат-лы Межд. съезда почвоведов. М., 1986. С. 135–142.
7. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

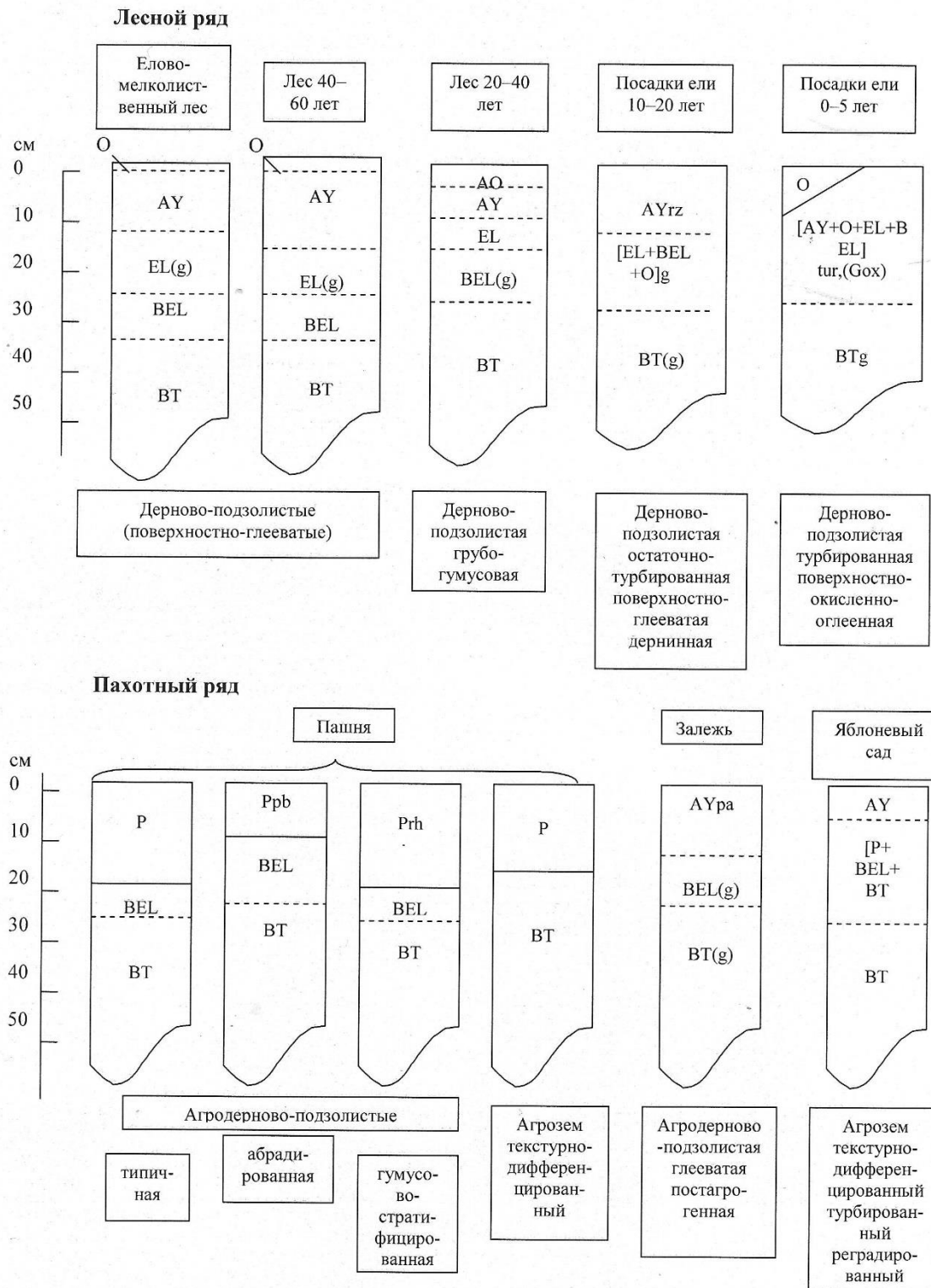


Рисунок 1 – схема профилей почвразных сценариев (индекс в скобках означает возможное присутствие признаков).

8. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
9. Общегеографическая практика в Подмосковье. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2007. 361 с.
10. Сорокина Н.П., Козлов Д.Н., Кузнецова И.В. Оценка постагрогенной трансформации дерново-подзолистых почв: картографическое и аналитическое обоснование // Почвоведение, 2013. № 10. С. 1193–1205.
11. Телеснина В.М., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О. и др. Динамика почв и состава растительности в ходе постагрогенной эволюции в разных биоклиматических зонах // Почвоведение. 2017, № 12. С. 1514–1534.
12. Хохлов С.Ф. Постагрогенные дерново-подзолистые почвы под лесом и лугом в Подмосковье: свойства, эволюция и элементы водного баланса. Автореферат.....канд. с/х наук. М., 2015. 24 с.
13. Экосистемы широколиственно-хвойных лесов Южного Подмосковья, М.: Геогр. ф-т МГУ, 2006. 182 с.

УДК 631.48

## **КРИОАРИДНЫЕ ПОЧВЫ: ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОБРАЗ, ГЕНЕТИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ**

**М.А. Бронникова<sup>1</sup>, Ю.В. Конопляникова<sup>1</sup>, М.И. Герасимова<sup>2,3</sup>, М.П. Лебедева<sup>2</sup>, Е.А. Гуркова<sup>4</sup>, В.А. Голубцов<sup>5</sup>, О.Е. Ефимов<sup>6</sup>, Э.П. Зазовская<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт географии РАН, Москва*

<sup>2</sup>*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

<sup>3</sup>*МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва*

<sup>4</sup>*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск*

<sup>5</sup>*Институт географии им. В.Б. Сочавы, СО РАН, Иркутск*

<sup>6</sup>*Российский государственный аграрный университет –*

*МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва*

[mbmsh@mail.ru](mailto:mbmsh@mail.ru)

Почвы сухих степей в Центральной и Восточной Сибири сильно отличаются от каштановых почв Восточно-Европейской равнины и были названы В.И. Волковинцером степными криоаридными. Согласно классификации почв России (2004/2008) их профиль включает криогумусовый, палево-метаморфический и карбонатно-аккумулятивный диагностические горизонты. Наряду с признаками, характерными для почв сухих степей, отчетливы проявления криогенных процессов (микроструктура, фрагментация и сортировка компонентов твердой



фазы), соответствующие экстраконтинентальному климату их ареала. Предложены подтипы криоаридных почв, отражающие их разнообразие.  
*Ключевые слова:* криогумусовый горизонт, экстраконтинентальные сухие степи, географические аналоги

В 1960-70 годы В.И. Волковинцер описал основные отличия сухостепных почв холодных экстраконтинентальных областей гор Восточной и Южной Сибири от европейских и западносибирских каштановых почв гор от европейских и западносибирских каштановых почв и обосновал необходимость выделения таких почв в отдельный тип степных криоаридных почв (Волковинцер, 1978). Позже тип криоаридных почв был включен в классификацию почв России (2004), в соответствии с которой он представлен набором диагностических горизонтов: криогумусовый (АК) – палево-метаморфический (ВРЛ) – аккумулятивно-карбонатный (ВСА). Однако подтиповое деление не было разработано, а на региональных почвенных картах криоаридные почвы не выделяются.

Авторами проведены исследования в основных ареалах криоаридных почв «по следам Волковинцера» – изучение его классических разрезов с целью верификации диагностики типа и сравнительных исследований генетико-географического разнообразия криоаридных почв. Для уточнения критериев разграничительной диагностики с родственными почвами проводились работы в коллекции Центрального музея почвоведения (Гуркова и др., 2019).

Для ключевых разрезов были выполнены микро- и мезоморфологические наблюдения. При полевых и лабораторных исследованиях особое внимание уделялось криогумусовому горизонту АК.

Определения общего содержания органического углерода и состава гумуса проводились после очень тщательного отбора различимых глазом растительных остатков. Содержание углерода, помимо метода мокрого окисления, а также содержание азота, были определены на CHN анализаторе после пиролиза пробы

при температуре 1500°C. Для оценки количественной доли растительного детрита в органическом веществе криогумусовых горизонтов определялось содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) (Борисов и др. 2008). Выделенная фракция ЛОВ рассматривалась под бинокляром при увеличении 6,5-40, далее разделялась на ситах и повторно микроскопировалась.

Своеобразие криогумусового горизонта АК заключается в каштановой или красновато-бурой окраске и в обилии криогенно-измельченного корневого детрита. Для микростроения характерно сочетание зоогенной микроструктуры с хуже выраженной криогенной. Сравнительно высоки содержания  $C_{орг.}$  (1-5%, среднее значение 3,5%), тип гумуса фульватный, или гуматно-фульватный при очень высокой (до 80%) доле негидролизующего остатка и при низкой оптической плотности. Соотношения C:N характерны для сухостепных почв: они варьируют в диапазоне 8-12, чаще 9-11. Криогумусовые горизонты самых аридных вариантов почв (с признаком ak1) могут иметь среднюю, и даже низкую, обогащенность азотом (C:N до 18). Характерно очень высокое содержание растительного детрита: ЛОВ составляет от 3 до 20%, что существенно превосходит показатели в каштановых почвах европейской России (0,7%; Борисов и др., 2008). Рассев детрита на размерные фракции показал, что фракция 0,2-0,5 мм составляет 40% массы детрита, также обильна фракция 0,1-0,2 мм: около 20%. Обилие растительных остатков пылеватой размерности может быть результатом криогенного дробления – «криодетрит».

В палево-метаморфическом горизонте BPL криоаридных почв описаны глинисто-пылеватые кутаны на зернах скелета, связанные с криогенной сортировкой мелкозема (Van Vliet-Lanoë, Catherine, 2018), ооидные агрегаты, обнаруженные еще Т.Д.Морозовой (1966). Автохтонных железистых пленок на поверхности зерен скелета и агрегатов не было обнаружено, а палевая окраска горизонта BPL определяется небольшим количеством минералов (гидр)оксидов

железа, пропитывающих пленки на зернах скелета. Эти и другие признаки криогенеза: полигональное растрескивание поверхности, криогенное дробление зерен минералов, силикатные кутаны на гранях крупных обломков и вокруг мелких зерен, постшлировые текстуры отличают криоаридные почвы от каштановых.

Установлена вариативность строения криоаридных почв, связанная со степенью аридности. В менее аридных условиях хорошо развита дернина, лучше выражена структура, биогенные и криогенные признаки; в наиболее аридных условиях окраска всех горизонтов наиболее светлая, часто встречается пустынная мостовая с пустынным загаром на поверхности щебня, слоисто-пузырчатая корка; процессы аккумуляции карбонатов проявляются наиболее ярко.

Подтиповое деление криоаридных почв до настоящего времени было слабо разработано за недостаточностью данных по генетико-географическому разнообразию почв этого типа. Накопленный нами фактический материал по криоаридным почвам Тувы, Алтая, Бурятии, Восточного Забайкалья и Якутии позволил верифицировать ранее предложенные подтипы и предложить новые. Из всего разнообразия имеющихся в списке подтипов, возможных в типах отдела палео-метаморфических, в частности, криоаридных, почв (Полевой..., 2008), были подтверждены проведенными исследованиями типичные (натечно-карбонатные) и темноязыковатые, или криоязыковатые. Последнее название отражает генетическую связь языковатости профиля почв с криогенезом. Описанные в Туве, на Юго-Восточном Алтае, в Якутии, а также Г.М.Быстряковым на Чукотке, криоаридные почвы с бурыми, красноватыми, черными гумусовыми кутанами поверх карбонатных предлагается выделять в иллювиально-гумусовый подтип. Часто встречающиеся на Алтае, в Туве, а также описанные нами в Якутии криоаридные почвы с массовым скоплением отмершего корневого детрита в ВРL, или ВСА горизонтах предлагается

обособить во внутрипочвенно-грубогумусированный (или сухооторфованный) подтип.

Для наиболее аридных разновидностей криоаридных почв (Убсунурская и Чуйская котловины), карбонатных с поверхности, с пустынным загаром и/или корково-подкорковым, а чаще корковым (однослойная пузырчатая корка) слоем, целесообразно выделять ксерогумусовый подтип, в дополнение к имеющимся в списке засоленным и гипс-содержащим подтипам.

Для Забайкалья характерен подтип дисперсно-карбонатных криоаридных почв, где наряду с диагностическими натечными формами карбонатов обильны пропиточные формы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект №17-04-01526*

### Список литературы

1. Борисов Б.А., Ганжара Н.Ф., Байбеков Р.Ф. Географические закономерности распределения и обновления легкоразлагаемого органического вещества целинных и пахотных почв зонального ряда европейской части России // Почвоведение. 2008. №9. С.1071-1078.
2. Быстряков Г.М., Кулинская Е. В. Почвы степных криоаридных ландшафтов верховьев Колымы и Индигирки / География и генезис почв Магаданской области. Владивосток: Изд-во АН СССР, 1980. С. 143–160.
3. Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Изд-во «Наука», Сибирское отделение, 1978. 208 с.
4. Гуркова Е.А, Бронникова М.А, Герасимова М.И, Сухачева Е.Ю., Конопляникова Ю.В. Светлогумусовые аккумулятивно-карбонатные и палево-метаморфические почвы коллекции Центрального музея почвоведения: верификация типовой диагностики // Бюл. Почв. Ин-та им. В.В Докучаева. 2019. №98. С. 37-56.
5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 341 с.
6. Морозова Т.Д. Мерзлотные палево-почвы центральной Якутии // Микроморфологический метод в исследовании генезиса почв. М.: Наука. 1966. С. 93-114.
7. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
8. Van Vliet-Lanoë B., Catherine A. F. Frost action // Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Elsevier, 2018. P. 575-603.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ ЛАНДШАФТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

**А.С. Викторов**

*Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, Москва*

[vic\\_as@mail.ru](mailto:vic_as@mail.ru)

Перспективным для изучения структуры почвенного покрова является использование результатов математической морфологии ландшафта. Наиболее перспективными направлениями использования являются выявление количественных закономерностей строения структур почвенного покрова, исследование закономерностей изменения структур почвенного покрова в частности при большом времени развития, анализ наиболее сложных ситуаций развития структур почвенного покрова - динамического равновесия, оптимизация количественных показателей структуры почвенного покрова, ретроспективный анализ изменения структуры почвенного покрова.

*Ключевые слова:* структура почвенного покрова, морфологическая структура ландшафта, математическая модель ландшафтного рисунка, математическая морфология ландшафта.

Исследованию геометрии структур почвенного покрова и морфологической структуры ландшафта посвящены многие исследования (В.М.Фриланд, М.А.Глазовская, В.А.Николаев, Б.В.Виноградов, К. Риттерс и др.). Структура почвенного покрова в значительной степени в геометрическом отношении отвечает морфологической структуре ландшафта. Это делает перспективным использование при изучении структуры почвенного покрова результатов направления в науке о ландшафте, которое получило название математическая морфология ландшафта. Математической морфологией ландшафта было названо направление, исследующее количественные закономерности построения и развития мозаик, которые образованы на земной поверхности природно-территориальными комплексами (ландшафтные рисунки), и методы математического анализа этих мозаик.

Главным результатом развития этого направления является создание комплекса математических моделей, описывающих поведение морфологических структур. Представления о математических моделях морфологических структур явились «цементирующим ядром» решения всей совокупности вопросов, связанных с количественным анализом морфологических структур. В основу создания математических моделей морфологических структур был положен аппарат теории случайных процессов. В процессе исследований было выявлено удивительное свойство – существенная независимость (инвариантность) моделей по отношению к локальным условиям, фактически модель морфологической структуры отвечает генетическому типу территории. Характерной особенностью математической морфологии ландшафта явилась возможность математико-аналитического решения различных задач.

Можно выделить несколько наиболее перспективных направлений, в которых подходы математической морфологии ландшафта могли бы использоваться при исследовании структур почвенного покрова.

*Выявление количественных закономерностей структур почвенного покрова в частности* оценка динамических характеристик процессов изменения в значениях ландшафтных метрик одного временного среза. Иллюстрацией может быть использование моделей математической морфологии ландшафта для выявления количественных закономерностей структуры почвенного покрова территорий с развитием карстовых процессов (пуассоновское распределение контуров, логнормальное распределение площадей).

*Исследование закономерностей изменения структур почвенного покрова в частности при большом времени развития.* Иллюстрацией может быть использование моделей математической морфологии ландшафта для исследования изменения структуры почвенного покрова аллювиальных равнин. Формирование ландшафтного рисунка на участке молодой аллювиальной

равнины связано прежде всего с циклами развития излучин. Ландшафтная дифференциация на рассматриваемой территории образована сочетанием грив и межгривистых понижений с соответствующим почвенно-растительным покровом, и связана с их генерацией при развитии (изгибании) и спрямлении излучины. Спрявление излучины происходит неоднократно, и поэтому каждый более молодой пакет "стирает" соответствующую часть предыдущего или пакет целиком, или несколько следующих друг за другом во времени пакетов. Таким образом, в пределах аллювиальной равнины мы наблюдаем набор разновозрастных, разнесенных во времени фрагментов пакетов с развитием соответствующих природно-территориальных комплексов. Именно описанный сложный процесс обуславливает ландшафтную, в том числе и почвенную дифференциацию аллювиальной равнины.

В основу решения задачи анализа дифференциации может быть положена математическая модель морфологической структуры аллювиальных равнин. Из всех оснований модели ограничимся использованием только следующих предположений:

- спрямления излучин происходят независимо друг от друга и
- вероятность спрямления за интервал времени зависит только от величины рассматриваемого интервала времени.

Из этих предположений, как можно аналитически показать, с однозначностью следует, что полная длительность цикла развития излучины от спрямления до спрямления отвечает экспоненциальному распределению.

Анализ процесса формирования морфологической структуры рассматриваемого ландшафта показывает, что он отвечает специальному классу случайных процессов – процессов восстановления – и соответственно в данной ситуации может быть использована модель этого процесса. Использование указанной модели позволяет обосновать, что в ландшафте аллювиальных равнин должны сохраняться стабильными определенные количественные

соотношения в морфологической структуре территории, например распределение длины «стрелок» формирующихся пакетов, которые замыкаются существующим руслом, и распределение длины «стрелок» сохранившихся (после стирания) фрагментов пакетов. Стрелками пакета по аналогии со стрелкой дуги мы называем размер пакета в направлении, перпендикулярном хорде основания. Оба распределения в соответствии с моделью должны описываться одним и тем же выражением (экспоненциальное распределение) (формула 1):

$$F_e(x) = 1 - e^{-\frac{x}{\mu}}, \quad (1)$$

где  $\mu$  - средняя величина стрелки.

Для проверки полученных закономерностей была предпринята обработка материалов дистанционных съемок на ряде морфологически физико-географически однородных участков аллювиальных равнин рек мерзлотной зоны России и США (Аляска). Для изучения были выбраны космические снимки с разрешением 2 и 5 м. Для каждого участка долины были выделены все возможные стрелки фрагментов пакетов и определен их линейный размер. Результаты эмпирической проверки с использованием критерия Пирсона подтверждают полученные закономерности.

*Анализ наиболее сложных ситуаций развития структур почвенного покрова - динамического равновесия.* Иллюстрацией может быть использование моделей математической морфологии ландшафта для анализа динамики структуры почвенного покрова эрозионно-термокарстовых равнин. Ландшафт эрозионно-термокарстовых равнин находится под влиянием сложно взаимодействующих термокарстовых, термоабразионных и термоэрозионных процессов. Это проявляется в следующем:

- на территории возникают новые первичные термокарстовые понижения,



- термокарстовые понижения растут независимо друг от друга как озера за счет термоабразионных процессов,

- в случайный момент времени озеро может быть спущено эрозионными процессами и превращается в хасырей, при этом рост котловины останавливается из-за отсутствия водной массы,

- возникновение новых термокарстовых понижений зависит от заозеренности в рассматриваемый момент, так как оно не происходит в пределах существующих термокарстовых озер.

Решение задачи может быть найдено с помощью математической модели морфологической структуры эрозионно-термокарстовых равнин, полученной на основе подходов математической морфологии ландшафта. Выполнив анализ изменения данного ландшафта с развитием разнонаправленных процессов получаем, что в рассматриваемом случае при весьма общих условиях по прошествии большего времени устанавливается динамическое равновесие в процессах генерации термокарстовых озер и превращения их в хасыреи. При этом плотность распределения очагов термокарстовых процессов и их размеры, пораженность процессом, а также размеры хасыреев приближаются к некоторым конечным уровням и предельным распределениям. Так для площадей хасыреев характерно экспоненциальное распределение (формула 2):

$$F_{sh}(x, \infty) = 1 - e^{-\gamma x}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – средняя плотность расположения истоков эрозионных форм, распределение площадей термокарстовых озер будет отвечать распределению, которое может быть названо “интегрально-экспоненциальным” с плотностью распределения (формула 3):

$$f_{sl}(x, \infty) = -\frac{1}{xEi(-\gamma)} e^{-\gamma x}, \quad x \geq 1 \quad (3)$$

Полученные выводы подтверждаются эмпирическими измерениями на 17 ключевых участках, расположенных в разных физико-географических условиях.

*Оптимизация количественных показателей структуры почвенного покрова.* Иллюстрацией может быть использование моделей математической морфологии ландшафта для оптимизации количественных показателей структуры почвенного покрова ландшафтов с широким развитием просадочно-суффозионных процессов.

*Ретроспективный анализ изменения структуры почвенного покрова.* Иллюстрацией может быть использование моделей математической морфологии ландшафта для ретроспективного анализа ландшафта озерно-термокарстовых равнин.

*Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00723.*

УДК 631.4:528.92.94

## **ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН МЕТОДАМИ РЕТРОСПЕКТИВНОГО МОНИТОРИНГА**

**Е.В. Вильчевская, П.В. Королева, Н.В. Калинина, Д.И. Рухович**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[soilmap@yandex.ru](mailto:soilmap@yandex.ru)

Методами ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова установлено сокращение площади пашни в Пестречинском районе на 18-20%. Выход пашни из сельскохозяйственного оборота имеет в основном необратимый характер и не связан с почвенным покровом. В Сабинском районе площадь пашни сократилась на 5-6%. Основные причины сокращения пашни заключаются в искусственном облесении наименее плодородных земельных угодий.

*Ключевые слова:* мониторинг сельского хозяйства, ДДЗ

С 1985 года по настоящее время посевные площади Республики Татарстан по официальной статистике сократились с 3.5 млн га до 2.8 млн га. В настоящее время официальная посевная площадь составляет около 3 млн га. Информации куда и как распределялись 0.7 млн га за 35 лет в статистических отчетах не

существует. Еще сложнее обстоит вопрос с почвенным покровом республики, т.к. для сельского хозяйства важно какие именно сельскохозяйственные угодья утрачены и на каких почвах. Остро стоит вопрос о возможности и целесообразности возврата утраченных пахотных земель.

*Объект исследования* - почвенно-земельный покров Сабинского и Пестричинского административных районов республики Татарстан в период с 1984 по 2018 годы.

*Методы исследования.* Для инвентаризации земель предлагается использовать методологию ретроспективного мониторинга почвенного покрова (Bryzzhev et al., 2015). Для этого используются архивы спутниковой съемки с пространственным разрешением от 1 до 30 м за период с 1984 по 2019 гг. (Рухович и др., 2012), почвенные карты крупного масштаба (Рухович и др., 2015) и землеустроительные материалы (Шаповалов и др., 2019). В результате формируется архив карт использования пашни за ряд лет. На картах наносятся все угодья, которые являются или являлись пашней за исследуемые годы хотя бы один вегетационный период. Каждый фрагмент пашни на каждый временной интервал характеризуется в рамках единой легенды, где отмечен тип землепользования (пашня, залежь, дорога, строение, лес и т.д. и т.п.).

Верификация осуществляется выборочными маршрутными обследованиями с визуальной фиксацией текущего вида землепользования. При планировании маршрута по возможности выбираются поля где на момент обследования при дешифрировании фиксируется максимально разная номенклатура видов использования земель. Этим достигается возможно полная верификация дешифровочных признаков.

*Результаты и обсуждение.* Создана серия карт видов землепользования Пестричинского и Сабинского районов республики Татарстан на 1985, 1995, 2006, 2014 и 2018 г. Построена карта пахотных земель, изменявших вид

землепользования за 1984-2018 гг. (рисунок 1). Рассчитаны площади пашни, утраченной в эти годы (рисунок 2).

Антропогенная нагрузка на почвенный покров сельскохозяйственных земель измерена в режиме бинарной логики - фиксации смены землепользования (Королева и др., 2019) (рисунок 1 а, б). Для пахотных земель смена землепользования - это либо заброс, либо вывод земель из сельскохозяйственного оборота (под дороги, строения, карьеры и т.д.). Вывод земель из оборота как правило носит необратимый характер и сопровождается утратой почвенного покрова. В этом случае бинарной логики вполне достаточно, хотя существуют и исключения в виде сноса деревень и последующей распашки территории и т.п., когда подобные земли возвращаются в пашню. Но и в этом случае в пашню возвращаются земли с нарушенным почвенным покровом (фактически с другой почвой) и исследования на этих территориях должны вестись не в рамках интенсивности нагрузки, а в рамках процессов рекультивации. Необратимая утрата земель с конца 80-х годов прошлого века носит массовый характер, но составляет первые проценты от общей площади пашни.

В подавляющем числе случаев вывод пашни под строительство, карьеры, дороги и т.д. никак не связан с типом почв.

Установлено, что оба района с 1985 по 2018 г. утратили существенную часть сельскохозяйственных земель. Но характер утраты существенно различается. Так, в Сабинском районе ситуация стабилизировалась к 2000 году и утрата земель прекращена (экспоненциальная зависимость) (рисунок 2). Пестречинский же район продолжает утрачивать пашню практически по линейной зависимости.

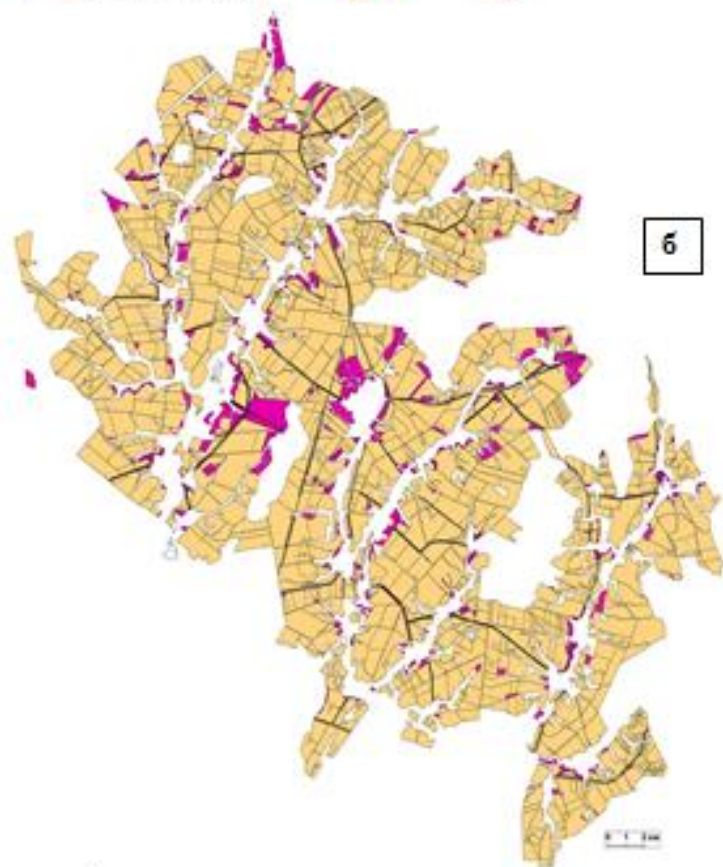
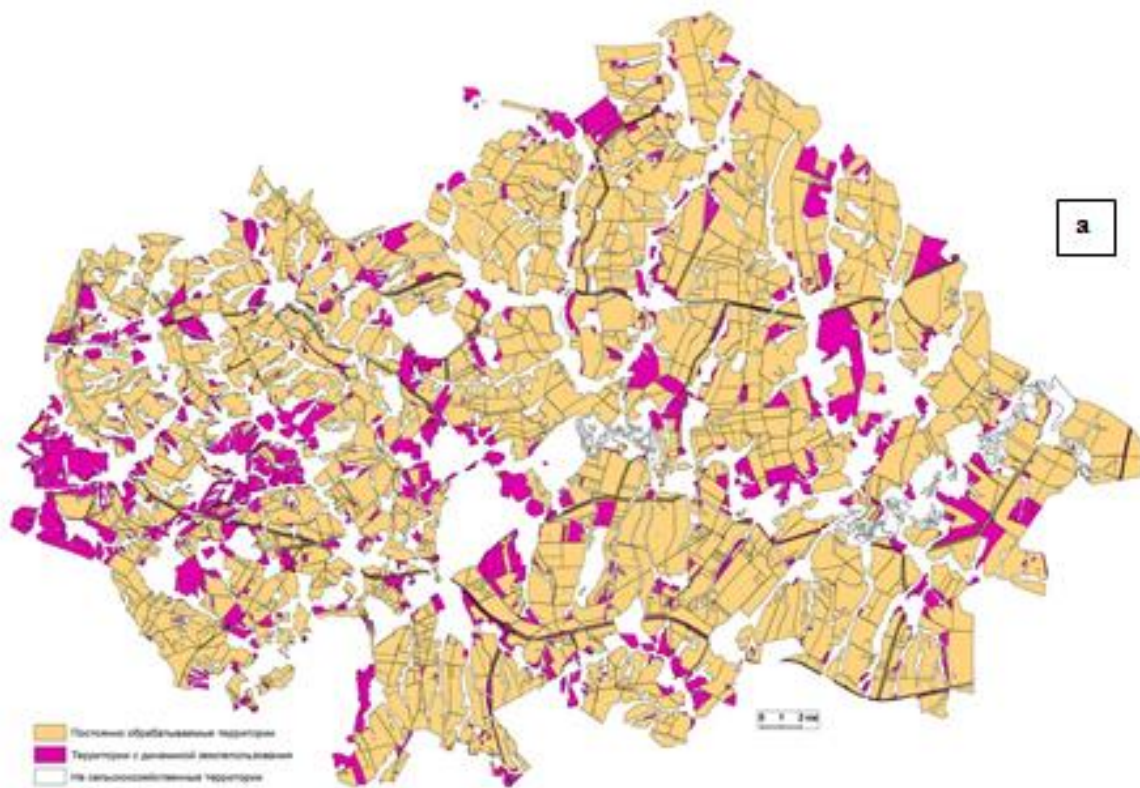


Рисунок 1 – Схема сельскохозяйственных угодий  
 а) Пестречинского района,  
 б) Сабинского района  
 республики Татарстан.

I

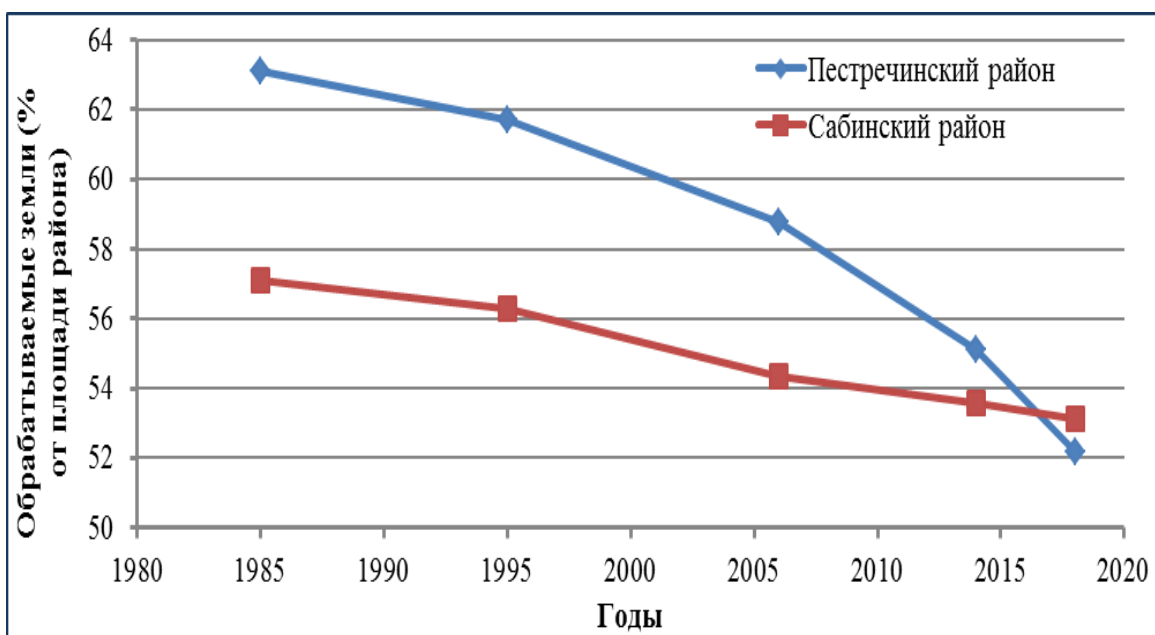


Рисунок 2 – Изменение количества пахотных угодий.

*Заключение.* Установлено, что динамичность почвенно-земельного покрова республики Татарстан значительно выше официальных данных. При выводе земель из сельскохозяйственного оборота плодородие почв имеет второстепенное значение, а при формировании залежи основное.

### Список литературы

1. Королева П.В., Рухович Д.И., Шаповалов Д.А., Сулейман Г.А., Долинина Е.А. ретроспективный мониторинг переувлажнения почвенного покрова пахотных земель Тамбовской области в 2018–1968 гг. // Почвоведение. 2019. № 7. С. 872-890.
2. Рухович Д.И., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В. Цифровая тематическая картография как смена доступных первоисточников и способов их использования // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования Российская академия сельскохозяйственных наук, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Всероссийское общество почвоведов им. В. В. Докучаева. Москва, 2012. С. 58-86.
3. Рухович Д.И., Рухович А.Д., Рухович Д.Д., Симакова М.С., Куляница А.Л., Королева П.В. Применение технологии спектральной окрестности линии почв для анализа интенсивности использования почвенного покрова в 1985–2014 гг. (на примере трех районов Тульской области) // Почвоведение. 2018. № 3. С. 357-371.
4. Рухович Д.И., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжнев А.В., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Долинина Е.А., Рухович С.В. Анализ применения почвенных карт в системе ретроспективного мониторинга состояния земель и почвенного покрова // Почвоведение. 2015. № 5. С. 605-625
5. Шаповалов Д.А., Королева П.В., Сулейман Г.А., Рухович Д.И. Почвенные контуры публичной кадастровой карты – элементы картографирования почвенно-земельного покрова // Почвоведение. 2019. № 5. С. 613-632.

6. Bryzzhev A.V., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Organization of retrospective monitoring of the soil cover of Rostov oblast // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48(10). P. 1029-1049.

УДК 638.47

## ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЮЖНО-ТАЕЖНОГО ТЕСТОВОГО ПОЛИГОНА (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) НА НОВОЙ ЦИФРОВОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИИ МАСШТАБА 1:2.5 МЛН

**М.И. Герасимова, Т.В. Ананко, Н.В. Савицкая**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[maria.i.gerasimova@gmail.com](mailto:maria.i.gerasimova@gmail.com)

Цифровая почвенная карта РФ создается путем обновления содержания контуров Почвенной карты РСФСР м-ба 1:2.5 млн (1988) в идеологии классификации почв России (2004/2008) и их геометрической трансформации с использованием спутниковых и геоинформационных технологий. Обновление содержания верифицируется на тестовых полигонах в разных природных зонах, одним из которых принята Московская область. Ее исходно однородный почвенный покров модифицирован разными антропогенными воздействиями, что дает возможность отрабатывать систему введения таких почв в легенду будущей карты. Перевод единиц легенды карты в новую классификацию основан на интерпретации свойств почв как диагностических горизонтов и признаков.

*Ключевые слова:* база данных, состав почвенных контуров, классификация почв России, дерново-подзолистые почвы, антропогенные модификации почв

Основой обновления почвенной карты Российской Федерации 1988 г., масштаба 1:2.5 млн. является корректировка ее содержания в формате классификации почв России (2004/2008), с одной стороны, и добавление новой информации, в том числе об антропогенных изменениях почв, с другой. Следующий этап предполагает работу с контурной частью карты на основе современных технологий, разрабатываемых в Почвенном институте (Савин и др., 2019). Корректировка содержания карты на тестовых полигонах в разных природных зонах проводилась путем по-контурного анализа состава почвенного покрова в базе данных (БД) к оцифрованной карте с учетом почв пашен и городов. Перевод в новую классификацию осуществлялся на основе

характеристик почв в Программе карты (1972), монографии (Почвенный покров..., 2001) и в региональных публикациях с позиций современных почвенно-генетических концепций.

Выбор *Московской области* в качестве тестового полигона, помимо его представительства как южно-таежного, объясняется особенностями его почвенного покрова: существенным однообразием природных почв (50% почвенного покрова составляют дерново-подзолистые почвы (Почвы..., 2001; Почвы Московской..., 2002)) и разнообразием антропогенных модификаций этих почв, занимающих не меньше половины территории. Кроме почв под пашнями и залежами в области много городов; сведения о площадях этих объектов введены в БД И.Ю.Савиным. На исходной карте такие почвы отсутствуют. В отношении *природных почв*, корректировка содержания 123 контуров БД карты была незначительной. Так, анализ морфологических описаний профилей дерново-подзолистых почв позволил в отдельных случаях добавить признаки, следовательно, подтипы грубогумусированных и почв со вторым гумусовым горизонтом. К типовым названиям подзолисто-глеевых и торфяно-подзолисто-глеевых почв добавлены характерные для них подтиповые признаки «потечно-гумусированные» и «конкреционные» (Программа..., 1972)

Наибольшие изменения в почвенном покрове полигона связаны с информацией об *антропогенно-измененных почвах*: пахотных, городских и мелиорированных. Если пашня, по данным дешифрирования, занимает больше 40% площади контура, то преобладающей становится агро-почва в БД. Замена природных почв на агро-почвы происходила и при долях пашни 30-20% и 10%; в этом случае переоценивался порядок сопутствующих почв. В состав большей части контуров в Московской области входит от 5 до 25% пашни (и залежей); доля пашни 0-3% отмечена всего в 26 полигонах из 123. В ареалах серых почв и черноземов на юге области, где пашня составляет 60-90% площади почти всех полигонов, преобладающими становятся агросерые и агрочерноземы, а их



природные аналоги перемещаются на 3 или 4 место. В дополнение к агропочвам выделялись соответствующие типы агроземов (глинисто-иллювиальные, текстурно-дифференцированные, альфегумусовые) в условиях расчлененного рельефа.

В отношении *дерново-подзолистых почв* под пашней ситуация оказалась непростой, и были приняты правила их перевода в агродерново-подзолистые. На исходной карте почвенный покров ареала дерново-подзолистых почв показан на уровне вида, т.е. картографические единицы названы, например, «дерново-мелко (неглубоко, глубоко)-подзолистыми», что теряет смысл, даже формальный для агропочв, поскольку границы между тремя видами (10, 20 и 30 см) перекрываются глубиной вспашки: нижняя граница агрогоризонта в почвах области находится на глубинах 22-25 см или 33-35 см. Исходя из этих соображений, на видовом уровне оставлены только агродерново-глубокоподзолистые почвы. Пространственные данные об угодьях включают также сведения о процентном содержании в контуре осушенных почв. Торфяные осушенные почвы переведены в торфоземы; более детальное их разделение до уровня типа, тем более вида, ограничено масштабом карты и отсутствием информации. Тем не менее, среди них возможно выделение пирогенного подтипа, предусмотренного в классификации, и являющегося результатом негативных последствий осушения [7]. Одновременно для осушенных минеральных почв, например, торфянисто- и торфяно-подзолистоглеевых, торфяно-подзолов глеевых добавлялись новые признаки: «окисленно-глеевые», торфяно-минеральные в прямом соответствии с классификацией почв России (2004, 2008).

Разнообразие видов землепользования в МО не исчерпывается вариантами агропочв, уже введенными в обновленную легенду. Так, в классификации 1977 г. выделялись окультуренные дерново-подзолистые и культурные подзолистые. Первые формируются на полях с высокой культурой земледелия и переводятся

в проградированные агродерново-подзолистые, вторые приурочены к деревенским огородам, дачным участкам и предполагают внесение на поверхность (нарушенной) дерново-подзолистой почвы землистого материала, навоза, торфокомпостных смесей, что определяет их диагностику в классификации почв России как стратоземов темногумусовых на погребенных почвах. Еще один вид землепользования в ареалах дерново-подзолистых почв, нередкий в области – многолетние сады со своеобразными почвами: перемешанными в верхнем полуметре, удобренными, существующими длительное время в близком к природному режиму и выделяемые как особые садовые почвы в западных классификациях (Hortic Anthrosols). Они получили название агроземов текстурно-дифференцированных турбированных (проградированных). Предлагается ввести все эти почвы в обновленную легенду.

Почвы городов в Московской области, по данным И.Ю.Савина, отмечены в 17 контурах; из них 8 занимают 1-3% площади контура, 6 – 3-5%, 2 – 10-20% и 1 – 50% - приходится на Москву.

Почвы городов представлены экраноземами, урбостратоземами и различными «урбо-почвами» (переходными к природным) в разных соотношениях по занимаемой площади (Строганова и др., 1997). По этим соотношениям предлагается типизация городов в зависимости от численности населения, географического положения, природных почв для мелкомасштабных карт.

В результате, в Московской области типы агро-почв и агроземов выделены в отделах текстурно-дифференцированных, аккумулятивно-гумусовых, аллювиальных, альфегумусовых и торфяных почв. Строение профиля альфегумусовых почв не позволяет выделять агро-почвы, и пахотные подзолы отнесены к агроземам альфегумусовым. Для типа дерново-подзолистых почв отдела текстурно-дифференцированных предложены подтипы, отражающие

разнообразии видов землепользования. Полученные результаты способствуют также совершенствованию классификации почв России (Герасимова и др, 2018).

### Список литературы

1. Герасимова М.И., Ананко Т.В. Конюшков Д.Е. Предложения к классификации почв России по итогам анализа Почвенной карты РСФСР масштаба 1:2.5 млн (1988) // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 1918. Вып. 95. С. 38–50.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
3. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
4. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2.5 млн. / Под ред. В.М. Фридланда М.: ГУГК, 1988.
5. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации. М.: Почв. ин-т. им. В.В. Докучаева. 399 с.
6. Почвы Московской области и их использование. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2002. Т. 1. 500 с.
7. Программа Почвенной карты СССР в масштабе 1:2 500 000 под ред. В.М. Фридланда. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1972. 158 с.
8. Савин И.Ю., Столбовой В.С., Иванов А.Л. и др. Технология составления и обновления почвенных карт. 2019 М.: Перо, 2019. 328 с.
9. Строганова М.Н., Мяжкова А.Д., Скворцова И.Н., Прокофьева Т.В. Почвы, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность» 1997, 320 с.

УДК 638.47

## РАЗВИТИЕ БАЗОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ В.М. ФРИДЛАНДА В «КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ»

**М.И. Герасимова, И.И. Лебедева, Н.Б. Хитров, С.Ф. Хохлов**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[maria.i.gerasimova@gmail.com](mailto:maria.i.gerasimova@gmail.com)

Профильный компонент базовой классификации почв мира, созданной В.М.Фридландом (1982), является основой классификации почв России (1997-2004-2008). Субстантивно-генетические принципы обеих классификаций реализуются в свойствах почв, выраженных в диагностических горизонтах и признаках; классификации имеют сходную иерархическую структуру, номенклатуру, ключи-определители. Изменения, вносимые в классификацию почв России, связаны с ее верификацией в процессе использования и накоплением информации при сохранении принципов.

*Ключевые слова:* принципы классификации, преемственность, таксономическая структура, диагностические горизонты, генетические признаки.

Первая версия классификации почв России 1997 г. открывается посвящением В.М. Фридланду. Она появилась через 15 лет после публикации его книги «Основные принципы и элементы базовой классификации почв и программа работы по ее созданию», известной как «Белая книга» и созданной им на основе многолетних усилий большого коллектива почвоведов СССР. Как говорил Владимир Маркович, классификация должна обновляться каждые 10-15 лет.

Базовая классификация В.М. Фридланда ориентирована на почвы мира, по принципам и структуре она существенно отличается от факторно-генетических официальных систем 1967 и 1977 гг., содержит много новых элементов, часть которых близка западным классификациям, часть полностью оригинальна. В отличие от своих предшественниц, классификация В.М. Фридланда открывается определением почвы, в соответствии с которым, к основному, обычному массиву почв добавлены «парапочвы» (теперь – техногенные и городские) и подводные. Еще более важным отличием является общая структура системы, включающая профильно-генетический, режимный и петрографо-минералогический компоненты. Первый представляет собой собственно почвенную классификацию и объект нашего рассмотрения.

Классификация почв в «Белой книге» В.М. Фридланда и классификация почв России (КПР) по *принципам и содержанию* являются субстантивно-генетическими, или профильно-генетическими, т.е. классифицирование почв осуществляется по их свойствам, выраженным в *диагностических горизонтах* и *генетических признаках*, под контролем концепций о почвообразующих процессах и при минимальном учете факторов почвообразования. Именно в таком подходе, в первую очередь, состоит преемственность концептуальной основы КПР, где много внимания уделено диагностическим горизонтам и генетическим признакам, выполняющим не только таксономические функции, но и отражающим разнообразие почв регионов России.

Как показал опыт использования КПП за прошедшие 15 лет, в том числе обсуждения на сайте [soils/narod.ru](http://soils/narod.ru), в on-line дискуссиях по отдельным темам и в печати, именно горизонты и признаки приняты и используются широким кругом специалистов. Более того, постоянно поступают предложения об уточнении и совершенствовании имеющихся определений обоих диагностических элементов и введении новых. По сравнению с «Белой книгой» выросло их число, даны уточнения в их содержание и значение в диагностике типов и подтипов почв (24 и 51 горизонт, 26 и 54 признака). Например, блок диагностических горизонтов КПП был дополнен темно-, серо- и светлогумусовым горизонтами, горизонт В (подповерхностный у Фридланда) представлен 10 горизонтами.

В отличие от официальных систем 1967 и 1977 гг., в классификации В.М.Фридланда есть 3 *надтиповых таксономических уровня*, их содержание и названия почти без изменений были приняты в КПП. Критерии выделения стволов (верхний уровень) – по соотношению почвообразования и накопления осадков – не изменились, к 3 стволам Фридланда был добавлен ствол первичного почвообразования для примитивных почв на плотных породах и (в перспективе) техногенных субстратах. Следующий таксономический уровень – отделы, как генетические общности почв с определенным типом строения профиля или общим для всех почв отдела диагностическим горизонтом был введен В.М.Фридландом и не имел прецедентов в отечественных классификациях. Отделам были даны субстантивные названия, например, щелочно-глинисто-дифференцированные, аккумулятивно-гумусовые, и они ассимилированы КПП тоже почти без изменений. Смысл этой категории заключается в основном в организации представлений об огромном мире почв; отделы составляют содержание мелкомасштабных почвенных карт, удобны для оценок разнообразия почв. По объему они близки Реферативным почвенным группам WRB. В «Белой книге» некоторые отделы делились на порядки по

химическим или физическим особенностям процессов, диагностирующих отдел; например, в отделе альфегумусовых почв выделялись подбуры и подзолы; в отделе текстурно-дифференцированных почв – подзолистые, дерново-подзолистые, серые и солоды. Составители КПР отказались от такого деления, чтобы не усложнять систему.

Следующий таксономический уровень – *тип почв* – основа отечественных классификаций был определен В.М.Фридландом с позиций диагностических горизонтов и формирующих их процессов. По сравнению с классификациями 1967 и 1977 гг., в определении типа факторы почвообразования учитываются лишь как условия протекания процессов и, что особенно важно для современных субстантивных систем, типы почв представлены как комбинации горизонтов, близкие к типовым формулам профиля в КПР. Принцип формулы профиля, диагностирующей тип почвы, в КПР используется более жестко, а в определении таксона вместо легкого упоминания В.М. Фридландом факторов почвообразования введен элемент «общности режимов» (2008). Следующие таксономические уровни – подтип и род в обеих классификациях очень близки, притом, что критериев выделения подтипов больше в КПР, а рода – в классификации Фридланда. Так, особенности почв, связанные с почвообразующими породами и с переувлажнением, в первом случае учитываются на уровне подтипа, во втором – рода, так что для КПР характерно большое количество подтипов, простых и сложных. Фациальные подтипы системы 1977 г. были исключены.

Новым элементом «Белой книги» был ключ-определитель стволов и отделов; в КПР предлагается 3 ключа: для диагностических горизонтов, стволов и отделов (2008). Напомним, что ключи служат основой диагностики почв в американской и международной (WRB) классификациях и не использовались в отечественных. Можно предположить, что в работе над «Белой книгой», Владимир Маркович обращался к опыту американской Таксономии почв не

только в связи с ключом, но и в отношении методологии создания субстантивной классификации, в частности, диагностических горизонтов и признаков. При создании последней версии КПП (2008) ее составители принимали участие в работах по международной классификации. При значительном сходстве принципов российских и западных классификаций они резко различаются таксономическими функциями диагностических горизонтов: образование формулы профиля, диагностирующей тип, в первом случае и идентификация таксонов по наличию (отсутствию) одного горизонта во втором.

За прошедшие 11 лет с момента публикации последней версии КПП накопилось немало пожеланий по ее дальнейшему развитию при всеобщем согласии с сохранением ее принципов. Самые радикальные изменения – введение новых диагностических горизонтов, например, «урбикового» для городских почв, расширение перечня почвообразующих пород; более частные предложения – введение недостающих генетических признаков, уточнение определений горизонтов и признаков, например, криогенного – криотурбированного горизонта.

Таким образом, классификация почв России по существу построена на принципах, не только сформулированных В.М.Фридландом, но и реализованных им в реальной классификации с новой структурой, частично новой терминологией и «новыми» почвами, в том числе измененными деятельностью людей. По сравнению с «Белой книгой» изменения, внесенные в обе версии КПП (2004 и 2008 гг.), носят скорее экстенсивный характер: вводятся почвы и диагностические элементы, совершенствуются определения; эти изменения являются результатом роста информации, а также следствием адаптации концепций классификации к конкретным проблемам и запросам научного сообщества.

### **Список литературы**

1. Классификация почв России. М.: Почв.ин-т им.В.В.Докучаева. 1997. 235 с.

2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск:Ойкумена, 2004. 341 с.
3. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
4. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
5. Указания по классификации и диагностике почв. М.: Колос, 1967. 5 выпусков.
6. Фридланд В.М. Основные принципы и элементы базовой классификации почв и программа работ по ее созданию. М.:Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1982, 149 с.
7. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports # 106. 2014. FAO, Rome, 181 p.

УДК: 631.4

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

М.К. Жулиев<sup>1</sup>, Л.А.Гафурова<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан*

*<sup>2</sup>Национальный Университет Узбекистана им.Мирзо Улугбека,  
НУУз, Ташкент, Узбекистан*

[mukhiddinjuliev@gmail.com](mailto:mukhiddinjuliev@gmail.com)

Эрозия почв является актуальной проблемой для стран Центральной Азии и для Узбекистана, в частности. Данный обзор посвящен применению методов дистанционного зондирования и ГИС технологий для решения вопросов касательно эрозии почв. Рассмотрены также часто используемые модели для оценки эрозии почв.

*Ключевые слова:* Эрозия почв, дистанционное зондирование, спутниковые снимки, ГИС, модели

**Введение.** Сохранение и устойчивое управление природными ресурсами стали чрезвычайно важными направлениями в науке за последние десятилетия. Ускоренная эрозия почв является серьезной экологической проблемой во многих сельскохозяйственных регионах мира (Chaplot и др., 2012). Соответственно, изучение проблем эрозии почв и оценка сопутствующих факторов являются предпосылками для надлежащего управления почвами и водными ресурсами (El Jazouli и др., 2017). Устойчивое управление почвами стало необходимой частью для удовлетворения потребностей человека с учетом



роста численности населения в мире и связанного с этим давления на почву, например, деградация плодородных земель, снижение уровня плодородия почв (Vogel и др., 2018). Почва является верхним слоем земной поверхности и критически важна для человека, от этого зависит жизнедеятельность человека на земле (Durán Zuazo и Rodríguez Pleguezuelo, 2008). Согласно определению (Zhu, 2012), эрозия почвы - отделение почвы от коренной породы и транспортировка в другое место переносчиком. Как нам известно, эрозия почвы происходит, когда ветер, капли дождя или мощность стока на земной поверхности больше, чем удерживающая сила частиц почв (Arabameri и др., 2018). За последние 40 лет около трети возделываемых в мире земель серьезно пострадали от эрозии, и этот процесс продолжает расти примерно на 10 млн. гектаров ежегодно (Sun и др., 2014). На количество эрозии почвы в основном влияют растительный покров, топографические особенности, климатические переменные и характеристики почвы. Деятельность человека и события регионального масштаба, изменяющие растительный покров, влияют на скорость эрозии почвы (Yüksel и др., 2008).

Основными целями данной статьи являются:

- рассмотрение преимуществ современных технологий, используемых для расчета эрозии почв.
- проведение обзора моделей по эрозии почв

**Взаимосвязь эрозии почв с современными технологиями.** За последнее десятилетие было проведено множество научных работ с использованием технологий дистанционного зондирования и географических информационных систем (ГИС) для характеристики эрозии почв на больших территориях (Khadse и др., 2015). Эти работы доказали, что эти методы дают очень хорошую информацию об эрозионных участках, таких как типы почв, литологические слои и растительный покров. Интегрированные с ГИС и дистанционным

зондированием модели для оценки эрозии почв представлены в трудах многих исследователей (Merritt и др., 2003).

Картирование эрозии почвы с использованием интеграции дистанционного зондирования и ГИС может выявить площади, которые могут подвергнуться серьезной эрозии почвы, и предоставить информацию о потерях почвы в различных местах. Несмотря на различия в масштабах эрозии почвы из одного физиографического региона в другой, темпы эрозии почвы и деградации земель растут почти во всех регионах (Manyatsi и Ntshangase, 2008).

Технологии ГИС являются ценным инструментом для разработки экологических моделей путем сбора и хранения данных, управления, анализа и отображения данных. Технология дистанционного зондирования используется для предоставления информации о землепользовании с использованием цифровых методов обработки изображений (Yüksel и др., 2008).

В статье (Khadse и др., 2015) приводится информация, что объем работ методом обычного сбора данных для одного бассейна в 11 раз больше объема работ, получаемых при помощи спутника Landsat. Многие исследователи использовали информацию о землепользовании, полученного на основе спутниковых снимков, и интегрировали ее в ГИС для проведения исследований стока, инфильтрации, испарения и эрозии.

Снимки, полученные из спутника Landsat, широко используются в исследованиях по картированию и мониторингу природных ресурсов во всем мире. Также для региона Центральной Азии востребованным является снимки спутника ASTER. С помощью ASTER DEM можно получить цифровую модель рельефа, которая очень полезна для горных областей. Пространственные разрешения спутников Landsat и ASTER одинаковы и равняется 30 м. Эти спутниковые данные очень полезны для областей, где существует дефицит данных. Здесь стоит упомянуть, что многие модели по эрозии почв требуют готовую базу существующих точек, где уже наблюдается эрозийный процесс. В

этом случае многие исследователи пользуются методами дистанционного зондирования. Картирование точек эрозии выполняется с помощью Google Earth и снимков высокого разрешения таких как, GeoEye, WorldView и SPOT.

В целом, на сегодняшний день практически все исследования по эрозии почв выполняются с помощью технологий дистанционного зондирования и ГИС.

**Обзор моделей по эрозии почв.** Долгие исследования геоморфологов, гидрологов, почвоведов и экологов по процессам эрозии почв привели к разработке ряда моделей эрозии почвы для различных целей. Классификация существующих моделей эрозии почвы по типам является сложной задачей, но может основываться на сочетаниях характеристик, таких как масштаб, процесс, длительность, гидрологические процессы и результат модели (Bronstert и др., 2014).

Универсальное уравнение потерь в почве (USLE) считается наилучшей моделью и используется во всем мире для оценки поверхностной эрозии (Chatterjee и др., 2014; Kourgialas и др., 2016).

Наиболее распространенными эмпирическими моделями прогнозирования эрозии, интегрированными с методами дистанционного зондирования и ГИС, являются пересмотренное универсальное уравнение потерь в почве (RUSLE), проект прогнозирования водной эрозии (WEPP) и координация информации об окружающей среде (CORINE), которая может использоваться для картирования риска эрозии. RUSLE был разработан для оценки ежегодных потерь почвы на единицу площади на основе факторов эрозии, включая эрозию почвы, топографию, осадки и растительный покров. В модели WEPP показатели урожайности и эрозии отложений были оценены для нескольких периодов времени на основе конкретных факторов эрозии (Yuksel и др., 2008). Для определения рисков эрозии и качеств земель в странах Европейского союза (ЕС) была разработана модель CORINE, основанная на универсальном уравнении

потерь в почве (USLE), которая является хорошо известной методологией в исследованиях прогнозирования эрозии почв. В модели CORINE фактический риск эрозии почвы определяется путем объединения двух параметров, включая данные о потенциальном риске эрозии почвы и данные о растительном покрове (Тауеби и др., 2017).

На сегодняшний день разработаны много разных статистических моделей, которые в основном используются для картирования подверженности почв к эрозии, и они требуют больше входных данных для запуска модели.

**Заключение.** Из опубликованных материалов можно увидеть, что публикаций по теме моделирование эрозионных процессов очень мало по территории Центральной Азии. Данная статья рассматривает положительные аспекты внедрения методов дистанционного зондирования и ГИС технологий для картирования эрозии почв, также коротко описывает наиболее часто используемые модели по эрозии почв.

Освоение данных методов и моделей даст возможность молодым специалистам Центральной Азии работать над совместными международными проектами и публиковать свои результаты в престижных научных изданиях.

#### Список литературы

1. Arabameri, A., Rezaei, K., Pourghasemi, H.R., Lee, S., Yamani, M., 2018. GIS-based gully erosion susceptibility mapping: a comparison among three data-driven models and AHP knowledge-based technique. *Environ. Earth Sci.* 77. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7808-5>
2. Bronstert, A., de Araújo, J.-C., Batalla, R.J., Costa, A.C., Delgado, J.M., Francke, T., Foerster, S., Guentner, A., López-Tarazón, J.A., Mamede, G.L., Medeiros, P.H., Mueller, E., Vericat, D., 2014. Process-based modelling of erosion, sediment transport and reservoir siltation in mesoscale semi-arid catchments. *J. Soils Sediments* 14, 2001–2018. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0994-1>
3. Chaplot, V., Mchunu, C.N., Manson, A., Lorentz, S., Jewitt, G., 2012. Water erosion-induced CO2 emissions from tilled and no-tilled soils and sediments. *Agric. Ecosyst. Environ.* 159, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.008>
4. Chatterjee, S., Krishna, A.P., Sharma, A.P., 2014. Geospatial assessment of soil erosion vulnerability at watershed level in some sections of the Upper Subarnarekha river basin, Jharkhand, India. *Environ. Earth Sci.* 71, 357–374. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2439-3>
5. Durán Zuazo, V.H., Rodríguez Pleguezuelo, C.R., 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 65–86. <https://doi.org/10.1051/agro:2007062>

6. *El Jazouli, A., Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Ettaqy, A., Khellouk, R.*, 2017. Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). *Geosci. Lett.* 4. <https://doi.org/10.1186/s40562-017-0091-6>
7. *Khadse, G.K., Vijay, R., Labhasetwar, P.K.*, 2015. Prioritization of catchments based on soil erosion using remote sensing and GIS. *Environ. Monit. Assess.* 187. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4545-z>
8. *Kourgialas, N.N., Koubouris, G.C., Karatzas, G.P., Metzidakis, I.*, 2016. Assessing water erosion in Mediterranean tree crops using GIS techniques and field measurements: the effect of climate change. *Nat. Hazards* 83, 65–81. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2354-5>
9. *Manyatsi, A.M., Ntshangase, N.*, 2008. Mapping of soil erosion using remotely sensed data in Zombodze South, Swaziland. *Phys. Chem. Earth Parts ABC* 33, 800–806. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.06.021>
10. *Merritt, W.S., Letcher, R.A., Jakeman, A.J.*, 2003. A review of erosion and sediment transport models. *Environ. Model. Softw.* 18, 761–799. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00078-1)
11. *Sun, W., Shao, Q., Liu, J., Zhai, J.*, 2014. Assessing the effects of land use and topography on soil erosion on the Loess Plateau in China. *CATENA* 121, 151–163. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.05.009>
12. *Tayebi, M., Tayebi, M.H., Sameni, A.*, 2017. Soil erosion risk assessment using GIS and CORINE model: a case study from western Shiraz, Iran. *Arch. Agron. Soil Sci.* 63, 1163–1175. <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1265106>
13. *Vogel, H.-J., Bartke, S., Daedlow, K., Helming, K., Kögel-Knabner, I., Lang, B., Rabot, E., Russell, D., Stöböl, B., Weller, U., Wiesmeier, M., Wollschläger, U.*, 2018. A systemic approach for modeling soil functions. *SOIL* 4, 83–92. <https://doi.org/10.5194/soil-4-83-2018>
14. *Yüksel, A., Akay, A., Gundogan, R.*, 2008. Using ASTER Imagery in Land Use/cover Classification of Eastern Mediterranean Landscapes According to CORINE Land Cover Project. *Sensors* 8, 1237–1251. <https://doi.org/10.3390/s8021287>
15. *Yüksel, A., Gundogan, R., Akay, A.*, 2008. Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors* 8, 4851–4865. <https://doi.org/10.3390/s8084851>
16. *Zhu, M.*, 2012. Soil erosion risk assessment with CORINE model: case study in the Danjiangkou Reservoir region, China. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 26, 813–822. <https://doi.org/10.1007/s00477-011-0511-7>

УДК 631.43

## АГРЕГАТНАЯ СТРУКТУРА ПОЧВ ЗАПАДИННЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАЗЛОМНЫХ ЗОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

**Т.А. Зубкова, Н.И. Суханова, А.В. Кирюшин**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[Dusy.taz@mail.ru](mailto:Dusy.taz@mail.ru)

На территории Европейской России встречаются низинные комплексы с повышенным выделением эндогенного водорода, что отражается на свойствах почв и растительности. В работе исследовали прочностные свойства агрегатов черноземов обыкновенных в условиях повышенных потоков H<sub>2</sub> (Воронежская

область) и фоновых (Ростовская область). Показано, в условиях водородных флюидов в почвах происходят изменения на агрегатном структурном уровне в направлении снижения механической прочности агрегатов в 2-3 раза по сравнению с контрольным участком. Прочность агрегатов падала с увеличением содержания гумуса. При отсутствии  $H_2$  наблюдалась обратная зависимость.

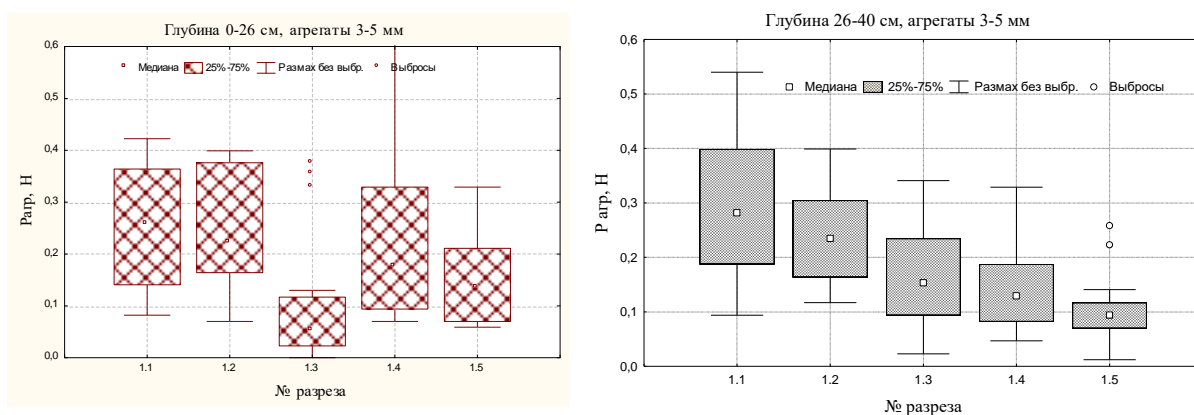
*Ключевые слова:* эндогенный водород, прочность агрегатов, черноземы

В некоторых центральных регионах Европейской России обнаружено аномально высокое содержание водорода в подпочвенном слое. Его концентрация может достигать 2,0-2,5% и выше, что на несколько порядков выше возможной концентрации водорода в почве (Ларин, 2005; Минько и др., 1992; Сывороткин, 2000; Суханова и др., 2013, 2015, 2018). В таких зонах обнаруживаются изменения не только климатических и геофизических характеристик приземного слоя атмосферы, но и в структуре растений и растительных сообществ. В почвах также происходят изменения химических и физических свойств, которые приводят к пестроте почвенного покрова (ссылки на статьи конференции и на Китайский журнал), однако этот вопрос малоизучен. Работа посвящена исследованию прочностных свойств почвенных агрегатов на территориях с повышенным выделением эндогенного водорода.

**Объекты и методы исследования:** черноземы обыкновенные Воронежской области с повышенным выделением  $H_2$  и Ростовской области, где не обнаружены аналогичные потоки. В местах газовых флюидов образуются низинные комплексы, поэтому закладывались разрезу по элементам депрессий: центр западины, склон, периферия. Поток молекулярного водорода измеряли переносным газоанализатором водорода ВГ-3В (Россия). Механическую прочность агрегатов размером 3-5 мм определяли методом прямого механического раздавливания на приборе (модифицированная модель МП-2С, Россия) в 35-кратной повторности и выражали в единицах силы, кГ (Зубкова и др., 2001) с последующим пересчетом в ньютоны по формуле  $N=kГ/9,8$ . Преимущество этого метода исследования агрегатов в том, что определение проводится с естественными воздушно-сухими агрегатами, без

предварительного нарушения его целостности и с высокой повторностью. Эта характеристика отражает в себе как физические свойства почвы (гранулометрический состав, площадь удельной поверхности, порозность), так и химические свойства поверхности (Зубкова и др., 2001). Содержание Сорг определяли по Тюрину. Статистическую обработку результатов проводили в программе “Statistica-6.0”.

**Результаты.** На рисунке 1 представлены статистики распределения механической прочности агрегатов из черноземов обыкновенных Ростовской области по разрезам: 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5. - от центра западины к периферии для верхнего и подпахотного горизонта.



*Рисунок 1 – Диаграммы размаха механической прочности агрегатов в черноземах обыкновенных тяжелосуглинистых Ростовской области.*

Наблюдается уменьшение прочности агрегатов по мере удаления от центра мочара (западины). В центральной части мочара, где почвы испытывают периодическое переувлажнение, агрегаты – высокопрочные: в среднем  $Pa_{aгр} = 0,28$  Н. По мере удаления от центра их прочность снижается в среднем в 3 раза, достигая минимума в разрезе 1.5 (за пределами западины): в среднем 0,1-0,15 Н. Причем на глубинах 26-40 см эта зависимость проявляется заметнее. Разброс данных выше в верхних горизонтах по сравнению с подпахотными. Таким образом, механическая прочность агрегатов максимальная в центре

западины, в условиях отсутствия водородных флюидов. Для почв Воронежской области, где наблюдаются потоки эндогенного водорода, установлена обратная связь в депрессионных элементах рельефа. На большой западине (участок 1) в ряду от центра к периферии механическая прочность агрегатов растет (рисунок 2). Причем, такая закономерность установлена и для почвенных агрегатов на малой западине участка 2 (Зубкова и др. 2018). Таким образом, в условиях потоков эндогенного водорода в почве происходят изменения на агрегатном

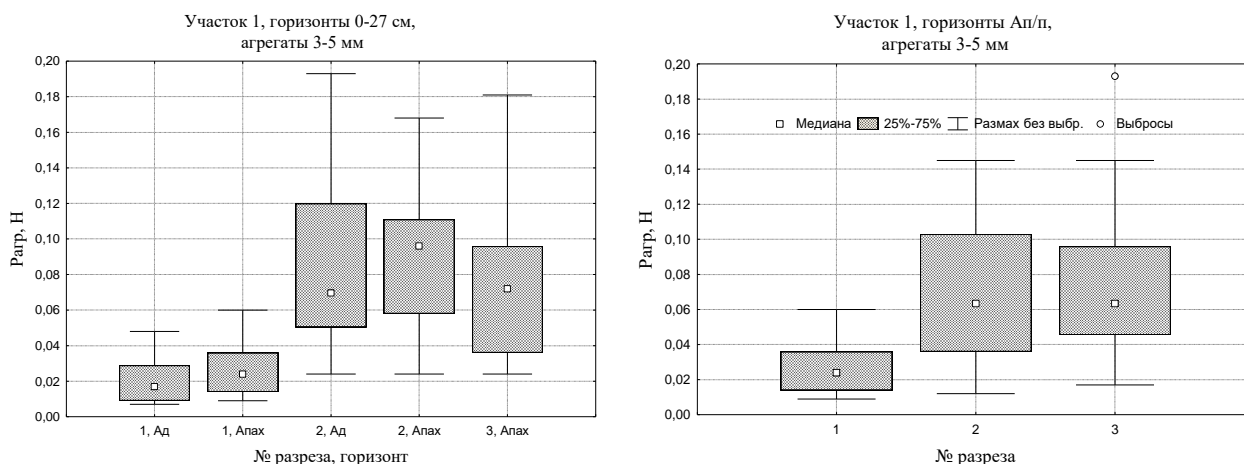


Рисунок 2 – Диаграммы разброса механической прочности агрегатов черноземов обыкновенных среднесуглинистых Воронежской области, участок 1.

структурном уровне в направлении снижения механической прочности агрегатов. Прочность агрегатов возрастала пропорционально содержанию гумуса с определенной долей разброса данных ( $R^2=47-48$ ) в условиях отсутствия водородных флюидов. При участии эндогенного водорода картина менялась на противоположную: в ряду от центра западины к периферии прочность агрегатов возрастала на фоне снижения  $C_{орг}$  (Зубкова и др., 2018). Удивляет высокая корреляция и низкий разброс данных ( $R^2=0,80-0,98$ ), что не характерно для открытых природных экосистем, к которым относится почва. Это можно объяснить воздействием более мощного фактора, нивелирующего действие других. Вполне вероятно, этим мощным фактором могут быть потоки эндогенного водорода.



**Заключение.** В условиях потока водородных флюидов в черноземах обыкновенных происходят изменения на агрегатном структурном уровне в направлении снижения механической прочности агрегатов в 2-3 раза по сравнению с контролем. При отсутствии потоков  $H_2$  наблюдалась противоположная зависимость в направлении от центра западины к периферии. Установлена обратная связь механической прочности агрегатов с содержанием Сорг при повышенной концентрации  $H_2$ , причем связь очень тесная.

### Список литературы

1. *Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О.* Матричная организация почв. М.: РУСАКИ, 2001. 296 с
2. *Зубкова Т.А., Суханова Н.И.* Особенности почвенных агрегатов в условиях выделения эндогенного водорода // *Пространство и время.* 2018. № 1-2 (31-32). С. 181-192.
3. [Ларин В.Н. Наша Земля \(происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли\). М.: «Агар» 2005. 248 с.](#)
4. *Минько О.И., Фармаковский Л.А.* Интенсивность образования водорода и метана в почве в зависимости от ее влажности // *Почвоведение.* 1992. № 5. С. 139–144.
5. *Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Полянская Л.М., Ларин Н.В., Ларин В.Н.* Изменение гумусного состояния и структуры микробной биомассы в местах водородной эксгаляции // *Почвоведение.* 2013. № 2. с. 152–162.
6. *Суханова Н.И., Кирюшин А.В.* Влияние потока глубинного водорода на химические свойства и гумусное состояние почв // *Система «Планета Земля» 200 лет священному союзу 1815-2015.* М.: ЛЕНАНД, 2015. С. 201-246.
7. [Суханова Н.И., Ларин Н.В., Кирюшин А.В. Влияние потока эндогенного водорода на химические свойства почв // Геополитика и экогеодинамика регионов. Периодическое издание Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2014. том 10. № 1. с. 214-220.](#)
8. *Сывороткин В.Л.* Озоновые аномалии над Воронежем – индикаторы глубинной дегазации // *Материалы к литологическому совещанию «Литология и полезные ископаемые Центральной России», 3-8 июля 2000 г.* Воронеж: Воронежский государственный университет, 2000. с. 81-82.
9. *Sukhanova N.I., Zubkova T.A.* State of organic matter and particularities of physicochemical properties of soils in the endogenous hydrogen seepage zones // [Open Journal of Soil Science,](#) 2018. № 8, с. 186-196
10. *Зубкова Т.А., Суханова Н.И.* Агрегатная структура почв как индикатор формирования западин в разломных зонах Европейской России // *Ландшафтная география в XXI веке. Материалы Междунар. Научной конференции «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова».* Симферополь. 11-14 сентября 2018. С. 400-404.
11. *Суханова Н.И., Зубкова Т.А.* Глубинный водородный флюид как фактор ландшафтообразования // *Ландшафтная география в XXI веке. Материалы Междунар. Научной конференции «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова».* Симферополь. 11-14 сентября 2018. С. 221-225

УДК 631.4

## НАУЧНЫЕ ИДЕИ ПОЧВОВЕДА-ГЕОГРАФА В.М. ФРИДЛАНДА, ИХ ИСТОКИ И РАЗВИТИЕ (к 100-летию со дня рождения)

И.В. Иванов<sup>1</sup>, И.В. Замотаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино Московская область*

<sup>2</sup>*Институт географии РАН, г. Москва*

[ivanov-v-28@mail.ru](mailto:ivanov-v-28@mail.ru)

В.М. Фридланд (24.12.1919-03.10.1983) – выдающийся почвовед-географ и картограф, доктор географических наук, профессор, лауреат премии имени В.В.Докучаева АН СССР. Разработал учение о структуре почвенного покрова. Главный редактор и автор Почвенных карт: РСФСР, масштаб 1:2 500000 (1988); Учебной Мира, масштаб 1:15 000000 (1984). Один из первых российских исследователей почв влажных и аридных тропиков и субтропиков, автор классификаций почв СССР, ряда книг о почвах.

*Ключевые слова:* В.М. Фридланд, структура почвенного покрова, Почвенная карта России, классификация почв

**Основные вехи жизни.** Выдающийся советский ученый почвовед-географ Владимир Маркович Фридланд (24.12.1919-03.10.1983) родился в г. Новомосковск (ныне Украина). В 1937 г. поступил в МГУ им. М.В. Ломоносова на почвенно-географический факультет, окончил в 1941 г. геолого-почвенный факультет по специальности «почвоведение». В 1941-1944 гг. - он слушатель Высшего военного гидрометеорологического института в Москве, с декабря 1944 по декабрь 1945 г. - инженер - синоптик Черноморского флота в г. Севастополь.

Основная деятельность В.М. Фридланда прошла в Почвенном институте им. В.В.Докучаева: 1945-1948 гг. – аспирант (рук. - И.П. Герасимов), 1948-1962 гг. – мл. и ст. научный сотрудник отдела генезиса, географии и классификации почв, 1962-1964 гг. - и.о. зав. отделом крупномасштабной почвенной картографии, в 1970-1983 гг. - зав. отделом генезиса, географии и

классификации почв. В 1965-1970 гг. - с.н.с. Института географии АН СССР. В 1949 г. он защитил кандидатскую, в 1964 г. - докторскую диссертации. С 1964 г.- с.н.с., 1974 г. – профессор, 1983 г. - лауреат премии имени В.В. Докучаева АН СССР. Награждён орденом Трудового Красного Знамени и орденом Труда ДРВ.

В.М. Фридланд активно участвовал в общественной научной жизни, представлял советских почвоведов на международных совещаниях и конгрессах. Под его руководством защищено 19 кандидатских диссертаций, пять его соратников стали докторами наук (В.П. Белобров, В.С. Столбовой, Э.Н. Молчанов, И.И. Лебедева, Е.М. Наумов).

Рассмотрим важнейшие научные достижения В.М.Фридланда.

***Структура почвенного покрова (СПП).*** Разработано учение об СПП на основании глубокого обобщения идей о неоднородности почвенного покрова, высказанных В.В.Докучаевым, Н.М.Сибирцевым, С.А.Захаровым, Н.А.Димо, С.С.Неустроевым, Н.Д. Понагайбо, Г.А.Маландиным, Е.Н.Ивановой, исследователями разных стран. Учтены представления Г.Н. Высоцкого об ороклиматических закономерностях размещения почв, Милна - о «катенах», Польнова и Глазовской о геохимических сопряжениях по рельефу. Введены понятия об элементарном почвенном ареале и его характеристики, о почвенных комбинациях, о группах почвенных комбинаций (мозаики, ташеты, комплексы, сочетания, вариации, пятнистости и другие). (Фридланд, 2019-смотреть далее: 1965, 1972, 1984). Проблема СПП увлекла Фридланда при первых полевых исследованиях в южной тайге (Приокско-Террасный заповедник), почвенного покрова Прикаспийской низменности.

В.М.Фридланд организовал пять конференций, посвященных различным аспектам изучения СПП с изданием тезисов и трудов (1969, 1971, 1976, 1978, 1980, 1983). Число публикаций по проблеме СПП увеличилось за 30 лет (1965 -

1991 г.) в 10 раз: от одной сотни до 1000 (Структура..., 1980; Козловский, Горячкин, 1993). За рубежом аналогичные исследования также усилились. В.М.Фридланд лично посвятил проблеме СПП более 50 работ. Ядро учения было разработано им достаточно детально.

В процессе развития учения о СПП были высказаны новые идеи и оценки: о преобладании в классификации СПП статичных геометрических форм, об отсутствии среди факторов формирования СПП времени и климата, о необходимости концептуальных динамических и экспериментальных моделей СПП (Апарин, 2007). С.В. Горячкин (2007) подчеркнул, что в настоящее время учение о СПП находится принципиально в иной научно-технической среде по сравнению со временем своего основания. Предложена идея функционально-эволюционного подхода (Козловский, Горячкин, 1993). Отмечалась теснейшая связь СПП с учением о ландшафтах (Кирюшин, 2013), целесообразность применения бассейнового подхода и элементов метода «пластики рельефа» (Корсунов, 2002; Савин, 2019), отражающих общий тренд развития территории. Ключом к объяснению формирования ландшафтов и структуры почвенного покрова может служить идея типов геохимических сопряжений (Глазовская). В США структура почвенного покрова аналогична почвенным ландшафтам (Красильников, Таргульян, 2019). Сборник американских ученых под редакцией Хоула и Кэмпбелла (1985) был посвящен памяти В.М. Фридланда. Учение о СПП продолжает развиваться под разными названиями, сохраняет свой потенциал.

*Почвенная карта РСФСР, 1988, масштаб 1:2,5 млн. Её составление* второе по значимости достижение В.М.Фридланда. Работа над Почвенной картой СССР м-ба 1:2,5 млн. началась с обсуждения проекта её программы, в 1971 г. К 1980 г. авторский макет карты на всю территорию СССР был завершён. Однако, начавшаяся «перестройка» и распад единого государства привели к прекращению работы над картой. Она была издана в 1989 году на

территорию России (16 листов, тир. 4000 экз), пояснит. записка к карте - «Почвенный покров и земельные ресурсы РФ» - в 2001 году.

Такого детального изображения почвенного покрова не имеют другие крупные страны мира. На карте использовано около 205 названий почв и показано размещение почти 25 000 контуров почв) (Единый..., 2014).

Приведен список из 88 авторов многих учреждений систем ВАСХНИЛ, АН СССР, Госагропрома, участвовавших в составлении карты. Титульное учреждение – Почвенный институт имени В.В. Докучаева.

Карта служит основой для главных почвенных документов: Национального атласа почв России (2011 г.), Единого государственного кадастра почвенных ресурсов России (Единый..., 2014 г.) и других. Карта переведена в формат ГИС, доступна международным организациям. В.М. Фридландом составлены и другие почвенные карты (Фридланд, 2019-Учебная...,1979; Учебная...,1980). К сожалению, он не успел выполнить новое фундаментальное обобщение о почвах страны.

**Классификация почв.** В научной деятельности В.М. Фридланда важное место занимала разработка классификации почв. Ему принадлежала ведущая роль в подготовке «Классификации и диагностики почв СССР» 1977 г, важная особенность которой - выделение фациальных подтипов почв (Фридланд, 2019-1975). «Классификация...,1977» официально утверждена и служит руководящим документом при выполнении крупномасштабных почвенных съёмов, бонитировки и оценки земель. При подготовке Почвенной карты м-ба 1:2500000 список почв был расширен за счет горных и лесных почв. В конце своей жизни В.М. Фридланд приступил к разработке универсальной базовой классификации почв, включавшей профильную генетическую, литологическую и режимную компоненты (Фридланд, 2019 -1980, 1982, 1986). Будущее покажет, будет ли реализован этот замысел (Герасимова, 2019).

В.М. Фридланд опубликовал значительное число интересных статей по вопросам географии почв: о роли соляных куполов в почвообразовании, о зональной зрелости почвообразующих пород и другие (Фридланд, 2019- 1953, 1970). Он посвятил статьи научному творчеству С.С. Неуструева, Л.И. Прасолова, И.П. Герасимова, В. Кубиены, С.А. Захарова. (Фридланд, 1975, 1976, 1978. 1979 1956, 1965), опубликовал свыше 20 рецензий и заметок о научных конференциях.

*Изучение кор выветривания (КВ) и почв* влажных и сухих тропиков, субтропиков (Сев. Вьетнам, Пакистан, Индонезия, Закавказье), наряду с СПП, было излюбленной темой В.М. Фридланда (Фридланд, 2019 - 1961, 1962, 1964, 1968). Им были рассмотрены вопросы формирования развитых профилей КВ под влажными тропическими лесами при длительном ( $10^{4-5}$  лет) выветривании и образования сингенетичных и синхронных им кислых фульватных, текстурно-дифференцированных, фито- и зоотурбированных почв. Показаны существенные различия между КВ и почвами на кислых и основных породах, широкое развитие восстановительных процессов, образование на кислых породах горизонтов железистых конкреций и латеритов. Выявлены особенности формирования железистого латерита в гидроморфных условиях и его отличия от ферраллитизации – накопления продуктов, обогащенных алюминием, железом и сильно обеднённых кремнием.

В.М. Фридландом (Фридланд, 2019 - Почвы на древних..., 1979) были изучены особенности современных почв на древних тропических корях выветривания в сравнении с почвами на лессовых породах, а также выявлена минералогическая трансформация и дифференциация минеральной массы тропических кор в ходе современных процессов почвообразования в подзолистых и каштановых почвах, черноземах, солонцах и солодах.

Изучение В.М. Фридландом кор выветривания проводилось в русле научных направлений Б.Б. Плынова и И.И. Гинзбурга. Полученные В.М

Фридландом научные результаты были подтверждены последующими исследованиями А.И. Ромашкевич, А.Г. Черняховского (Замотаев, Черняховский, 1996), Б.П. Градусова. Следует отметить, что подходы к разделению тропических почв В.М. Фридланда и в WRB (выделение нитисолей, акрисолей, алисолей и др.), разделенные во времени (1960-е -1990-е гг.), оказались весьма близкими и основанными на оценке степени выветрелости и характера текстурной дифференциации почвенной массы.

Всего В.М.Фридландом было опубликовано около 300 работ. Из них: монографий без соавторов - 7, в соавторстве - 3, изданных карт - 14, статей в ж. «Почвоведение» - 67 (в том числе: информационных заметок - 9, статей об ученых – 5, рецензий -15), публикаций на иностранных языках ~ 25.

Закончим сообщение словами ученика В.М.Фридланда - Виктора Петровича Белоброва: «Владимир Маркович Фридланд ... аккумулировал в себе черты присущие ученым и всем родившимся под знаком Стрельца - любителям природы, путешествий и в какой-то степени искателем приключений на непознанной почве знаний. Высокий и стройный, красивый, вежливый со всеми ... галантный с женщинами всех возрастов, он оставался при этом строгим, взыскательным ... и чрезвычайно работоспособным человеком. Библиофил и эрудит, с трепетом относившийся к трудам предшественников, он всегда смотрел вперед, туда, где любимое почвоведение соприкасается с другими смежными и параллельными науками, в частности с философией, которой он отдавал заметный приоритет, легко видимый в его классических научных трудах. ... Владимир Маркович не чужд был юмора. Как ничто другое это отражало его внутреннюю свободу, способность переносить неприятности и невзгоды ...» (Белобров, 2012).

### **Список литературы**

1. *Апарин Б.Ф.* Учение о структуре почвенного покрова: новые вызовы...
2. Матер. Междунар. научн. конф. «Пространственно-временная организация почвенного покрова...» Изд. Дом С.-ПбГУ, 2007. С.5-8.

3. *Белобров В.П.* Владимир Маркович Фридланд. В нашем доме на Старомонетном, на выселках и в поле. М.: Тов. науч. изданий КМК, 2012. С. 504-507.
4. *Герасимова М.И.* ... // Почвоведение, 2019, № 1. С. 32-42.
5. *Глазовская М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Изд-во Москов. ун-та, М. 1964. 230 с.
6. *Горячкин С.В.* Теория и подходы к изучению почвенного покрова...// Мат. междунар. науч. конф.» «Пространственно-временная организация почвенного покрова...». Изд. Дом С-ПбГУ, 2007. С.12-14.
8. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Коллект. монография. Гл. ред. А.Л.Иванов, С.А.Шоба. М.: 2014. 760 с.
9. *Замотаев И.В., Черняховский А.Г.* // Почвоведение, 1996, № 4. С.454-461.
10. *Кирюшин В.И.* Агрономическое почвоведение. С.-Пб.:Квадро,2013. 680 с.
11. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. 342 с.
12. *Козловский Ф.И., Горячкин С.В.*... // Почвоведение, 1993, № 7. С. 31-43.
13. *Корсунов В.М., Красеха Е.Н., Ральдин Б.Б.* Методология почвенных эколого-географических исследований и картографии почв. Улан-Удэ: из -во Бурятского научного центра СО РАН. 2002. 232 с.
14. *Красильников П.В., Таргульян В.О.*...// Почвоведение, 2019, № 2.С.131-139.
15. *Савин И.Ю., Жоголев А.В., Прудникова Е.Ю.* ... // Почвоведение, 2019, № 5. С. 517-528.
16. Структура почвенного покрова (библиографический указатель отечественной литературы за 1969-1979 гг.). Минск, 1980. 156 с.
17. Фридланд В.М. К 100-летию со дня рождения. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАН. 2019. 63 с. [библиографический справочник ].
18. Hole F.D., Campbell J.B. Soil landcape analysis. Rowman 8l Allanheld Publishers. 1985. 216

УДК 638.47

## **ОБНОВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ РОССИИ МАСШТАБА 1:2.5 МЛН: ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ**

**Д.Е. Конюшков, М.И. Герасимова, Т.В. Ананко, И.И. Лебедева,**

**Н.В. Савицкая, С.Ф. Хохлов**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[dkonyushkov@yandex.ru](mailto:dkonyushkov@yandex.ru)

Почвенная карта РСФСР м-ба 1:2.5 млн (1988) нуждается в обновлении с целью отразить накопленные за последние десятилетия сведения о почвах, реальные изменения в почвенном покрове, характер антропогенной трансформации почв и обеспечить точную локализацию объектов с помощью технологий цифровой картографии. Концептуальной основой обновления содержания карты является субстантивно-генетическая классификация почв России (2004, 2008). Перевод информации с изначальной карты ведется для каждого контура; уточнено их содержание, введены новые типы естественных почв, впервые напрямую показаны антропогенно-измененные почвы. Общий список почв и почвенных комплексов



увеличен примерно в два раза. Для тестовых участков в разных природных зонах отрабатываются методы цифрового картографирования для создания более детальной и топографически точной модели почвенного покрова.

*Ключевые слова:* классификация почв России, цифровая почвенная карта, база данных

Почвенная карта РСФСР м-ба 1:2.5 млн (1988) под редакцией В.М. Фридланда – наиболее подробная почвенная карта, созданная по единой Программе (1972) на всю территорию России. Она отражает географо-генетические представления о почвенном покрове, сложившиеся к 1980-м годам. Оцифрованный вариант карты (Рухович и др., 2011) лежит в основе Единого государственного реестра почвенных ресурсов (2013) и Национального Атласа почв (2009), используется в научно-прикладных картах (почвенно-эрозионной, засоления почв, почвенно-географического районирования и др.), представляет почвы России в международных проектах и атласах (Soil Atlas..., 2005, 2009).

Однако, на новом этапе развития почвенной картографии с активным внедрением цифровых технологий и дистанционных методов, содержание и оформление карты не соответствуют современным возможностям и требованиям к анализу информации и нуждаются в обновлении. Поставлена задача создания новой обзорной почвенной карты России масштаба 1 : 2.5 М в цифровом формате (Савин и др., 2017). Работа включает два этапа: обновление содержания карты и создание новой цифровой модели почвенного покрова (контурной части). Необходимость обновления содержания карты обусловлена 1) накоплением новых фактических сведений о почвах малоизученных территорий; 2) уточнением существовавших и обоснование новых географо-генетических концепций почвообразования, новых типов почв; 3) реальной трансформацией почвенного покрова в связи с антропогенным воздействием, климатическими изменениями, природными процессами; 4) отсутствием на существующей карте прямых данных об антропогенно-измененных почвах и о почвах, затронутых деградационными процессами; 5) возможными ошибками в определении состава почвенного покрова в некоторых контурах. Концептуальной основой для обновления карты служит субстантивно-генетическая классификация почв России (2004), позволяющая отразить в единой системе естественные и антропогенно-преобразованные (в т.ч. пахотные) почвы, диагностируемые по набору горизонтов и признаков,

зафиксированных в описаниях почвенных профилей. Отметим, что существующая карта является компромиссом между традиционным факторно-экологическим зональным и субстантивно-генетическим подходами к выделению почв: выделенные почвы имеют субстантивную диагностику, но их группировка на высоком уровне следует традиционной зональной схеме. В результате, почвы с принципиально разным строением профиля могут объединяться в одну зональную группу на основе сходства биоклиматических условий почвообразования (черноземы степей) и, напротив, почвы с близким строением профиля разделяются на высоком уровне (подбуры таежные и тундровые). Обновление содержания карты заключается в анализе информации по каждому контуру и определению классификационного положения выделенных почв в новой системе на основе детальной диагностики их морфологического строения, составления «формулы профиля». Учитываются не только естественные, но и антропогенно-преобразованные почвы с их набором диагностических горизонтов и признаков. Данная работа имеет значение и для совершенствования классификации почв России, впервые проверяемой на максимально широком круге объектов (Герасимова и др., 2018). Изменения в контурную часть карты на первом этапе не вносятся, но переопределение выделенных почв автоматически ведет к «перекраске» векторизованного варианта карты: возможно как объединение, так и разделение соседних контуров. Количество выделяемых в контуре почв (или почвенных комплексов) либо остается прежним (до 4-х компонентов), либо увеличивается (так, для простых «однокомпонентных» контуров горных территорий могут в качестве дополнительной почвы вводятся различные варианты литоземов и петроземов). Анализируется не только сама почвенная карта, но и дополнительные материалы, включая изданные и неизданные листы Государственной почвенной карты масштаба 1:1 млн, тематические карты, космоснимки, региональную литературу; проводятся консультации со специалистами по отдельным регионам. Важной частью работы является включение в базу данных по контурам агропочв и, в некоторых случаях, техногенно-преобразованных почв. Все контура получают уточненную почвенную характеристику, основанную на новой классификации почв России. Общее количество единиц легенды (почв и почвенных комплексов) возрастает примерно в два раза, не только за счет «агропочв», но и за счет введения в легенду новых, не показывавшихся ранее

самостоятельно почв из отделов железисто-метаморфических, криометаморфических, криогенных (криоземы), органо-аккумулятивных почв и литоземов; а также почв, относимых к стволу первичного почвообразования (пелоземы, псаммоземы, петроземы, слоисто-аллювиальные, эоловые, пепловые). Уточнена субстантивно-генетическая диагностика (диагностические горизонты и признаки) всех выделяемых почв.

Цель второго этапа – создание новой картографической модели почвенного покрова с помощью методов цифровой почвенной картографии (ЦПК) – обеспечить точную локализацию выделяемых почв и совмещение карты с современной топоосновой и материалами дистанционного зондирования. Работа проводится для трех тестовых участков в лесостепной (Пензенская область), южно-таежной (Московская область) и тундрово-таежной (Республика Коми, Ненецкий автономный округ) зонах. В каждом из них существуют свои проблемы обновления содержания карты и создания новой цифровой модели почвенного покрова. Так, для лесостепного участка важно четко разделить естественные и агропочвы, а также выделить почвы, формирующиеся не на преобладающих покровных лессовидных суглинках и глинах, а на иных отложениях (двучлены, пески, опоки, известняки, засоленные глины). В новой классификации такие почвы выведены из типов черноземов и отражаются как разные подтипы серо- и темно-гумусовых почв. Для Московской области существенно разделение агропочв и агроземов в пределах ареалов различных типов естественных почв на изначальной карте; выявление ареалов «запечатанных» почв (экрanoземов), городских урбостратоземов, переходных к природным урбопочв; возможен показ ареалов мелиорированных торфяных (торфоземы) и торфяно-глеевых (агроторфяные окисленно-глеевые) почв. Тундрово-таежный участок характеризуется высоким разнообразием естественных почв и почвенных комплексов равнин и гор Приполярного Урала; многие из них получили новую интерпретацию (светлоземы, глееземы криометаморфические, подбуры глеевые). Важной задачей является локализация почв, развивающихся на многолетнемерзлых породах. Тестируется несколько подходов к отражению почвенного покрова методами ЦПК. Конечный итог работы – новая цифровая почвенная карта России, отражающая многообразие почв страны и выполненная в идеологии субстантивно-генетической классификации почв России.

## Список литературы

1. Герасимова М.И., Ананко Т.В., Конюшков Д.Е. Предложения к классификации почв России по итогам анализа Почвенной карты РСФСР масштаба 1:2.5 млн (1988) // Бюлл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. № 95. С. 58–70.
2. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева, 2014. 768 с.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004, 342 с.
4. Национальный атлас почв Российской Федерации / Под ред. Шобы С.А. М., 2011. 632 с.
5. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1 : 2.5 млн. / Под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988.
6. Программа Почвенной карты СССР в масштабе 1:2 500 000 под ред. В.М. Фридланда. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 1972, 158 с.
7. Рухович Д.И., Вагнер В.Б., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В., Королева П.В. Проблемы использования цифровых тематических карт на территорию СССР при создании ГИС «Почвы России» // Почвоведение. 2011. № 9. С. 1043–1055.
8. Савин И.Ю., Герасимова М.И., Лебедева И.И. и др. О создании полной цифровой версии почвенной карты России масштаба 1:2.5 млн // Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов. Сб. докл. Второй Всероссийской конф., М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2017. С. 23–26.
9. Савин И.Ю., Жоголев А.В., Прудникова Е.Ю. Современные тренды и проблемы почвенной картографии // Почвоведение. 2019. № 5. С. 517–528.
10. Soil Atlas of Europe, Europ. Commission, Luxembourg, 2005, 128 p.
11. Soil Atlas of the Northern Circumpolar Region. Europ. Commission, Luxembourg, 2009, 142 pp.

УДК 631.4:528.92.94

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

**П.В. Королева, Д.И. Рухович, А.Д. Рухович, Г.А. Сулейман**

*Почвенный институт им. В.В Докучаева, Москва*

[soilmap@yandex.ru](mailto:soilmap@yandex.ru)

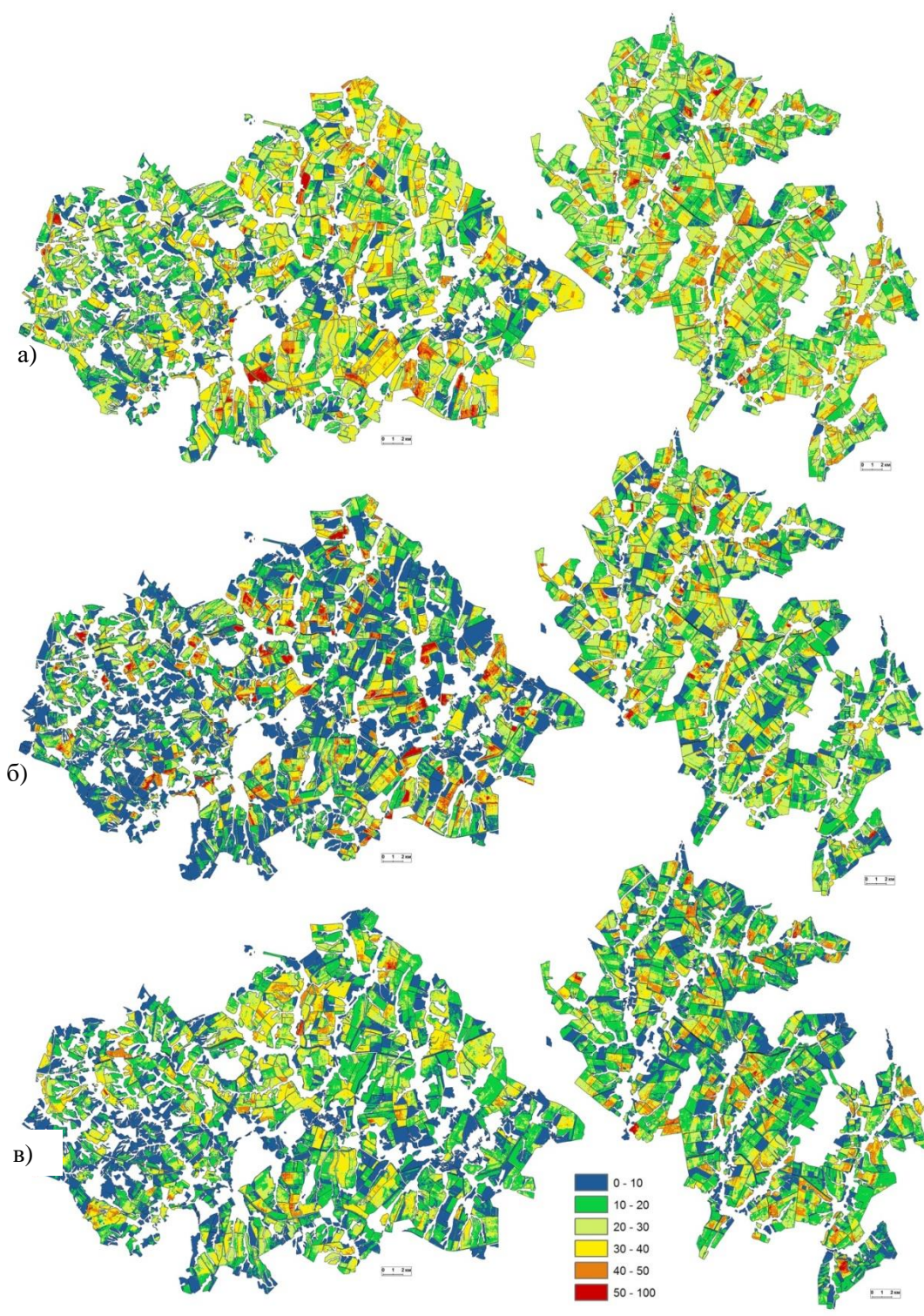
Дополнение ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова информацией об изменении интенсивности эксплуатации земель значительно обогащает мониторинг земель сельскохозяйственного назначения. Появляется возможность перейти от бинарной логики: обрабатывается – не обрабатывается к плавной числовой шкале. Кроме того, определение интенсивности землепользования позволяет установить и увеличение нагрузки на почву при смене севооборотов.

*Ключевые слова:* спектральная окрестность линии почвы, ДДЗ.

Свойства почв зависят от типов и интенсивности воздействия на почвенный покров. Наиболее интенсивным воздействием при сельскохозяйственной эксплуатации земель является использование под пашню. В настоящее время при мониторинге пахотных земель указывается только два состояния сельскохозяйственного поля – пашня и заброс. Реальная картина эксплуатации почвенно-земельного покрова не укладывается в бинарные рамки. Более того, даже понятие заброс сложно определить без достаточно длительной мониторинговой составляющей, т.к. без собственно заброса земли могут не обрабатываться год, два, три и даже более лет. Бинарную логику можно заменить непрерывной числовой шкалой, где будет измеряться количество фактов обработки пахотных угодий.

*Методы.* Разработка методов анализа спектральной окрестности линии почв позволяет идентифицировать состояние открытой поверхности почвы по многоканальным данным дистанционного зондирования. Технология спектральной окрестности линии почв применяется при обработке больших спутниковых данных за 30-35 лет. В сочетании с технологией ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова можно рассчитать частоту встречаемости открытой поверхности почвы, т.е. измерить интенсивность эксплуатации почв и земель. Интенсивность эксплуатации измеряется в частоте обработки сельскохозяйственного поля. Постулируется, что при обработке поле лишается растительности и проходит стадию открытой поверхности почвы. Чем чаще встречается открытая почва, тем интенсивнее обрабатываются сельскохозяйственные земли.

*Результаты и обсуждение.* Антропогенная нагрузка на почвенный покров сельскохозяйственных земель может быть измерена в режиме бинарной логики – фиксации смены землепользования (Bryzhev et al., 2015). Для пахотных земель, смена землепользования – это либо заброс, либо вывод земель из



*Рисунок 1 – Карты интенсивности использования земель Пестречинского (слева) и Сабинского районов: а) 1985-1995 гг. б) 1995-2005 гг. в) 2005-2018 гг.; цветом обозначена частота встречаемости открытой поверхности почвы (%).*

сельскохозяйственного оборота (под дороги, строения, карьеры и т.д.) (Шаповалов и др., 2019).

Более сложная ситуация складывается при экономически нерентабельной эксплуатации пашни в тех или иных почвенно-климатических условиях (Королева и др., 2019, Куляница и др. 2017). Прежде всего, это обратимый процесс. Но сложность возвращения земель зависит от того насколько давно участок (поле) не обрабатывался и от типа почв.

Для бинарной логики необходимо установить была ли территория пашней в исследуемый период и перестала ли она ею быть в тот же временной промежуток. При построении числовой шкалы нужно значительно больше данных, т.к. вычисляется количество воздействий на почву за единицу времени. Разрешить подобную задачу стало возможным в результате формирования массивов больших спутниковых данных с достаточно высоким пространственным разрешением (Рухович и др., 2012). Второй составляющей является технология спектральной окрестности линии почв, позволяющая идентифицировать сам факт обработки (Королева и др., 2017).

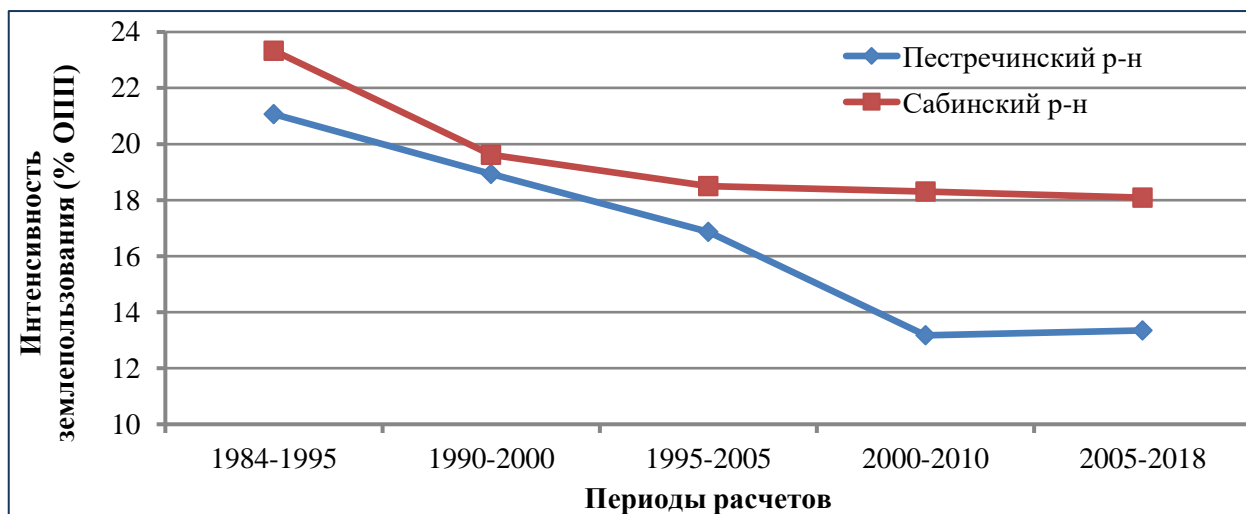


Рисунок 2 – Изменение интенсивности землепользования.

На территорию Пестречинского и Сабинского районов построены карты интенсивности эксплуатации земель за пять периодов: 1984-1995, 1990-2000,

1995-2005, 2000-2010 и 2005-2018 (рисунок 1). Установлено, что оба района с 1985 по 2018 год утратили существенную часть сельскохозяйственных земель. Интенсивность эксплуатации оставшихся пахотных земель продолжает снижаться в обоих районах (рисунок 2). Фактически происходит массовый переход от культивирования зерновых к кормовым севооборотам.

*Заключение.* Измерение интенсивности эксплуатации почвенно-земельного покрова значительно обогащает мониторинг сельскохозяйственных земель. Так, в республике Татарстан вышло из оборота по официальным данным 15% пашни. По ретроспективному мониторингу до 20% в районах прилегающих к городам. Но по сравнению с 1985 годом интенсивность эксплуатации снизилась минимум на 30% земель. Для правильного мониторинга сельскохозяйственных земель необходимо комбинировать цифровую почвенную картографию, ретроспективный мониторинг и технологию эксплуатации почвенно-земельного покрова.

### Список литературы

1. Королева П.В., Рухович Д.И., Рухович А.Д., Рухович Д.Д., Куляница А.Л., Трубников А.В., Калинина Н.В., Симакова М.С. Местоположение открытой поверхности почвы и линии почвы в спектральном пространстве RED-NIR // Почвоведение. 2017. № 12. С.1435-1446.
1. Королева П.В., Рухович Д.И., Шаповалов Д.А., Сулейман Г.А., Долинина Е.А. ретроспективный мониторинг переувлажнения почвенного покрова пахотных земель Тамбовской области в 2018–1968 гг. // Почвоведение. 2019. № 7. С. 872-890.
2. Куляница А.Л., Королева П.В., Рухович Д.И., Рухович А.Д., Рухович Д.Д., Симакова М.С. Частота встречаемости открытой поверхности почвы как количественная мера интенсивности использования земель // Информация и космос. 2017. № 1. С. 139-145
3. Рухович Д.И., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В. Цифровая тематическая картография как смена доступных первоисточников и способов их использования // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования Российская академия сельскохозяйственных наук, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Всероссийское общество почвоведов им. В. В. Докучаева. Москва, 2012. С. 58-86.
4. Шаповалов Д.А., Королева П.В., Сулейман Г.А., Рухович Д.И. Почвенные контуры публичной кадастровой карты – элементы картографирования почвенно-земельного покрова // Почвоведение. 2019. № 5. С. 613-632.
5. Bryzzhev A.V., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Organization of retrospective monitoring of the soil cover of Rostov oblast // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48(10). P. 1029-1049.



## ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**И.В. Крицков, Л.И. Герасько, С.А. Аникеева**

*Национальный исследовательский*

*Томский государственный университет, Томск*

*krickov\_ivan@mail.ru*

Таежная зона в плейстоцене входила в пределы криолитозоны, современное длительное промерзание определяет наличие горизонтов: элювиальных, контактного и глубинного оглеения. Наряду с подзолистыми почвами на аллювиальных породах в почвенном покрове присутствуют болотные, болотно-подзолистые, элювиально-глеевые почвы. Переходная зона подтайги - экотон - характеризуется большим разнообразием компонентного состава почвенного покрова.

*Ключевые слова:* Западная Сибирь, таежная зона, структура почвенного покрова.

Таежная зона Западной Сибири (ЗС) с давних пор привлекает внимание ученых-почвоведов. Первыми исследователями почв этой территории были К.Д. Глинка, Б.Н. Городков, Р.С. Ильин (1930). В работе последнего «Природа Нарымского края» достаточно подробно описан почвенный покров, а также дана первая карта почв и природных зон. В период с 1940 по 1960-е годы общие вопросы географии, генезиса и классификации почв рассматривали в своих работах И.П. Герасимов, Е.Н. Иванова и др., Васильевская В.Д. и др.. Они отмечали высокую степень заболоченности территории таежной зоны. В 60-70-е годы и позднее в связи с изучением территории нефтегазоносных районов здесь работали комплексные экспедиции различных организаций Москвы: МГУ (Добровольский Г.В. и др., 1981), Института Географии (Караваева, 1973, 1982), а также Томского университета (Герасько, Пологова, 1975, 1978, 1984). Изучалась структура почвенного покрова, процессы заболачивания.

Исследованная территория северной тайги приурочена к южной границе криолитозоны ЗС, где получила распространение спорадическая мерзлота,

являющаяся уязвимой с точки зрения устойчивости к внешним воздействиям. Для почвообразующих пород севера ЗС характерны песчаные отложения различного генезиса: флювиогляциальные, аллювиальные, озерно-аллювиальные, эоловые. Они слагают формы рельефа различного возраста: плейстоценовые и голоценовые. Эоловые формы рельефа, представленные древними материковыми дюнами, характерны для Пур-Тазовского междуречья. Широко распространены на данной территории плоскобугристые озерково-хасырейные ландшафты, приуроченные к плоским междуречьям, где преобладают торфяные олиготрофные и торфяные эвтрофные мерзлотные почвы. На террасах различного уровня, сложенных песчаными породами, формируются подзолы иллювиально-железистые языковатые грунтово-оглеенные, глеевые и псевдофибровые криотурбированные. Многолетняя мерзлота в настоящее время присутствует только на болотных массивах, где мощность торфа превышает 40 см. По данным измерений 2015 года, температура многолетнемерзлых пород близка к нулевой, что говорит о слабой устойчивости мерзлых пород к негативным воздействиям. Одним из таких воздействий является деструкция торфяной залежи, которая играет роль изолятора мерзлоты. Разрушение торфа происходит при воздействии механических процессов, вызываемых, в основном, техногенными факторами (развитие нерегламентированных дорожных сетей и карьеров, прокладка трубопроводов, линий электропередач и т.д.), а также пирогенезом, довольно широко развитым в таежной зоне (Крицков, Герасько, 2015). Он оказывает прямое (усиление минерализации органического вещества, понижение почвенной кислотности и т.д.) и косвенное действие на почвообразование (обнажение верхних горизонтов, изменение альбедо поверхности почвы и т.д.). Пирогенез является одним из основных процессов, вызывающих дефляцию. В северной тайге дефлированные и эолово-аккумулятивные почвы занимают значительные территории и образуют сложные полосчатые ареалы вдоль

берегов обрывов рек, вокруг озерных котловин. Практически все исследованные рыхлопесчаные почвы неоднократно испытывали периоды интенсивной дефляции, что отчетливо фиксируется в профиле современных почв в виде прослоек окатанного крупнопесчаного материала (Крицков, Герасько, 2016). Их образование связано с выдуванием в первую очередь мелко- и среднезернистых песков. Таким образом, в формировании почв северной тайги ЗС важную роль занимает эоловый перенос, активизирующийся вследствие ряда причин: пирогенез, техногенные нарушения, подрезание склонов водотоками и т.д. При этом происходит формирование погребенных и наложенных профилей почв, разрушение верхних горизонтов сформированных почв, что требует изменения в подходах к определению их классификационной принадлежности.

Изученная территория средней и южной тайги, а также зоны подтайги (Томское Приобье) расположена южнее границы максимального Самаровского оледенения до северных отрогов Кузнецкого Алатау. В плейстоцене средняя и южная тайга ЗС входила в состав криолитозоны. Палеокриогенные явления наложили отпечаток на микрорельеф и почвенный покров. Унаследованными признаками в почвенном покрове как средней, так и северной тайги являются многочисленные термокарстовые озера и западины, послужившие первичными очагами заболачивания, которое способствовало гомогенизации почвенного покрова, преобладанию в нем гидроморфных и полугидроморфных компонентов. На примере катен заболачивания в средней тайге Западной Сибири нами установлено, что в них, благодаря преобладанию в большинстве почв латерального стока над радиальным, формируется единая система горизонтов (профиль горизонтального простиранья), гидрологические константы которого зависят от глубины и продолжительности промерзания. Происходящее при заболачивании увеличение мозаичности почвенных профилей, а также мощности органогенных и ортзандовых горизонтов отрицательно влияет на тепловой и температурный режимы почв, усиливает их

контрастность в различных частях катены. Снижение суммы активных температур интенсифицирует накопление слаборазложившегося органического вещества и стимулирует процесс заболачивания.

Территория подтайги, будучи геосистемой переходного типа, характеризуется взаимопроникновением соседствующих сообществ – таежных и лесостепных. К ней полностью применимо представление об основных параметрах экотона: неустойчивое почвообразование, большое разнообразие компонентного состава почвенного покрова. Эта территория наиболее пригодна для сельскохозяйственной деятельности. Ее земледельческое освоение началось во второй половине XVII в., но наиболее активное увеличение площадей сельхозугодий происходило в довоенные и послевоенные годы XX в. В настоящее время более половины пашни Томской области (всего 650 тыс. га) находится в южных и юго-восточных районах в пределах зоны подтайги. Исследования проводились на плакорах и мезосклонах южной и северной экспозиции крутизной от 2° до 5° с перепадом высот 10-15 м (Аникеева, 2007, Герасько и др., 2011). Почвы, расположенные на южном и северном склонах, являются отражением закона поликлимакности: если на южном склоне преобладают серые метаморфические и черноземовидные почвы, то на северном – темно-серые, серые и лугово-черноземные оподзоленные. При антропогенном воздействии естественная эволюция ПП может заменяться ускоренной, т.е. естественные и антропогенные СПП имеют существенно отличные характерные времена, что отчетливо проявляется в интенсивности протекания процессов на северном и южном мезосклонах. В частности, в трансаккумулятивной позиции южного склона мощность педолитоседиментов достигает 1,5 м. Мощность гумусового горизонта и содержание гумуса на микроплакорах не превышает, соответственно, 25 см и 2,8 %, в то время как в микропонижениях образуются педоседименты, где мощность гор. PU+AU достигает 70-80см, а содержание гумуса изменяется от 7% в погребенном

гумусовом горизонте исходной лугово-черноземной почвы до 4% в пахотном (Герасько, Аникеева, 2008). Следовательно, в результате агрогенеза произошел «сдвиг» в классификационном положении почв на уровне типа.

### Список литературы

1. *Аникеева С.А.* Антропогенная трансформация пахотных почв подтайги Притомья // Ноосферные изменения в почвенном покрове (Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию юбилею Ивлева А.М.). – Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 2007. – С. 135-137.
2. *Герасько Л.И.* О структуре почвенного покрова таежной зоны Томского Приобья // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука, 1978. – С. 144-148
3. *Герасько Л.И., Аникеева С.А.* Компоненты почвенного покрова подтайги Притомья: основные параметры, функционирование, систематика // Вестник ТГУ. – № 314. – Сентябрь, 2008. – С. 187-192.
4. *Герасько Л.И., Лойко С.В., Губина Д.А.* Некоторые особенности агропедогенеза в подтайге Западной Сибири // Материалы Всероссийской научной конференции «Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова». – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2011. – С. 123-126.
5. *Герасько Л.И., Пологова Н.Н.* Заболачивание почв средней тайги Западной Сибири // Проблемы использования и охраны почв Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Изд-во Наука, 1984. – С. 32-37.
6. *Герасько Л.И., Пологова Н.Н.* О некоторых механизмах заболачивания почв таежной зоны Томского Приобья // Теория и практика лесного болотоведения и гидролесомелиорации. – Красноярск, 1976. – С. 45-58.
7. *Герасько Л.И., Пологова Н.Н.* Особенности почвообразования в таежной зоне томского Приобья // Вопросы почвоведения Сибири. – Томск: Изд-во томского университета, 1975. – С. 3-23.
8. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., Афанасьева Т.В.* Таежное почвообразование в континентальных условиях (Западная Сибирь). – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 216с.
9. *Ильин Р.С.* Природа Нарымского края // Материалы по изучению Сибири. Т. II – Томск: Изд-во Томского университета, 1930. – 349с.
10. *Караваяева Н.А.* Заболачивание и эволюция почв. – М.: Наука, 1982. – 296с.
11. *Караваяева Н.А.* Почвы тайги Западной Сибири. – М.: Наука, 1973. – 167с.
12. *Крицков И.В., Герасько Л.И.* Техногенез и почвообразование на севере таежной зоны Западной Сибири // Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2016. – С. 57-61.
13. *Крицков И.В., Герасько Л.И.* Эоловые и пирогенные процессы северной тайги Западной Сибири // Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения. - VI Всерос. науч. конф. по лесному почвоведению с междунар. участием. - Сыктывкар, 2015. - С. 37-39.

УДК: 631.4

## ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ АРКТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

**Е.М. Лаптева, Д.А. Каверин, А.В. Пастухов, Е.В. Шамрикова,**

**О.В. Шахтарова**

*Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар*

[lapteva@ib.komisc.ru](mailto:lapteva@ib.komisc.ru)

Исследованы ключевые участки, выделенные в различных геоморфологических областях Большеземельской тундры. Подготовлены почвенные карты, оценено разнообразие и соотношение почв, представленных на территории ключевых участков. Установлены уровни содержания в почвах Большеземельской тундры тяжелых металлов и микроэлементов.

*Ключевые слова:* Арктика, тундровые почвы, почвенные карты, тяжелые металлы

Почвы арктической зоны европейского северо-востока России, их генезис, разнообразие, специфика ландшафтной приуроченности, особенности их физико-химических свойств и режимов, в силу труднодоступности, сохраняют статус слабо исследованных. Учитывая интенсивное промышленное освоение Европейской Арктики, крайне необходима детальная информация о фоновом содержании тяжелых металлов, мышьяка и углеводов в различных типах тундровых почв, их распределении в системе «почва – растения», географической, ландшафтной и геохимической взаимозависимости, что и предопределило цель данного исследования.

Для выполнения данной работы были выделены несколько ключевых участков, характеризующих различные ландшафты в пределах Большеземельской тундры (БЗТ) (таблица 1). На основе имеющихся картографических материалов, результатов дешифрирования космоснимков и данных полевого обследования ключевых участков, подготовлены серии почвенных цифровых карт с использованием GIS-технологий (рисунок 1). При диагностике почв использовали современную классификацию почв России

(Полевой определитель..., 2008). Количественный химический анализ почв выполняли в экоаналитической лаборатории ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Таблица 1 – Характеристика ключевых участков

Ключевой участок	Зона/подзона	Ландшафтная приуроченность
КУ-1	Северная тундра	Приморские террасы, бассейн нижнего течения р. Черная
КУ-2	Северная тундра	Приморские террасы, бассейн р. Пярцоръяха
КУ-3	Северная тундра	Ледниково-морская равнина, бассейн верхнего течения р. Черная
КУ-4	Северная тундра	Ледниково-морская равнина
КУ-5	Экотон «северная тундра – южная тундра»	Ледниково-морская равнина, бассейн верхнего течения р. Коротаиха
КУ-6	Лесотундра	Бассейн нижнего течения р. Печора



a



b

*Рисунок 1 – Фрагменты карто-схем, подготовленных на ключевые участки: а – бассейн нижнего течения р. Черная (КУ-1); б – бассейн верхнего течения р. Коротаихи (КУ-5).*

Площадь ключевых участков варьирует от 6 тыс. га до 19 тыс. га. В зависимости от ландшафтной приуроченности ключевых участков в их почвенном покрове распределение почв по занимаемым площадям существенно различается. В северной тундре, в районе распространения приморских низких террас (КУ-1; КУ-2) основные площади занимают почвы полигональных болот (26.5%) и заболоченных тундр – торфяно-глееземы (36.5%). Существенную роль играют также различные типы и подтипы засоленных маршевых почв (23.4%). В условиях водораздельных ландшафтов бассейна верхнего течения р. Черная (КУ-3) доля торфяных почв, приуроченных к бугристым болотам снижается – 1.8%. Однако заболоченные ландшафты продолжают играть ведущую роль, что определяет здесь высокий процент площади торфяно-глееземов (77.3%). Наличие мелкосопочного рельефа с песчаными почвообразующими породами определяют существенное возрастание доли различных типов подбуров с 0.7% на участке КУ-1 до 10.7% на участке КУ-1а и органо-криометаморфических почв – 9.8%.

В переходной полосе от северных к южным тундрам, которую характеризует ключевой участок КУ-5, соотношение в пространственном распределении почв несколько меняется. Благодаря специфичному



выровненному рельефу с плоскими заболоченными поверхностями на этом участке также достаточно широко распространены бугристые болотные экосистемы (плоскобугристые) с типичными торфяными олиготрофными почвами бугров и мочажин. На их долю приходится порядка 26.4% площади закартированной территории. Изрезанность ландшафтов долин обуславливает снижение доли торфяно-глееземов до 4.6% и значительное распространение на склоновых поверхностях и дренированных увалах различных типов и подтипов глееземов, в т. ч. криометаморфических (67,4%).

В лесотундре (в переходной полосе от южных тундр к лесотундре), который охарактеризован на примере участка КУ-6, в структуре почвенного покрова наряду с торфяно-глееземами и подбурами, на долю которых приходится соответственно 20.5% и 5.8% площади ключевого участка, значимую роль начинают играть подзолы иллювиально-гумусовые (9,75) и болотно-подзолистые иллювиально-гумусовые (17,6%) почвы. Их распространение определяется спецификой почвообразующих пород (песчаные отложения) в данном регионе и характером растительности (разреженные притундровые леса). Бугристые болота (1.8%) уступают место грядово-мочажинным (23.7%), мерзлота в которых присутствует на глубине 50-60 в торфяных почвах гряд. Приуроченность участка к долинным ландшафтам низовий Печоры обуславливает также широкую представленность здесь аллювиальных почв (20.6%).

Сравнительный анализ особенностей накопления и распределения ряда тяжелых металлов и микроэлементов в почвах северной и южной части БЗТ показал следующее. В целом, содержание приоритетных загрязнителей (Hg, Pb, Cu, Ni и Zn) в тундровых почвах фоновых ландшафтов значительно меньше принятых в Российской Федерации нормативов. Отмеченное в ряде случаев превышение ОДК(ПДК) по содержанию As, Co, Mn и Cd обусловлено особенностями состава почвообразующих пород и спецификой условий

аккумуляции и миграции элементов в ландшафтах криолитозоны (Лаптева и др., 2015). Согласно градации, разработанной А.И. Обуховым и Л.Л. Ефремовой (1988), для почв северной части БЗТ характерен низкий региональный уровень содержания меди (3.7-10.8 мг/кг), низкий и средний – свинца (5.0-11.9 мг/кг), никеля (5.7-23 мг/кг), цинка (19-49 мг/кг) и ртути (17-118 мкг/кг), средний и повышенный – кадмия (0.2-0.3 мг/кг), высокий – мышьяка (2.9-4.8 мг/кг). Для почвы южных кустарниковых тундр аналогичен низкий региональный фон содержанию меди (3.5-7.9 мг/кг) и никеля (5.3-18.3 мг/кг), низкий и средний – свинца (6.3-10.5 мг/кг), цинка (17.6-35.0 мг/кг) и ртути (11-168 мкг/кг), средний – кадмия (0.12-0.23 мг/кг), средний и высокий – мышьяка (1.33-5.8 мг/кг) (Дымов и др., 2010). В направлении к северным тундрам в органогенных горизонтах почв, занимающих на водоразделах автоморфные (подбуры, глееземы) и полугидроморфные (торфяно-глееземы) позиции рельефа, возрастает содержание As, Zn, Ni, Pb, Cu. В торфяных почвах болотных экосистем и в аллювиальных почвах долин рек отмечена тенденция к снижению их концентраций, за исключением цинка, содержание которого в пойменных почвах северной тундры выше, чем в аналогичных почвах южной тундры. Для кадмия выявлено практически 2-3-кратное возрастание его содержания во всех типах почв северных тундр, по сравнению с южными тундрами.

Полученные данные, характеризующие почвенный покров ключевых участков, выделенных в пределах Большеземельской тундры, и особенности аккумуляции и распределения тяжелых металлов в почвах арктического сектора европейского Северо-Востока могут быть использованы при проведении экологического мониторинга.

### Список литературы

1. Дымов А.А., Лаптева Е.М., Калашников А.В., Денева С.В. Фоновое содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводородов в почвах Большеземельской тундры // Теоретическая и прикладная экология. 2010. №4. С. 43–48.
2. Лаптева Е.М., Каверин Д.А., Пастухов А.В., Шамрикова Е.В., Холопов Ю.В. Ландшафтно-биогеографические аспекты аккумуляции и миграции тяжелых металлов в

- почвах Арктики и Субарктики европейского Северо-Востока // Изв. Коми НЦ УрО РАН, 2015. – № 3. – С. 28-41.
3. *Обухов А.И., Ефремова Л.Л.* Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1988. С. 23-36.
  4. Полевой определитель почв России. М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.

УДК 638.47

## ГЕОГФИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЕТР В СВЯЗИ С ИХ ЭВОЛЮЦИЕЙ В ГОЛОЦЕНЕ

**И.И. Лебедева**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[justhope@mail.ru](mailto:justhope@mail.ru)

Срединные горизонты глинисто-иллювиальных и текстурно-карбонатных черноземов с ореховато-призмовидной структурой и признаками иллювиирования глины связаны с палеокриогенными явлениями. Эти почвы окаймляют низменную равнину центральной черноземной области с севера, юга и востока, занимая в Заволжье все водораздельные пространства. Низменную равнину представляют миграционно-мицелярные и сегрегационные черноземы, имеющие гидроморфное прошлое. В их профиле текстурные признаки отсутствуют. Стадией плавневого гидроморфизма объясняется уникальная мощность черноземов Западного Предкавказья.

*Ключевые слова:* ореховато-призмовидная структура, палеокриогенные явления, гидроморфизм.

География черноземов обычно представляется как система широтно выдержанных полос-подзон, в общих чертах соответствующих изогумусовым полосам Докучаева (1883). Эти представления закрепились в схеме почвенно-географического районирования, которое тесно связано с классификацией почв (1977), в результате чего выделы черноземов являлись скорее географическими, чем классификационными категориями. Сложившаяся система нарушается, если черноземы рассматриваются как полнопрофильные почвы с разнокачественными срединными горизонтами, определяющими их классификационное положение (Классификация...2004). Выделенные таким образом формации образуют систему разных по площади и конфигурации

ареалов, которые не представляют собой сплошные полосы от западных границ до Урала.

Глинисто-иллювиальные черноземы с ореховато-призмовидным срединным горизонтом и признаками иллювиирования глины в профиле, условно сопоставимые с выщелоченными и оподзоленными черноземами, тяготеют к наиболее возвышенным и расчлененным территориям, что проявляется как в отношении геоморфологических макроструктур, так и в случаях форм мезорельефа, вплоть до отдельных катен. Ареал абсолютного преобладания этих почв обособляется у северной границ черноземной зоны в пределах Среднерусской возвышенности и бортов Окско-Донской низменности, не отличаясь при этом по климатическим показателям от более южных территорий. К западу распространение глинисто-иллювиальных черноземов существенно сокращается. В частности, на Украине они присутствуют на склонах Среднерусской возвышенности, отчасти на Полтавском плато и практически исчезают из почвенного покрова низменных равнин. К востоку от р. Медведицы, на Керенско-Чембарской и Приволжской возвышенностях, в Заволжье, глинисто-иллювиальные черноземы, наоборот, абсолютно преобладают в почвенном покрове лесостепи, контактируя на юге непосредственно с почвами южной степи.

Черноземы южной степи в классификации 2004 г. определяются как текстурно-карбонатные. Их уплотненный ореховато-призмовидный срединный горизонт морфологически сходен с глинисто-иллювиальным горизонтом, отличаясь от него содержанием карбонатов с сегрегационными формами новообразований. Ареал текстурно-карбонатных черноземов к западу выклинивается на черноморском побережье примерно около Николаева и Одессы и значительно расширяется к востоку, распространяясь в Заволжье практически, на всю территорию степной зоны.

Миграционно-мицелярные и сегрегационные черноземы представляют почвы лесостепи и степи в центральных областях России. Их срединные горизонты обособляются главным образом по наличию карбонатных аккумуляций и отличаются мягкой слабо оформленной структурой, в основном сохранившей особенности сложения исходных пород. Их ареалы занимают Окско-Донскую низменность, а также относительно пониженные и выровненные территории Среднерусской и Калачской (сегрегационные черноземы) возвышенностей, а в Заволжье приурочены только к террасам крупных рек и выположенным длинным склонам коренных плато.

География глинисто-иллювиальных черноземов не обнаруживает зависимости от атмосферного климата и биоты, в их профиле отсутствуют коррелятивные связи между проявлением текстурной дифференциации и другими почвенными характеристиками, что позволяет говорить о глинисто - иллювиальном горизонте как о несингенетическом образовании в профиле этих почв. В его формировании значительную роль, по-видимому, сыграли палеокриогенные явления как следствие гиперзональных мерзлотных условий, охвативших весь юг Русской равнины в раннем голоцене (Хотинский, 1986). Их реликтом можно считать «...сетчатую текстуру мелкозема», которая сохранилась и дорабатывалась процессами лессиважа в ореховато - призмовидную структуру черноземов возвышенных, хорошо дренированных территорий (Алифанов, 1986). В аридных условиях юга Русской равнины доработке палеокриогенной текстуры способствовали узкие трещины как основные магистрали нисходящего движения влаги, характерные для глинистых отложений и континентального климата, проявлявшегося во все периоды голоцена (Галибин, 1984).

Ареалы миграционно-мицелярных и сегрегационных черноземов соответствуют наиболее пониженным и менее дренированным пространствам Русской равнины, для которых Ковда и Самойлова (1966) предполагали

длительную стадию палеогидроморфизма и в почвах которых, наряду с такими очевидными реликтовыми признаками грунтового переувлажнения, как Fe-Mn конкреции и скопления древних деградированных карбонатных конкреций, обнаружено несоответствие вертикального распределения запасов гумуса современной биомассе, что связано с концентрацией органики, накопившейся в атлантический период под более мощной луговой растительностью (Пономарева, 1974; Самойлова, 1981). Возможно предположить, что активные восходящие токи растворов в период палеогидроморфизма способствовали стиранию криогенной текстуры, хотя следы ее часто обнаруживаются в глубинных слоях почво-грунта. Косвенным доказательством гидроморфного прошлого миграционно-мицелярных и сегрегационных черноземов является приуроченность их в Заволжье к террасам крупных рек и для которых гидроморфная стадия в их генезисе очевидна.

В Предкавказском регионе наиболее своеобразна эволюция черноземов Западного Предкавказья в границах Кубанской низменной равнины, известных уникальной мощностью гумусовых горизонтов, которая традиционно связывается с региональными особенностями климата. Однако строение профиля и свойства этих почв, закономерности их распространения свидетельствуют о том, что современный профиль чернозема «наложился» на мощную (1,5-2,0 м) слабогумусированную и сильно оглеенную толщу, сформированную в условиях «плавневого гидроморфизма» (Иозефович, 1931). Об этом свидетельствуют солевой профиль черноземов, мощные гидрогенные аккумуляции карбонатов на глубине 300-400 см и главное – своеобразный оливково-серый цвет, крупная призмовидно-столбчатая структура нижней реликтовой части профиля и фульватный состав ее гумуса. Сказанное подтверждается приуроченностью почв к определенной геоморфологической структуре, совпадением границ ареала с орографическими рубежами и сокращением мощности нижней реликтовой части гумусовой толщи к бортам

аккумулятивной равнины. В то же время климат региона не имеет существенных отличий от климата Восточного Предкавказья, почвы которого не содержат подобных аномалий (Лебедева, 1985).

Таким образом, эволюция черноземов во многом определила общую организацию почвенного покрова черноземной зоны и конфигурацию ареалов основных формаций черноземов, география которых не соответствует системе широтных подзон.

### Список литературы

1. *Алифанов В. М.* Серые лесные почвы центра Русской равнины. Историко-генетический анализ. // Эволюция и возраст почв СССР. Пущино, 1986. С.155-162.
2. *Галибин А.Н.* Эволюция каштановых почв Сыртового Заволжья. // История развития почв СССР в голоцене. Пущино, 1984. С. 138-139.
3. *Докучаев В.В.* Русский чернозем. Отчет ВЭО. СПб, 1883. 376 с.
4. *Иозефович Л.И.* О возрасте и эволюции гидрогенных почв в связи с их использованием. М.: Сельколхозгиз, 1931. 62 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
7. *Ковда В.А., Самойлова Е.М.* О возможности нового понимания истории почв Русской равнины. // Почвоведение, 1966. № 9. С. 1-12.
8. *Лебедева И.И.* Сравнительный анализ свойств, классификация и районирование черноземов Предкавказья и Кавказа. // Черноземы СССР (Предкавказье и Кавказ). М.: Агропромиздат, 1985. С. 243-256.
9. *Пономарева В.В.* О генезисе гумусового профиля черноземов. // Почвоведение, 1974. № 7. С. 27-38.
10. *Самойлова Е.М.* Луговые почвы лесостепи. М.: Изд-во МГУ, 1981. 284 с.

УДК 638.47

## ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ТЕСТОВЫЙ ПОЛИГОН НА ОБНОВЛЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МАСШТАБА 1:2,5 МЛН.

**И. И. Лебедева**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[justhope@mail.ru](mailto:justhope@mail.ru)

На примере тестового полигона, представляющего лесостепную зону, показано, что для суглинисто-глинистых серых почв и черноземов возможна практически прямая корреляция выделов почвенной карты РФ и обновленной карты с легендой

в формате классификации почв России (2004/2008). Разнообразные почвы, связанные с супесчано-песчаными отложениями или выходами коренных пород, получили новые определения в соответствии с их строением и свойствами.

*Ключевые слова:* содержание почвенных контуров, диагностические показатели, глинисто-иллювиальный горизонт.

Пензенская область в качестве тестового полигона для апробации обновленной Почвенной карты Российской Федерации масштаба 1:2,5 млн. (ПКРФ) представляет лесостепную природную зону. Территория области в основном располагается на западных склонах Приволжской возвышенности, которые, постепенно понижаясь к западу, переходят в Окско-Донскую низменную равнину. Среди почвообразующих пород преобладают покровные тяжелые суглинки и глины. На востоке области, главным образом на правом берегу р. Суры, близко к поверхности (20-100 см) подходят коренные породы, преимущественно опоки и песчаники, а также известняки и глины мелового возраста. На древних террасах многих рек встречаются относительно крупные песчаные массивы.

В почвенном покрове преобладают черноземы и серые почвы, В расположении этих почв в пространстве неукоснительно соблюдается закономерность так называемой «высотной дифференциации» (Программа...1972): с увеличением высоты местности повсеместно происходит нарастание степени текстурной дифференциации. Соответственно, типичные черноземы занимают наиболее выровненную юго-западную часть области, смыкающуюся с Окско-Донской низменной равниной. У самой границы области присутствуют небольшие площади степных обыкновенных черноземов. Все разнообразие прочих почв (светлосерые, дерново-подзолистые, черноземы солонцеватые, остаточо-карбонатные, неполноразвитые, солонцы и т.д.) связано либо с отложениями легкого гранулометрического состава, либо с близким к поверхности залеганием коренных пород, в том числе меловых засоленных глин. Перевод ПКРФ в цифровую карту, легенда которой



составлена в формате классификации почв России (2004/2008), проводился путем оценки содержания почвенных контуров с позиций соответствия их свойств принятым в классификации диагностическим показателям. Использовались данные региональных публикаций (Кузнецов и др., 1966; Повышение...,1976; Черноземы СССР...,1978) и авторские материалы полевых исследований.

Для черноземов Пензенской области возможна прямая корреляция подтипов, выделенных на ПКРФ, и соответствующих таксонов в легенде обновляемой карты. Так, выщелоченные черноземы, являющиеся эдификатором почвенного покрова области, в полной мере соответствуют атрибутике глинисто-иллювиальных черноземов, профиль которых включает ореховато-призмовидный срединный горизонт с гумусово-глинистыми кутанами по краям. Оподзоленные черноземы области должны быть отнесены к глинисто-иллювиальным оподзоленным, что подтверждается характерными для этих почв особенностями их распространения. Типичные черноземы по количеству гумуса и мощности гумусового горизонта, отсутствию признаков иллювиирования глины и формам карбонатных новообразований соответствуют параметрам миграционно-мицелярных черноземов. Эти почвы, а также глинисто-иллювиальные черноземы в контурах, близких к южной части области, сочетаются в почвенном покрове со своими квазиглееватыми вариантами Обыкновенные черноземы, занимающие небольшие площади у юго-западных границ области, переводятся в черноземы сегрегационные. Черноземы солонцеватые, встречающиеся на юге области, в новой легенде сохраняют свое название. Все черноземы области, за исключением небольшого участка заповедной Попереченской степи, распаханы. Пахотный слой в новой классификации имеет статус полноправного диагностического горизонта и, соответственно, пензенские черноземы определяются как агрочерноземы.

Интерпретация контуров серых лесных почв менее однозначна, чем черноземов, и не ограничивается выводом из их названий ландшафтного термина. Серые и темносерые почвы на глинисто-суглинистых отложениях, сохраняют свои названия в полигонах. Однако, судя по опубликованным материалам, среди серых почв часто встречаются не отмеченные на ПКРФ серые почвы с ясно обозначенным в профиле вторым гумусовым горизонтом – более темным и содержащим на 1,0-1,5 % гумуса больше, чем верхний серогумусовый горизонт, с нижней границей на глубине около 40 см. Другого подхода требуют почвы, развитые на маломощных двух-, реже трехчленных ледниковых отложениях. Так, на севере области почвы, в профиле которых верхний суглинистый слой на глубине 50-60 см сменяется супесями или песками, на ПКРФ показаны как серые или темносерые, хотя в них отсутствует текстурный горизонт. По строению и свойствам, в частности – по профильному распределению ила и гумуса, эти почвы больше соответствуют серогумусовым или темногумусовым оподзоленным почвам. Светлосерые почвы, которые на ПКРФ показаны самостоятельными контурами, в легенде новой карты отсутствуют; в классификации почв России они объединены с дерново-подзолистыми почвами, поскольку между ними не установлено достоверных качественных отличий. Профиль супесчаных светлосерых почв, по имеющимся данным, не дифференцирован ни по текстурному, ни по альфегумусовому типу. Почвы определяются как серогумусовые с содержанием гумуса около 2,0-2,5 %, постепенно убывающим с глубиной. Сказанное относится и к почвам, в которых верхний супесчаный слой подстилается на глубине 50-60 см суглинком, который имитирует текстурную дифференциацию, но не соответствует диагностике текстурного горизонта.

Еще менее представлениям о серых почвах отвечают образования, сформированные на дериватах плотных пород, преимущественно на элюво-делювии опок, химический состав которых отличается очень высоким (92-95 %)

содержанием кремнезема. Образуются почвы, которые в зависимости от мощности мелкоземистой толщи, соответствуют или серогумусовым почвам, или литоземам серогумусовым.

Черноземы неполноразвитые или остаточно-карбонатные, выделенные в местах близкого к поверхности залегания известняков, переведены в почвы темногумусовые остаточно-карбонатные или карболитоземы темногумусовые. Солонцы, встречающиеся в понижениях на юго-западе области, определены как солонцы темные квазиглееватые. Почвы на древнеаллювиальных песках, показанные на ПКРФ как дерново-подзолистые, переименованы в дерново-подзолы иллювиально-железистые.

Таким образом, основным изменениям в процессе обновления карты подверглись «почвенные меньшинства» по выражению С.В. Горячкина, особые свойства которых обусловлены характером почвообразующих пород. По классификации 1977 г. на них распространялся статус зональных почв, а специфика свойств учитывалась на более низких таксономических уровнях. Субстантивная классификация почв России устранила эти противоречия, идентифицировав почвы согласно их свойствам и закрепив за ними новые названия.

### Список литературы

1. *Иванова Е.Н., Ерохина А.А., Лебедева И.И., Розов Н.Н.* О распространении и генезисе лугово-черноземных почв в ЦЧО// Классификация почв СССР. М.: Наука.1976.226 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
4. *Кузнецов К.А., Гальдин Г.Б., Николаева Н.Н., Паламожных Э.А.* Почвы Пензенской области. Приволжское кн. изд., Саратов, 1966. 125 с.
5. Повышение плодородия почв. Ред. Кузнецов К.А. Приволжское кн. изд., Пензенское отд.,1976. 192 с.
6. Полевой определитель почв России. М.:Почв. ин-т им. Докучаева, 2008.182 с.
7. Почвенная карта РСФСР М. 2,5 млн. под ред. В.М. Фридланда. М.:ГУГК, 1988, 16 листов.
8. Программа Почвенной карты СССР в масштабе 1:2,5 млн. под ред. В.М. Фридланда. Почв. Ин-т. Им. Докучаева.1972. 158 с.
9. Черноземы СССР (Поволжье и Предуралье). М.: Колос, 1978. 231 с.

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА  
ОСНОВЕ ГЕОРАДАРНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ, СВЕРТОЧНЫХ  
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ЛАНДШАФТНЫХ МЕТРИК ОДНОГО  
ВРЕМЕННОГО СРЕЗА**

**Т.В. Орлов<sup>1</sup>, В.А. Смагин<sup>2</sup>, А.Ю. Калашников<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва*

*<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Москва*

*<sup>3</sup>МГУ им. Ломоносова, Москва*

[tim.orlov@gmail.com](mailto:tim.orlov@gmail.com)

В работе приведен методический подход выявления и картирования морфологической структуры торфяных почв на основе сверточных нейронных сетей и методов математической морфологии ландшафта. В качестве основы используются методы георадарного профилирования, индикационного дешифрирования, полевых геоботанических описаний, заверочного бурения. Обучена нейронная сеть в размере 8600 образцов. Подход был опробован и показал свою перспективность для участка Вепсовской возвышенности.

*Ключевые слова:* торфяные почвы, болотный массив, космическая съемка, георадар, дешифрирование, математическая морфология ландшафта, нейронные сети.

**Введение.** Выделение вертикальной структуры торфяных почв на региональном уровне является достаточно актуальной проблемой при решении многих современных задач, например, оценки запасов торфа разного типа, эмиссии парниковых газов, состояния болотного массива. Болотные массивы целого региона состоят из сочетания болотных систем различного генезиса и типа, и соответственно морфологическая структура почв для различных систем разная.

Современное состояние болотной системы, а также оценка современных процессов возможно провести на основе одномоментного обследования. Методы индикационного дешифрирования, математической морфологии ландшафта, а также наработки классического болотоведения позволяют с

помощью одного среза исследований дать оценку не только структуры болотного массива, но и процессов в нем протекающих.

В данной работе предлагается подойти к выявлению морфологической структуры торфяных почв в пределах болотных ландшафтов с помощью набора актуальных методик – использование количественных характеристик изменения ландшафта, ландшафтных метрик, рассчитанных на основе математической морфологии ландшафта, георадарного профилирования, дешифрирования и сверточных нейронных сетей.

### **Материалы и методы**

Болотные массивы и системы региона имеют различный масштаб, и разное характерное пространство для выявления своих основных характеристик. Таким образом, при региональной оценке необходимо выделить набор ключевых систем, результаты изучения которых можно использовать как базу для экстраполяции полученных характеристик на весь регион. При этом ключевые системы не должны быть слишком простые, иначе при экстраполяции на действительно обширные болотные системы региона неизбежны ошибки, связанные с масштабированием изучаемых процессов.

Изучение морфологической структуры торфяных почв ключевых систем производится максимально подробно, в том числе, с помощью бурения и послойного описания торфа. Распространение проведенных измерений на региональный уровень производится на основе семислойных сверточных нейронных сетей.

Для выявления морфологической структуры ключевых болотных систем используется следующий набор методов: георадарное профилирование (Владов, Старовойтов, 2005; X. Comas et al., 2008 и др.), с последующей интерпретацией и выделением основных типов торфа, заверочное бурение, геоботаническое описание, индикационное дешифрирование космических снимков высокого

разрешения, автоматизированное дешифрирование космических снимков среднего разрешения.

На основе результатов работы приведенных методов анализа производится обучение нейронной сети. Для изучаемой территории набор, полученный для обучения, составил 8600 образцов структуры торфяных почв.

Было установлено, что наибольшим весом обладают следующие независимые факторы, получение которых возможно: результаты преобразования всех оптических каналов летнего космического снимка Sentinel 2 методом главных компонент; контура основных болотных микроландшафтов, выделенных на основе индикационного дешифрирования; рельеф болотного массива; расстояние от нулевой отметки мощности торфа.

### **Роль математической морфологии ландшафта**

Математическая морфология ландшафта в настоящее время дает хорошую базу для изучения природных систем сформированных органическим набором природных процессов. В основе математической морфологии лежит набор вероятностных методов, которые позволяют описывать и предсказывать поведение таких систем (Викторов, 2006).

Грядово-мочажинные (их производные бугристые, грядово-озерковые, грядово-топяные и др.) комплексы занимают особое место в пределах болотного массива. Они занимают центральные и склоновые позиции и их характеристики позволяют делать выводы о процессах идущих в болотном массиве и в том числе торфяных почвах, слагающих массив. В первую очередь это касается гидрологических процессов, а также процессов накопления или потере торфа.

Грядово-мочажинные (ГМ) участки находятся в глубоких областях болотного массива, обладающих наиболее развитой вертикальной структурой почвы. Эти участки труднее всего поддаются точной экстраполяции. Поэтому использование для них дополнительного моделирования наиболее оправдано.

ГМ структура представляется как ансамбль элементарных и изогнутых частей пересекающихся гряд (Орлов и др., 2016). Элементарные секции гряд разделены мочажинами со сфагновым или открытым торфяным покровом. Пересечения гряд рассматриваются как особые точки, описывающие рисунок.

Были проанализированы некоторые параметры: площадь мочажин имеет логнормальное распределение для всех выделенных рисунков, пересечения гряд расположены в соответствии с распределением Пуассона. Параметры распределений были также использованы при обучении нейронной сети.

### **Результаты и выводы**

Была проведена апробация подхода на участке Вепсовской возвышенности.

Для Вепсовской возвышенности характерно преимущественное развитие ковровых сфагновых болот с широким распространением грядово-мочажинных участков. Встречаются приозерные топи и топи центральных частей. Отдельно стоит выделить аапа подобные комплексы, с осоковыми ассоциациями в мочажинах.

Верховые болотные массивы, в большинстве своем, включают торфяные почвы с торфом слабой степени разложения с включением остатков растительности. Аапа комплексы на грядах включают торфяные почвы верхового типа, в мочажинах в верхней части почвенного профиля почвы верхового типа, в нижних частях хорошо разложившиеся осоковые торфа.

Разработанный подход на основе сделанных полевых исследований репрезентативен для 147 болотных массивов, общей площадью 444 км<sup>2</sup>. Максимальная мощность торфа составила 7,2 м, средняя 2,7 м, объем торфа 1,46 км<sup>3</sup>.

*Работа проведена при поддержке грантов РФФИ № 17-04-01749, № 18-05-00723.*

### **Список литературы**

1. *Викторов А. С.* Основные проблемы математической морфологии ландшафта; Российская акад. наук, Ин-т геоэкологии. - Москва : Наука, 2006 (СПб. : Типография "Наука"). – 251 с.
2. *Владов М.Л., Старовойтов А.В.* Введение в георадиолокацию. Учебное пособие. - М.: Издательство Московского университета, 2005.
3. *Орлов Т.В., Садков С.А., Зверев А.В., Викторов А.С., Калашиников А.Ю., Заров Е.А., Филиппов И.В.* Использование георадарных и дистанционных методов и математического моделирования при изучении торфяных отложений для решения геоэкологических задач. / Сборник: Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. Материалы юбилейной конференции, посвященной 25-летию образования ИГЭ РАН Ответственный редактор В.И. Осипов. 2016. С. 679-683.
4. *Comas X, Slater L, Reeve A.* Seasonal geophysical monitoring of biogenic gases in a northern peatland: implications for temporal and spatial variability in free phase gas production rates. *Journal of Geophysical Research* 113, G01012, 2008.

УДК 631.4

## ЦИФРОВАЯ ФИТОИНДИКАЦИЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА СЕВЕРА КАЛМЫКИИ

**К.О. Прокопьева<sup>1</sup>, М.В. Конюшкова<sup>1,2</sup>, Н.М. Новикова<sup>3</sup>, У.Ю. Улюмджиев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

<sup>2</sup>*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

<sup>3</sup>*Институт водных проблем РАН, Москва*

[prokopyeva@ecfs.msu.ru](mailto:prokopyeva@ecfs.msu.ru)

На ключевом участке в Калмыкии, расположенном на северо-западе Прикаспийской низменности, были проведены детальные почвенно-геоботанические исследования для выяснения статистических связей между видами растительности и уровнем засоленности почв. Вдоль трансекты длиной 64 м с шагом 1 м был определен видовой состав растительного покрова, а также измерена засоленность почв (ЕС<sub>1:5</sub> и аNa) в образцах с глубин 0-2, 2-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70, 80-100 см. На основе полученных данных были определены численные границы засоленности (квартили) для 16 видов растений по трем слоям (0-30, 0-50, 0-100 см). По отношению к засоленности растения объединяются в три группы: (1) встречающиеся только на незасоленных почвах; (2) тяготеющие к незасоленным почвам, но встречающиеся также и на засоленных почвах; (3) тяготеющие к засоленным почвам и очень редко встречающиеся на незасоленных почвах.

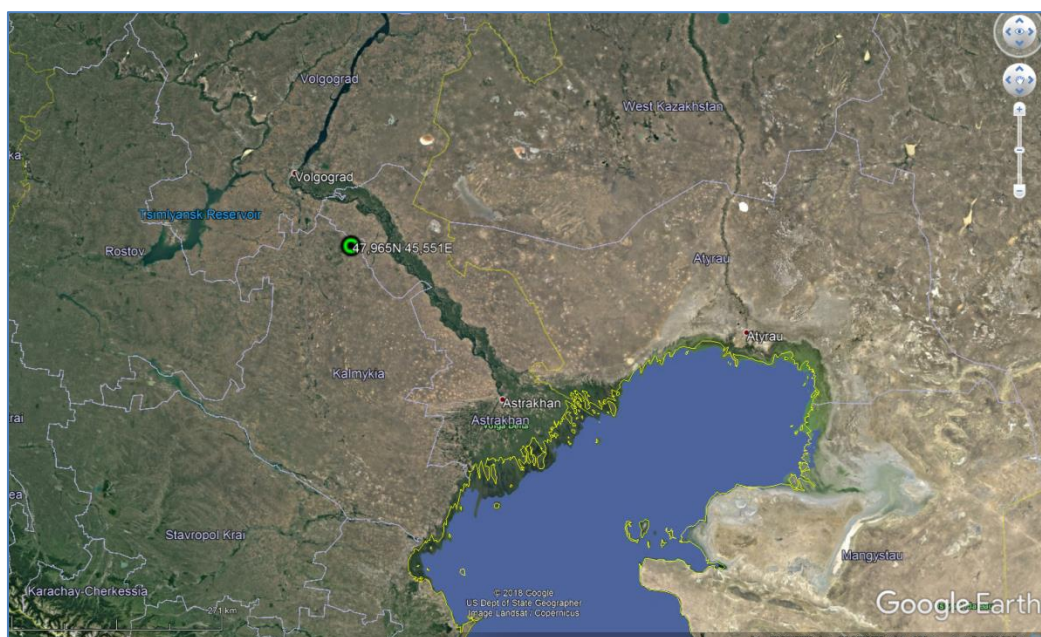
*Ключевые слова:* Прикаспийская низменность, солонцовые комплексы, засоление почв, растительность



**Введение.** Растительность часто используется в качестве фитоиндикатора засоленности почвы (Викторов, Чекишев, 1990), однако фитоиндикация часто носит качественный характер в отношении индицируемого показателя. Цель настоящей работы – выяснить численные придержки засоленности почв солонцового комплекса в зависимости от присутствия видов растительности, характерных для изучаемой территории.

**Материалы и методы.** Ключевой участок был заложен на целинной территории в пределах Прикаспийской низменности (Доскач, 1979), в районе пос. Ики-Манлан (Калмыкия), координаты 47,965°с.ш., 45,551°в.д., абсолютная высота 8 м над уровнем моря (рисунок 1). Территория ключевого участка находится в зоне светло-каштановых почв в комплексе с солонцами, долевое участие последних составляет 25-50% и более (Хитров и др., 2003).

Полевые работы выполнялись в апреле-мае 2010 и 2011 гг. и заключались в детальном почвенном опробовании и исследовании растительного покрова. На трансекте длиной 64 м в пределах каждого метра (на площадке 0.5x0.5 м) были выполнены геоботанические описания. На каждом метре трансекты бурились скважины глубиной 1-2 м и были послойно (0-2, 2-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70, 80-100 см) отобраны образцы. В общей сложности количество образцов из скважин составило 551 почвенный образец. Границы почвенных ареалов на трансекте определялись с помощью прикопок.



*Рисунок 1 – Расположение ключевого участка.*

Во всех образцах в трехкратной повторности было проведено измерение показателя  $pNa$  с помощью стеклянного электрода. Измерение проводилось в водной суспензии 1:5. Также во всех образцах были проведены измерения удельной электропроводности ( $EC_{1:5}$ ) с помощью кондуктометра HI98304 DiST 4 в водных суспензиях 1:5 после оседания твердого остатка.

Интерполяционные карты свойств (распределение показателя  $aNa$  вдоль трансекты, удельной электропроводности) были построены на основе метода обратных взвешенных расстояний в программном обеспечении ArcMap.

Статистические характеристики засоленности почв под различными видами растительности по слоям были посчитаны в пакете Statistica.

**Результаты и обсуждение.** На трансекте были встречены следующие разновидности почв: лугово-каштановые (Кл), светло-каштановые несолонцеватые (К1), светло-каштановые солонцеватые (К1сн), солонцы корковые (Сн0 – надсолонцовый горизонт мощностью 0-5 см), мелкие (Сн1 – 5-10 см), средние (Сн2 – 10-15 см), глубокие (Сн3 – надсолонцовый горизонт более 15 см), почвы сусликовин (Снсусл). Наиболее распространены из них светло-каштановые солонцеватые почвы, солонцы мелкие и светло-каштановые

несолонцеватые почвы. Общий процент всех разновидностей солонцов - 47%, светло-каштановых почв (солонцеватых и несолонцеватых) – 45%, на лугово-каштановые приходится всего 8%. Разновидности почв характеризуются определенным диапазоном засоленности (рисунок 2). Высокая засоленность характерна для солонцов корковых, мелких и почв сусликовин. Наименьшая засоленность характерна для лугово-каштановых и светло-каштановых почв микропонижений.

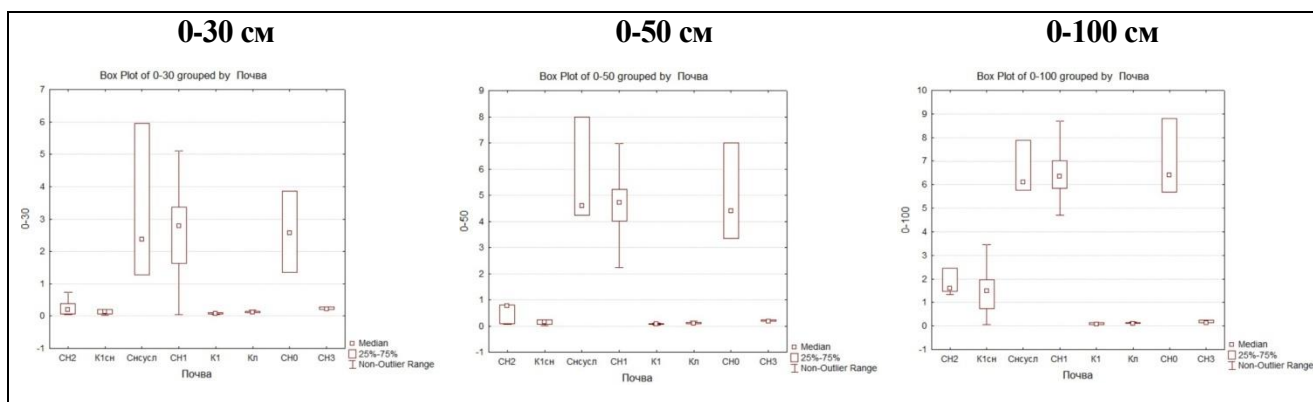


Рисунок 2 – Боксплоты засоления (aNa) разновидностей почв в слое 0-30, 0-50, 0-100 см.

На рассматриваемой трансекте встречаются все варианты засоленных почв, начиная от поверхностно-засоленных и заканчивая глубоко- и потенциально засоленными (рисунок 3). Карты засоленности вдоль трансекты, составленные по показателю aNa и электропроводности, очень схожи между собой. Коэффициент корреляции высокий ( $r=0,94$ ). Наиболее высокие значения электропроводности характерны для солонцов (до 5 дСм/м), низкие – для лугово-каштановых почв (до 2 дСм/м).

Для каждого вида растения характерен свой диапазон засоления, в пределах которого он был встречен на изученной трансекте. На трансекте преобладали следующие 16 видов растений (с частотой встречаемости  $N>5$ ): *Stipa capillata*, *Tanacetum achilleifolium*, *Festuca valesiaca*, *Limonium caspium*, *Anisantha tectorum*, *Anabasis aphylla*, *Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa*, *Parmelia*, *Polygonum aviculare*, *Bassia sedoides*, *Artemisia austriaca*, *Leymus ramosum*, *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*, *Salsola laricina*.

На основе подсчетов разброса значений засоления для каждого вида растения было выделено три группы. Первая группа – *Stipa capillata*, *Tanacetum achilleifolium*, *Festuca valesiaca*, *Limonium caspium* – встретились только на незасоленных почвах: квартили ЕС в слое 0-30 см от 0,08 до 0,12 дСм/м, в слое 0-50 см от 0,09 до 0,23 дСм/м, в слое 0-100 см от 0,12 до 1,02 дСм/м; квартили аNa в слое 0-30 см от 0,08 до 0,17 смоль/кг, в слое 0-50 см от 0,07 до 0,77 смоль/кг, в слое 0-100 см от 0,09 до 2,95 смоль/кг. Вторая группа – *Anisantha tectorum*, *Anabasis aphylla*, *Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa* – тяготеют к незасоленным почвам (медиана расположена в зоне незасоленных почв), но встречаются также и на засоленных почвах: квартили ЕС в слое 0-30 см 0,08 до 0,59 дСм/м, в слое 0-50 см от 0,09 до 1,33 дСм/м, в слое 0-100 см от 0,15 до 2,14 дСм/м; квартили аNa в слое 0-30 см от 0,06 до 2,38 смоль/кг, в слое 0-50 см от 0,08 до 4,64 смоль/кг, в слое 0-100 см от 0,38 до 6,69 смоль/кг. Третья группа – *Parmelia*, *Polygonum aviculare*, *Bassia sedoides*, *Artemisia austriaca*, *Leymus ramosum*, *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*, *Salsola laricina* – тяготеют к засоленным почвам (медиана расположена в зоне засоленных почв) и очень редко встречаются на незасоленных почвах: квартили ЕС в слое 30 см 0,08 до 1,11 дСм/м, в слое 50 см от 0,08 до 1,97 дСм/м, в слое 100 см от 0,10 до 2,68 дСм/м; квартили аNa в слое 0-30 см от 0,11 до 1,72 смоль/кг, в слое 0-50 см от 0,10 до 5,11 смоль/кг, в слое 0-100 см от 0,08 до 7,01 смоль/кг.

**Заключение.** В изученном солонцовом комплексе были определены численные границы засоленности (квартили) для 16 видов растений по трем слоям (0-30, 0-50, 0-100 см). Были выделены три группы растений по отношению к засоленности.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-55-560006 «Почвенный покров морских равнин Прикаспийского региона: первичная дифференциация и эволюция».

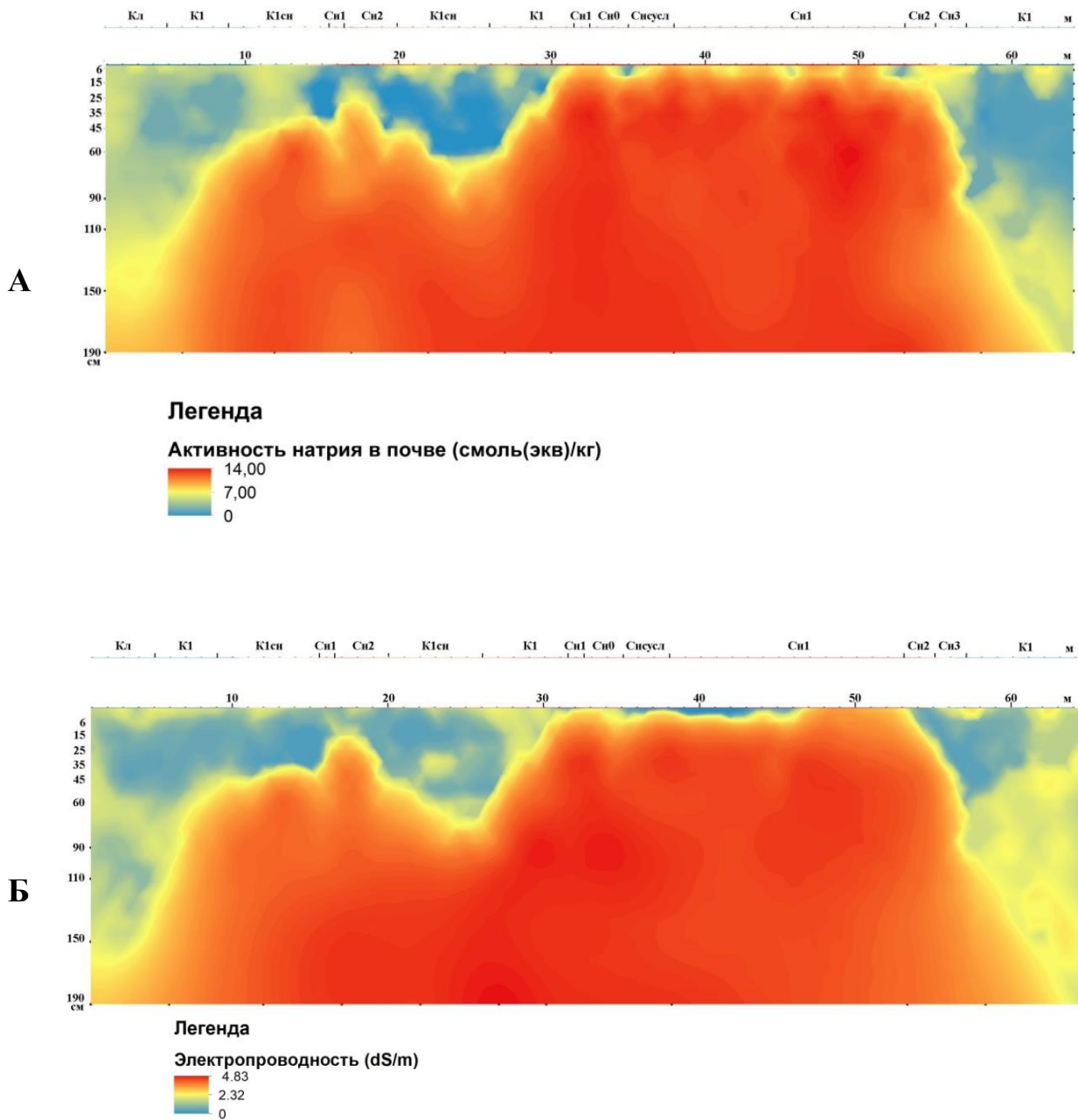


Рисунок 3 – Профильное распределение засоленности почв вдоль трансекты, согласно показателю  $aNa$  (А) и  $EC1:5$  (Б).

### Список литературы

1. Викторов С.В., Чекишев А.Г. Ландшафтная индикация и ее практическое применение. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 196 с.
2. Доскач А.Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука, 1979. 142 с.

3. *Хитров Н.Б., Рухович Д.И., Калинина Н.В., Новикова А.Ф., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* Электронная версия карты засоления почв масштаба 1:2.5 млн. М: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 2003.

УДК 631.4

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ: ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ**

**Е.Ю. Прудникова, И.Ю. Савин, Г.В. Виндекер, П.Г. Грубина,**

**Д.В. Шарычев, В.Н. Щепотьев, Ю.И. Вернюк**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[prudnikova\\_eyu@esoil.ru](mailto:prudnikova_eyu@esoil.ru)

В докладе рассматриваются основные возможности детектирования свойств пахотных почв по данным дистанционного зондирования. Отдельное внимание уделяется существующим проблемам использования дистанционных данных при картографировании свойств пахотных почв и способам решения данных проблем.  
*Ключевые слова:* спектральная отражательная способность, пахотные почвы, данные дистанционного зондирования

Оперативная и точная информация об отдельных свойствах пахотных почв (особенно свойств пахотного горизонта и корнеобитаемой толщи) необходима как при традиционных системах земледелия, так и при внедрении точных систем. Основными источниками информации о свойствах пахотных почв в нашей стране чаще всего выступают традиционные почвенные карты или данные Агрохимической службы, которые не дают корректного представления, о том, как многие свойства почв изменяются в пространстве (Савин, 2016).

В то же время данные дистанционного зондирования могут выступать альтернативным источником актуальной и оперативной информации о пространственном варьировании свойств пахотных почв.

Автоматизированное детектирование свойств пахотных почв по дистанционным данным подразумевает установление связей между свойствами

почв и их спектральной отражательной способностью. Для этого применяются различные методы моделирования, начиная от самых простых (регрессия) до методов машинного обучения (метод опорных векторов). Многочисленные исследования показывают, что для многих свойств почв можно получить модели с достаточно высокой предсказательной способностью (Rossel et al., 2006; Mulder et al., 2011; Прудникова и Савин, 2017; Chabrilat et al., 2019). Но, как правило, качество подобных моделей не очень высоко, и они носят региональный характер, что сильно ограничивает их применимость на больших территориях и оперативность получения данных.

Во многих случаях это связано с тем, что открытая поверхность пахотных почв динамична в течение сезона вегетации и даже суток, а предсказательные модели свойств почв строятся в подавляющем большинстве случаев на основе лабораторных измерений спектральной отражательной способности образцов, причем предварительно подготовленных для анализа (высушивание, растирание). Получаемые таким образом модели часто имеют высокие показатели качества и вполне успешно могут выступать более эффективной альтернативой традиционным лабораторным методам анализа. Но попытки их использования в качестве основы для построения алгоритмов автоматизированного детектирования свойств почв по данным дистанционного зондирования приводят к недостоверным данным.

Несоответствие зависимостей, полученных для растертых образцов, реальной ситуации в поле связано с влиянием состояния поверхности почвы в момент съемки. Обычно исследователи признают влияние двух факторов: влажности и шероховатости поверхности почвы. Однако в результате трансформации открытой поверхности почв под воздействием атмосферных условий (выпадающие осадки, ветер) изменяется минералогический и гранулометрический состав, содержание органического вещества в

поверхностном слое почв (Biielders and Baveye, 1995; Ben-Dor et al., 2003; Виндекер и др., 2018).

Для решения проблемы учета динамичности состояния поверхности пахотных почв при детектировании их свойств по данным дистанционного зондирования необходимо изучение специфики ее трансформации в зависимости от свойств почв, степени их деградированности, а также вклада отдельных элементов поверхности (корки, трещин, «присыпки») в ее спектральное отражение. Подобные исследования позволят установить наиболее информативные длины волн, на основе которых можно будет детектировать долю отдельных элементов поверхности и/или их совместное влияние на ее спектральную отражательную способность и, таким образом, смоделировать и учесть при разработке алгоритмов автоматизированного дешифрирования ее динамику и специфику.

При применении моделей, отражающих связь между конкретным свойством пахотных почв и их спектральной отражательной способностью, измеренной в поле, для создания карт почвенных свойств по дистанционным данным, полученным с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутников, дополнительно вмешиваются такие факторы, как пространственная и спектральная генерализация дистанционных данных, а также влияние атмосферы. До определенной степени эти факторы можно контролировать подбором дистанционных данных необходимого пространственного и спектрального разрешения и проведением их атмосферной коррекции или калибровки по наземным данным.

Другой важной проблемой, ограничивающей возможности дистанционного автоматизированного дешифрирования отдельных свойств почв, является маскирующее влияние растительности (культурной и сорной) (Кириянова Е.Ю., Савин И.Ю., 2013; Савин и др., 2017). Несмотря на то, что отражательные свойства почв оказывают значимое влияние на отражательные свойства посевов



практически во все фазы их развития (Prudnikova et al., 2019), особенности их влияния для разных культур и на разных почвах до сих пор мало изучены.

Без активизации исследований в обозначенных выше направлениях создание надежных алгоритмов детектирования отдельных свойств почв по данным дистанционного зондирования вряд ли будет возможно.

*Доклад подготовлен при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-016-00052.*

### Список литературы

1. Виндекер Г.В., Прудникова Е.Ю., Савин И.Ю. Трансформация открытой поверхности почв под воздействием осадков в модельном эксперименте // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018. № 95. С. 23-40.
2. Кирьянова Е.Ю., Савин И.Ю. Неоднородности посевов, определяемые по спутниковым данным MODIS, как индикатор контрастности почвенного покрова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 3. С. 6.
3. Прудникова Е.Ю., Савин И.Ю. Возможности картографирования отдельных свойств почв по данным дистанционного зондирования // В сборнике: Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов. Сборник докладов Второй Всероссийской открытой конференции с международным участием. 2017. С. 15-19.
4. Савин И.Ю. Классификация почв и земледелие // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016. № 84. С. 3-9.
5. Савин И.Ю., Докукин П.А., Вернюк Ю.И., Жоголев А.В. О влиянии засоренности на NDVI посевов ярового ячменя, определяемый по спутниковым данным MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 185-195.
6. Ben-Dor E., Goldshleger N., Benyamini Y., Agassi M. R., Blumberg. D. G. The spectral reflectance properties of soil structural crusts in the 1.2-to 2.5- $\mu$ m spectral region // Soil Science Society of America Journal. 2003. Vol. 67. No. 1. P. 289-299.
7. Bielders C. L., Baveye P. Processes of structural crust formation on coarse-textured soils // European Journal of Soil Science. 1995. Vol. 46. No. 2. P. 221-232.
8. Chabrillat S., Ben-Dor E., Cierniewski J., Gomez C., Schmid T., Van Wesemael B. Imaging spectroscopy for soil mapping and monitoring // Surveys in Geophysics. 2019. Vol. 40. № 3. P. 361-399.
9. Rossel V.R.A., Walvoort D.J.J., McBratney A.B., Janik L.J., Skjemstad J.O. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties // Geoderma. 2006. Vol. 131. P. 59-75.
10. Mulder V.L., de Bruin S., Schaepman M.E., Mayr T.R. The use of remote sensing in soil and terrain mapping – A review // Geoderma. 2011. Vol. 162. P. 1-19.
11. Prudnikova E.Yu., Savin I.Yu., Vindeker G.V., Grubina P.G., Shishkonakova E.A., Sharychev D.V. Influence of soil background on spectral reflectance of winter wheat crop canopy // Remote Sensing. 2019. Т. 11. № 16. С. 1932.

## О ЦИФРОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

**В.А. Рожков**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[rva39@mail.ru](mailto:rva39@mail.ru)

Важнейшими проблемами мирового почвоведения являются классификации почв, считающиеся философией и языком науки. Однако существующие разнообразные структуры, описывающие национальные и международные множества почв, строго говоря, не являются классификациями. Это не более чем списки почвенных названий, расположенных в некотором порядке: по природными зонами, растительности, сериям и др. Дальнейшее исследование таких структур направлено на поиск новых почв, дополнительных показателей, и уточнение интервалов их значений. Не используются необходимые положения научной концепции классификаций: показателей сходства - различий почв, оценок информативности признаков, критериев качества и сравнения классификаций, формальных правил распознавания новых почв и др.

Списки почв следует рассматривать как исходный материал для создания настоящих классификаций. Такие списки совершенно необходимы для представления о реальном разнообразии почвенных профилей и учета мнений разных ученых и практиков, определения почвенных признаков для последующего формирования требуемых атрибутов формализованных классификаций.

В докладе представлен алгоритм (мета-алгоритм) построения формализованной классификации почв как завершение традиционных построений. Программное обеспечение мета-алгоритма включает программные модули, апробированные в течение многолетнего использования в решении реальных задач. Обеспечено создание иерархической и ординатной таксономической классификаций на основе классов эквивалентности. Предложены оценки информативности признаков, формализованы расчеты сходства-различия объектов и классов, взвешенного парно-группового критерия группировки по принципу «ближайшего соседа». Впервые использованы критерии качества классификаций и сравнения их между собой. Распознавание новых почв осуществляется дискриминантным анализом и/или по сходству их описаний с установленными объектами.

*Ключевые слова:* структура понятия классификации, информативность почвенных признаков, оценка качества и сравнения классификаций, распознавание почв.

Существующие почвенные классификации от Н.М. Сибирцева (1898, цит. по изд. 1914) и К.Д. Глинки (1908) до Классификация и диагностика... (1977; 2004), Указания по классификации..., вып. I-V (1967), Почвоведение (1988) и

Soil Taxonomy (Ключи к таксономии почв, 1997) представляют собой скорее произвольные схемы, списки почв по природным зонам, сериям, комбинациям факторов и/или почвенных признаков. Иначе говоря, это исходный материал для построения классификации. Необходимо сформулировать ее концепцию, цель, отобрать соответствующие информативные признаки почв, выбрать критерии качества и сравнения строящихся классификаций, сформулировать правила распознавания новых почв. Методы численной классификации (многомерной статистики и кластер-анализа) позволяют решить эти задачи. Результатом их применения станет «цифровая» классификация почв. И речь идет о привлечении необходимых математических методов и алгоритмов, необходимых для всех этапов этой работы.

В современной классиологии сформировалось представление о двойственности понятия *классификации* (Мейн, 1977; Мейен, Шрейдер, 1976) в ней различают два аспекта: *таксономию* и *мерономию* (рисунок 1).

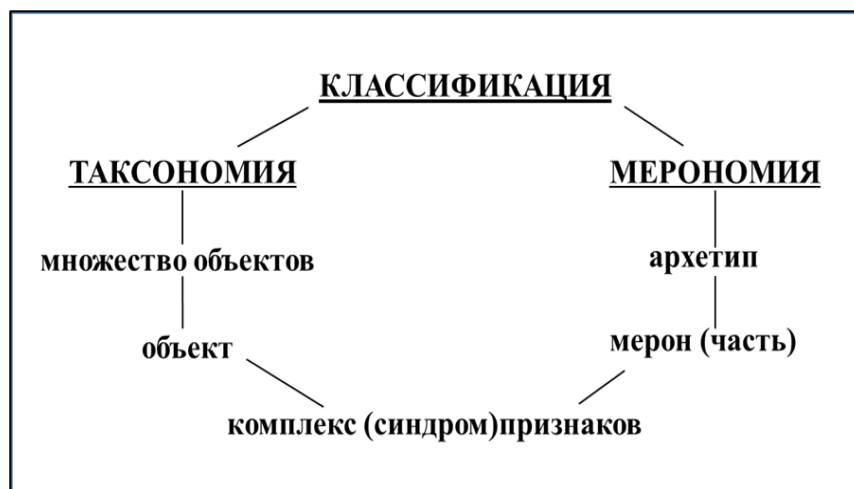


Рисунок 1 – Двойственность понятия классификации.

В своих публикациях С.В. Мейен (1977) объясняет, что в основе описания стратиграфии лежит не классификация как разбиение группы сходных объектов на подгруппы еще более похожих экземпляров, а расчленение единого гетерогенного геологического тела на более гомогенные части. Тем самым,

мерономия, как особая форма деятельности оказалась введенной в научную традицию и нашла в ней подобающее место (Мейен, Шрейдер, 1976).

Мерономия - членение объектов, позволяющее установить их сходство по идентичности частей (меронов) и структуру их устойчивых, характерных сочетаний (архетипа). Здесь важно, что отношение внутри архетипа - это отношение между частью и целым в объекте (мероны и архетип), а не между элементом и множеством. Таксон в естественной классификационной системе является классом объектов, обладающих общим архетипом. Существенный признак составляющий определенную часть самого объекта, называется мероном. Совокупность их для данного объекта, как представителя определенного класса, составляет архетип класса. Примерами архетипов можно назвать "оподзоленность", "болотность", "черноземность", "аллювиальность" почв и т.д. С архетипом "оподзоленность" связаны мероны, обозначающие, например, подзолистый горизонт. "Черноземность" включает темную окраску профиля, высокое содержание гуматного гумуса

*Таксономическая классификация* – это система непересекающихся классов или классов эквивалентности. В ней рассматриваются теоретико-множественные отношения таксонов и объектов. По характеру представления и визуализации она может быть иерархической или координатной.

Качество ординатных классификаций может оцениваться по 6 критериям. Наиболее распространенным из них является отношение среднего внутриклассового сходства объектов к межклассовому: чем оно больше, тем более четкое разделение объектов на классы. По такому критерию, что в классификация пойменных почв Г.В. Добровольского (1968) в большей степени согласуется с компьютерной, чем с классификацией В.И. Шрага (1969). На примере фрагментов Классификаций СССР (1977), США и ФАО предложено проводить оценку их совместимости. В пространстве 64 выбранных признаков построена дендрограмма сходства их почвенных таксонов, демонстрирующая

сходства структур классификаций. Классифицирование новых объектов по системе линейных дискриминантных функций осуществляется вычислением проекций по каждой и отнесением объекта к тому из классов, в который объект попадает чаще других (метод голосования). Классифицирование объектов может также производиться по среднему сходству со всеми объектами классов (голотип).

### Список литературы

1. *Глинка К.Д.* Почвоведение. С-Пб: Изд. А,Ф. Девриена. 1808. -590 с.
2. *Милль Джон Стюарт.* Система логики силлогистической и индуктивной: изложение принципов доказательства в связи с методами научного исследования. М.: ЛЕНАНД, 2011. -832 с.
3. *Милль Дж. Ст.* Система логики силлогистической и индуктивной. М.: Издание Г.А. Лемана, 1914. 880 с.
4. *Добровольский Г.В.* Почвы речных пойм центра Русской равнины. М: Изд-во МГУ,1968, - 295 с.
5. *Зольников В.Г.* Об основных методологических принципах генетической классификации почв // Почвоведение. 1955. № 11. С. 70-79.
6. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с
7. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
8. Ключи к таксономии почв. Небраска: Федеральный центр почв. съемки США. 1997. -410 с.
9. *Кожара В.Л.* Функции классификаций // Теория классификаций и анализ данных. Ч. I. Новосибирск, 1982. С. 5.
10. *Мейн С.В.* Таксономия и мерономия // Вопр. методол. в геологич. науках. Киев: Наукова думка, 1977. с. 25-33.
11. *Мейен С.В., Шрейдер Ю.А* Методологические аспекты теории классификации // Вопросы философии. 1976. № 12. С. 67-79.
12. Почвоведение. Ч.2. Типы почв, их география и использование /Богатырев Л.Г., Васильевская В.Д., Владыченский А.С. и др./ М.: Высш .шк., 1988. 368 с.
13. *Сибирцев Н.М.* Почвоведение. Изд. 3. С-Пб.: Типо-литограф. М.П. Фроловой. 1914. -504 с.
14. Указания по классификации и диагностике почв. Вып. 1-V. М.: Колос, 1967.
15. *Шраг. В.И.* Пойменные почвы, их мелиорация и сельскохозяйственное использование. М.: Россельхозиздат, 1969, 270 с.

## ОБНОВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МАСШТАБ 1:2.5 МЛН: ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ

**Н. В. Савицкая, Т.В. Ананко**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[nsav03.10@mail.ru](mailto:nsav03.10@mail.ru)

В рамках обновления содержания почвенной карты РФ семь единиц легенды пойменных почв (из 205) переводятся по ранее разработанной методике в номенклатуру классификации почв России, одновременно с корректировкой содержания картографических единиц – полигонов. Для адекватного отражения типичных для пойм локальных (по элементам поймы) и зональных особенностей почвенного покрова в базу данных вводятся дополнительные почвы, отсутствующие на исходной карте. Как и для внепойменных полигонов, в БД добавлены агро- и урбо-почвы.

*Ключевые слова:* база данных, поймы, классификация почв России

Почвенная карта РСФСР М. 1:2,5 млн. (ПКРФ, 1988), созданная в Почвенном институте им. В.В. Докучаева под руководством В.М. Фридланда, отразила все достижения отечественного почвоведения, накопленные к тому периоду. Однако материалы для ее составления собирались преимущественно в 50-60-е годы прошлого столетия. Востребованность карты в настоящее время диктует необходимость ее обновления. На базе ПКРФ создается цифровая Почвенная карта с обновленным содержанием и откорректированной контурной частью. Программа обновления включает перевод почвенных единиц карты в номенклатуру Классификации почв России (КПР, 2004, 2008) на основе целенаправленного анализа свойств почв, приведенных в Программе карты (1972) и региональных источниках (Афанасьева, 1986; Добровольский, 2005; Гынинова, 2012 и многие другие). Уточняется состав полигонов базы данных (БД) оцифрованного слоя карты, введение в него сопутствующих природных почв, агрогенных и городских, предусмотренных КПР и предлагаемых в соответствующих публикациях. Уточняется гранулометрический состав рыхлых

почвообразующих пород и минералого-петрографический состав плотных пород.

В данной работе рассматриваются вопросы обновления группы пойменных почв. Пойменные почвы на ПКРФ представлены 7 единицами легенды. В общей сложности выделено 713 полигонов пойменных почв (таблица 1). В результате взаимного влияния различных факторов пойменного почвообразования в поймах рек имеет место большое разнообразие почв, как в пределах поперечника поймы, так и на протяжении всей реки. На ПКРФ единицы легенды пойменных почв характеризуют максимально обобщенный образ почв для широкого диапазона биоклиматических условий, что затрудняет их перевод в КТР. В большинстве полигонов нет сопутствующих почв, что еще больше снижает информативность отражения пойменных почв на карте.

Вместе с тем, анализ ареалов пойменных почв подтвердил их определенную географическую локализацию на ПКРФ: "пойменные кислые" выделены преимущественно в тундровой и таежной зонах, "пойменные нейтральные" характерны для зоны черноземов, "пойменные засоленные" и "пойменные карбонатные" преобладают в зонах сухих степей и полупустынь с каштановыми и бурыми аридными почвами. Поэтому, при переводе в КТР учитывались функциональные связи пойменных почв с окружающими их зональными почвами.

Таблица 1 – Перевод пойменных почв легенды ПКРФ на обновленную карту

Пойменные почвы в легенде ПКРФ	Перевод в номенклатуру КТР	Сопутствующие почвы в полигонах единиц легенды	Аллювиальные агропочвы
А – Пойменные кислые (294)*	Аллювиальные серогумусовые (дерновые)	Аллювиальные серогумусовые глееватые, глеевые, оподзоленные; перегнойно- и торфяно-глеевые; аллювиальные слоистые	Аллювиальные агрогумусовые, включая глееватые, агрогумусовые окисленно-глеевые, агроторфяно-минеральные окисленно-глеевые (88)

А <sup>н</sup> Пойменные слабокислые и нейтральные (121*)	Аллювиальные темногумусовые	Аллювиальные темногумусовые глееватые, квазиглееватые, солонцеватые и засоленные, слитизированные; перегнойно-глеевые и квазиглеевые	Аллювиальные агротемногумусовые, включая глееватые, квазиглееватые, солонцеватые, засоленные и слитизированные (71)
А <sup>к</sup> Пойменные карбонатные (2*)	Аллювиальные темно- и светло- гумусовые карбонатные	Аллювиальные темногумусовые квазиглееватые, засоленные, солонцеватые, перегнойно- квазиглеевые	Аллювиальные агрогумусовые (1)
А <sup>ск</sup> Пойменные засоленные (17*)	Аллювиальные темно-и-светло- гумусовые засоленные	Аллювиальные темно- (светло-) гумусовые квазиглееватые и квазиглеевые засоленные и солонцеватые; перегнойно- квазиглеевые засоленные и солонцеватые	Аллювиальные агрогумусовые засоленные (15)
А <sup>сл</sup> Пойменные слитые (2*)	Аллювиальные темногумусовые слитые	Аллювиальные темногумусовые квазиглееватые, засоленные и солонцеватые	Аллювиальные агрослитые (1)
А <sup>т</sup> Пойменные заболоченны е (239*)	Аллювиальные перегнойно- и торфяно-глеевые	Аллювиальные гумусовые глеевые, глееватые, солонцеватые и солончаковатые; квазиглеевые солонцеватые и засоленные	Аллювиальные агроторфяно- минеральные- окисленно-глеевые (27)
Ал Пойменные луговые (40*)	Аллювиальные темногумусовые глееватые и глеевые	Аллювиальные темногумусовые; перегнойно - и торфяно- глеевые	Аллювиальные агротемногумусовые глееватые и окисленно- глеевые (16)

Примечание. 294\* - общее количество полигонов; 88 - количество полигонов с агропочвами.

Введение в БД сопутствующих почв в соответствии с биоклиматическими особенностями бассейна реки, размером и протяженностью контуров пойменных почв и составом аллювия, позволило подчеркнуть разнообразие почвенного покрова пойм конкретных природных зон. Результаты перевода пойменных почв в КПП и внесенные в БД сопутствующие компоненты приведены в таблице 1.



Пойменные кислые почвы соответствуют ряду аллювиальных почв с *серогумусовыми* горизонтами и различной степенью оглеения. Пойменные нейтральные переведены в *темногумусовые* на основании данных о содержании гумуса и окраске, с основными сопутствующими компонентами глееватых, квазиглееватых, солонцеватых, засоленных и слитизированных почв. Пойменные карбонатные почвы представлены всего 2-мя полигонами, что вызывает сомнение; переведены в аллювиальные *светлогумусовые карбонатные* в зоне сухих степей юго-восточного Саяна и аллювиальные *темногумусовые* - на ЕТР. Пойменные засоленные, выделенные на юго-востоке ЕТР, переводятся в аллювиальные *темногумусовые засоленные*. Второй ареал этих почв – юго-восточное Забайкалье: общая аридность климата и свойства гумусовых горизонтов позволяют перевести их в аллювиальные *светлогумусовые засоленные* почвы, которых нет в КПр. Единица легенды - пойменные заболоченные - включает полуболотные и болотные почвы, поэтому переведена на обновленную карту как аллювиальные торфяно-глеевые с сопутствующими перегнойно-глеевыми почвами в гумидных областях, и перегнойно-глеевыми засоленными и омергеленными – в засушливых.

В таблице 1 представлены данные о количестве полигонов БД, в которых были дешифрованы пашни (Савин и др., 2018). При переводе аллювиальных почв в их агро-аналоги учитывался характер гумусовых горизонтов, степень оглеения, осушение и орошение. Агрогумусовые аллювиальные почвы, включающие глееватые и окисленно-глеевые, введены в содержание 30% полигонов, причем площадь пашни составляет в них от 10-15% до 30-50%. Аллювиальные агротемногумусовые, включая глееватые, квазиглееватые, засоленные и солонцеватые часто преобладают в полигонах, замещая естественные почвы. Десятая часть всех полигонов аллювиальных почв содержит городские почвы – урбоаллювиальные, урбостратоземы, экраноземы, занимающие не более 1-8% их площади и также введенные в БД.

## Список литературы

1. *Афанасьева Т.В.* Морфологическая характеристика долгопоемных почв гумидных ландшафтов // Почвоведение, 1986. № 5. с. 18-26.
2. *Гынинова А.Б., Шоба С.А., Балсанова Л.Д., Гынинова Б.Д.* Почвы дельты реки Селенги (генезис, география, геохимия). Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2012. 344 с.
3. *Добровольский Г.В.* Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: Изд-во МГУ, 2005. 293 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
5. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
6. Почвенная карта РСФСР М. 2,5 млн. под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988.
7. Программа Почвенной карты СССР в масштабе 1:2 500 000 под ред. В.М. Фридланда. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1972. 158 с.
8. *Савин И.Ю., Столбовой В.С., Аветян С.А., Шишконокова Е.А.* Карта распаханности почв России. Бюл. Почв. н-та им. В.В. Докучаева, 2018; (94):38-56. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-94-38-56>

УДК 631.459

### ЭРОЗИОННЫЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА: ГЕНЕЗИС И РАЗНООБРАЗИЕ КОМПОНЕНТОВ

**М.А. Смирнова<sup>1,2</sup>, А.П. Жидкин<sup>1,2</sup>, Н.И. Лозбенев<sup>1,2</sup>, Е.А. Заздравных<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

<sup>2</sup>*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

<sup>3</sup>*ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород*

[summerija@yandex.ru](mailto:summerija@yandex.ru)

Работа посвящена выявлению особенностей пространственной взаимосвязи компонентов эрозионных структур почвенного покрова (ЭСПП), т.е. структур, ведущим фактором формирования и эволюции которых являются эрозионные процессы. На основе 639 почвенных описаний, цифровой модели рельефа, традиционной почвенной карты и эрозионного моделирования (WATEM/SEDEM) построена карта ЭСПП пашни Прохоровского района Белгородской области (70 000 га). Показано, что при увеличении доли эродированных почв в составе почвенного покрова происходит уменьшение компонентов почвенных комбинации на фоне усложнения пространственного рисунка и увеличения дискретности контуров.

*Ключевые слова:* черноземы, WATEM/SEDEM, Белгородская область, цифровая почвенная картография

Работа направлена на развитие подходов В.М. Фридланда в части картографирования и анализа эрозионных структур почвенного покрова (ЭСПП), т.е. структур, ведущим фактором формирования и эволюции которых являются эрозионные процессы (Фридланд, Глазовская, 1979). Целью исследования явилось выявление особенностей пространственной взаимосвязи компонентов эрозионных структур почвенного покрова на примере пашни Прохоровского района Белгородской области (более 70000 га). Основными задачами выступили: (1) определение ведущих факторов формирования компонентов ЭСПП; (2) крупномасштабное картографирование ЭСПП с привлечением методов моделирования эрозионно-аккумулятивных процессов; (3) оценка почвенного разнообразия в пределах ЭСПП.

Прохоровский район Белгородской области расположен в юго-восточной части Среднерусской возвышенности. Климат умеренно континентальный с коэффициентом увлажнения равным 1 и среднегодовым количеством осадков в 558 мм. Рельеф представлен слабоволнистой возвышенной равниной с общим уклоном к югу, преобладает плакорный тип местности. Почвообразующими породами являются лёссовидные тяжелые и средние суглинки, встречаются легкоглинистые породы (Лукин, 2016). Возраст сельскохозяйственного освоения, в среднем, не превышает 200 лет. Обработка почв, в основном, проводится методом отвальной вспашки с оборотом пласта (Чендев, 2008).

Работа основана на данных полевого почвенного опробования (639 точек), цифровой модели рельефа (разрешение 20x20 м). Обработка данных проводилась в программах SAGA GIS и Statistica. Исследованные почвы представлены черноземами выщелоченными (234 точки), типичными (320 точек), оподзоленными (3 точки), солонцеватыми (16 точек), типичными карбонатными (32 точки) и остаточно-карбонатными (1 точка). На основании разницы между мощностью гумусового горизонта почвы местного водораздела и мощностью исследованной почвы выделено 4 градации (согласно

Методические...,1996): несмытые почвы (243 точек), слабосмытые (мощность гумусового горизонта на 1-20 см меньше, чем на водоразделе; 235 точек), среднесмытые (мощность гумусового горизонта на 20-40 см меньше; 157 точек), сильносмытые (мощность горизонта более чем на 40 см меньше; 4 точки).

В условиях однородности почвообразующих пород рельеф является ведущим фактором пространственной дифференциации почвенного покрова на локальном уровне (Фридланд, 1972). Методом линейного дискриминантного анализа были выявлены морфометрические параметры рельефа, обуславливающие пространственное варьирование почвенных тел. В качестве общего фактора выступает позиционный индекс (TPI) с размером окрестности 500 м для родов почв, и 3000 м для почв разной степени смытости. В качестве частных факторов, влияющих на пространственное варьирование почвенных родов, выявлены экспозиция склона и превышение над базисом эрозии; для степени эродированности почв – факторы, учитывающие уклон, длину склона и размер местного водораздела (индекс TWI, LS-фактор).

Полученные модели почвенно-ландшафтных связей на 65% описывают пространственное варьирование почв разной степени смытости и на 52% разнообразие родов почв. В силу недостаточной предсказательной способности последней модели, в качестве основы для составления карты элементарных структур ПП была использована традиционная почвенная карта. Карта ЭСПП получена путем наложения контурных частей карты элементарных структур ПП и карты эрозионных почвенных комбинаций (ПК).

Карта эрозионных ПК построена методом цифровой почвенной картографии с привлечением физико-математической модели WaTEM/SEDEM на основании оригинальной методики, связывающей расчетные темпы эрозии почв и степени смыва гумусового горизонта (Козлов и др. , 2019). Площадь неэродированных почв составила около 79%, слабо - 13%, средне- 7% и сильноэродированных почв – 1% пашни. Разнообразие компонентов ЭСПП

представлено сочетаниями-вариациями почв разной степени смытости: черноземов типичных и выщелоченных; черноземов типичных карбонатных и остаточно-карбонатных; черноземов типичных и выщелоченных с участием черноземов солонцеватых; черноземов типичных и выщелоченных с участием темно-серых лесных почв. В наибольшей степени эродированы черноземы остаточно-карбонатные (94%) и типично-карбонатные (65%). Отметим, что черноземы остаточно-карбонатные встречаются только в составе ЭСПП, в то время как остальные компоненты ПП могут присутствовать как в составе ЭСПП, так и в фоновых ПК, где доля эродированных почв менее 0.1.

Оценка разнообразия компонентов почвенного покрова была проведена на основании расчета индексов богатства, разнообразия Шеннона и Джини-Симпсона для контуров эрозионных ПК, наполненных содержанием почвенной карты (таблица 1).

При увеличении доли эродированных почв в составе ПК происходит уменьшение значений индекса богатства и увеличение значений индексов разнообразия.

*Таблица 1 – Эрозионные ПК и параметры почвенного разнообразия*

ПК с разной долей несмытых почв	Доля несмытых почв в составе ПК	Доля площади, от всего участка	Индекс		
			Шеннона	Джини-Симпсона	Богатства
1	> 0.9	0.79	0.83	0,51	9
2	0.75-0.9	0.13	1.05	0,58	9
3	0.5-0.75	0.07	1.15	0,62	8
4	< 0.5	0.01	1.14	0,63	6

Последние, в отличие от индекса богатства, одновременно учитывают количество выделенных на территории почвенных ареалов и равномерность их

распределения в пространстве, таким образом, характеризуя пространственный рисунок. Чем больше количество почвенных ареалов и чем ближе их размеры между собой, тем больше значения индексов. Наблюдаемое увеличение значений индексов разнообразия при уменьшении количества почвенных ареалов свидетельствует об увеличении степени выровненности размеров почвенных ареалов между собой и усложнении пространственного рисунка. Полученная особенность может свидетельствовать о существенной роли эрозионно-аккумулятивных процессов в формировании пространственного разнообразия компонентов почвенного покрова.

*Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-20011/18.*

### **Список литературы**

1. Козлов Д.Н., Жидкин А.П., Лозбенев Н.И. «Цифровое картографирование эрозионных структур почвенного покрова на основе имитационной модели смыва (северная лесостепь Среднерусской возвышенности) // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева, 2019 (в печати)
2. Лукин, С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области / С.В. Лукин. – Белгород: КОНСТАНТА, 2016. – 344 с.
3. Методические указания по составлению крупномасштабных карт эрозионно опасных земель для обоснования почвозащитных мер при внутрихозяйственном землеустройстве. — М., 1996. — 40 с.
4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 424 с.
5. Фридланд В.М., Глазовская М.А. Основные формы структур почвенного покрова Земли // Природа, 1979, №11, с. 61-69
6. Чендев, Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене / Ю.Г. Чендев. – М.: ГЕОС, 2008. – 212 с.

## АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ СПП ЛЕСНОЙ ЗОНЫ

Е.Ю. Сухачева, Б.Ф. Апарин

*ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-*

*Петербург*

[Lenasoil@mail.ru](mailto:Lenasoil@mail.ru)

Определены основные типы структур почвенного покрова (СПП) в антропогенно-преобразованных ландшафтах лесной зоны. Выделено 16 различных групп антропогенно-измененных и антропогенных СПП и дана их характеристика.

*Ключевые слова:* структура почвенного покрова, антропогенно-преобразованные ландшафты и почвы.

Исследование почвенного покрова (ПП) с позиций анализа его структуры имеет большое значение, как для познания закономерностей развития ПП, так и для решения современных задач рационального природопользования. В связи с увеличением масштабов и видов антропогенной нагрузки почвенный покров лесной зоны усложняется, в нем возрастает площадь, занимаемая антропогенно-трансформированными и антропогенными почвами, а также техногенными непочвенными образованиями (НПО). Большое число техногенных видов воздействия обуславливает и многовариантность форм трансформации СПП.

В лесной зоне преобладающими естественными СПП являются сложные сочетания, вариации и пятнистости, реже встречаются мозаики и ташеты. Для болотных ландшафтов характерны комплексы торфяных и торфяно-глеевых почв. Естественный ПП лесной зоны всегда является континуальным образованием, имеющим лишь физические разрывы (например, выходы горных пород, водные пространства), которые представляют собой, по выражению В.М. Фридланда, «частные случаи» (Фридланд, 1972). Из-за масштабов антропогенного воздействия физические разрывы в современном ПП стали широко распространенным явлением. Автомагистрали, железнодорожные пути,

дренажные каналы, насыпи, карьеры, строения. Деятельность человека затронула не только почвы, но и сложившиеся в течение сотен и тысяч лет межкомпонентные генетические связи, определяющие сущность СПП. При ослаблении или усилении связей между компонентами в той или иной степени изменяются параметрические характеристики СПП (форма, границы, контрастность, состав, сложность). Разрыв связей приводит к полной внутриландшафтной перестройке СПП. СПП перестает функционировать как система, разбиваясь на отдельные ареалы почв или несвязанные между собой почвенные комбинации.

В ландшафтах лесной зоны можно выделить две группы антропогенно-преобразованных СПП: антропогенно-измененные и антропогенные.

Под антропогенно-измененными СПП понимаются почвенные комбинации с частично или полностью нарушенными исторически сложившимися межкомпонентными связями. Вновь образующиеся связи формируют новые СПП в течение длительного времени. Характерной чертой таких СПП на начальной стадии является то, что, с одной стороны, межкомпонентные связи еще соответствуют определенным типам СПП в естественных ландшафтах, с другой стороны, компонентный состав, форма ЭПА и границы СПП кардинально отличаются от таковых в естественных условиях. Компонентный состав новых СПП состоит из разной степени трансформированных почв и на начальных стадиях формирования СПП не соответствует типу СПП по характеру связей. С течением времени это несоответствие минимизируется. В антропогенно-измененных СПП новые связи накладываются на естественные (при их сохранении), усложняя структуру СПП.

Анализ СПП антропогенно-преобразованных ландшафтов проведен на примере Ленинградской области – крупного агропромышленного региона. На территории области широко представлены как естественные типичные ландшафты лесной зоны, так и территории, находящиеся под различными



видами антропогенного воздействия. Ниже дана характеристика антропогенно-измененных СПП (таблица 1). Названия СПП (комплексы, пятнистости, ташеты, сочетания, мозаики) даны по характеру формирующихся новых связей, также указан рисунок внутренней организации СПП и наиболее значимые компоненты ПП.

Таблица 1 – Характеристика антропогенно-измененных СПП Ленинградской области

Группа СПП	Преобладающие почвенные комбинации	Компоненты почвенного покрова	Встречаемость на территории Ленинградской области
Лесозаготовительные	густо-полосчатые или веерообразные комплексы	естественные почвы, их турбированные, стратифицированные и абрадированные подтипы	Во всех лесных ландшафтах области.
Мелиоративно-лесные	регулярно-линейные комплексы	естественные гидроморфные почвы, их окисленно-глеевые подтипы, стратифицированные почвы, абраземы	На плоских слабодренированных равнинах на моренных валунных и безвалунных суглинках, ленточных глинах, реже двучленных отложениях.
Противопожарно-лесные	неупорядоченно-линейные комплексы	подбуры и подзолы, их турбированные, абрадированные и стратифицированные подтипы, абраземы	В сухих сосновых лесах камовых и озовых ландшафтов, на территориях с береговыми валами.
Рекреационно-лесные СПП	ташеты	Подбуры, подзолы, серогумусовые и дерново-подзолистые почвы, их абрадированные подтипы и почвы с переуплотненным горизонтом	В сухих сосновых и смешанных лесах по берегам рек, озер, акваторий Финского залива и Ладожского озера.
Поствоенные	сочетания	Естественные почвы, стратоземы	Оборонительные рубежи времен Великой Отечественной войны, приуроченные к возвышенным формам рельефа.
Агролесные	ташеты-мозаики, пятнистости	естественные почвы, агроестественные почвы, агроземы или постагрогенные почвами,	На территориях, где в естественном ПП преобладают мозаики.
Лесных питомников	густо-узколинейные комплексы	агроестественные почвы, их стратифицированные подтипы, агроземы	На хорошо дренированных участках с почвами легкого гранулометрического состава.
Агрогенные	пятнистости, сочетания	агроземы	В камовых и холмисто-моренных ландшафтах и на Ордовикском плато - на территориях, где в естественных условиях преобладают автоморфные почвенные разности.
Агромелиоративные	линейные пятнистости и комплексы,	агроземы окисленно-глеевые, стратифицированные агроземы, почвы «дренажных насыпок»	На плоских слабодренированных равнинах на двучленных

	линейные мозаики		отложениях, на моренных валунных и безвалунных суглинках.
Постагrogenные	ташеты по агролесным, агрогенным и агромелиоративным СПП	постагrogenные почвы	На территориях удаленных от населенных пунктов и дорог.
Рекреационно-парковые	комплексы, ташеты, мозаики	естественные почвы, их антропогенно-трансформированные подтипы агроземы, стратоземы, НПО	В исторических парках области.
Магистральные (линии электропередач, газонефтепроводы)	ташеты и комплексы	естественные почвы, их абрадируемые и стратифицированные подтипы, абраземы, НПО	Во всех ландшафтах области.

Почвенный покров на территории населенных пунктов, садоводств, карьеров и вдоль авто и железнодорожных магистралей кардинально отличается от СПП как естественных, так и антропогенно-измененных ландшафтов по составу и своей структурной организации (Апарин, 2014, Жоголев, 2014, Шестаков, 2014). Для таких территорий характерна дискретность почвенного покрова, компонентами которого являются антропогенные или значительно-преобразованные деятельностью человека естественные почвы, а также обязательно наличие непочвенных образований, являющихся причиной дискретности СПП. На территории области выделены четыре группы антропогенных СПП. (таблица 2). Для характеристики антропогенных СПП ранее были введены термины – почвенное урбанизированное пространство, урбопедокомбинации и технопедокомбинации (Апарин, 2014, Сухачева, 2019).

*Таблица 2 – Характеристика антропогенных СПП Ленинградской области*

Группы СПП	Преобладающие почвенные комбинации	Компоненты почвенного покрова	Встречаемость на территории Ленинградской области
Урбанизированные	урбопедокомбинации	антропогенно-трансформированные почвы, антропогенные почвы и НПО	Во всех ландшафтах области.
Агроурбанизированные (садоводства)	упорядоченно-ячеистые агроурбопедокомбинации	агроземы, стратифицированные, турбированные, абрадируемые и окисленно-глеевые агропочвы, интродуцированные	Основная масса расположена в радиусе 100 км от Санкт-Петербурга.

		почвы,	
Дорожные (СПП автомагистралей и железных дорог)	симметрично-линейные технопедокомбинации	антропогенно-измененные, антропогенные почвы и НПО	Во всех ландшафтах области.
СПП горнорудных карьеров	радиально-концентрические технопедокомбинации	Естественные и антропогенно-измененные почвы, абралиты, литостраты, петроземы, псаммоземы	Камовые ландшафты, выходы гранитов на Карельском перешейке, выходы габбро-норритов на побережье Онежского озера на северо-востоке области, Ордовикское плато.

*Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ №19-04-01184-А.*

### Список литературы

1. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 790–802.
2. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. Изд-во С.-Пб. ун-та, 2009. 266 с.
3. *Жоголев А.В., Савин И.Ю., Голосная А.О.,* Изменение площади нарушенных почв садово-дачных участков в Подмосковье, выявляемое по спутниковым данным Landsat // Науки о Земле. 2014. №1–2. С. 76–83.
4. *Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф.* Структура почвенного покрова антропогенно-измененных ландшафтов // Почвоведение. 2019. № 7. С. 1-15.
5. *Шестаков И.Е., Еремченко О.З., Филькин Т.Г.* Картографирование почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. 2014. № 1. С. 12.
6. *Фридланд В.М.* Структура почвенного покрова. М.:Мысль, 1972. 423 с.

УДК 638.47

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВ И ПОЧВЫ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ НА ОБНОВЛЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ РОССИИ МАСШТАБА 1:2.5 МЛН

**С. Ф. Хохлов**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[khohlov2000@mail.ru](mailto:khohlov2000@mail.ru)

Почвенный покров островов Курильской гряды мало изучен, а его отражение на почвенных картах следует классификации вулканических почв, разработанной по материалам исследований полуострова Камчатка. Исследования последних лет на трех островах Курильской гряды показали целесообразность внесения определенных изменений и дополнений в данную классификацию для более адекватного представления своеобразных вулканических почв Курильских островов. Представление единиц легенды Почвенной карты РСФСР масштаба 1:2.5 млн (1988) в концепции новой классификации почв России (2004, 2008)

подтвердило необходимость внесения в нее изменений в части, касающейся вулканических почв с их последующей апробацией и обновлением содержательной и контурной составляющих карты.

*Ключевые слова:* вулканические почвы, классификация почв, Курильские острова

На почвенной карте РСФСР масштаба 1 :2.5 млн (1988) острова Курильской гряды представлены исключительно вулканическими почвами (таблица 1). Среди них преобладают *вулканические сухоторфянистые* и *Вулканические охристые (включая оподзоленные)* почвы, занимающие примерно одинаковые площади (34 и 36% от общей площади островов, соответственно).

*Таблица 1 – Почвы Курильских островов на почвенной карте РСФСР м-ба 1:2.5 млн (1988)*

Почвы	Курильские острова		
	количество контуров	S, км <sup>2</sup>	S, %
Вулканические охристые, включая оподзоленные	17	4858	35,5
Вулканические сухоторфянистые	21	2383	33,8
Вулканические слоисто-охристые	4	1496	14,4
Вулканические слоисто-пепловые	27	1416	14,1
Вулканические торфянисто-перегнойные	1	218	2,1
Всего:	70	10371	100

Анализ карты показал, что вулканические сухоторфянистые почвы распространены в основном на островах северной части Курильской гряды и занимают преимущественно низкие террасы краевых частей островов. На юге эти почвы выделяются на вершинах вулканов и вулканогенных горных хребтов.

*Вулканические охристые (включая оподзоленные)*, напротив, преобладают на крупных островах в южной половине Курильской гряды, занимая низкие высоты вулканических построек и равнинные территории абразионно-

аккумулятивных и морских террас. На севере гряды они отмечены только на острове Парамушир и приурочены исключительно к высоким отметкам.

*Вулканические слоисто-охристые* отмечаются только на крупных островах Итуруп и Кунашир. Распространены в пределах вулканических построек – средневысотное холмогорье, исключая кратеры и крутые верхние участки склонов. Наибольшие площади отмечаются на острове Итуруп в северо-восточной и срединной частях. На Кунашире – в северо-восточной части.

*Вулканические слоисто-пепловые* выделены на всех островах в пределах вулканических конусов с кратерами и занимают небольшие площади. Территория мелких островов-вулканов отмечена единственным контуром.

*Вулканические торфянисто-перегнойные* почвы выделены в единственном контуре одним единственным контуром только на острове Кунашир. Эти почвы распространены на аккумулятивно-денудационных равнинах и плато.

В Программе карты (Фридланд и др., 1972) приводятся описания морфологического облика упоминаемых вулканических почв, однако все они сделаны на примере полуострова Камчатка. Опыт исследования и знание природы вулканических почв Камчатки были экстраполированы на острова Курильской гряды. Все горизонты почв из легенды Почвенной карты РСФСР 2.5 млн на территорию Курильских островов были охарактеризованы и диагностированы аппаратом «Классификации и диагностики почв России» (2004) и «Полевого определителя почв России» (2008), но не все почвы нашли отражение в данной системе. Так, вулканические сухоторфянистые и вулканические торфянисто-перегнойные почвы не могут быть отнесены к слаборазвитым почвам, как и к почвам отдела вулканических почв, поскольку диагностический охристый горизонт (горизонт VAN) у них часто отсутствует. По формуле профиля они скорее соответствуют почвам отдела органо-аккумулятивных почв, но, учитывая синлитогенную природу формирования

профиля, вернее будет пересмотреть и расширить диагностику отдела вулканических почв.

На сегодняшний день почвенный покров Курильских островов лишь частично изучен и имеются разрозненные литературные данные по островам Курильской гряды, что затрудняет верификацию содержания контурной части карты. Из картографических материалов по Курильским островам можно отметить Почвенную карту масштаба 1 : 500 000 в «Атласе Курильских островов» (2009). Эта карта создана на основе накопленных к тому времени литературных и картографических материалов, серии современных тематических карт (геологическая, рельефа, растительности), а также личного опыта авторов. Легенда к карте создана в концепции Классификации и диагностики почв России (2004, 2008); все 26 почвенных выделов, за исключением *сухоторфяных океанических* почв и *буроземов охристых*, отражены в данной классификации.

Однако, собственный опыт исследований почвенного покрова островов Итуруп (2019) Уруп (2019) на юге и острова Матуа (2017) в центральной части Курильской гряды показал, что имеющиеся классификационные решения не всегда адекватно отражают специфику почвенного покрова этих территорий, а ее представление на картах должно быть скорректировано. Так, на двух крупных островах Итуруп и Уруп, значительные территории заняты зарослями бамбука, под которым формируются гумусовые горизонты мощностью 25-35 см. Краевые части островов заняты травяной или злаковой растительностью, под которой тоже формируются гумусовые горизонты. Таким образом на островах южной части Курильской гряды преобладают почвы с верхним гумусовым горизонтом, в то время как на картах отражены почвы исключительно с грубогумусовым или сухоторфянистым горизонтами.

Одновременно с этим существуют вулканические почвы, которые имеют срединные горизонты без охристых тонов и по умолчанию относятся к

примитивным слоисто-пепловым почвам. Полевой тест с NaF, как и в случае с охристым горизонтом, указывает на большое содержание аморфного алюминия в срединном горизонте, что не является характерным для слоисто-пепловых почв. В системе WRB такие почвы диагностируются как почвы со свойством andic (сильно выветрелые вулканические почвы) и отличаются от почв со свойствами vitric (слабо выветрелые, содержащие вулканическое стекло) и от почв с диагностическим материалом tephric (невыветрелое вулканическое стекло).

В настоящее время в Классификации и диагностике почв России в отдел вулканических почв включены только почвы с охристым (BAN) срединным горизонтом; почвы на слоисто-пепловых отложениях (C<sup>'''</sup>) выделяются в стволе первичного почвообразования как слаборазвитые почвы либо с подстильно-торфяным (O) либо с гумусово-слаборазвитым (W) горизонтом. Полученные материалы свидетельствуют о необходимости существенного расширения этого представления, переосмысления природы и разнообразия вулканических почв, внесения дополнений в диагностику и изменений в систематику этих почв.

### Список литературы

1. Атлас Курильских островов /Институт географии РАН, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; Редкол.: Котляков В. М. (председатель), Бакланов П. Я., Комедчиков Н. Н. (гл. ред.) и др.; Отв. ред. картограф Фёдорова Е.Я. М.– Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. 516 с.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
3. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
4. Почвенная карта РСФСР, масштаб 1 : 2 500 000. Ред. В.М. Фридланд. М.: ГУГК, 1988, 16 листов.
5. Фридланд В.М., Караваева Н.А., Руднева Е.Н. и др. Программа Почвенной карты СССР в масштабе 1:2,5 млн. Отв. ред. Фридланд. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1972. 158 с.
6. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 193 pp.

# ЭВОЛЮЦИЯ, ДЕГРАДАЦИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ. МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.618

## ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ В ПОСТТЕХНОГЕННЫЙ ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КУЗБАССА

**В.А. Андроханов<sup>1,2</sup>, Д.А. Соколов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск*

<sup>2</sup>*ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул*

[androhanov@issa-siberia.ru](mailto:androhanov@issa-siberia.ru)

В результате многолетних исследований выявлены закономерности формирования почвенного покрова и эволюции молодых почв - эмбриозёмов в посттехногенный период функционирования техногенных ландшафтов. Особенностью техногенных ландшафтов является то, что тип почвы, структура и состав почвенного покрова находятся не в климаксном состоянии и эволюция одного типа в другой, а также изменение свойств почв, осуществляются в короткие промежутки времени. При этом состав, свойства пород и рельеф техногенного ландшафта, через формирование условий развития биоценозов, определяют перспективы образования "климаксных" почв и будущее экологическое состояние нарушенных ландшафтов.

*Ключевые слова:* почвы, эмбриозёмы, техногенный ландшафт, эволюция

Накопленный за последние десятилетия большой теоретический и практический опыт выполнения рекультивационных работ показывает, что даже при максимально удачном использовании всех ресурсов рекультивации вновь формируемый ландшафт не способен выполнять тот набор почвенно-экологических функций, которые были присущи естественным ландшафтам (Андроханов, 2010). Следовательно, во-первых, техногенный ландшафт длительное время продолжает оставаться экотипом, во-вторых, стоимость работ, направленных на восстановление нарушенных территорий остается высокой, что не позволяет эффективно восстанавливать нарушенные почвы. Все это определяет актуальность и перспективность исследований, посвященных



эволюции молодого почвенного покрова, как основному процессу самовосстановления техногенных ландшафтов.

Несмотря на то, что техногенный ландшафт чаще всего оказывается экотипом, внедренным в систему естественных ландшафтов, тем не менее, его развитие в посттехногенную фазу необходимо признать естественным процессом, а его антропогенность – не более чем стартовой спецификой генезиса. Сказанное в полной мере относится и к почвам, формирующимся в техногенных ландшафтах, которые в посттехногенную стадию развития ландшафта формируются благодаря развитию естественных процессов почвообразования. Поэтому молодые почвы техногенных ландшафтов следует считать естественно-историческими образованиями, хотя и с очень коротким периодом развития.

Ранее проведенные исследования на нарушенных землях Кузбасса с использованием профилно-генетической классификации почв техногенных ландшафтов (Курачев, 2002) показали, что основу почвенного покрова составляют главным образом представители следующих четырех типов эмбриозёмов – инициальных, органо-аккумулятивных, дерновых и гумусово-аккумулятивных. Они выстраиваются в определенную эволюционную цепочку, которая позволяет, в зависимости от скорости перехода одного типа эмбриозёмов в другой, судить о почвенно-экологическом состоянии техногенного ландшафта.

Дальнейшая эволюция эмбриозёмов определяется возможностями развития гумификационных и гумусово-аккумулятивных процессов. При этом с практической точки зрения процесс эволюции почв техногенных ландшафтов представляет собой трансформацию свойств субстрата, целью которой является приобретение им «полезных» почвенно-экологических функций. Набор приобретаемых функций должен: в краткосрочной перспективе – обеспечивать закрепление и озеленение поверхности; в среднесрочной и долгосрочной –

содействовать формированию устойчивых сообществ, способных к воспроизводству основных их компонентов.

Проведенные исследования показали, что скорость эволюции эмбриоземов в условиях Кузбасса определяется свойствами пород, рельефом и климатическими условиями почвообразования. Достаточно условно территорию Кузбасса по геоморфологическим и климатическим условиям можно разделить на две части: горно-таёжные районы с гумидным климатом и территория Кузнецкой котловины с субгумидным климатом. Основные вскрышные породы, слагающие отвалы, и, в дальнейшем, составляющие основу почвообразующих пород, представлены песчаниками, аргиллитами и алевролитами с примесью суглинков и углистых частиц. Соотношение этих пород, размещенных в поверхностных слоях отвалов, во многом определяет скорость восстановления всего комплекса биогеоценоза.

В зависимости от качества рельефа и почвообразующих пород ранние этапы эволюции эмбриоземов заканчиваются с образованием гумусово-аккумулятивных эмбриоземов примерно к 20-25-летнему возрасту. Этот период считается прагматически приемлемым временем для достижения метастабильного состояния. Отличительной особенностью почвообразования на этом этапе является то, что специфика формирования пространственной неоднородности почвенных свойств в структуре почвенного покрова определяется характером сукцессии биоценоза, формирующего типодиагностические признаки молодых почв.

Наблюдения за динамикой почвообразования на старых отвалах (40 и более лет) Кузбасса показывают, что в долгосрочной перспективе, эволюция эмбриоземов гумусово-аккумулятивных на горизонтальных или слабонаклонных поверхностях отвалов в субгумидном климате Кузбасса реализуется в направлении лесного почвообразования. Об этом свидетельствует, в частности, появление на гумусово-аккумулятивных

эмбриоземах самосева лесных древесных пород и формирование достаточно мощной лесной подстилки под смешанными лесами. Можно полагать, что эволюция почв на таких территориях стремится к формированию почв, близких серым лесным.

В местообитаниях, расположенных на наклонных поверхностях, в которых, в силу их высокой ксероморфности, преобладают либо органо-аккумулятивные, либо инициальные эмбриоземы, эволюция почв не может пойти в направлении образования почв лесного генезиса. Климаксные почвы здесь будут представлены, по-видимому, маломощными, часто скелетными аналогами сухостепных или даже полупустынных образований.

Исследования, проведенные в горно-таежных районах Кузбасса показывают, что в зависимости от качества рельефа и почвообразующих пород ранние этапы эволюции эмбриоземов заканчиваются образованием гумусово-аккумулятивных эмбриоземов примерно к 20-летнему возрасту. К этому же времени появляются самосевные древесные и кустарниковые виды. Учитывая это обстоятельство, а также то, что органическое вещество гумусово-аккумулятивных эмбриоземов представлено грубыми слабогумифицированными растительными остатками – эти эмбриоземы правильнее называть грубогумусово-аккумулятивными, можно полагать, что дальнейшая их эволюция будет направлена на формирование аналогов дерново-подзолстых почв.

В относительно более благоприятных для почвообразования условиях, но не настолько, чтобы была возможность сформироваться гумусово-аккумулятивным эмбриоземам, эволюция почв, очевидно, задержится на стадии органо-аккумулятивных или дерновых эмбриоземов. В этом случае внешний облик техногенного ландшафта, достигшего климаксной стадии почвообразования, будет очевидно представлять собою ландшафт, в котором будут сочетаться местообитания с бурыми таежными почвами и их сильно

ксерофитизированными степными аналогами, как это часто бывает в естественных горных ландшафтах.

Таким образом, проведенные исследования показали, что специфика эволюции почвенного покрова в посттехногенный период определяется особенностями развития биогенных процессов. В свою очередь, перспективы развития последних контролируются условиями среды, формируемыми в фазу техногенеза. При этом наиболее экологически существенным элементом техногенеза следует считать порообразование, т.е. формирование состава пород, расположенных на поверхности отвала. Состав, свойства пород и рельеф техногенного ландшафта, через формирование условий функционирования биоценозов, определяют перспективы образования климаксных почв и будущее экологическое состояние ландшафтов.

*Работа выполнена в рамках базового проекта ИПА СО РАН и при финансовой поддержке РФФИ проект № 19-29-05086.*

### **Список литературы**

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
2. Курачев В.М. Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.

УДК 631.4

## **ХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

**Т.И. Борисочкина, А.С. Фрид, К.А. Колчанова, Н.С. Никитина**

*Почвенный институт им .В.В.Докучаева, Москва*

[geotibor@gmail.com](mailto:geotibor@gmail.com)

Проведены исследования химической трансформации почв урбанизированных ландшафтов в сфере воздействия Старолипецкого металлургического завода, Новолипецкого металлургического комбината и Косогорского металлургического завода. Дана оценка форм нахождения тяжелых металлов в почвах зон воздействия металлургических комплексов. Выявлены зоны экологического риска,

к которым отнесены почвы поймы реки Воронеж (Zn, Pb), сосновые лесопарковые ландшафты на боровых песках в импактной зоне Новолипецкого металлургического комбината (Zn, Pb, Cd), почвы агроландшафтов в импактной зоне Косогорского металлургического завода (Zn, Mn).

*Ключевые слова:* химическая трансформация почв, металлургические комплексы, тяжелые металлы, формы соединений.

Почвы ландшафтов, находящихся в сфере воздействия металлургических комплексов, испытывают высокие техногенные нагрузки, следствием которых является их трансформация, изменение содержаний и форм соединений тяжелых металлов (ТМ). В условиях загрязнения городской среды ТМ возникает необходимость изучения геохимии этих элементов, так как формы нахождения металлов в почвах во многом определяют экологическое состояние ландшафтов и вероятность поступления ТМ в другие природные компоненты. Именно поэтому воздействие металлургических комплексов на процессы химической трансформации почв требуют детального и глубокого изучения.

Полевые работы проводились в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами, разработанными в Почвенном институте (1999 г.). Исследования проведены на почвах урбанизированных ландшафтов Липецкой и Тульской промышленных агломераций, в структуре промышленного производства которых черная металлургия является доминирующей отраслью.

Исследования вели на ключевых площадках, заложенных на агрочерноземах иллювиально-глинистых, прилегающих к заводу “Свободный сокол”, на пойменных почвах реки Воронеж, на песчаных почвах лесопарковых ландшафтов в импактной зоне Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК), на агросерых почвах в импактной зоне Косогорского металлургического завода (Тула).

Валовое содержание металлов в почве определялось атомно-абсорбционным методом после кислотного микроволнового разложения проб.

Для оценки загрязненности почв и обеспеченности их микроэлементами использовали ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8. При характеристике форм соединений тяжелых металлов в антропогенно измененных почвах был использован метод последовательного фракционирования металлов по Тессьеру (Tessier et al., 1979).

В почвах исследуемых урбанизированных ландшафтов зафиксированы процессы химической трансформации: отмечено подщелачивание почв ( $pH_{\text{водн}}$  - 7,5-8,5), значительное увеличение органического углерода (достигающее в ряде случаев даже на песчаных почвах значений 6,5-8,3%), накопление тяжелых металлов.

В районе завода «Свободный Сокол» исследовалась территория, занятая частными постройками с приусадебными участками, примыкающими к заводу. Коэффициенты концентрации (по отношению к фону) валовых содержаний ТМ в почвах агроландшафтов (огороды и сады частных домов), прилегающих к заводу «Свободный сокол» составили для Zn – 1,6-2,0, для Cd - 2,0 – 2,3, для Cu - 2,0 - 3,1. Однако их содержания в почвах урбанизированных агроландшафтов не превышали ПДК (ОДК). При этом анализ фракционного состава ТМ показал низкую обеспеченность почв микроэлементами, поскольку металлы, крайне важные для питания растений (Cu, Zn, Co), находились в прочно связанной (инертной) форме.

Почвы поймы реки Воронеж характеризуются периодической сменой окислительно-восстановительных условий и содержат высокие концентрации Fe и Mn. Валовые содержания и содержания подвижных форм Zn и Pb превышают ПДК. Это обусловлено тем, что кроме аэротехногенного загрязнения и привноса веществ с повышенных элементов рельефа пойменные почвы претерпевают еще и гидрогенное загрязнение за счет вод, сбрасываемых предприятиями Липецка в Матырское водохранилище, из которого вытекает река Воронеж. Наиболее загрязненной является приустьевая часть поймы.

Анализ фракционных соединений ТМ в пойменных почвах показал, что значительная часть металлов находится в прочносвязанной форме. На втором месте находятся соединения ТМ, связанные с гидроксидами Fe и Mn. Исключением является медь, большая доля которой связана с органическим веществом (рисунок 1).

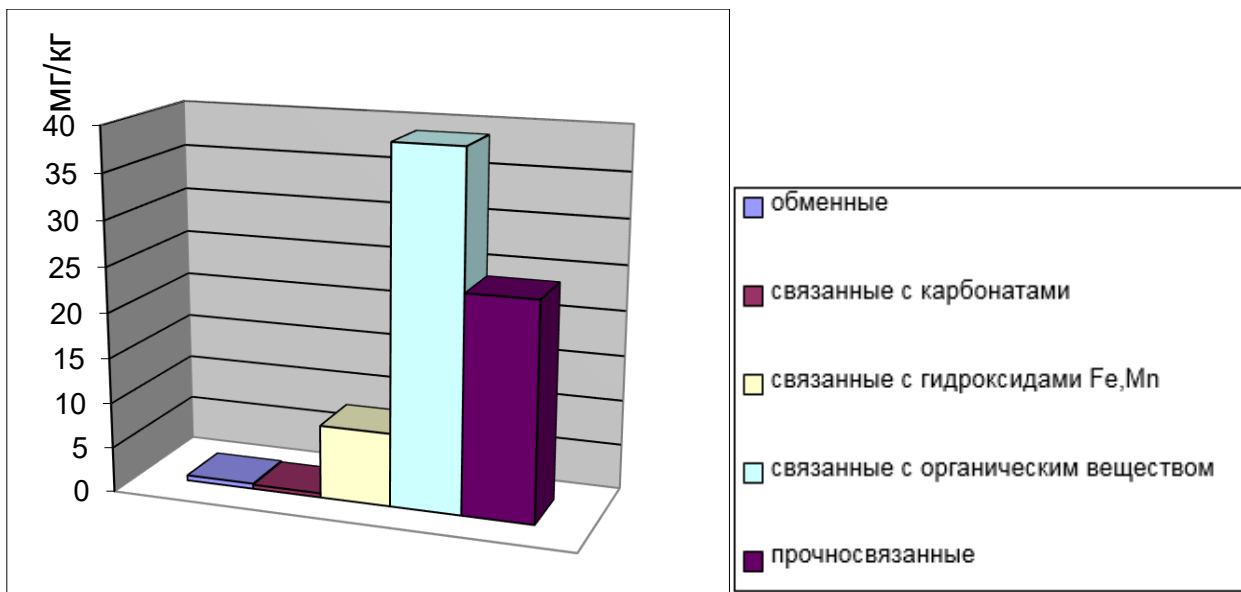


Рисунок 1 – Распределение меди по фракциям в почве прирусловой части поймы.

В почвах лесопарковых ландшафтов на легких песчаных почвах, находящихся в импактной зоне НЛМК, зафиксированы повышенные концентрации, превышающие ПДК, валовых содержаний и подвижных форм Zn, Pb и Cd. В почвах аккумулируется Fe, которое поступает в почву преимущественно в трудно растворимой форме (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание ТМ в песчаных почвах импактной зоны НЛМК (мг/кг)

Тяжелые металлы	Zn	Pb	Cd	Mn	Fe
Валовое содержание	398 -781	83-132	2,1-3,4	742-2751	42247-64148
Подвижные формы (ААБ)	32-70	3.6-6,2	0,4-0,7	17-42	2,8-5,6

В зону обследования почв Тульской промышленной агломерации вошли земли приусадебных участков, расположенных рядом с Косогорским

металлургическим заводом (КМЗ). В составе аэротехногенных выбросов завода преобладают соединения железа и марганца, а также присутствуют значительные количества цинка. При анализе почв огородов в импактной зоне КМЗ были зафиксированы валовые содержания марганца, варьирующие от 7300 до 9000 мг/кг почвы. В соответствии с принятыми в РФ гигиеническими нормативами ПДК валового марганца в почве - 1500 мг/кг (ГН 2.1.7.2041-06). По расчетам В.В. Ковальского (1974), предложившего использовать пороговые концентрации ТМ, нормальные количества марганца в почве находятся в пределах от 400 до 3000 мг/кг. Концентрации марганца в почве, превышающие 3000 мг/кг, являются избыточными и вызывают нарушения физиологических процессов у растений. Валовые содержания цинка в почвах обследованных агроландшафтов Тулы варьировали от 112 до 604 мг/кг, при среднем значении 260 мг/кг. ОДК элемента - 220 мг/кг (ГН 2.1.7. 2511-09). Фоновое значение цинка в почвах - 60 мг/кг. Существующая в настоящее время тенденция к накоплению ряда ТМ в почвах урбанизированных ландшафтов свидетельствует о необходимости проведения регулярного контроля состояния ТМ в почвах.

### **Заключение.**

Исследована химическая трансформация почв в зоне воздействия металлургических комплексов. Зафиксирована повышенная аккумуляция ТМ почвами урбанизированных ландшафтов и трансформация форм их соединений. Исследованиями выявлены зоны экологического риска (носящие локальный характер), к которым отнесены почвы поймы реки Воронеж (Zn, Pb), сосновые лесопарковые ландшафты на боровых песках в импактной зоне НЛМК (Zn, Pb, Cd), почвы агроландшафтов в импактной зоне КМЗ (Zn, Mn).

### **Список литературы.**

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 (ПДК) утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 19.01.2006 г.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09 (ОДК) утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 18.05.2009 г.
3. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 298 с.



4. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / Составители: В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999.
5. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for speciation of particulate trace metals//Analytical chemistry. – 1979. – V. 51, N.7. – P.844-850.

УДК 631.814:41.412

## ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА СИНАНТРОПНЫХ СООБЩЕСТВ МЕЩОВСКОГО ОПОЛЬЯ

**В.А. Бурлуцкий, В.Н. Мазуров, П.С. Семешкина**

*Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Калуга*

[v.burlutsky@yandex.ru](mailto:v.burlutsky@yandex.ru)

Показано трансформирующее влияние инвазионных видов *Erigeron canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl. и *Solidago gigantea* Ait., обладающих адаптивным потенциалом к эколого-почвенным условиям Мещовского ополья, на основные агрофизические и агрохимические параметры агросерых лесных почв на лессовидных суглинках в разновозрастных залежах.

*Ключевые слова:* плодородие, серые лесные почвы, фитоценозы, пестрота почвенного плодородия

Мещовское ополье является частью Днепровско-Деснинской провинции, средне-, местами сильнорасчлененной пологоволнистой эрозионной равниной на лессовидных суглинках в основном с серыми лесными почвами, обладающие относительно более высоким уровнем плодородия по сравнению с почвами соседних ландшафтов, одним из древнейших очагов земледелия (Быстрицкая, 1965). В настоящее время играет существенную роль в сельскохозяйственном производстве области, но более 33% ее пашни относится к залежам с различной степенью инвазии (Бурлуцкий, 2019). Проведен анализ воздействия фитоценозов на почвенное плодородие (Драганская, 2009; Платонычева, 2011; Оливье, 2017). В Калужском НИИСХ в 2006-2019 годах изучено влияние инвазионных видов на изменение основных агрофизических и агрохимических параметров почв. Фитоценозы и их влияние изучали на площади не менее чем

0,1 га в 50-ти кратной повторности в условиях типичных ландшафтов. Исследования проведены общепринятыми методами. В качестве характеристики дано описание профиля типичного варианта агросерой лесной почвы: пылевато-суглинистой на карбонатном лессовидном суглинке, в верхней части слабо пологого ровного склона южной экспозиции к реке Выссе на пашне (агрофитоценоз *Trifolium pratense* L. var. *praecox* W, cv. 'Delets', 2 г.п.). Морфологическими особенностями являются наличие темноокрашенного подгоризонта в нижней части гумусового горизонта, что указывает на гидроморфную стадию в генезисе, и относительно равное содержание кальция и магния по всему профилю.

- A<sub>пах</sub> 0-26 - серый, крупнопылевато-суглинистый, бесструктурно-комковатый, в верхней части горизонта – зернисто-пороховидный, уплотненный, переход резкий с плужной подошвой;
- A<sub>1</sub> 26-39 - то же самое, на свежем срезе несколько темнее, зернистая структура заметнее, переход постепенный;
- B<sub>1</sub> 39-52 - пестро-окрашенный: на желто-буром фоне тонкие затеки из гумусового горизонта, крупно-пылевато-суглинистый, ореховатый, на гранях структурных отдельностей – коричневатый налети местами в небольшом количестве кремнеземная присыпка, переход постепенный;
- B<sub>2</sub> 52-120 - желто-бурый лессовидный суглинок с коричневым налетом на гранях призм, до конца горизонта кремнеземная присыпка, одевающая их на 10%, на гладкой стенке белесоватые потеки отсутствуют; пористый, незначительно кавернозный, по ходам корней заметны темные пятна, переход резкий;
- C 120-210 - дно разреза: желто-бурый лессовидный суглинок; пористый, призмовидный; ниже 150 см наблюдаются ржавые пятна; по всему горизонту имеются черные марганцовые точки, в нижней части появляются журавчики и обнаруживается вскипание около них.

Пионерные стадии фитоценозов отнесены к классу *Stellarietea mediae* Tx. et al. ex von Rochow 1951, поздние – *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951. Дериваты имели общее ядро, состояли из разнотравья (доля в массе – 55%) и злаковых (до 35%), стабильно более продуктивными были инвазивные виды (*Erigeron canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl. и *Solidago gigantea* Ait.) по сравнению с аборигенными, что указывает на их адаптивные к почвенно-экологическим условиям свойства (Burlutskiy, 2019). В ассоциациях

*L. polyphyllus* и *S. gigantea* отмечено большее накопление корневых остатков и на 5-6 годы их развития начало разрушения плужной подошвы. (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивность фитоценозов, среднее 2008-2018 гг.

Узловой фитоценоз	Фитомасса всего, ц/га	В том числе		% КО
		зеленой массы	корневых остатков	
Агрофитоценоз <i>T. pratense</i>	267,4±35,7	169,9±22,7	97,5±13,1	36,5
<i>S. gigantea</i>	383,5±28,8	230,4±17,3	153,1±11,5	39,9
<i>L. polyphyllus</i>	316,8±19,3	191,5±11,7	125,3±7,6	39,6
<i>Medicago</i> spp. + <i>Festuca</i> spp.	253,7±25,9	159,3±16,3	94,4±9,6	37,2
<i>E. canadensis</i>	135,2±16,4	84,2±10,2	51,0±5,2	37,7
Среднее по фитоценозам	272,3±22,6	166,4±13,9	105,9±8,5	38,9

Синантропные сообщества *in statu nascendi* оказывали биогенное влияние на плодородие почвы. Содержание микроагрегатов в верхнем слое почвы за 13-ти летний период развития (2006-2019 гг.) ценопопуляций *Medicago* spp., *L. polyphyllus* возросло на 30 % и более, их водопрочности – на 20% и более, что увеличило влагоемкость почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Трансформация агрофизических свойств почвы, 2006-2019 гг.

Узловой фитоценоз	Количество микроагрегатов от 3 до 0,25, %	Водопрочность, %	Влагоемкость, %
Черный пар	29,8±2,3	22,4±1,8	28,7±2,3
<i>Medicago</i> spp.	39,5±2,4	27,6±1,7	40,4±2,4
<i>L. polyphyllus</i>	38,8±2,3	26,8±1,4	39,2±2,2
<i>S. gigantea</i>	37,4±1,6	25,5±1,2	37,8±1,8
<i>E. canadensis</i>	35,5±1,5	24,5±1,3	35,4±1,7
Среднее по фитоценозам	37,8±2,0	26,1±1,4	38,2±2,1

Развитие и проникновение корневой системы растений на глубину до 120 см и более имеет отражение в профиле почвы, биогенное воздействие корневых выделений, гумификация растительных остатков способствовали конвекции элементов и накоплению их в верхнем слое – до 15,8% доступных форм фосфора и до 47,8% обменного калия, возрастанию содержания гумусовых веществ в 1,1-1,4 раза, а также величины рН внутрипочвенной среды (таблица 3).

Таблица 3 – Трансформация агрохимических свойств почвы, 2006-2019 гг.

Узловой фитоценоз	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	мг/100 г почвы	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Черный пар	2,05	5,5	10,1	6,9
<i>T. pratense</i>	2,18	5,7	10,8	8,7
<i>L. polyphyllus</i>	2,51	5,6	11,7	9,8
<i>Medicago</i> spp.	2,93	5,9	11,1	10,2
Среднее по фитоценозам	2,54	5,7	11,3	9,6

Критерием оценки почв является степень внутрипольной вариабельности ее почвенного плодородия (Бобков, 2017; Корчагин, 2016). Виды растений сем. *Fabacea* и *Gramine* за 10-13 летний период развития способствовали увеличению ее внутрипольной вариабельности в пределах границ элементарных единиц постагроландшафтов до 2,5-6,0 раза. Лимиты вариации отвечали уровням дисперсии структуры синантропных сообществ (таблица 4).

Таблица 4 – Внутрипочвенная вариабельность плодородия, 2017-2019 гг.

Тип почвы	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	мг-экв. / 100 г почвы		V, %	мг / 100 г почвы	
			Hг	S		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Агрогенная	<u>1,7-2,2</u>	<u>5,6-5,8</u>	<u>2,8-3,9</u>	<u>12,4-13,4</u>	<u>76-83</u>	<u>5,0-12,2</u>	<u>5,1-7,2</u>
	14,7	1,8	19,7	4,3	4,6	72,1	20,6
Постагрогенная	<u>1,8-3,1</u>	<u>5,0-6,2</u>	<u>2,2-5,2</u>	<u>10,3-15,6</u>	<u>72-87</u>	<u>5,3-15,0</u>	<u>5,0-10,4</u>
	36,2	12,1	68,3	25,7	10,4	91,5	54,1

Примечание: в числителе - пределы значений, в знаменателе – вариабельность, %

Формирование инвазионных синантропных сообществ *Erigeron canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl. и *Solidago gigantea* Ait., обладающих адаптивным потенциалом к эколого-почвенным условиям Мещовского ополья, увеличило на 30 % содержание микроагрегатов, на 20% водопрочность, на 15,8% доступных форм фосфора и на 47,8% обменного калия, в 1,1-1,4 раза содержание гумусовых веществ в верхнем слое почвы. Внутрипольная вариабельность в пределах элементарных единиц постагрогенных ландшафтов по мере развития залежных процессов увеличивалась в 2,5-6,0 раза.

### Список литературы

1. Драганская М.Г. Приемы регулирования гумусового состояния дерново-подзолистых песчаных почв / М.Г. Драганская [и др.] // Агрохимический вестник. 2009. № 3. С. 16-18.

2. *Бобков Ю.А.* Использование технологий точного земледелия при создании агрохимических картограмм / Ю.А. Бобкова, В.Т. Лобков // Вестник ОрелГАУ. 2017. № 4 (67). С. 25-31.
3. *Бурлуцкий В.А.* Формирование луговых агрофитоценозов на постагрогенных землях с комплексной инвазией / В.А. Бурлуцкий [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 18-21.
4. *Быстрицкая Т.Л.* Почвы Мещовского ополья / Т.Л. Быстрицкая, А.Н. Тюрюканов // Труды Калужской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции: Природа и сельское хозяйство Калужской области. 1965. Т. 3. С. 69-83.
5. *Корчагин В.И.* Эффективность точного земледелия на выщелоченном черноземе Воронежской области / В.И. Корчагин [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (48). С. 17-23.
6. *Оливье А.Я.И.* Освоение закустаренных земель по результатам моделирования в лизиметрах / А.Я.И. Оливье, Н.А. Семенов, А.В. Шуравилин // Вестник РУДН. Серия Агрономия и Животноводство. -2017. -№ 12 (1). -С. 58–65.
7. *Платонычева Ю.Н.* Изменение агрохимических и биологических параметров светло-серых лесных почв в зависимости от использования / Ю.Н. Платонычева [и др.] // Агрохимический вестник. 2011. № 5. С. 41-43.
8. *Burlutskiy V.A.* Development and use of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region / V.A. Burlutskiy [et all] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 114-122.

УДК 631.4

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

**С.Н. Горбов, О.С. Безуглова**

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

[sngorbov@sfedu.ru](mailto:sngorbov@sfedu.ru)

Почвенный покров в городских условиях несет отпечаток структуры и характера землепользования, отражая многообразие типов земель различного функционального назначения. Под влиянием этого фактора на территории Ростовской агломерации можно проследить пути трансформации черноземов, приводящей к формированию различных типов антропогенно-преобразованных почв, имеющих в своем профиле морфологические признаки черноземного типа.

*Ключевые слова:* черноземы, антропогенно-преобразованные почвы, городские почвы, Ростовская агломерация

**Введение.** Изучение городских почв привлекает внимание ученых во многих странах, но данные исследования в основном сосредоточены на выявлении и мониторинге загрязнения почвенного покрова. Вопросам

полнопрофильных морфологических изысканий городских почв, их гумусного состояния, прежде всего влияющих на протекторные функции почв, уделяется значительно меньше внимания. В то время как комплексные полнопрофильные изыскания позволяют выяснить полноценную картину преобразования естественных почв в условиях городской среды, а также отследить особенности доминирующих процессов почвообразования, оценить способность почвы выполнять протекторные функции, а зачастую и спрогнозировать пути ее дальнейшей трансформации.

**Объекты и методы.** Объектами исследования являются естественные и антропогенно-преобразованные почвы Ростовской агломерации, их морфологические и физическо-химические свойства, подвергающиеся трансформации в условиях промышленно-селитебной, парково-рекреационной зон городов, а также окраин городских территорий, в недавнем прошлом испытывавших на себе сельскохозяйственную нагрузку (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Местоположение Ростовской агломерации.*

Исследования были сосредоточены в наиболее урбанизированной части Ростовской агломерации – ее ядре «Большой Ростов», общая площадь которого составляет 493,1 км<sup>2</sup>. В период с 1998 по 2018 годы было заложено более 100 полнопрофильных почвенных разрезов, позволивших выделить доминирующие типы почв и описать специфику почвенного покрова с привязкой к функциональным зонам городской агломерации. В качестве основного подхода к изучению трансформации городских почв был выбран метод сопоставления: сравнение характеристик целинных (старозалежных) почв окраин и рекреационных территорий и их урбанизированных аналогов.

**Результаты исследований.** При рассмотрении как морфологических, так и физико-химических особенностей городских почв «Большого Ростова» целесообразно разделить эти почвы на две группы – естественных (нативных) почв и антропогенно-преобразованных почв. Однако интенсивность и продолжительность антропогенного воздействия различна для данных групп, что нашло отражение, прежде всего, в морфологии входящих в их состав почвенных типов. В условиях Юга России можно выделить две основных причины трансформации черноземов под воздействием урбопедогенеза:

- посадка деревьев, с целью создания комфортных условий проживания и естественных ветровых преград, защищающих город;
- погребение почвы под твердыми непроницаемыми или полупроницаемыми покрытиями.

В свою очередь трансформация погребенных черноземов может идти различными путями, что определяется мощностью и характером перекрывающего чернозем антропогенного слоя. Если перекрывающая толща проницаемая или условно проницаемая и ее мощность превышает 40 см, мы имеем дело с урбостратоземом (Прокофьева и др., 2014), сформированном на черноземе, основным отличительным элементом такой почвы является наличие горизонта урбик (UR). Средняя мощность отдельно взятого неэкранированного

подгоризонта UR<sub>1,2</sub>...n для урбостратоземов Ростовской агломерации составляет  $23 \pm 2,4$  см (n=17). В погребенном черноземе при этом наблюдается *стагнация* процессов почвообразования. Под стагнацией следует понимать временную стабилизацию почвообразующих процессов на какой-то достигнутой к моменту погребения стадии. Обуславливается это в условиях засушливого климата значительно сниженным поступлением влаги, воздуха, и соответственно снижением биологической активности. *Стагнация* погребенного почвенного профиля сказывается, прежде всего, на таких важных для черноземообразования процессах, как гумусонакопление и миграция карбонатов, и тот и другой процессы прекращаются либо резко замедляются (таблица 1).

Запечатывание почвы посредством ее перекрытия асфальтом и/или бетоном с образованием особой группы почв – экраноземов провоцирует очередной путь эволюции чернозема в условиях городской среды – *консервация* под непроницаемым покрытием. Нередко почвенный профиль, принимая во внимание его природную мощность, может сохраняться практически в первозданном состоянии (таблица 1), при этом содержание гумуса медленно уменьшается, стабилизируясь через некоторое время на достаточно низком уровне.

*Таблица 1 – Сравнительная характеристика профилей антропогенно-преобразованных почв Ростовской агломерации*

Название почвы, номер разреза	Функциональная зона города (продолжительность урбопедогенеза)	Строение профиля	Мощность толщи, см	
			Погребающей толщи	Погребенной А+В
Урбостратозем мощный на погребенном абрадированном черноземе тяжелосуглинистом.	Центральная часть города (более 100 лет), селитебная зона, сервитут.	UR <sub>1</sub> –UR <sub>2</sub> –UR <sub>3</sub> – UR <sub>4</sub> –[AJur– AJlc (AJur)– BCA <sub>lc</sub> –BCA <sub>nc</sub> –	90 (UR)	50



		$C_{ca}$		
Чернозем урбистратифицированный среднемощный суглинистый	Центральная часть города (70-100 лет), селитебная зона, бульвар.	$UR_1-UR_2-[AJ_{lc}$ $(AJ_{ur})-BCA_{lc}-$ $BCA_{nc}-C_{ca}]$	35 (UR)	55
Экранированный урбистратифицированный чернозем миграционно- сегрегационный среднемощный глинистый	пос. Александровка, восточная часть города (50-70 лет), селитебная зона, сервитут.	$TCH-UR_1-UR_2-$ $[AJ_{ur}-AJ_{lc}-$ $BCA_{lc}-BCA_{nc}-$ $C_{ca}]$	20+25 (TCH + UR)	70

Однако урбопедогенез нельзя рассматривать как совокупность исключительно негативных процессов. Изучение старопахотных черноземов под газонами, лесопарками, парками и садами показало, что основной элементарный почвообразующий процесс, формирующий этот тип почвы – гумусообразование и гумусонакопление – на этих территориях остается ведущим, обеспечивая накопление специфического органического вещества. Древесные насаждения в степи характеризуются более интенсивным круговоротом веществ, по сравнению со степными сообществами, и тем более агроценозами, обеспечивая *интенсификацию* почвообразовательного процесса, заключающуюся в более ярко выраженном процессе гумусонакопления. В них наблюдается увеличение содержания гумуса (в поверхностном 10-см слое его величина достигает  $7,3 \pm 0,2\%$  по сравнению с нативными черноземами) и усиление выщелачивания почвенного профиля от карбонатов. Последнее происходит по причине изменения характера увлажнения почвенного профиля, затенение поверхности почвы кроной деревьев способствует в жаркое время года сохранению влаги, и в целом по году, преобладанию нисходящих токов влаги, над восходящими.

**Заключение.** На большей части Ростовской агломерации основой для формирования городских почв послужили черноземы обыкновенные (миграционно-сегрегационные). Инситный урбопедогенез определяет несколько путей морфологической трансформации чернозема: стагнация под погребенной толщей рыхлых и полупроницаемых горизонтов с образованием урбостратоземов на черноземе и черноземов урбистратифицированных; консервация под твердой непроницаемой поверхностью, приводящая к формированию урбостратоземов экранированных. Лесопарковый «защитный» пояс города является зоной более интенсивного круговорота веществ, чем прилегающие урбанизированные территории и нативные степные сообщества, обеспечивая тем самым интенсификацию почвообразовательного процесса.

*Исследование выполнено в рамках Инициативного научного проекта базовой части государственного задания Минобрнауки России (шифр 6.6222.2017/8.9) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП "Высокие технологии" Южного федерального университета.*

### **Список литературы**

1. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение, 2014, № 10, с.1155–1164.

УДК: 631.6.02 (477. 75)

## **ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

**Е.И. Ергина**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,*

*Таврическая академия, Симферополь*

[ergina65@mail.ru](mailto:ergina65@mail.ru)

Антропогенные преобразования Крымского полуострова на протяжении многих лет привели к образованию уникальных разновозрастных техногенных ландшафтов. В республике значительные площади земель заняты карьерами. Карьерные выемки и отвалы, образующиеся при добыче строительных материалов и полезных ископаемых открытым способом, требуют широкого комплекса работ по рекультивации. Наиболее эффективными будут такие работы, которые учитывают скорости зонально обусловленного процесса почвообразования, что значительно удешевляет работы по проведению биологического этапа рекультивации.

*Ключевые слова:* нарушенные земли, техногенные ландшафты, скорость формирования почв

Научные исследования процессов формирования почв в техногенных ландшафтах носят широкий спектр направлений. Среди них наиболее активно развиваются исследования в США, Китае, Германии, Англии, Чехословакии, Польше, Венгрии, Румынии, Болгарии, приуроченные к технологическим аспектам рекультивационных работ. Началом рекультивации земель как вида инженерной деятельности можно считать 1926 год, когда началось восстановление земель, нарушенных горными работами в штате Индиана (США). В бывшем СССР рекультивацию земель стали проводить с 1959 года: в Эстонии – при добыче сланцев, в России — при добыче бурого угля и на Украине – при добыче железных руд. В России масштабные исследования, характеризующие специфику почвообразования на нарушенных территориях техногенных ландшафтов, проводятся в последние годы (Андроханов, Курачев 2010; Двуреченский, Андроханов, 2017; Ергина, 2017). Значительное внимание в этих работах уделяется исследованию почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов, а также особенностям начального почвообразования на нарушенных территориях (отвалах карьеров, брошенных землях) с учетом эколого-генетических факторов среды.

Активная антропогенная деятельность в Крыму привела к образованию ландшафтов, где полностью или частично отсутствует почвенный покров. Это территории, где значительные площади занимают отвалы, образовавшиеся при

добыче полезных ископаемых (железных руд, агрохимического сырья, строительных материалов: известняков, бута и щебня, песчано-гравийных смесей, кирпично-черепичного и керамического сырья и др.), при интенсивном мелиоративном строительстве (отвалы каналов), промышленном и жилищном строительстве, ведении военной деятельности и тому подобное. Зональные условия протекания процессов рекультивации нарушенных земель определяют специфику достижения устойчивого состояния экосистем и их компонентов, которые неоднократно становились объектом ландшафтных и почвенно-генетических исследований. Нормативно – правовыми документами различного уровня предписано проводить рекультивацию отработанных участков карьеров за счет инвестора. В 2017 году предприятиями Крыма, осуществляющими добычу полезных ископаемых, проведена рекультивация земель действующих карьеров на общей площади 49,77 га (Доклад, 2018). Синтетический анализ предприятий добывающей отрасли показывает неравномерную нагрузку размещения карьеров месторождений строительных материалов по площадям административных районов Крыма и недостаток фактического материала по объемам современной рекультивации. Эти проблемы объясняются резкой активизацией разработок залежей щебня, суглинков, песков и т.д., дефицит которых возник в связи со строительством дороги «Таврида». Тем не менее, для большинства районов наличие доступных материалов (Доклад, 2018; Минеральные, 2001), позволили нам составить карту-схему локализации требующих рекультивации нарушенных земель по отдельным районам (рисунок 1). Анализ карты и имеющихся статистических материалов показывает крайне низкую степень проведения рекультивационных мероприятий.

С использованием ранее полученных почвенно-хронологических данных и моделирования процессов почвообразования данных (Ергина, 2017), построена карта природных скоростей почвообразования с учетом функции рельефа и энергетических затрат на почвообразование (рисунок 2).

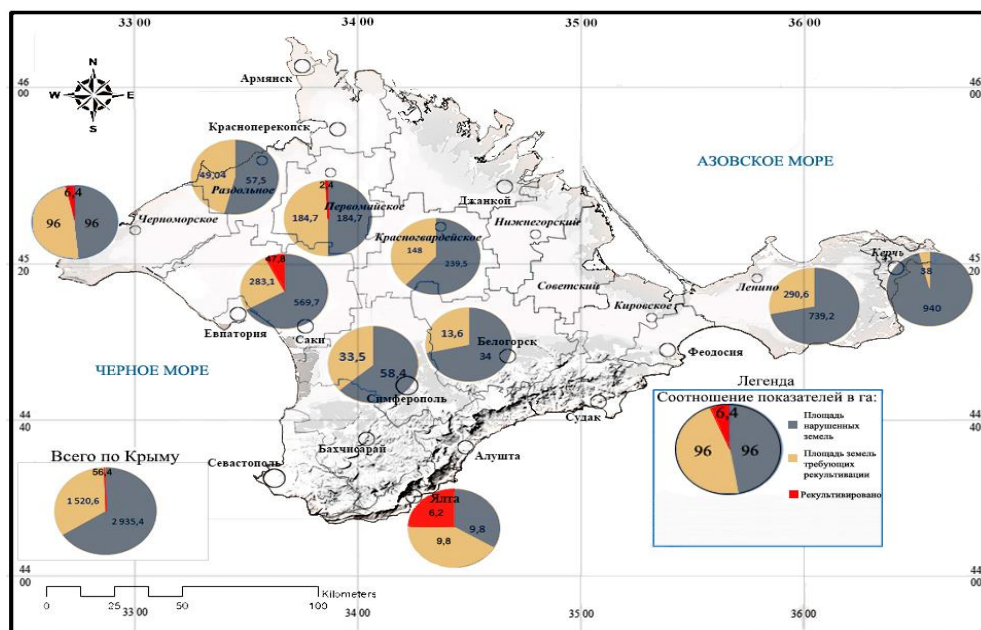


Рисунок 1 – Карта-схема локализации нарушенных земель, требующих рекультивации.

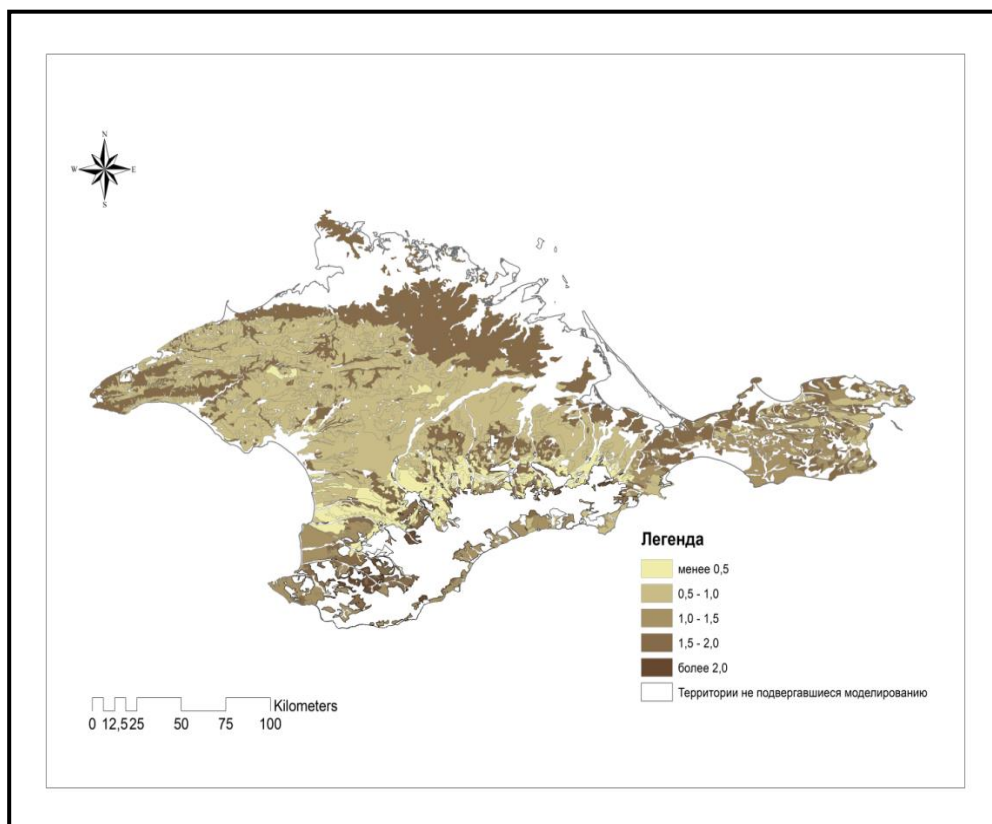


Рисунок 2 – Зональные скорости формирования гумусового горизонта почв Крымского полуострова (т/га в год).

Анализ карты свидетельствует, что скорость почвообразования максимальна на севере полуострова, в зоне распространения тёмно-каштановых и каштановых почв и снижается к югу, достигая в предгорье минимальных значений – менее 0,5 т/га. Максимальные скорости характерны также для черноземов, сформированных на рыхлых глинистых или суглинистых отложениях. В Горном Крыму скорости почвообразования зависят в большей степени от сочетания почвообразующих пород и микроклиматических особенностей склонов гор и достигают скоростей от 2 до 1 т/га. Мы считаем, что именно с учетом полученной карты скоростей почвообразования необходимо разрабатывать проекты рекультивации нарушенных земель.

На примере Александровского месторождения пыльных известняков (расположенного в Черноморском районе Республики Крым) разработана методика стоимостной оценки реализации проектов рекультивации нарушенных земель. Оценка эффективности проектов рекультивации показывает, что модель рекультивации земель на основе горно-технических работ с дальнейшим самозаращением рекультивируемых участков более эффективна на 2238,48 тыс. руб. или в 1,7 раза.

### Список литературы

1. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.
2. Дзуреченский В. Г., Андроханов В. А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса // «Живые и биокосные системы». – 2017. – № 20. <http://www.jbks.ru/archive/issue-20/article-3>
3. Доклад «О состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2017 году». – г. Омск, Тип. «Стивэс» (ИП Лаврив С. И.), 2018. – 585 с.
4. Ергина Е. И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове/ монография. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – 224 с.
5. Минеральные ресурсы Крыма и прилегающей акватории Черного и Азовского морей. Атлас Симферополь: Таврия-Плюс, 2001 г., 80 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭРОЗИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ  
ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

**А.П. Жидкин<sup>1,2</sup>, Н.И. Лозбенев<sup>1,2</sup>, Е.Н. Шамшурина<sup>1</sup>, Д.В.Фомичева<sup>1</sup>,**

**М.А. Смирнова<sup>1,2</sup>, М.А. Комиссаров<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

*<sup>2</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

*<sup>3</sup>Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа*

[gidkin@mail.ru](mailto:gidkin@mail.ru)

В работе представлены результаты применения математических эрозионных моделей для оценки трансформации почвенного покрова (ПП) на ключевых участках в Белгородской обл., Московской обл. и республике Башкортостан. Выявлены значительные региональные особенности эрозионной трансформации ПП, обусловленные физико-географическими условиями и историей землепользования. Проведенные исследования свидетельствуют о высокой перспективности эрозионного моделирования при тщательном учёте регионально-обусловленных входных параметров моделирования.

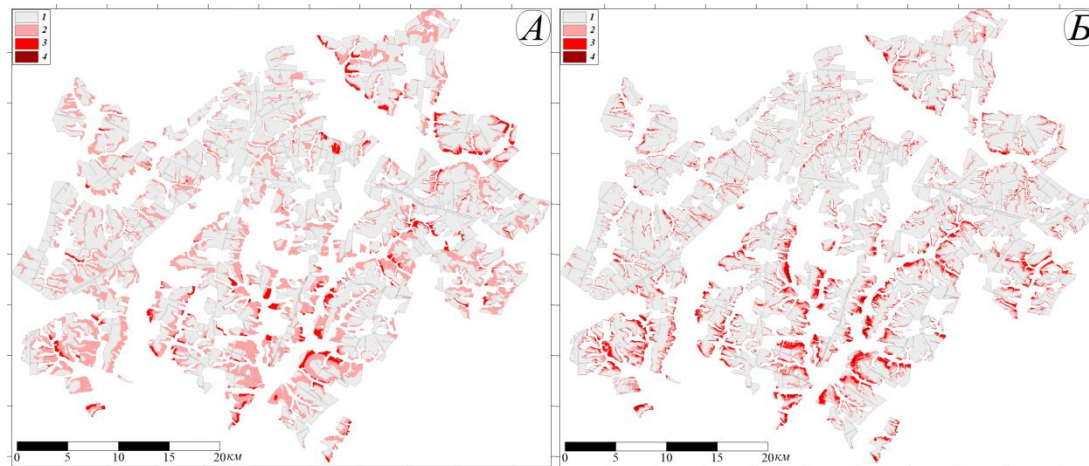
*Ключевые слова:* WaTEM/SEDEM, история сельскохозяйственного освоения земель, аккумуляция наносов.

Широко известно, что эрозия является самым сильным процессом разрушения почв и способствует формированию особых структур почвенного покрова (ПП). В последние десятилетия все большую популярность для оценки эрозии почв приобретают методы эрозионного моделирования (ЭМ). Внимание исследователей преимущественно обращено на разработку и верификацию ЭМ, но в последние годы отмечается рост работ по применению ЭМ для решения практических задач. Наибольшее количество такого рода работ проводится в мелком масштабе, в условиях отсутствия иных кроме ЭМ подходов, для анализа влияния социально-экономических условий и изменения климата на эрозию почв. В крупно-масштабных исследованиях ЭМ используется не в полной мере в связи со слабой степенью доверия к результатам. Однако современные методы геостатистического анализа позволяют успешно совмещать расчетные по ЭМ

параметры эрозии с данными о морфологии почв для оценки трансформации структур ПП (Козлов и др., 2019).

В данной работе представлены результаты применения ЭМ для оценки трансформации ПП на ключевых участках (в Белгородской обл., Московской обл. и республике Башкортостан), различающихся по физико-географическим и социально-экономическим условиям развития эрозии почв.

Оценка эродированности ПП Прохоровского района Белгородской обл. выявила высокое сходство площадей ареалов почв разной степени эродированности, полученных на основе цифрового (с использованием модели WaTEM/SEDEM) и традиционных методов картографирования (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Карты эродированности ПП, построенные методом традиционного картографирования (А), методом цифрового картографирования (Б). Обозначения: 1 – неэродированные почвы, 2 – слабо-эродированные, 3 – средне-эродированные, 4 – сильно-эродированные.*

Территория исследования характеризуется невысокой степенью эродированности ПП, более 92% (95,6% - на основе традиционного метода, 92,2% - цифрового метода) занято не эродированными и слабо-эродированными почвами (то есть с мощностью эродированного слоя до 20 см). Небольшое варьирование мощностей горизонтов может быть обусловлено не только эрозией, но и разной интенсивностью гумусонакопления в различных литолого-геоморфологических условиях, а также с погрешностями диагностики



мощностей горизонтов почв в полевых условиях. Ареалы средне- и сильноэродированных почв занимают небольшие площади - лишь 4,4% (традиционный метод) и 7,8% (цифровой метод) от площади пашни. Доля площадей пикселей, совпадающих по категории эродированности ПП, полученной разными методами составила 75,4%. Анализ пространственного распространения зон несовпадающих по категории эродированности ПП не выявил какой-либо связи с экспозицией склонов. Однако была выявлена прямая зависимость между площадью зон несовпадения и крутизной склонов (рисунок 2). На склонах невысокой крутизны площади зон несовпадения малы, а при увеличении крутизны склонов резко возрастают. Как правило, на крутых склонах несовпадение отмечается в сторону более высокой степени эродированности, картографируемой цифровым методом.

Иные возможности применения ЭМ опробованы на ключевом участке в Московской области. Данная территория характеризуется сложной этапной историей сельскохозяйственного освоения, в отличие от рассмотренной ранее территории Белгородской области с высокой степенью распаханности и относительно небольшими флуктуациями площадей пашни в последние века.

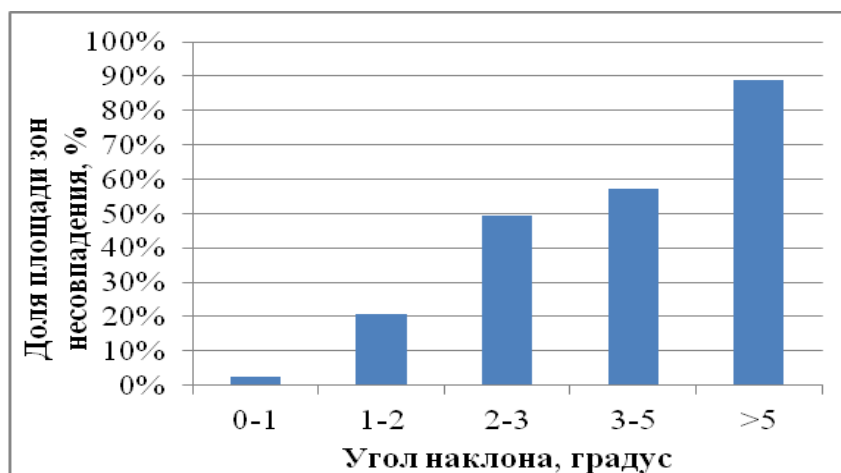


Рисунок 2 – Доли площадей зон несоответствия степени эродированности ПП, полученных на основе традиционного и цифрового методов картографирования, в связи с крутизной склонов.

Проведен анализ исторических карт на ключевой участок «Ельдигино» в Московской обл. Выбраны 8 карт, характеризующих наиболее значимые периоды землепользования территории за 1797, 1861, 1871, 1931, 1954, 1985, 2000, 2018 гг. Границы пахотных земель были оцифрованы. Расчет ливневого смыва проведен на основе модели WaTEM/SEDEM, талого – модели Г.А. Ларионова (Методические указания..., 1996). Территория исследования характеризуется неоднородным ПП, поэтому ЭМ проводилось с учётом противоэрозионной устойчивости почв. Также учтена история севооборотов на данной территории.

Установлены существенные изменения площадей распахиваемых земель за последние 250 лет, которые варьировали в разные периоды времени более чем в 3,5 раза (от ~950 га в настоящее время до ~3350 га в 1871 и ~4750 га в 1787 году). Наиболее стабильно распахивались хорошо дренируемые участки склонов, в свою очередь плоские земли, склонные к переувлажнению, периодически забрасывались.

Средние темпы эрозии почв варьировали двух-кратно в разные периоды времени. При этом объемы смыва варьировали в существенно большей степени (от ~350 до ~1350 тыс. тонн в год) (рисунок 3). Помимо пространственной структуры распахиваемых площадей немаловажную роль сыграл состав севооборотов. Например, в начале XX века за счет увеличения доли пропашных культур отмечался существенный рост темпов эрозии почв, не смотря на умеренную площадь пашен (~2200 га).

Крупномасштабные исследования в Уфимском районе республики Башкортостан выявили существенное влияние микрорельефа на развитие эрозионно-аккумулятивных процессов и формирование эрозионных микроструктур ПП. На изученных эрозионно-опасных склонах отмечается существенное варьирование свойств почв, вероятно, в первую очередь обусловленное их смывом и намывом.

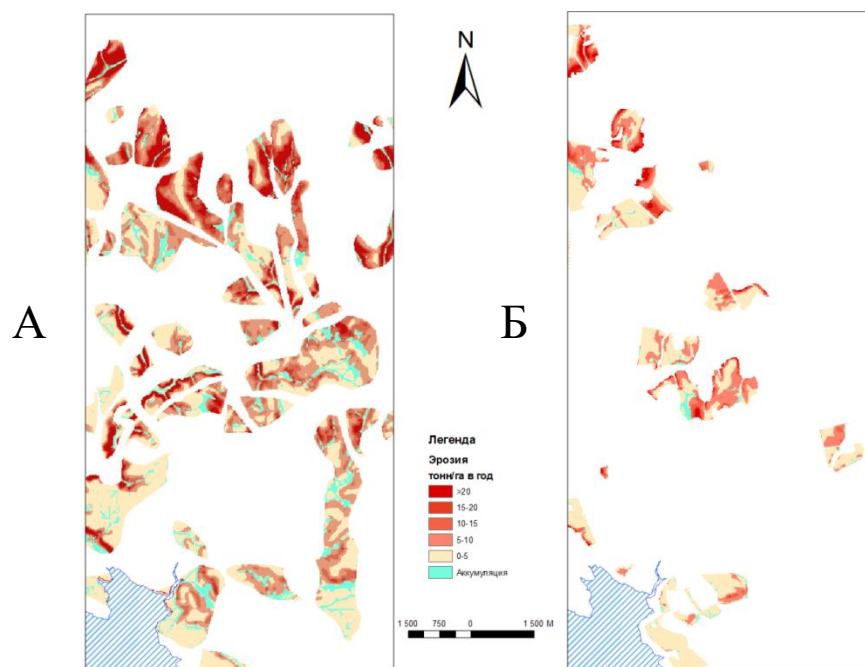


Рисунок 3 – Расчетные темпы эрозии почв на участке «Ельдигино» в 1871 году (А) и 2018 году (Б).

На участках склонов с отсутствием выраженных ложбин и карстовых просядок варьирование мощностей гумусовых горизонтов относительно небольшое (коэффициент вариации (КВ) 19-30%), в распахиваемых ложбинах наблюдается увеличение амплитуды колебания мощностей гумусовых горизонтов (КВ 36-81%), а в нераспахиваемых ложбинах и карстовых воронках выявлено наибольшее варьирование мощностей гумусовых горизонтов (КВ 48-100%). В распахиваемых ложбинах отмечается как преобладание эрозии почв, так и аккумуляции наносов. В некоторых ложбинах отмечается даже многократное чередование зон смыва и намыва вещества почв. В таких условиях формируются особые эрозионные микроструктуры ПП.

Большая часть ложбин не отражается на крупномасштабных топографических картах. Поэтому результаты ЭМ в данном масштабе характеризуются значительными погрешностями, также как и применение традиционных методов картографирования. В условиях выраженного микрорельефа необходима разработка новых методов картографирования

эродированности почв, в частности, с применением ЭМ на основе детальных топографических съемок рельефа местности.

Проведенные исследования свидетельствуют о значительных региональных особенностях эрозионной трансформации ПП. Применение цифровых моделей, на взгляд авторов, позволяет более детально и математически обоснованно учитывать факторы, обуславливающие особенности трансформации ПП, по сравнению с традиционными методами картографирования. Однако при ЭМ для достижения качественного результата необходимо учитывать историю землепользования, а также различные физико-географические особенности исследуемой территории с помощью детализации регионально-обусловленных входных параметров моделирования.

*Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-20011\18.*

### **Список литературы**

1. Козлов Д.Н., Жидкин А.П., Лозбенев Н.И. Цифровое картографирование эрозионных структур почвенного покрова на основе имитационной модели смыва // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019 (в печати)
2. Методические указания по составлению крупномасштабных карт эрозионно опасных земель для обоснования почвозащитных мер при внутрихозяйственном землеустройстве. — М., 1996. — 40 с.

УДК 631.434.5:574(71)

## **БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В СИБИРИ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ**

**Л.И. Инишева<sup>1</sup>, К.И. Кобак<sup>2</sup>, И.Е. Турчинович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Томский государственный педагогический университет, Томск*

<sup>2</sup>*Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург*

[inisheva@mail.ru](mailto:inisheva@mail.ru)

Кратко рассмотрена история почвообразования на фоне эволюции биосферы. Особое внимание уделено болотному почвообразованию. Проанализирована скорость аккумуляции углерода в болотных экосистемах Западной Сибири в

голоцене. Определены современные скорости аккумуляции углерода и линейного прироста торфа на некоторых типах болот.

*Ключевые слова:* биосфера, эволюция, голоцен, заболачивание, использование.

Болотные ресурсы – уникальные образования биосферы занимают 4,4 % территории суши, и первое место по их площадям и запасам принадлежит России. Западно-Сибирская равнина представляет собой крупнейший торфяной регион мира (запасы торфа около 70 % от запасов в РФ). Все это предполагает важную роль болот в развитии биосферы. Была поставлена задача анализа скорости процесса заболачивания в болотных экосистемах в разные временные интервалы.

Болотная форма почвообразования – одна из древнейших, ее абсолютный возраст составляет около 400 млн. лет. Проследим, какое участие болота приняли в формировании кислородсодержащего состава газовой оболочки планеты и выхода организмов из водной среды на сушу. И происходило это на протяжении 3-х периодов эволюции биосферы. Гидроземный период – это время господства океана, длительность его 3 млрд. лет. В атмоземный период (175 млн. лет) происходит адаптация организмов к условиям воздушного окружения. Это период древних лесов и болот, образования каменного угля из древних болот. Болота в этот период выполнили роль переходного моста, по которому растения вышли из воды на сушу и начался литоземный период (160 млн. лет), в который произошло освоение растениями и животными литосферной оболочки суши и затухание болотного почвообразования. Примерно 70 млн. лет назад, в основном завершилось становление современных растительных формаций природных зон. Образно говоря, современный мир вышел из древнего океана и древних болот (Бахнов, 2002).

В части современных болот наиболее интересен отрезок четвертичного периода кайнозойской эры, продолжительностью до 10–12 тыс. лет – голоцен. В образовании болот первейшее значение имеет климат. А климат в голоцене

менялся неоднократно от оледенений и до потепления. Исследованиями установлено, что начало и развитие болотообразования на Западно-Сибирской равнине относятся только к голоцену и, согласно (Neustadt, 1984) его возрастной предел находится между 10–12 тыс. лет. Геологический период голоцена по показателям климата подразделяется на 4 периода: древний голоцен (9800–12000 л.н.), ранний (7700–9800 л.н.), средний (2500–7700 л.н.), поздний (0–2500 л.н.). В первый период (субарктический и арктический, вторая половина) климат на Земле стал теплым, ледник отступил, началось формирование условий для последующего процесса торфообразования. В ранний голоцен (предбореальный и начало бореального периода) климат оценивается как умеренно теплый, а к концу как холодный и сухой. Поэтому болотообразовательный процесс не получил значительного развития. В средний голоцен (суббореальный и атлантический) образовалась преобладающая часть современных торфяных почв с мощным торфяным профилем, переходящим в верховую (олиготрофную) стадию развития. Некоторое похолодание и увеличение влажности климата в поздний голоцен (субатлантический период) благоприятствовали дальнейшему росту сфагновых болот и «расползанию» их в стороны. Так, например, образовалась болотная страна – Западно-Сибирская равнина (Болотные системы..., 2001). Скорость трансгрессии болот и их вертикальный рост не были одинаковыми в разные временные отрезки голоцена. По мере образования торфяного профиля, начиная с предбореального времени (около 9500 л. н.), скорость его нарастания постоянно уменьшалась. Наиболее интенсивное накопление торфа происходило на границе предбореала и бореала, когда средний прирост составлял 2,04 мм/год (предбореал) – 0,86 мм/год (бореал). В атлантике наступление болот на суходолы шло со скоростью 40–60 см/год (Гаджиев, Смоленцев, 2000). В северной тайге, тундре и лесотундре скорость торфонакопления в бореале была максимальной за весь голоцен, достигая 1,4–1,6 мм/год, что в два раза превышало интенсивность

накопления торфа в северных экосистемах европейской части России (Васильев, 2000).

Как обстоят дела с процессом заболачивания на Западно-Сибирской равнине в настоящее время? Рассмотрим результаты определения современной скорости аккумуляции углерода на примере сосново-кустарничково-сфагновых БГЦ в разные годы, представительные в многолетнем ряду. Результаты исследований были опубликованы в ряде работ (Инишева, Березина, 2013; Inisheva et al., 2013 др., Inisheva et al., 2017). В верховых болотах чистая первичная

продукция (NPP) изменялась в пределах от 206 до 337 г С/(м<sup>2</sup>·год) (таблица 1).

Таблица 1 – Элементы углеродного баланса в сосново-кустарничково-сфагновых БГЦ, г С/(м<sup>2</sup>·год)

Годы по гидротермическому коэффициенту	Поступление	Выделение CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub>	Депонирование
0,8	<u>206–337</u> 264,6 ± 38,43	<u>61–80</u> 69,0 ± 6,96	<u>140–276</u> 195,6 ± 50,40
1,3	<u>277–301</u> 290,3 ± 7,06	<u>45–111</u> 72,0 ± 24,46	<u>166–248</u> 218,3 ± 32,14
1,8	<u>214–245</u> 227,0 ± 11,37	<u>31–79</u> 47,7 ± 19,20	<u>166–189</u> 179,3 ± 8,44
Среднее	260,6 ± 15,69	62,9 ± 8,94	197,7 ± 16,24

Примечание. В числителе – экстремальные, в знаменателе – средние значения, «±» – доверительный интервал.

Средние значения потоков углерода в виде CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> за годы исследования составили – 69, 72, 47,7 г С/(м<sup>2</sup>·год). Большая часть потерь углерода была обусловлена эмиссией CO<sub>2</sub> (в среднем 61,3 г С/(м<sup>2</sup>·год), или 23,5 % NPP. Доля

CH<sub>4</sub> значительно меньше (1,6 г C/(м<sup>2</sup>·год) или 0,6 % NPP). В сумме доля выноса была равна 24,1 % NPP. Вынос углерода с болотными водами с водосборной площади был определен в количестве 7,9 г C/(м<sup>2</sup>·год) или 3,0 % NPP. На основании полученных результатов можно сделать вывод о преобладании аккумуляции углерода в торфяном профиле (189,8 г C/(м<sup>2</sup>·год)) и, соответственно, о прогрессирующем торфообразовательном процессе на территории сосново-кустарничково-сфагновых БГЦ в современный период.

Для определения современной скорости аккумуляции углерода в болотных экосистемах может быть использована модель процессов аккумуляции торфа и углерода, базирующаяся на сведениях о функционировании болотной экосистемы (Слутю, 1996; Моделирование многолетних..., 2000). Модель вертикального роста болот, разработанная для верховых болот (Слутю, 1984), широко применяется и для других типов болотных экосистем. Согласно этой модели, с нашими дополнениями были проведены расчеты **прироста торфа в некоторых типах болот**. Так, скорость аккумуляции углерода изменяется от 10,3 г C/(м<sup>2</sup>·год) в полигональных болотах до 51,7 г C/(м<sup>2</sup>·год) в низинных травяных болотах, что в 1,4 – 6,8 раз меньше по сравнению с результатами в бореальный период голоцена.

В целом можно констатировать направленность развития природы Западной Сибири по типу прогрессирующего заболачивания. Но активизация этого процесса приходит в противоречие с представлениями о комфортности природных условий и перспективах экономического развития. Так по этой причине в отдельных странах осуществляются программы социально-экономической необходимости использования торфяных болот (лесные, сельскохозяйственные угодья и др.).

### Список литературы

1. *Бахнов В.К.* Почвообразование: взгляд в прошлое и настоящее (биосферные аспекты). Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2002. 117 с.



2. Болотные системы их природоохранное значение / О.Л. Лисс [и др.]. М., 2001. 584 с.
3. *Васильев С.В.* Скорость торфонакопления в Западной Сибири // Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра РАН, 2000. С. 56–59.
4. *Гаджиев И.М., Смоленцев Б.А.* Роль торфообразования в формировании почвенного покрова Сибирских Увалов в голоцене // Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра РАН. 2000. С. 63–65.
5. *Инишева Л.И., Березина Н.А.* Возникновение и развитие процесса заболачивания на Западно-Сибирской равнине // Вестн. Том. гос. ун-та. 2013. № 366. С. 172–179.
6. Моделирование многолетних скоростей торфонакопления разными типами болот северо-запада России / И.Е. Турчинович [и др.] // Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра РАН, 2000. С. 60–62.
7. *Clymo R.S.* Assessing the accumulation of carbon in peatlands, Northern peatlands in global climate change, Helsinki, Publ. Academy of Finland, 1996, pp. 207–212.
8. *Clymo R.S.* Limits to peat bog growth, Phil. Trans. Royal Soc., 1984, Vol. 303, pp. 605–654.
9. *Inisheva L.I., Kobak K.I., Inishev N.G.* Paludification on vasyugan mire. Contemporary Problems of Ecology, 2017, Vol. 10, No. 2, pp. 105–110. Published in Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal, 2017, No. 2, pp. 119–126. DOI: 10.1134/S1995425517020044.
10. *Inisheva L.I., Kobak K.I., Turchinovich I.E.* Evolution of the paludification process, and carbon accumulation rate in bog ecosystems of Russia. 2013. Geography and Natural Resources vol.34, No 3, pp. 246-253. DOI: 10.1134/S1875372813030086.
11. *Neustadt M.I.* Holocene peatland development, Late Quaternary Environments of the Soviet Union, Minneapolis, Univ. of Minnesota Press, 1984, pp. 201–206.

УДК: 631.4

## **РОЛЬ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕЛОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОДУРАЛЬСКОГО ПЛАТО**

**И.В. Ковда<sup>1</sup>, А.Г. Рябуха<sup>2</sup>, Д.Г. Поляков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

<sup>2</sup>*Институт степи Оренбургского научного центра УрО РАН, Оренбург*

[ikovda@mail.ru](mailto:ikovda@mail.ru)

Рассмотрены причины комплексной структуры почвенного покрова территорий с выходами близко залегающих меловых пород на поверхность, проявляющихся в виде меловых пятен или микрорельефа. Предположительно формирование структуры почвенного покрова определяется палеокриогенными процессами и современными процессами промерзания-оттаивания. Согласно предварительной полевой диагностике почвенный покров комплексов представлен Дерново-криометаморфическими почвами в микрозападинах, Дерново-криометаморфическими криотурбированными на микросклонах и Палевыми на микроповышениях.

*Ключевые слова:* современный криогенез, палеокриогенез, микрорельеф, инволюции

Роль криогенных процессов в формировании ландшафтов и структуры почвенного покрова хорошо известна, в первую очередь, для таежных и тундровых территорий севера Европейской части России, Сибири и Дальнего Востока. На юге Сибири и Дальнего Востока, в условиях резко- и ультраконтинентального климата и близкого залегания многолетней мерзлоты криогенные почвы широко распространены в степных условиях, однако по мере движения на запад выраженность криогенных признаков в почвах степной зоны ослабевает и они отмечаются преимущественно в качестве реликтовых.

Южный Урал и Казахстан являются переходной территорией, в которой многолетняя мерзлота уже отсутствует, но, в условиях резко-континентального климата, криогенные признаки отмечались в черноземах и каштановых почвах в виде языковатости и интерпретировались как современные. При этом можно отметить недостаточно высокую изученность данного региона в палеогеографическом и палеопочвенном контексте, в частности, реликтовые криогенные признаки в Оренбургской области не изучены и не отмечались. В то же время, еще в 80-ых годах XX века А.А. Величко отмечал такие унаследованные явления как остаточный ледниковый рельеф, реликтовый криогенный микрорельеф, остаточный палеокриогенный комплекс и другие явления, развившиеся в условиях иного климата и находящиеся сейчас в подавленном или пассивном состоянии т.е. не развивающимися в настоящее время (Величко, 1980; Величко, Морозова, 1986). В частности он предполагал, что «от западных окраин европейского континента до Тихого океана существовала единая область многолетней мерзлоты, южная граница которой проходила на 48-46 ° с.ш.», на которой был распространен микрорельеф, сходный с тем, который сейчас формируется в Якутии и на северо-востоке Сибири (Величко, Морозова, 1986). На европейской территории России эти предположения уже нашли свое подтверждение.

В ряде районов степной зоны юга России встречаются специфические объекты, приуроченные к близкому залеганию меловых пород – это выходы меловых пород в виде пятен или микрорельефа на поверхности. На юге Оренбургской области такие объекты особенно сильно выражены и получили название «меловые полигоны» (Чибилев и др., 2000).

Полевые исследования меловых полигонов с выраженным микрорельефом в Акбулакском районе Оренбургской области обнаружили их внешнее морфологическое соответствие современному криогенному микрорельефу Якутии, а внутреннее строение с гумусовыми клиньями, приуроченными к современным западинам позволило предположить их приуроченность к псевдоморфозам по повторно-жильным льдам и рассматривать в качестве посткриогенного комплекса (Ковда и др., 2018; Ryabukha et al., 2019).

В задачу данной работы входило выяснить механизмы формирования структуры почвенного покрова меловых ландшафтов.

Морфологическое изучение почв меловых полигонов в траншеях и дополнительно в прикопках показало, что, несмотря на общую мозаичность их строения, можно говорить о различии строения почвенных профилей на микроповышении, в микрозападине и на микросклоне. Несмотря на расположение изучаемого объекта в степной зоне, во всех трех профилях преобладали признаки криогенных процессов, которые не только определили свойства отдельных горизонтов, но и структуру почвенного покрова всей территории. Помимо формирования аналогов почв-пятен на микроповышениях и обогащенных органическим веществом глубоко гумусированных почв микропонижений, а также мозаичности, особенно выраженной в почве микросклона, можно отметить заметные различия химических свойств почв, в частности, содержания органического углерода, рН, содержания солей. По совокупности морфологических и имеющихся химических свойств предварительно почвы были диагностированы как Дерново-

криометаморфическая в западине, Дерново-криометаморфическая криотурбированная на микросклоне и Палевая на микроповышении.



А

Б

**Микроповышение**



*Рисунок 1 - Общий вид участка меловых полигонов со свежими меловыми пятнами на микроповышениях (А); правая криотурбированная часть передней стенки траншеи (Б).*

Современная структура почвенного покрова меловых полигонов по всей видимости отражает реликтовый криогенный микрорельеф, однако в настоящее время, в условиях дополнительного грунтового увлажнения, эти структуры поддерживаются современными процессами, связанными с замерзанием и оттаиванием мелкодисперсной меловой массы, приобретающей пластичность во влажном состоянии и способность к выдавливанию и излияниям на

поверхность. Таким образом в степной зоне Подуральского плато в условиях современного отсутствия многолетней мерзлоты обнаружены активно функционирующие и воспроизводящиеся криогенные комплексы с формированием криотурбированных горизонтов, микрорельефа и почв пятен, аналогичных тундровым криоземам.

### Список литературы

1. *Величко А.А.* Палеогеография, современное состояние природной среды и прогноз // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1980. № 50. С. 12-23.
2. *Величко А.А., Морозова Т.Д.* Палеогеографические основы истории формирования современного почвенного покрова. В кн. Эволюция и возраст почв СССР, Пушкино, 1986. С.22-36.
3. *Ковда И.В., Рябуха А.Г., Поляков Д.Г., Левыкин С. В., Петрищев В.П., Яковлев И.Г., Норейка С.Ю., Ряхов Р.В.* Криогенные признаки в почвах меловых полигонов Оренбургской области // Новосибирск, Матер. Всерос. научн. конф с межд. участием посвященная 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН «Почвы в биосфере», 2018. С. 37-41.
4. *Чибилев А.А., Мусихин Г.Д., Павлейчик В.М., Петрищев В.П., Сивохин Ж.Т.* Геологические памятники природы Оренбургской области. Оренбург: Оренб. кн. изд-во, 2000. 400 с.
5. *Ryabukha A., Polyakov D., Kovda I.* Genesis of Chalky Polygons on the SubUral Plateau // Int. Conf. «Solving The Puzzles From Cryosphere», Pushchino, 15-18 April 2019. P. 203-204.

УДК 631.417.2

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ФОРМУЛИРОВКЕ ПОНЯТИЯ “ГУМУС” ПАХОТНЫХ ПОЧВ

**Б.М. Когут<sup>1</sup>, В.М. Семенов<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

*<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН –  
обособленное подразделение ФИЦ, Москва*

*«Пушкинский научный центр биологических исследований РАН», Пушкино*

[kogutb@mail.ru](mailto:kogutb@mail.ru)

Предложено дифференцировать понятия “почвенное органическое вещество” и “гумус”. Дан критический анализ определения “гумус” различных авторов. Сформулирован авторский количественный подход к данному понятию.

*Ключевые слова:* почвенное органическое вещество, гумус

Известно несколько фундаментальных определений гумуса. В формулировке И.В.Тюрина (1937) отображена динамичность, многокомпонентность и гетерогенность гумуса, указывается на присутствие в его составе гуминовых веществ. В то же время не отмечена стабильность гумуса, к гумусу ошибочно отнесена живая микробная биомасса и неразложившиеся остатки. В Британской энциклопедии (Encyclopædia Britannica, 1990) гумус рассматривается как неживое органическое вещество, присущее почве, и подчеркивается коллоидный характер гумуса. Вместе с тем не отмечена стабильность гумуса и многообразие путей стабилизации органического вещества при формировании гумуса. В определении Д.С.Орлова с соавторами (1996) акцентируется внимание на почвенный статус гумуса, что гумус – неживая органическая масса. Однако не дано четких различий между гумусом и почвенным органическим веществом. Как следствие, отождествление понятий «почвенное органическое вещество» и «гумус» может быть причиной ошибочных или спорных выводов при интерпретации экспериментальных результатов и сравнении литературных данных.

Ранее нами в развитии взглядов И.В.Тюрина (1937) и Л.Н.Александровой (1980) было предложено различать понятия «почвенное органическое вещество» и «гумус». Термином «гумус» была обозначена “подсистема почвы, сформированная из органических веществ и соединений растительного, животного и микробного происхождения, прошедших гумификационные и негумификационные стадии стабилизации” (Kogut, Semenov, 2014).

По времени оборачиваемости почвенное органическое вещество обычно подразделяется на три пула: активный, со временем полного оборота (ТТ) меньше 3-10 лет, медленный или промежуточный (ТТ=10-100 лет) и пассивный (ТТ>100 лет) (Семенов и др.,2004; von Lützow et al., 2008; Schwendenmann, Pendall, 2008; Wander, 2004).

При освоении и распашке целинных почв содержание органического углерода наиболее интенсивно падает в первые десять лет, а затем в течение последующих 20 – 50(100) лет экстенсивного использования пашни (без удобрений) процесс дегумусирования почв постепенно замедляется, приближаясь к квазиравновесному гумусовому состоянию (Орлов, 1985; Титова, Когут, 1991). Можно предположить, что на начальных этапах освоения преимущественно теряется углерод активного пула органического вещества, а биодegradация собственно гумуса начинается только через 10 лет распашки целинных почв.

До настоящего времени процедура пробоподготовки почвенных образцов на содержание гумуса не унифицирована и заключается в тщательном отборе органических остатков растений, животных и других органических материалов под лупой, растиркой и гомогенизацией почвенной массы до размера частиц  $< 0.25$  мм, бихроматного окисления методом Тюрина или сухого сжигания на автоматических анализаторах и пересчета содержания С орг на количество гумуса, используя коэффициент 1.724. Однако таким способом практически невозможно добиться полного отделения свежих и частично разложившихся растительных остатков от гумифицированного органического вещества. Согласно ГОСТ 26213-91 до аналитического измерения содержания органического вещества почвы по методу Тюрина в модификации ЦИНАО проводится следующая процедура пробоподготовки: “Перед измельчением из пробы удаляют пинцетом видимые невооруженным глазом неразложившиеся корни и растительные остатки”. Следует отметить такой интересный факт. Почва варианта “длительный бессменный чистый пар” - уникальный объект, на котором аналитически определяемое содержание органического вещества и гумуса совпадают, т.к. практически исключается отбор растительных остатков при пробоподготовке почв.

Ранее одним из авторов данной работы была предпринята попытка перехода от концептуального к эмпирическому пониманию «гумуса». Гумус – полностью трансформированная, стабильная часть почвенного органического вещества размером меньше 0.053 мм преимущественно микробного происхождения, связанная с минеральной матрицей почвы (Семенов, 2018). Главный недостаток такого операционального понимания гумуса заключается в допущении, что все органическое вещество размером менее 0.053 мм является гумифицированным и стабилизированным.

Если стабилизацию органического вещества в почве рассматривать как функцию времени, то количественная формулировка понятия будет следующей: “Гумус – это подсистема почвенного органического вещества, сформированная из органических материалов и соединений растительного, животного и микробного происхождения, прошедших гумификационные и негумификационные стадии стабилизации, со временем полного разложения составляющих компонентов > 10 лет”. При этом следует иметь в виду, что в почвах с разной продолжительностью периода биологической активности время полного оборота этих составляющих компонентов может варьировать.

Предложенный количественный подход к формулировке понятия “гумус” пахотных почв не может быть полностью распространен на таковую лесных и других необрабатываемых почв.

### Список литературы

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 288 с.
2. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества
3. *Орлов Д.С.* Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 376 с.
4. *Семенов В.М.* Органический континуум почвы: структурно-функциональная организация, ключевые процессы и основные драйверы // Гуминовые вещества в биосфере. Материалы VIII Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения Д.С.Орлова. М., 4-8 декабря 2018. – М., МАКС Пресс, 2018 – С.78.
5. *Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В., Семенова Н.А.* Роль растительной биомассы в формировании активного пула органического вещества почвы // Почвоведение. 2004. № 11. С.1350-1359.



6. *Тимова Н.А., Козут Б.М.* Трансформация органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв // Итоги науки и техники (серия почвоведение и агрохимия). Т.8. М.: Изд-во ВИНТИ, 1991. 156 с.
7. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. М.-Л.: Сельхозгиз, 1937. 287 с.
8. *Kogut V.M., Semenov V.M.* Theoretical concepts about organic matter, humus, humic substances in soils and their adequate experimental determination // Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems. V International Symposium. Saint Petersburg: VVM Publishing Ltd., 2014. P. 105-106.
9. *Schwendenmann L., Pendall E.* Response of soil organic matter dynamics to conversion from tropical forest to grassland as determined by long-term incubation // Biology and Fertility Soils. 2008. V. 44. P.1053-1062.
10. *von Lützow M., Kögel-Knabner I., Ludwig B., Matzner E., Flessa H., Ekschmitt K., Guggenberger G., Marschner B., Kalbitz K.* Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: Development and application of a conceptual model // J. Plant Nutrition and Soil Sci. 2008. V. 171. P. 111-124.
11. *Wander M.* Soil Organic Matter Fractions and Their Relevance to Soil Function // Soil organic matter in sustainable agriculture. Eds. F.Magdoff, R.R.Weil. Boca Raton etc: CRC Press, 2004. P. 67-102.

УДК 631.417

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ АГРОЦЕНОЗА

**Н.А. Колобова, З.Н. Егорова, Н.В. Матвеева,**

**А.Д. Котельникова, О.Б. Рогова**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[nataly\\_starok@mail.ru](mailto:nataly_starok@mail.ru)

Показано, что при внесении минеральных удобрений снижается потенциальная буферная способность почв и энергия связи фосфатов с почвой, повышается максимальная емкость по отношению к фосфат-ионам. При прекращении внесения удобрений энергия связи повышается, а максимальная емкость понижается. При внесении удобрений повышается содержание фосфора в илистой и лёгкой фракциях, а при последствии данные показатели снижаются до уровня контрольного варианта. Анализ группового состава фосфатов показал, что внесение минеральных удобрений повышало содержание фракций F1, F2, F3, F4. Прекращение внесения удобрений приводило к снижению содержания в почве фракций F2, F3, F4.

*Ключевые слова:* действие и последствие удобрений, агрофон, длительный полевой опыт, гранулоденсиметрическое фракционирование, сорбция фосфора, групповой состав соединений фосфора

Исследовались черноземные почвы Воронежской области, где на территории землепользования Воронежского НИИСХ в 1991 году заложен длительный полевой опыт, на котором изучается действие и последствие различных доз минеральных удобрений. Анализировались образцы 6 разных вариантов опыта: «без удобрений» – делянки, где не вносятся удобрения; «NPK» – делянки, где вносится 60 кг/га N, P и K ежегодно; «2NPK» – делянки, где вносится 120 кг/га N, P и K ежегодно; «фон» - делянки, где внесли 60 кг/га N, P и K в качестве фона в 1991 году; «фон+NPK» - делянки, где внесли 60 кг/га N, P и K в качестве фона в 1991 году и затем до 2009 года ежегодно вносили 60 кг/га N, P и K; «фон+2NPK» - делянки, где внесли 60 кг/га N, P и K в качестве фона в 1991 году и затем до 2009 года ежегодно вносили 90 кг/га N, P и K. Образцы отбирались в 2013 году в 3 повторностях с помощью бура диаметром 5 см методом конверта с глубины 0-20 см. В образцах определяли агрохимические показатели, проводилось гранулоденсиметрическое фракционирование почв, анализ группового состава соединений фосфора в почве и в физических фракциях, определялась сорбционная способность почв по отношению к фосфору.

Физические фракции были выделены по методу Шаймухаметова, Травниковой и Титовой (Шаймухаметов и др., 1985). Физические фракции разлагали с  $\text{HNO}_3$  с использованием системы разложения Milestone Smart D. В полученных растворах концентрация фосфора определялась колориметрически с помощью спектрофотометра Unicо 1201. Фракции фосфора выделялись из почвы и физических фракций по методу Олсена и Соммерса (1982), который рекомендуется для удобряемых почв. Потенциальная буферная способность почв определялась по методике Гинзбург (1975). Полученные данные аппроксимировали моделью ограниченной сорбции на монослое Лэнгмюра.

Почвенные образцы, отобранные с делянок с «действием» удобрений, характеризуются высоким содержанием органического углерода, которое

немного повышается в удобренных вариантах ( $r=0,93$ ). В эксперименте с «последствием» удобрений наблюдалось снижение содержания органического углерода в варианте «фон+2NPK». На делянках с «действием» удобрений рН было меньше, чем в варианте без удобрений. На делянках с «последствием» удобрений это различие было менее выражено. Наименьшая обменная кислотность наблюдалась в вариантах с одинарной и двойной дозами минеральных удобрений, в то время как делянки с фоном обладали высоким значением данного показателя. Содержание подвижного фосфора и обменного калия на делянках с действием удобрений увеличивалось пропорционально дозе удобрений. На площадке с фоном мы наблюдали снижение содержания фосфора и калия в варианте «фон+2NPK».

Применение уравнения Лэнгмюра и построение изотерм сорбции позволило рассчитать термодинамические характеристики энергии связи фосфатов с почвой ( $\Delta G$ ), максимальной емкости по отношению к фосфат-ионам ( $Q_{\max}$ ), константу адсорбции ( $b$ ). Полученные кривые описываются экспоненциальными либо полиномиальными второй степени уравнениями с высокой степенью достоверности ( $R^2=0,95$  и выше). Анализ изотерм показывает, что почвы с «действием» удобрений обладали различающимися сорбционными характеристиками, в то время как изотермы почв с «фоном» удобрений почти не различались.

Результаты свидетельствуют о том, что количество сорбированного фосфора в неудобренных почвах было выше, чем в вариантах с внесением удобрений. На делянках с агрофоном количество сорбированного фосфора было примерно одинаковых во всех вариантах опыта.

Выявлено, что максимальная емкость по отношению к фосфору ( $Q_{\max}$ ) в удобренных почвах была выше, чем в неудобренных, и была максимальной в варианте «2NPK». На делянках с агрофоном максимальная емкость почти не

различалась в вариантах опыта и была ниже, чем на делянках с действием удобрений. Константа адсорбции ( $b$ ) сильно различалась в вариантах опыта.

В вариантах с действием удобрений энергия связи фосфатов с почвой была ниже, чем в неудобренном варианте и уменьшалась пропорционально дозе удобрения. Энергия связи фосфатов с почвой в вариантах с агрофоном также была ниже, чем в неудобренном варианте, и не различалась по вариантам опыта. Стоит отметить, что энергия связи на делянках с агрофоном была выше, чем в вариантах с действием удобрений.

Физическое гранулоденсиметрическое фракционирование позволяет разделить группы соединений органоминеральной системы почв на связанные в органо-глинистые комплексы (илистые) и не связанные с глинистой матрицей (легкие). В черноземных почвах преобладает фракция остатка, содержащая частицы крупнее 1 мкм и тяжелее 2 г/см<sup>3</sup> (47,95-50,7 %). Доля илистой фракции, представленной органо-глинными комплексами, составляет 38,9-40,4 % от массы почвы. Содержание лёгкой фракции невысоко и составляет 9,6-12,28 %.

Валовое содержание фосфора в илистой фракции почв делянок с агрофоном не различалось по вариантам опыта и составляло 0,13 %, в то время как в илистой фракции почв делянок с действием удобрений содержание валового фосфора увеличивалось пропорционально дозе удобрения (с 0,11 до 0,14-0,19 %). В легкой фракции мы наблюдали аналогичное распределение. Содержание валового фосфора во фракции остатка было наименьшим и составляло 0,03-0,05 %.

Валовое содержание фосфора в черноземах варьировало от 785 мг/кг в неудобренных вариантах до 1113 мг/кг в варианте “2NPK”. Внесение удобрений и их последствие привело к трансформации фосфорных соединений. Фракционирование фосфорных соединений показало, что во всех почвенных образцах неокклюдируемый фосфор, связанный с алюминием и железом и

адсорбированный на минеральных поверхностях (NaCl–NaOH-P) составляет наименьшую долю (33-88 мг/кг). На участках с удобрениями мы наблюдали увеличение содержания данной фракции с 62 до 82-88 мг/кг в вариантах “NPK” и “2NPK”. На делянках с агрофоном содержание фосфора, сорбированного карбонатами (CB-P) было максимальным в неудобренном варианте и снижалось с увеличением дозы удобрения. На участке с действием удобрений фракция CB-P увеличивалась с повышением дозы удобрения.

Содержание фосфора, окклюдированного внутри оксидов и гидроксидов железа (CBD-P) повышалось в варианте «фон+NPK», а в варианте «фон+NPK» не отличалось от неудобренного варианта. На участках с действием удобрений мы наблюдали повышение содержания CBD-P от 86 до 142 мг/кг. На участке с действием удобрений содержание фосфора, представленного в виде слаборастворимых фосфатов кальция (HCl-P), а также фракции фосфора не выветрившихся минералов материнской породы и трудногидролизуемых фосфогумусовых комплексов (residual-P) повышалось с повышением дозы удобрения. Валовое содержание фосфора на делянках “NPK” и “2NPK” увеличивалось в основном за счёт фракций CB-P, CBD-P, HCl-P. Валовое содержание фосфора на делянке «агрофон+2NPK» не отличалось от варианта «агрофон» (840 и 866 мг/кг, соответственно), в то время как валовое содержание фосфора на делянке «агрофон+NPK» повысилось до 919 мг/кг.

Обнаружено, что спустя 4 года после прекращения внесения удобрений сорбционные характеристики почвы приближаются к уровню таковых в неудобренных почвах. В целом, изученные почвы сорбировали малые количества фосфора, что связано с высоким содержанием органического вещества в них, конкурирующего с фосфором за сорбционные места, а также высоким pH (6,56-7,93) и низким содержанием Fe-Al компонентов, являющихся основными поглотителями фосфора. Внесение минеральных удобрений повышало содержание доступного растениям неокклюдированного фосфора,

связанного с алюминием и железом (F1); фосфора, сорбированного карбонатами (F2); фосфора, окклюдированного внутри оксидов и гидроксидов железа (F3) и фосфата кальция (F4). Прекращение внесения удобрений приводило к снижению содержания в почве фракций F2, F3, F4.

УДК 631.48

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ УГЛЕДОБЫЧИ НА ПРИМЕРЕ ПОДМОСКОВНОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

**П.П. Кречетов, О.В. Черницова**

*МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва*

[krechetov@mail.ru](mailto:krechetov@mail.ru)

Технопедогенез на участках остановленной угледобычи привел к трансформации морфологических и химических свойств природных почв. Наиболее существенные изменения наблюдались на прилегающих к терриконам участках и в зонах техногенных просадок. Выделено и охарактеризовано несколько типов технопедогенеза под влиянием добычи сернистого бурого угля.

*Ключевые слова:* технопедогенез, угледобыча, Тульская область

Длительное (десятки лет) поступление в природные ландшафты техногенных потоков от отвалов сульфидсодержащих пород на участках угледобычи, а также формирование новых форм рельефа (терриконов, шлейфов, просадок) оказало значительное влияние на почвенный покров лесостепной зоны (в пределах Тульской области). Характер изменений почв определяется количеством и составом поступившего в почву техногенного материала (ТГМ); степенью включения ТГМ в почвенные горизонты; составом дренажных вод отвалов; расстоянием от отвалов; динамикой процессов трансформации почв; развитием гидроморфизма в зонах просадок (Солнцева и др., 1992). Цель данной работы – оценить эволюцию морфологических и химических свойств черноземов выщелоченных при поступлении техногенного материала

терриконов, а также охарактеризовать изменения в почвенном покрове пост-техногенных территорий в районах угледобычи, обусловленные сменой геоморфологических условий.

Объектами исследования были техногенно-трансформированные черноземы выщелоченные на участках, прилегающих к терриконам закрытых угольных шахт (Узловской район Тульской области). Почвенные разрезы глубиной 150-200 см заложены с учетом поступления твердого материала терриконов и кислых дренажных вод (КДВ), образующихся в результате поверхностного стока с отвалов, а также в техногенных просадках с различной степенью гидроморфизма. В разрезах выполнено морфологическое описание профиля и отобраны образцы из каждого генетического горизонта. Кроме того, отобраны пробы материала терриконов, КДВ и воды из пруда, расположенного на равном удалении от терриконов. Определены содержание и состав солей в почвах и отвалах, обменные катионы и органический углерод почв, а также минерализация и состав КДВ и воды.

Состав материала терриконов Подмосковского бурогоугольного бассейна очень неоднороден. В некоторых частях отвалов наблюдались продукты горения. Содержание органического углерода (угольного происхождения) составило 4.3-25%. В водорастворимых солях преобладали сульфаты (в основном, сульфаты кальция и алюминия); общее содержание солей 0.7-3.5%. Высокое содержание сульфидов (содержание общей серы 1.2-3.3%) определяет токсичность отходов. Активное окисление сульфидов приводит к образованию серной кислоты и сульфатов железа (Nordstrom and Alpers, 1999) и, как следствие, изменению свойств материала терриконов и КДВ.

Дренажные воды отвалов очень кислые (значения pH 2.23-3.03) и высоко минерализованные (38.3-47.2 г/л). Минерализация существенно превышает фоновые значения, определенные для природных вод (0.2-0.3 г/л).

Наиболее серьезные изменения почвенного покрова территорий, прилегающих к терриконам, связаны с формированием техногенных (ТГ) наносов (делювиально-пролювиальных шлейфов), которые образовались в результате переноса с поверхностным стоком продуктов химического выветривания и механической диспергации материала отвалов и которые по геохимическим и минералогическим характеристикам резко отличаются от состава перекрываемых ими почв. Мощность ТГ наносов составляет от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров (рядом с терриконом). Это приводит к полному погребению почв. При поступлении ТГМ на сельскохозяйственные земли в результате распашки происходит его перемешивание с гумусовым горизонтом.

Структура наносов и степень их стратификации меняются в зависимости от характеристик материала отвалов и расстояния от терриконов. Глинистый материал наносов очень тонкий, грязно-бурого цвета, имеет многочисленные средне- и тонко- пылеватые резко очерченные включения обломочных угольных частичек; отложения тонкодисперсного материала сильно уплотнены. Седиментационные процессы в наносах осложняются при поселении на их поверхности растительности: верхняя часть отложений становится более рыхлой, и появляются признаки локального оструктурирования.

На изменение морфологических и химических свойств почв также существенно повлияли кислые дренажные воды с высоким содержанием сульфатов кальция, железа и алюминия. По сравнению с фоновыми черноземами выщелоченными величина рН в верхних горизонтах техногенно трансформированных почв снизилась на 2.5-3.6 единицы, в карбонатных горизонтах – на 3.7 единиц. Обменная кислотность составила до 17.5 смоль/кг. Содержание легкорастворимых солей превысило 1% против <0.1% в природных почвах. Изменились количество и соотношение обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Фоновые значения органического углерода были превышены в 1.2-2.6 раз. Поступление



КДВ привело к растворению карбонатов и снижению верхней границы карбонатного горизонта черноземов. В почвенном профиле встречались гипсовые новообразования.

По результатам исследований выделены следующие типы технопедогенеза (процесса формирования почвы под влиянием деятельности человека, связанной с промышленным производством и добычей полезных ископаемых (Глазовская и др., 1985)). Тип I (на шлейфах, в непосредственной близости от террикона) характеризовался вторичным техногенным литогенезом, который преобладал над педогенезом, представленным стадией накопления биогенного органического вещества за счет функционирования микробоценозов. Тип II, синпедолитогенез (синхронный процесс литогенеза и почвообразования), приурочен к средней части шлейфов, где миграция твердофазного вещества замедляется. Происходит формирование фрагментарных травянистых сообществ и существенное педогенное накопление органического вещества за счет не только микробоценоза, но и корневого опада. Одновременно профиль почвы увеличивается по высоте («растет вверх») из-за поступающего ТГМ. Тип III, преобладание педогенеза над литогенезом, приурочен к краевым частям шлейфов с устойчивым травянистым покровом и формирующейся древесной растительностью, куда ТГМ поступает периодически (при экстремальных выпадениях атмосферных осадков). Профиль почв имел хорошо сформированный гумусово-аккумулятивный горизонт. Основное влияние на протекание процесса почвообразования оказывают высокоминерализованные дренажные воды. В почвах, отнесенных к вышеперечисленным типам технопедогенеза, наблюдалось подкисление, увеличение концентрации солей в почвенных растворах, трансформация состава ППК и гипсогенез.

Тип IV, агротехногенез, относится к почвам, к которым ТГМ примешивается при вспашке. Профиль почв характеризовался высоким содержанием ТГМ в пахотном и наличием гипсовых образований в

подпахотном горизонте. Тип V, пост-техногенное почвообразование, характерен для участков шлейфов, на которые ТГМ больше не поступает. Происходит его дальнейшая трансформация в почвенном профиле с постепенным удалением избытка легко растворимых соединений и снижением кислотности почвы. Тип VI, техногенно-гидроморфный, связан с участками просадок. Для просадок, сопряженных с терриконами, наряду с педогенными процессами, описанными в типах I-IV, характерно дополнительное увлажнение почвы и признаки гидроморфизма. В просадках над шахтными полями автоморфное образование почв меняется на полугидроморфное. В почвенном профиле появляются признаки оглеения и торфонакопления. В ряде случаев, отмечается понижение глубины залегания карбонатов.

Таким образом, в ходе проведенного исследования было выявлено, что в районах, где осуществлялась угледобыча, возможны различные направления эволюции техногенно-трансформированных почв. Исследованные новообразованные почвы характеризуются резко отличными от фоновых физическими, химическими свойствами и морфологическими признаками и не имеют аналогов в лесостепных ландшафтах Восточно-Европейской равнины.

### Список литературы

1. Глазовская М.А., Солнцева Н.П., Геннадиев А.Н. Технопедогенез: формы проявления // Успехи почвоведения. – М.: Наука, 1986. – С. 108-113.
2. Солнцева Н.П., Рубилина Н.Е., Герасимова М.И., Алистратов С.В. Изменение морфологии выщелоченных черноземов в районах добычи угля // Почвоведение. – 1992. – №1. – С. 17-29.
3. Nordstrom D. K., Alpers C.N. Geochemistry of acid mine waters // The environmental geochemistry of mineral deposits. – Littleton, CO: Society for Economic Geologists, 1999. – P. 133-160.

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТУНДРЫ И ВЫСОКОГОРИЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**М.И. Макаров, М.С. Кадулин, Р.В. Сабирова, Т.И. Малышева,**

**С.Р. Турчин, В.О. Лифанова**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[mikhail\\_makarov@mail.ru](mailto:mikhail_makarov@mail.ru)

Изучено влияние на свойства почвы присутствия в составе альпийского и горно-тундрового травяных фитоценозов вересковых кустарничков с эрикоидной микоризой (ЭРМ), выделяющей в почву окислительные и гидролитические ферменты. Показано, что повышенная активность экзоферментов в почве при наличии ЭРМ растений сохраняется даже при высокой доступности неорганических азота и фосфора. При этом при низкой их доступности мобилизуемые азот- и фосфорсодержащие органические молекулы используются для питания микроорганизмов и растений, а при высокой – не поглощаются активно микоризными грибами и сапротрофными микроорганизмами.

*Ключевые слова:* микориза, ферментативная активность, углерод, азот, фосфор

В последние десятилетия наблюдается инвазия кустарничков и кустарников в травяные экосистемы горно-тундрового и альпийского поясов. Причина этого явления точно не установлена, но его совпадение с наблюдаемыми климатическими изменениями не исключает роль этого фактора. Изменение состава луговых фитоценозов может оказать дополнительное (к климатически обусловленному) изменение почвенных свойств. Активным фактором может оказаться появление нового типа микоризы, прежде отсутствовавшего в сообществах. Известно, что внешний мицелий эрикоидной микоризы (ЭРМ) вересковых кустарничков характеризуется продуцированием экзоферментов, способных мобилизовать в почвах органическое вещество и элементы минерального питания. С другой стороны, может наблюдаться стабилизация органического вещества в результате продуцирования микоризой полифенолов, образующих устойчивые полифенол-белковые комплексы. В любом случае, появление кустарничков

может привести к изменению органического вещества почв, доступности элементов минерального питания и повлиять на микробное сообщество.

Вересковые кустарнички широко распространены в экосистемах холодного климата, где роль ЭРМ в циклах углерода и элементов минерального питания оценивалась эпизодически, и подобные работы основаны, преимущественно, на сравнении экосистем с доминированием растений с разными типами микоризы (Sørensen et al., 2018). Такой подход подразумевает формирование экосистем в исходно разных геоморфологических или литологических условиях и затрудняет оценку влияния типа микоризы на биогеохимические процессы. Мы изучили, как кустарнички с ЭРМ при поселении в луговые сообщества влияют на содержание лабильных фракций углерода, азота и фосфора, на структуру и функционирование микробного сообщества и на реакцию травяных растений. Исследование выполнено в альпийском поясе Северного Кавказа и в горно-тундровом поясе Хибин и основано на сравнении свойств почв лишайниковой пустоши в альпийском поясе Кавказа и злакового луга в горной тундре Хибин при наличии и отсутствии в составе фитоценозов кустарничков, образующих ЭРМ.

Для исследования отбирали по 10 образцов почвы из верхних 5 см горизонта А на участках со злаковой растительностью и на участках с кустарничками. В образцах определяли влажность, каменистость, кислотность, содержание лабильных соединений С, N и P и ряд показателей биологического и биохимического состояния почвы: углерод и азот микробной биомассы, активности минерализации органических соединений азота и нитрификации, базальное дыхание и микробный метаболический коэффициент, активности гидролитических ферментов (глюкозидазы, хитиназы, фосфатазы и лейцинаминопептидазы). Структуру микробного сообщества оценивали по составу жирных кислот фосфолипидов – биомаркеров отдельных таксономических групп микроорганизмов.

Показано, что флористический состав травяных сообществ в присутствии кустарничков и без них демонстрирует высокое сходство. Хотя участие некоторых доминирующих видов трав в составе фитоценозов может несколько различаться, встречаемость большей части доминантов остается высокой на участках с кустарничками и без них.

При этом ряд почвенных свойств при наличии кустарничков определенно отличается, и некоторые отличия носят разный характер в почве альпийской лишайниковой пустоши, характеризующейся низкой доступностью элементов минерального питания, и в почве злакового луга горной тундры, для которой типичны высокие концентрации лабильных неорганических соединений азота и фосфора.

К общим отличиям относится, прежде всего, повышенная каменистость и меньшая мощность профиля под кустарничками, что свидетельствует об изначальном их поселении на более каменистых участках с меньшим накоплением мелкозема. Также одинаковыми является повышенная кислотность, большее содержание подвижного минерального фосфора и повышенные активности глюкозидазы, хитиназы и фосфатазы, но меньшее содержание нитратов и низкая активность нитрификации в присутствии кустарничков. Повышение кислотности вполне ожидаемо, так как ЭРМ грибы выделяют в почву органические соединения кислотной природы, а опад вересковых кустарничков способствует формированию кислых продуктов при его трансформации (Mallik, 2003). Бóльшее содержание подвижного минерального фосфора в почве при наличии растений с ЭРМ связано с повышением минерализации органических фосфатов под действием фосфатазы, кроме того, известна повышенная эффективность микоризы в выветривании минералов благодаря выделению в почву органических кислот (Taylor et al., 2009). Повышенная активность гидролитических ферментов в почве злакового

луга Хибин свидетельствует об активности экзоферментов ЭРМ грибов даже при высокой доступности неорганических азота и фосфора.

В то же время, проявляются явные различия во влиянии ЭРМ растений на лабильное органическое вещество почвы при разной доступности элементов минерального питания. При низкой их доступности в присутствии кустарничков почва отличается более высоким содержанием углерода и азота лабильного органического вещества, что может свидетельствовать о деполимеризации органического вещества под действием экзоферментов ЭРМ грибов. Увеличение соотношения C/N в экстрагируемом органическом веществе свидетельствует об активном использовании мобилизованных азотсодержащих органических молекул для питания ЭРМ грибов и других микроорганизмов. Этому соответствуют увеличение концентрации азота микробной биомассы и уменьшение соотношения C/N в ней. В случае же высокой доступности неорганических соединений азота и фосфора в присутствии ЭРМ растений концентрация углерода лабильного органического вещества, но содержание N и P, входящих в его состав, возрастает. При этом соотношение C/N и C/P уменьшается. Повышенная ферментативная активность и в этом случае может свидетельствовать о мобилизации органических азот- и фосфорсодержащих соединений в почве, но повышение концентраций лабильных форм азота (как минеральных, так и органических) на фоне общей высокой доступности элемента в почве не приводит к дополнительной его аккумуляции в микробной биомассе.

Таким образом, при низких концентрациях неорганических форм азота и фосфора в почве азотсодержащие органические молекулы, мобилизованные ферментами ЭРМ грибов, активно используются для азотного питания микроорганизмов и растений. В противоположность этому, на фоне высоких концентраций неорганических форм азота и фосфора в почве злакового луга органические соединения не поглощаются активно микоризными грибами и

сапротрофными микроорганизмами.

*Работа выполнена при поддержке РНФ (проект 16-14-10208).*

### Список литературы

1. *Mallik A.U.* Conifer regeneration problems in boreal and temperate forests with ericaceous understories: role of disturbance, seedbed limitation, and keystone species change // *Critical Review in Plant Science*. 2003. V. 22. P. 341–366.
2. *Sørensen M.V., Strimbeck R., Nystuen K.O., Kapas R.E., Enquist B., Graae B.J.* Draining the pool? Carbon storage and fluxes in three alpine plant communities // *Ecosystems*. 2018. V. 21. P. 316–330.
3. *Taylor L.L., Leake J.R., Quirk J., Hardy K., Banwart S.A., Beerling D.J.* Biological weathering and the long-term carbon cycle: integrating mycorrhizal evolution and function into the current paradigm // *Geobiology*. 2009. V. 7. P. 171–191.

УДК 631.46; 631.416; 574.4

## ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭУТРОФНЫХ ТОРФОЗЕМОВ РАЗНОГО ТИПА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

**М.Н. Маслов**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[maslov.m.n@yandex.ru](mailto:maslov.m.n@yandex.ru)

Установлены принципиальные различия в интенсивности нитрификации, динамике минерального и микробного азота в торфоземах с разным режимом сельскохозяйственного использования. Наиболее существенны изменениям является смена лимитирования активности микроорганизмов с доступности азота (в лесу) на доступность органического вещества (на пашне). Изменения в торфяниках происходят в первые годы их освоения, а восстановление исходных характеристик не происходит полностью даже через 50 лет после прекращения сельскохозяйственного использования торфяника.

*Ключевые слова:* нитрификация, микробная биомасса почвы, устойчивое землепользование, Яхромская пойма

Эутрофные торфоземы имеют важное региональное значение для ведения сельского хозяйства за счет высокой обеспеченности азотом, однако долгосрочное сельскохозяйственное использование, а также последующее изъятие из сельскохозяйственного использования могут оказать значительное влияние на азотный цикл почвы.

Исследование проводили в центральной части Яхромской поймы (Московская область) на 4 участках с разным режимом сельскохозяйственного использования. Отбор проб поверхностного горизонта торфа проводился ежемесячно с мая по ноябрь. Первый участок (**AP100**) был осушен в 1906-1914 гг. и его сельскохозяйственное использование продолжается более 100 лет. Второй участок (**AP50**) был осушен в 1960-х годах и используется в сельскохозяйственном производстве более 50 лет. Оба этих участка используются под монокультуру картофеля, азотные удобрения не применяются. Третий участок (**PAP**) представлен зарастающей постагрогенной залежью возрастом 45-50 лет с предшествующим периодом сельскохозяйственного использования в течение 50 лет. Четвертый участок (**NAP**) представляет собой естественный торфяник, покрытый мелколиственным лесом с преобладанием *Betula pendula*. Все выбранные участки располагаются в зоне распространения древесного торфа.

Не смотря на близкое расположение и одинаковые изначальные условия, торфяники разного типа землепользования различаются по ключевым характеристикам. Основные различия между свойствами поверхностного горизонта торфа определяются содержанием растворенного органического углерода, органического и минерального азота, а также углерода и азота микробной биомассы несмотря на то, что эти показатели подвержены изменению в течение вегетационного сезона. Преимущественной причиной различий является количество поступающего в почву опада.

Максимальное содержание углерода и азота микробной биомассы в торфянике под лесом зафиксировано в начале и конце сезона (рисунок 1), что является наиболее распространенным вариантом для почв районов с контрастными временами года. При этом аккумуляция азота в микробной биомассе в течение невегетационного сезона обеспечивает весенний всплеск доступного азота для растений. Сельскохозяйственное использование



торфяников стирает сезонную динамику углерода и азота микробной биомассы, что связано с отсутствием поступления свежего опада растений. Единственный всплеск этих показателей наблюдается в середине лета и связан с повышением температуры почвы. Наиболее неожиданными являются результаты, полученные для постагрогенного торфяника. Динамика углерода, а особенно азота микробной биомассы на этом участке имеет выраженные пики в начале периода наблюдений, а также в летние месяцы. Весенний пик, также как и тенденция к повышению в ноябре, связаны с аккумуляцией микробной биомассой азота из свежего растительного опада, как и в лесу, а летний пик – с прогревом почвы, как на пашне. Это показывает, что тип землепользования посредством изменения растительного покрова территории может влиять на сезонную динамику углерода и азота микробной биомассы.

Сельскохозяйственное использование торфяников приводит к увеличению скорости нитрификации и накоплению нитратов в количествах, превышающих потребность микроорганизмов и растений. Мы предполагаем, что образование нитратов на пашне происходит при гетеротрофной нитрификации и связано с деятельностью грибов, осуществляющих деградацию лигнина и ацетата (De Boer, Kowalchuk, 2001). Основная функция нитрификации при этом заключается в сбросе электронов при окислении органического вещества. Повышение нитрификации в начале сезона связана с повышением доступа кислорода при вспашке и других агротехнических работах. В дальнейшем снижение нитрификации происходит за счет поглощения образовавшихся нитратов растениями.

Микробные сообщества лесного и постагрогенного торфяника лимитированы доступностью азота, о чем свидетельствует относительно низкое содержание минерального азота в течение вегетационного сезона, высокая иммобилизационная активность микроорганизмов по отношению к почвенному

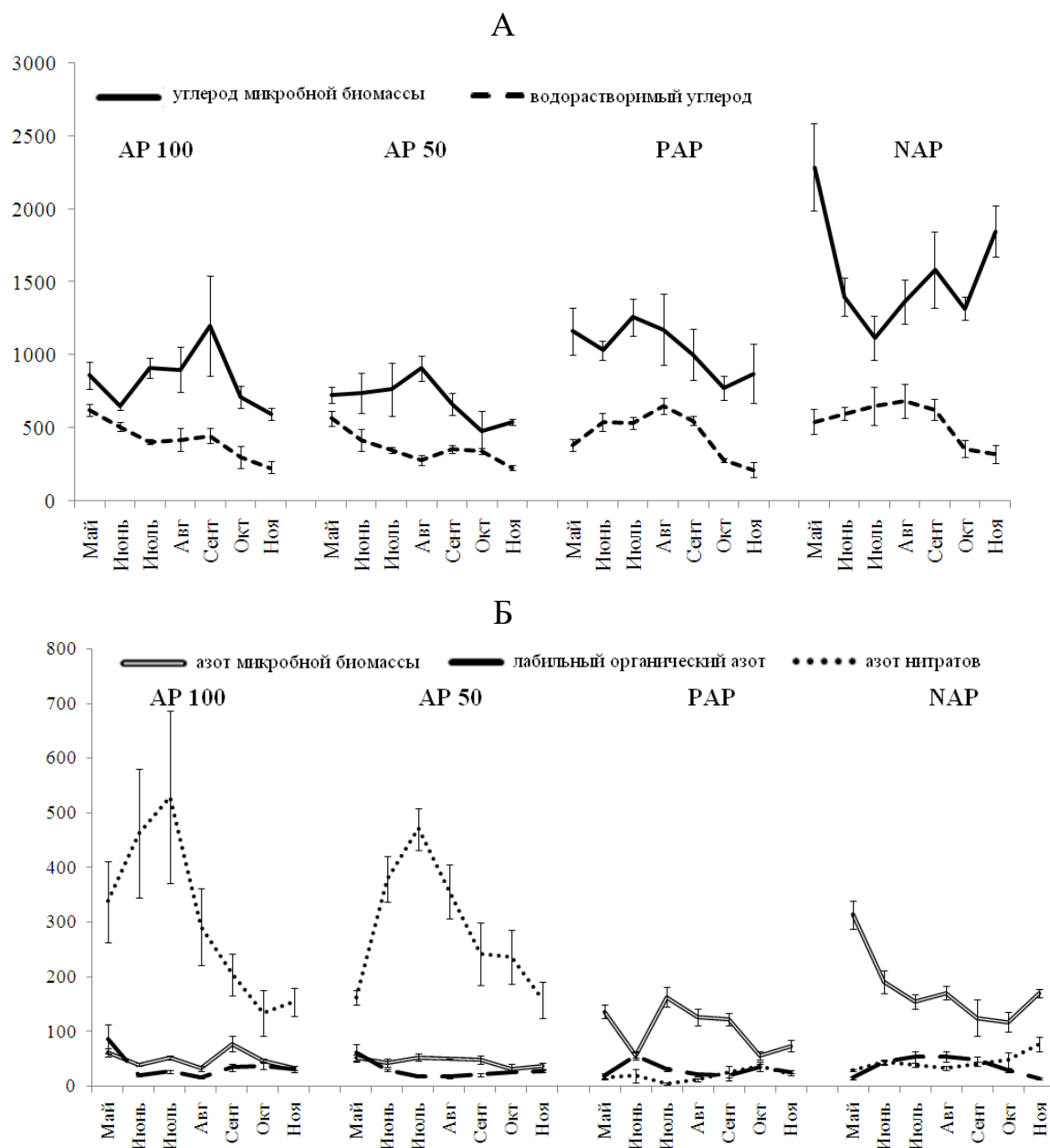


Рисунок 1 – Сезонная динамика (среднее и ошибка среднего,  $\text{мг кг}^{-1}$ ) углерода микробной биомассы и растворимого органического вещества (А), азота микробной биомассы, растворимого органического и нитратного азота (Б).

азоту, а также низкая эффективность использования углерода (высокие значения коэффициента  $q\text{CO}_2$ ), свидетельствующие о том, что большая часть доступного углерода аккумулируется не в биомассе, а тратится на дыхание.

Причиной высоких потерь углерода с дыханием является добыча микроорганизмами элементов минерального питания при минерализации органического вещества (Moorhead, Sinsabaugh, 2006). Ежегодное отчуждение биомассы растений в пахотных торфяниках приводит к снижению содержания растворенного органического вещества и делает доступность углерода лимитирующим фактором для микроорганизмов. В условиях низкой доступности углерода микроорганизмы приспосабливаются к его рациональному использованию: большая часть углерода усваивается в составе микробной биомассы, а траты на дыхание снижаются. При этом микроорганизмы разлагают органическое вещество с целью получения именно углерода. Высокие темпы нитрификации и накопление нитратов в почве служат компенсационным механизмом, позволяющим избавляться от избытка электронов при окислении органических соединений.

Таким образом, длительное сельскохозяйственное использование торфяников приводит к существенному изменению динамики доступного и микробного азота и углерода в течение вегетационного сезона. Наиболее существенным изменением является смена лимитирования активности микроорганизмов с доступности азота (в лесу) на доступность углерода (на пашне). Изменения в торфяниках происходят в первые годы их освоения, т.к. нами не выявлено существенной разницы по всем показателям между пашней 50 и более 100 лет. Обратный процесс перевода пахотного торфяника в постагрогенный приводит к постепенному восстановлению показателей круговорота углерода и азота к значениям, характерным для участка под естественной растительностью. Однако этот процесс происходит очень медленно и по ряду показателей не происходит полностью даже через 50 лет после прекращения сельскохозяйственного использования участка.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 20-316-70008.*

## Список литературы

1. *De Boer, W., Kowalchuk, G.*, 2001. Nitrification in acid soils: micro-organisms and mechanisms. *Soil Biol. Biochem.* 33, 853–866.
2. *Moorhead, D.L., Sinsabaugh, R.L.*, 2006. A theoretical model of litter decay and microbial interaction. *Ecol. Monogr.* 76, 151–174.

УДК 641.48

### ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ТРЕНДЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 370 ЛЕТ

Л.С. Песочина<sup>1</sup>, И.В. Иванов<sup>1</sup>, Ю.Г. Чендев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,*

*Пушино*

<sup>2</sup>*Белгородский государственный университет, Белгород*

LSPesch@rambler.ru

Проведен сопряженный анализ современных фоновых и погребенных почв под разновозрастными грунтовыми валами (вал оборонительной Белгородской черты, сооруженный в 1637-1640гг. и межевой вал вдоль границы заповедного участка «Ямская степь», созданный в 1938 году). Установлены основные закономерности изменчивости черноземов южной части лесостепной зоны Среднерусской равнины за последние 370 лет. Показано, что в течение последних 370 лет каких-либо существенных эволюционных преобразований на таксономическом уровне типа (подтипа) не происходило. Выявлена весьма существенная динамика карбонатов с ярко выраженным процессом их нисходящей миграции.

*Ключевые слова:* черноземы, лесостепь, тренды изменчивости

Целью исследований было изучение закономерностей динамики черноземов юга лесостепной зоны Среднерусской возвышенности за последние 370 лет на основе сопряженного анализа погребенных почв под разновозрастными грунтовыми валами и современных фоновых почв.

Основными объектами послужили вал оборонительной Белгородской черты, сооруженный в 1637-1640гг. и межевой вал вдоль границы заповедного участка «Ямская степь», созданный в 1938 году.

Проведено детальное морфологическое исследование почвенно-грунтовых профилей, изучены химико-аналитические параметры почв, в том числе содержания гумуса, карбонатов, легкорастворимых солей, гранулометрического состава и состава почвенного поглощающего комплекса. В качестве фоновых почв были рассмотрены как пахотные почвы, расположенные на территории Белгородской черты, так и целинные аналоги заповедника «Ямская степь». Близкие литолого-геоморфологические условия, в которых развивались эти почвы, позволили объединить их в единый педохроноряд и использовать для выявления как природного тренда изменчивости черноземов за последние 370 лет, так и оценить влияние антропогенного фактора.

Исследованные почвы являлись черноземами типичными, средне- и тяжелосуглинистыми с преобладанием илистой фракции и крупной пыли. В погребенной почве под межевым валом отмечено выклинивание супесчаной прослойки мощностью 15 см на глубине 1 м, что не позволило использовать ее в полной мере для анализа временной изменчивости черноземов.

Проведенные исследования выявили дифференцированный характер изменчивости почвенных свойств и признаков в течение исследуемого хроноинтервала. Одни почвенные показатели (стратиграфия почвенного профиля, структура генетических горизонтов, гранулометрический состав) оставались практически стабильными, другие характеризовались значительной динамикой.

Наиболее динамичным в почвах оказался карбонатный профиль (рисунок 1-Б; рисунок 2).

Характер распределения содержания карбонатов в профиле погребенной почвы свидетельствовал о двух предшествовавших фазах увлаженности: 1) гумидной, которая обусловила формирование мощного максимума на глубине 115см и 2) аридной, фиксируемой по накоплению карбонатов на глубине 70см (рисунок 1-Б).

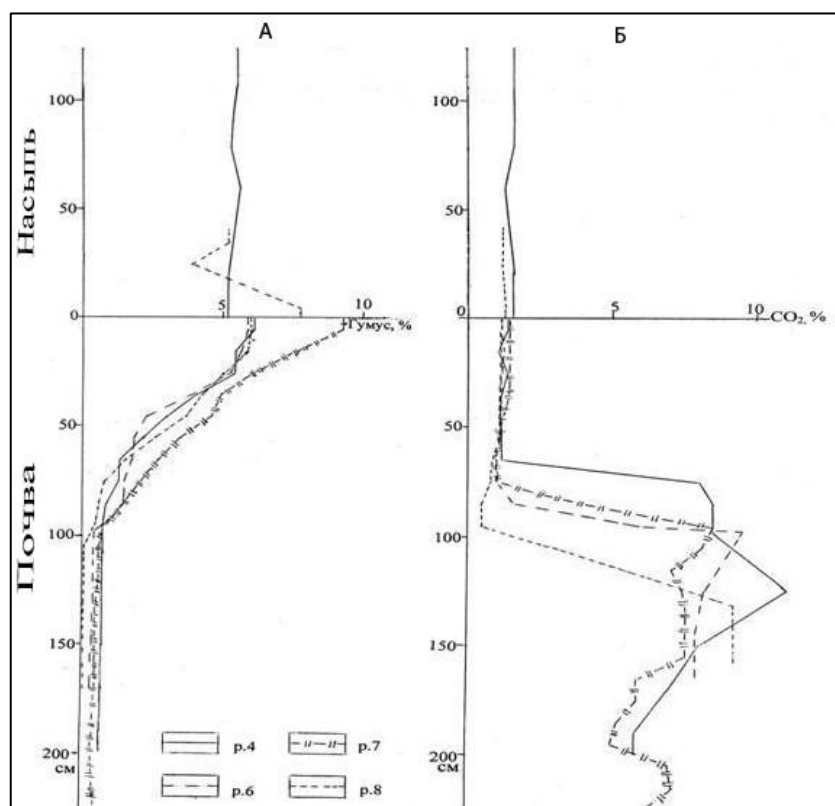


Рисунок 1 – Распределение содержания гумуса (А) и карбонатов (Б) в профилях почв, погребенных 370 лет назад – р.4; 70 лет назад – р.8 и фоновых (целина - р.7; пашня - р.6).

Последующие 370 лет характеризовались ярко выраженной нисходящей миграцией карбонатов, сформировавшей аккумуляционные максимумы на глубине 90 см как на целинных участках, так и на пашне. Запасы карбонатов в двухметровой толще уменьшились на 22%, при этом скорость выноса достигала  $230\text{г/м}^2$  в год. Наиболее масштабные преобразования происходили в слое 50-100 см. Интенсивность выноса карбонатов из 2-х метровой толщи черноземов Белгородской засечной линии в 2 раза превышала таковую в черноземах типичных Закамской черты (Демкин, 1999).

На протяжении последних 370 лет строение гумусового профиля находилось в стабильном состоянии. Мощность гумусового (гор.А и АВ) составляла 66-68 см. В погребенных почвах (370 и 70 лет назад), а также в фоновой (пашня) фиксируются одинаковое и значительное падение содержания

гумуса в верхних 20см (рисунок 3), т.е. масштабы воздействия диагенетических и агрогенных процессов соизмеримы и составляли 30-32%.

$\text{CaCO}_3$ , кг/м<sup>2</sup>

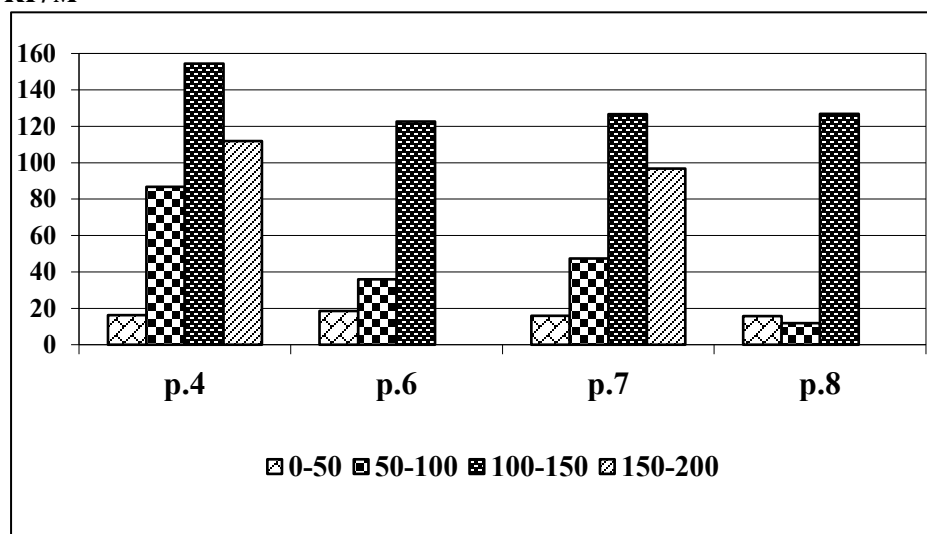


Рисунок 2 – Запасы карбонатов в профилях почв, погребенных 370 лет назад – р.4;  
70 лет назад – р.8 и фоновых (целина - р.7; пашня - р.6)  
в слоях 0-50 см, 50-100 см, 100-150 см, 150-200см.

Диагенетические потери запасов гумуса в верхней полуметровой толще не превышали 18,6% за 370 лет и 11,4% за 70 лет. В почве на пашне выявляется некоторое перераспределение гумуса: миграция его из толщи 20-60см в слой 60-90см (рисунок 1-А). Фиксируется также природный тренд накопления гумуса во втором полуметре почвы (26% за последние 370 лет).

Выявленные изменения обусловлены, вероятно, изменениями климата, фиксируемыми 350-150 лет назад. Относительно прохладный и влажный климат инициировал процессы нисходящей миграции карбонатов и гумусовых веществ в почвенном профиле.

Сельскохозяйственное использование типичного чернозема привело к значительному снижению содержания гумуса в пахотном горизонте и иллювиированию органического вещества в среднюю часть гумусового профиля.

Гумус, кг/м<sup>2</sup>

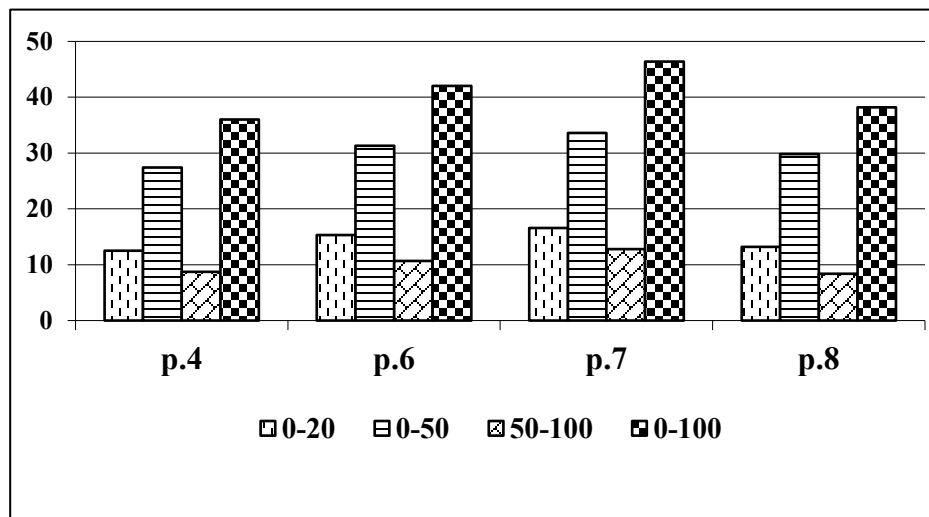


Рисунок 3 – Запасы гумуса в профилях почв, погребенных 370 лет назад – р.4;  
70 лет назад – р.8 и фоновых (целина - р.7; пашня - р.6)  
в слоях 0-20 см, 0-50 см, 50-100 см, 0-100см.

Агрогенная дегумификация пахотных горизонтов и профильное перераспределение запасов гумуса отмечается многими исследователями (Чендев, Хохлова, Александровский, 2017).

*Работа выполнена в рамках Госзадания № АААА-А18-118013190175-5 «Развитие почв в условиях меняющегося климата и антропогенных воздействий»*

### Список литературы

1. Демкин В.А. Погребенные почвы засечных черт Русского государства и вопросы древней и современной истории почвообразования // Почвоведение. 1999. №10. С.1224-1234
2. Чендев Ю.Г., Хохлова О.С., Александровский А.Л. Агрогенная эволюция автоморфных черноземов лесостепи (Белгородская область) // Почвоведение. 2017. №5. С.515-531



## СВЯЗЬ ОСОБЕННОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТКРЫТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ С ИХ СВОЙСТВАМИ

**Е.Ю. Прудникова, Е.Б. Варламов, К.Н. Абросимов,**

**В.А. Холодов, И.Ю. Савин**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[prudnikova\\_eyu@esoil.ru](mailto:prudnikova_eyu@esoil.ru)

В докладе на примере серой лесной почвы, выщелоченного чернозема и дерново-подзолистой почвы рассматриваются изменения свойств открытой поверхности пахотных почв (порового пространства, гранулометрического и минералогического состава, органического вещества), которые происходят при ее трансформации под воздействием атмосферных осадков.

*Ключевые слова:* открытая поверхность, пахотные почвы, пористость, органическое вещество, минералогия, почвенная корка

Наблюдения за состоянием открытой поверхности пахотных почв выявили ее значительную динамичность во времени (Савин, Прудникова, 2014; Prudnikova, Savin, 2018). В период после уборки урожая и послеуборочной вспашки почвы осенью и до появления растительности весной (всходов посевов яровых культур или сорняков), когда поверхность пахотных почв открыта, происходит ее изменение под воздействием атмосферных явлений, в большей степени, атмосферных осадков.

Трансформация открытой поверхности пахотных почв, происходящая под воздействием атмосферных осадков, приводит к формированию тонкого уплотненного поверхностного слоя – почвенной корки, свойства которого отличаются от свойств пахотного горизонта (Valentin and Bresson, 1992; Assouline, 2004).

Почвенная корка является начальной стадией деградации почвы, поскольку ее формирование сопровождается снижением водопроницаемости поверхностного слоя, усиливая поверхностный сток, а соответственно и водную

эрозию. Кроме того, уплотнение поверхностного слоя затрудняет прорастание семян.

Результаты модельного эксперимента, проведенного в 2017 г., в ходе которого смешанные образцы пахотного горизонта среднесуглинистой серой лесной почвы, среднесуглинистого выщелоченного чернозема и супесчаной дерново-подзолистой почв экспонировались под открытым небом в течение 120 дней (с июня по октябрь), показали изменение порового пространства, минералогического и гранулометрического состава поверхностного слоя в процессе его трансформации. Следует отметить, что за время экспонирования через образцы прошло 620,4 мм атмосферных осадков. Более подробно эксперимент описан в (Виндекер и др., 2018).

Микротомографический анализ особенностей трансформации поверхности порового пространства показал, что в случае выщелоченного чернозема корка с выраженными везикулярными порами четко отделяется от подкоркового слоя, у серой лесной почвы между коркой (менее выраженной, чем в черноземе) и подкорковым слоем сформировался промежуточный слой оструктурирования (Прудникова и др., 2018).

Дальнейшее моделирование порового пространства и расчеты морфометрических показателей, проведенные по выделенным зонам оструктурирования, показали, что при образовании корки снижается общая пористость, при этом снижается открытая пористость и увеличивается закрытая пористость. Последняя, судя по всему, зависит от сформированности корки. Чем более оформлена корка, тем больше в ней закрытых пор.

При этом при формировании корки также менялось распределение пор различного размера. Так у чернозема снизилось число пор небольшого размера и увеличилась доля более крупных пор. У серой лесной почвы, в свою очередь, в корке и подкорковом слое преобладали небольшие поры. В микромонолите дерново-подзолистой почвы также преобладали небольшие поры.

Воздействие атмосферных осадков на поверхность экспонируемых образцов привело к перераспределению содержания гранулометрических фракций, которое сопровождалось изменением их минералогического состава (Прудникова и др., 2019).

Основные изменения сопровождались локализованной по открытой поверхности дифференциацией минералогического состава исследуемых монолитов почв. Совокупный анализ распределения гранулометрических фракций корочек микрогоризонтов открытой поверхности в сравнении с исходными почвенными субстратами для всех вариантов опыта показал, что наиболее информативными являются илистая и тонкопылеватая фракции.

Для всех экспонируемых образцов наблюдались общие тенденции в изменении минералогического состава, а основные различия проявились, главным образом, в масштабе наблюдаемых трансформаций. Сильней всего профильная дифференциация проявилась в дерново-подзолистой почве, далее в выщелоченном черноземе и менее всего – в серой лесной почве, что обусловлено особенностями исходного вещественного состава исследуемых почв (большей агрегированностью образца чернозема и, соответственно, его большим потенциалом к изменениям под воздействием дождя, а также разницей в гранулометрическом составе почв).

Рассчитанный баланс минералов по отношению к содержанию кварца в исходных почвенных субстратах показал, что наиболее значительные количественные изменения для всех вариантов затронули глинистые минералы, а в ходе экспонирования произошло существенное уменьшение их содержания в верхних микрокорочках. Только в серой лесной почве наблюдалось незначительное накопление каолинита в верхней плоскости.

Для серой лесной почвы также было установлено, что сформированная на ее поверхности в поле почвенная корка имеет более высокое содержание

общего углерода и общего азота по сравнению со смешанным образцом пахотного горизонта при близком соотношении C/N.

Что касается молекулярного состава органического вещества, в смешанном образце серой лесной почвы выше доля азотсодержащих соединений. При этом в корке больше доля алифатических соединений. Смешанный образец и почвенная корка близки по доле полисахаридов. Остальные соединения представлены достаточно незначительно. Хотя можно отметить относительно высокую долю толуола в смешанном образце.

Таким образом, трансформация поверхности пахотных почв под воздействием атмосферных осадков сопровождается снижением общей (открытой) пористости, изменением распределения пор различного размера, перераспределением гранулометрических фракций, существенным уменьшением содержания глинистых минералов, увеличением содержания общего углерода и азота, снижением доли азотсодержащих соединений и увеличением доли алифатических структур в органическом веществе.

### Список литературы

1. Виндекер Г.В., Прудникова Е.Ю., Савин И.Ю. Трансформация открытой поверхности почв под воздействием осадков в модельном эксперименте // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018. № 95. С. 23-40.
2. Прудникова Е.Ю., Абросимов К.Н., Виндекер Г.В. Микротомографические исследования для научного обоснования дистанционного мониторинга почв // В сборнике: Практическая микротомография Сборник тезисов и статей Пятой международной конференции. 2018. С. 130-137.
3. Прудникова Е.Ю., Варламов Е.Б., Чурилин Н.А., Чурилина А.Е. Дифференциация и баланс минералов при трансформации открытой поверхности пахотных почв под воздействием атмосферных осадков // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019. № 98. С. 105-131.
4. Савин И. Ю., Прудникова Е. Ю. Об оптимальном сроке спутниковой съемки для картографирования пахотных почв // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2014. №. 74. С. 66-77.
5. Assouline S. Rainfall-induced soil surface sealing: a critical review of observation of clay suspensions // Soil Sci. 2004. Vol. 127. P. 134-139.
6. Prudnikova E.Yu., Savin I.Yu. The effect of open soil surface patterns on soil detectability based on optical remote sensing data // Proceedings n 2nd International Electronic Conference on Remote Sensing. Sciforum Electronic Conference Series. Vol. 2. 2018. P. 1-8.

7. *Valentin C., Bresson L. M. Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils // Geoderma. 1992. Vol. 55. No. 3-4. P. 225-245.*

УДК 631.4.

## **КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ РОССИИ – ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**Е.П. Сабодина, Ю.С. Мельников**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[evgeniaot@mail.ru](mailto:evgeniaot@mail.ru)

В данной работе раскрыты некоторые важные этапы становления и развития работ по созданию Красной книги почв России и Красной книги почв субъектов РФ, показана возможность создания Красной книги почв России и сопредельных стран, выявлены основные экологические функции почвы, показаны некоторые важные обстоятельства, задачи и проблемы, стоящие на пути создания Красной книги почв России и Красных книг почв субъектов РФ.

*Ключевые слова:* особая охрана почв, фундаментальное почвоведение, экологические функции почвы, Красная книга почв, ЦПО (ценный почвенный объект)

В условиях господствующей экономической парадигмы, исходящей из приоритета прибыли в хозяйственной деятельности человека возрастает антропогенная нагрузка на природу. Продолжение освоения почвенного покрова в этих условиях требует мероприятий по сбережению почвенного разнообразия и сохранения на определённых площадях естественноисторических почв, выполняющих незаменимые биосферные, гидросферные, атмосферные, ноосферные и другие экологические функции, схематично представленные в разработанной Е.Д.Никитиным таблице «Основные экологические функции почвы» (Никитин, 2009), дополненной и расширенной в области ноосферного фактора нами.

Особое внимание следует обратить на общебиосферные и ноосферные функции, наиболее тесно связанные с проблемой особой охраны почв (таблица 1). Почвы являются средой обитания, источником вещества для организмов

суши, фактором биологической эволюции, этногенеза и формирования человеческой культуры; почвы детерминируют нормальное функционирование биосферы и ноосферы, являются планетарно – космическим узлом связей; обеспечивают воспроизводство сельскохозяйственного и лесохозяйственного сырья, т.е. создают материальные условия формирования ноосферы; являются важным фактором формирования полезных ископаемых и энергетических ресурсов, определяющих промышленную деятельность ноосферного социума; рекреационная функция почвы создаёт пространство для существования ноосферных объектов.

Таблица 1 – Основные экологические функции почвы

Категории и виды функций почвы			
Биогеоценологические	Литосферные	Атмосферные и гидросферные	Общебиосферные и ноосферные
Жилище, механическая опора живых организмов, депо семян	Биохимическое преобразование верхних слоев литосферы	Трансформация поверхностных вод в грунтовые	Среда обитания, источник вещества для организмов суши, фактор биологической эволюции, этногенеза и формирования человеческой культуры.
Источник и депо элементов питания, влаги, энергии	Источник вещества для образования минералов и пород	Регулирование речного стока, фактор биопродуктивности водоемов	Условие нормального функционирования биосферы и ноосферы, планетарно - космический узел связей
Регуляция состава, структуры и динамики, «память» БГЦ (биогеоценоза)	Передача аккумулированной солнечной энергии в глубокие части литосферы	Поглощение и отражение солнечной радиации	Обеспечение воспроизводства сельскохозяйственного и лесохозяйственного сырья, т.е. материальных условий формирования ноосферы.
Аккумуляция и трансформация веществ и энергии	Защита литосферы от чрезмерной эрозии	Регулирование влагооборота, газового режима и	Фактор формирования полезных ископаемых

БГЦ, санитарная функция		состава атмосферы	и энергетических ресурсов, детерминирующий промышленную деятельность ноосферного социума.
Обеспечение биопродуктивности и почвенного плодородия	Условие нормального развития литосферы	Источник твердого вещества и микроорганизмов атмосферы	Почвенное пространство для существования ноосферных объектов; рекреационная функция

Ответом на вышеуказанную экономическую ситуацию и важнейшим правовым основанием решения данной, порождённой этой ситуацией проблемы, является идея подготовки Красных книг эталонных, редких и исчезающих почв, развертывание на их основе особой охраны наиболее ценных почвенных объектов (Никитин, 1989, 2010).

Из истории Краснокнижного движения: в 1989 году при Обществе почвоведов им. В.В.Докучаева организована рабочая группа по созданию Красной книги почв (председатель Е.Д.Никитин, секретарь Е.Б. Скворцова), в 2000 г. Рабочая группа преобразована в подкомиссию. В начале XXI века вышли в свет первые монографические почвенно-краснокнижные произведения: Л.Н.Ташнинова «Красная книга почв и экосистем Калмыкии» (науч. ред. Е.Д.Никитин), 2000; А.И.Климентьев, А.А.Чибилёв, Е.В.Блохин, И.В.Грошев «Красная книга почв Оренбургской области» (науч. консульт. Г.В.Добровольский, Е.Д.Никитин), 2001.

Краснокнижное движение России значительно усилилась после принятия закона РФ «Об охране окружающей среды», в который по инициативе почвоведов была включена специальная почвенно-краснокнижная статья 62:

1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения почвы подлежат охране государством, и в целях их учета и охраны учреждается Красная книга почв

Российской Федерации и красные книги почв субъектов Российской Федерации, порядок ведения которых определяется законодательством об охране почв.

2. Порядок отнесения почв к редким и находящимся под угрозой исчезновения, а также порядок установления режимов использования земельных участков, почвы которых отнесены к редким и находящимся под угрозой исчезновения, определяются законодательством. (Федеральный закон «Об охране окружающей среды» принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года. Одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года; Опубликован: «Российская газета» от 12 января 2002 года №6 (№2874).

Вышли в свет еще ряд почвенно-краснокнижных произведений: В.М.Кретинин и др. Редкие и исчезающие почвы природных парков Волгоградской области, 2006; Б.Ф.Апарин и др. Красная книга почв Ленинградской области, 2007; В.Д.Соловиченко и др. Красная книга почв Белгородской области, 2007; Красная книга почв России (науч. ред. Г.В.Добровольский, Е.Д.Никитин), 2009; О.З.Еремченко и др. Редкие и исчезающие почвы Пермского края, 2010; А.Б.Александрова и др. Красная книга почв Республики Татарстан, 2012. и другие Красные книги почв субъектов РФ. В ряде субъектов РФ идёт подготовка к созданию региональных Красных книг почв. Так постановлением правительства Пермского края от 16 марта 2007 года №29-п «О Красной книге Пермского края» (с изменениями на 19 сентября 2018 года) принято решение учредить Красную книгу почв Пермского края и утвердить прилагаемое приложение о порядке ведения Красной книги почв Пермского края; постановлением Совета министров Республики Крым от 08 декабря 2015 года № 768 «Об Учреждении Красной книги почв Республики Крым и утверждении положения о порядке ведения Красной книги почв Республики Крым» и др. В связи с указанными постановлениями ведутся работы по созданию Красных книг субъектов РФ. В ряде субъектов постановления о создании Красных книг ещё не приняты, работа



в них ведётся на уровне научных конференций и общественных обсуждений. Так авторы данной работы приняли участие в международной научной экологической конференции «Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности», проходившей в столице Краснодарского края городе Краснодаре в 2018 году. Тема выступления на конференции – «Красная книга почв России и защита педосферы в Краснодарском крае», что позволило донести до широкой публики актуальность и необходимость создания Красной книги почв в крае, где практически все доступные почвы находятся в хозяйственной деятельности человека. Идея создания Красной книги почв выходит за рамки территории РФ. Так Г.В.Добровольским, Е.Д.Никитиным и др. в классическом университетском учебнике «Экология почв» приведены выдержки из Красной книги почв России и сопредельных стран (Добровольский, Никитин, 2006, 2012), а на уровне обмена научной информацией с научной общественностью других государств было принято участие в ряде международных научно-практических конференций. Цель вышеназванного участия - донесение идеи по созданию Красной книги почв в других государствах (Никитин и др., 2008, 2011, 2017).

Формирование Красных книг почв во всех субъектах РФ является вопросом времени и правовой и научной готовности кадров. Процесс создания Красных книг почв развивается с неизбежностью, что вызывает необходимость учёта важных обстоятельств, а, именно: а) разработка в первую очередь Красных книг почв в тех регионах, которые наиболее сильно пострадали от фронтальной антропогенной трансформации и деградации экосистем, б) юридическое, документальное оформление особой охраны всех ценных почвенных объектов (ЦПО), предложенных для включения в Красную книгу почв. Без такого оформления ЦПО будут сохраняться на бумаге, но не на практике.

Перспективы развития Краснокнижного почвенного дела во всех субъектах РФ предполагают решения ряда практических задач, таких как, например: а) разработка системы мероприятий по организации мониторинга почв и земель с использованием спутниковой информации; б) осуществление мониторинга за состоянием почв и почвенного покрова; в) создание комплексов мероприятий, направленных на восстановление почвенного покрова для каждой категории деградированных почв; г) разработка на региональном уровне с учётом имеющегося исторического опыта и новейших достижений в почвоведении программ по охране почв от эрозии и иных видов деградации; д) организация полного обследования почв – эталонов; е) распространение среди специалистов и широких слоёв населения фундаментальных знаний в области почвоведения для организации общественной поддержки краснокнижного почвенного дела. В области решения последней задачи существенный вклад призваны внести учебные заведения и существующие при них естественнонаучные музеи, о роли просветительской и научной деятельности которых мы неоднократно сообщали в научных публикациях (Никитин, Сабодина, Шоба 2916; Никитин, Сабодина, Мельников 2917; Сабодина, Мельников, 2018, 2019).

В перспективы развития особой охраны почв входит необходимость преодоления ряда проблем, тормозящих краснокнижную почвоохранную деятельность. Это, прежде всего, чрезвычайно высокий уровень хозяйственного освоения некоторых территорий (например территория Краснодарского края), интенсивное развитие деградационных процессов в ряде субъектов РФ, ведомственная разобщённость (необходимость координации действий министерства экологии и природных ресурсов, министерства сельского хозяйства, министерства имущественных и земельных отношений как на уровне РФ так и на уровне субъектов РФ), недостаточное нормативно-правовое обеспечение, регулирующее использование и охрану почв и др. Дальнейшее осуществление особой охраны почв во многом зависит от состояния

общественных отношений, целевых установок, политической воли и уровня развития фундаментального и прикладного почвоведения.

### Список литературы

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., Скворцова Е.Б., Шоба С.А., Сабодина Е.П. и др. Выдержки из Красной книги почв и кадастра особо ценных почвенных объектов России и сопредельных стран // Приложение к книге: Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв М. 2012, с. 385 – 407.
2. Никитин Е.Д. О создании Красной книги почв // Почвоведение. 1989. № 2. С. 113-121.
3. Никитин Е.Д. Экологические функции почвенного покрова и гидросферы, их взаимосвязь и освещение в музейной экспозиции. // Никитин Е.Д. Почвоведение – землеведение – философия. Избранные работы. М. 2009, 550с., с.212 – 222.
4. Никитин Е.Д. Основа жизни на Земле: почва – Россия – цивилизация. М.: МАКС-Пресс, 2010. 240 с.
5. Никитин Е. Д., Сабодина Е.П. Эколого-геополитическая стратегия России и Украины // в сборнике Украина в системе современных цивилизаций: трансформации государства и гражданского общества, Одесса, 2008, с. 328 - 329
6. Никитин Е.Д., Сабодина Е.П., Скворцова Е.Б. Комплексная Красная книга и ее значение для СНГ. // Вестник Исык-Кульского университета, 2011, т.1, №30, с. 93-95.
7. Никитин Е.Д., Сабодина Е.П., Скворцова Е.Б. Комплексная Красная книга и её значение для СНГ // в журнале Вестник Исык-Кульского университета, 2011, т. 1, № 30, с. 93 – 95.
8. Никитин Е.Д., Сабодина Е.П. Особая охрана почв нашего Отечества в свете правовой и социальной системы, созданной после 1917 года. // в сборнике Великая российская революция 2917 года и в истории и судьбах народов и регионов России, Беларуси, Европы. Материалы международной научной конференции, Витебск, 2017, с.163 – 167.
9. Никитин Е.Д., Сабодина Е.П., Мельников Ю.С. Становление философии почвоведения в свете развития фундаментальных наук о Земле // в журнале Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке, 2017, т.6, № 4А, с. 162 – 171.
10. Никитин Е.Д., Сабодина Е.П. Музеефикация почвоведения (эколого-земледельческие аспекты) // в журнале Жизнь Земли, М., 2017, т.39, № 2, с.155 – 164.
11. Сабодина Е.П., Никитин Е.Д., Шоба С.А. Экодвижения и охрана почв и биосферы. М.: МАКС Пресс, 2016. 268 с.
12. Сабодина Е.П., Мельников Ю.С. К вопросу о необходимости завершения цикла краснокнижных и близких к ним научно-философских работ по особой охране почв на примере научной и экспозиционной деятельности отдела «Природная зональность и почвообразование» МЗ МГУ им. М.В.Ломоносова // В сб. II Международная научно-практическая конференция. Новое слово в науке: стратегия развития. Чебоксары, 2017, с.12-14
13. Сабодина Е.П., Мельников Ю.С. Красная книга почв России и защита педосферы в Краснодарском крае // в сборнике статей по материалам Международной научной экологической конференции «Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности» Краснодар, 2018, с.368 – 170.
14. Сабодина Е.П. Научное и философское наследие Ю.К.Ефремова, Г.В. Добровольского, Е.Д.Никитина в условиях современной социо-культурной реальности. // в журнале: [Osterreichisches Multiscience Journal](#), 2019, т.1 № 17, с. 23 – 35.

15. Сабодина Е.П., Мельников Ю.С. Никитин Евгений Дмитриевич – философ и почвовед // в ежемесячном международном научном журнале «LINGVO-SCIENCE», Варна, Болгария, 2017, №4, с.24 – 29.
16. Сабодина Е.П., Мельников Ю.С. О педосфере, ядре русской культуры и тенденциях исторического развития (к 80-летию со дня рождения Е.Д.Никитина) // Образование, инновация, исследования как ресурс сообщества: материалы всероссийской научно-практической конф. с междунар. участием. Чебоксары, 2019, 224 с., с.60 – 64.
17. Сабодина Е.П., Мельников Ю.С. К вопросу о некоторых особенностях экспозиционной работы лауреата Государственной премии РФ Никитина Е.Д. // журнал «LINGVO – SCIENCE», Варна, Болгария, 2019, № 24, с.23 - 27.

УДК 631.4

## **ДИСТАНЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ ГОРЛОВСКОГО АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**Д.А. Соколов, Н.А. Соколова**

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск*

[sokolovdenis@issa-siberia.ru](mailto:sokolovdenis@issa-siberia.ru)

В связи с нарастающими темпами угледобычи в Новосибирской области целесообразно использовать данные ДЗЗ для мониторинга почвенно-экологического состояния (ПЭС) карьерно-отвальных комплексов. Наилучшее представление об почвенно-экологическом состоянии техногенного ландшафта дает растительность, поскольку ее характеристики сопряжены с эволюцией молодых почв. Исследована возможность использования вегетационных индексов (NDVI, SAVI) для дистанционной оценки состояния почвенного покрова. Показано, что молодые участки отсыпки плотными породами характеризуются неудовлетворительным ПЭС. Хорошее состояние зарегистрировано на старых участках отсыпки с примесью рыхлых пород.

*Ключевые слова:* баллы почвенно-экологического состояния, техногенные ландшафты, вегетационные индексы.

В настоящее время разработка антрацитовых месторождений Горловского бассейна в Новосибирской области идет все возрастающими темпами. В связи с этим территории, занятые карьерно-отвальными комплексами, изменяются в сжатые сроки. Для мониторинга их экологического состояния целесообразно использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Водные

объекты на материалах ДЗЗ определяются с высокой четкостью (Злобина, 2013), однако в случае с растительностью из-за различного проективного покрытия анализ данных ДДЗ осуществить сложнее. В то же время именно характеристики растительности дают наилучшее представление об экологическом состоянии ландшафта (Соколов, 2013). Наиболее часто используемой характеристикой растительности естественных объектов являются вегетационные индексы. Наиболее распространенным NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), поскольку он удобен и прост в вычислении (Гопп, 2009). В случае же с разреженной растительностью возникают искажения вследствие влияния открытой почвы на спектральные характеристики космоснимков. Для естественных объектов с неполным проективным покрытием растительностью предложен индекс SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) (Братков, 2017). Однако данных о том, какой из индексов предпочтительнее для мониторинга техногенных экосистем, на данный момент крайне мало. В связи с этим целью данного исследования является оценка пригодности индексов NDVI и SAVI для выявления экологического состояния техногенных экосистем на примере Горловского антрацитового месторождения.

В качестве объекта исследования был выбран внешний транспортный Нагорный отвал Горловского антрацитового месторождения. Почвенный покров отвала неоднороден, что обусловлено исходной мозаичностью субстратов, на которых происходит формирование почв. На поверхности присутствуют спланированные и невыровненные участки; участки, отсыпанные рыхлыми отложениями (каолиновыми глинами) и смесью плотных пород (аргиллиты, алевролиты и песчаники). Субстраты отличаются между собой по содержанию мелкозема, плотности, водоудерживающей способности, физико-химическим свойствам. На поверхности отвалов формируются эмбриоземы, соответствующие разным стадиям эволюции: инициальные, органо-

аккумулятивные и дерновые, выделяемые по соответствующим растительным группировкам на поверхности, а также по наличию либо отсутствию определенных органогенных горизонтов. При этом на конкретных участках молодые почвы развиваются с разной скоростью и в разных площадных соотношениях.

Согласно более ранним работам по количественной оценке (Андроханов, 2010), почвенно-экологическое состояние (ПЭС) участка с суммой баллов от 0 до 20 считается неудовлетворительным; от 20 до 40 – удовлетворительным; от 40 до 60 – хорошим; от 60 до 80 – очень хорошим; отличным – от 80 до 100. Поскольку на территории отвала гумусово-аккумулятивные эмбриоземы отсутствуют, предложено ПЭС участков с инициальными эмбриоземами считать за 0 (неудовлетворительное), органо-аккумулятивными за 33 (удовлетворительное), дерновыми – за 66 (хорошее). В то же время на большей части точек опробования почвенный покров мозаичен, поэтому для каждой точки рассчитывался средневзвешенный балл по формуле 1:

$$\text{ПЭС} = (\text{Б}_И \times \text{S}_И) + (\text{Б}_{ОА} \times \text{S}_{ОА}) + (\text{Б}_Д \times \text{S}_Д), \quad (1)$$

где  $\text{Б}_И$  – балл инициальных эмбриоземов,  $\text{S}_И$  – площадь инициальных эмбриоземов на участке в процентах от общей;  $\text{Б}_{ОА}$  и  $\text{S}_{ОА}$  – то же, для органо-аккумулятивных эмбриоземов;  $\text{Б}_Д$  и  $\text{S}_Д$  – то же, для дерновых. Расчет баллов ПЭС производился в 45 точках по нерегулярной сетке с привязкой при помощи прибора Garmin.

Для учета влияния способа отсыпки и свойств субстрата проводились измерения плотности поверхностного слоя, а также выраженности микрорельефа. Плотность измерена пенетрометром Wile Soil с пересчетом на реальные показатели ( $\text{г/см}^3$ ). Выраженность микрорельефа вычисляли по отношению площади реальной поверхности к проективной ( $\text{S}_р/\text{S}_п$ ). В зависимости от способа отсыпки выраженность микрорельефа составляла от 1

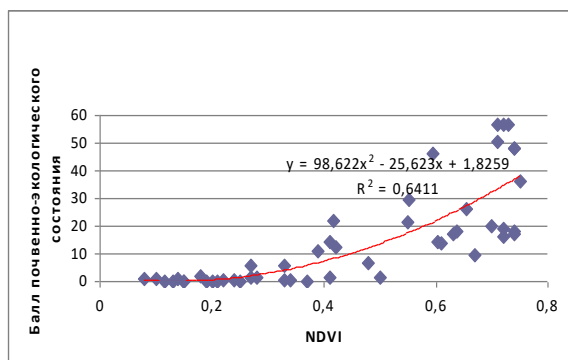
до 1,26 и использовалась наряду с плотностью в качестве поправочного коэффициента к баллам ПЭС (таблица 1).

Таблица 1 – Пример расчета баллов почвенно-экологического состояния

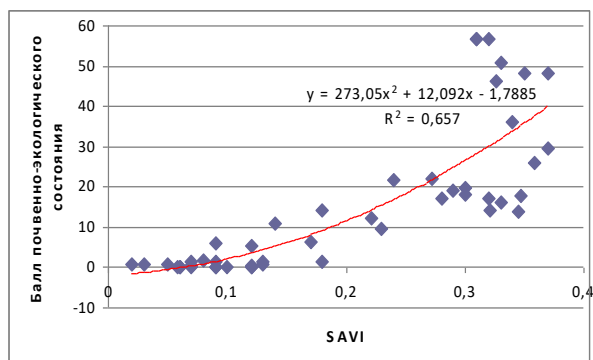
Почвы	Условный балл ПЭС	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Микрорельеф	Итоговый балл
ЭИтэ пл	0	2,08	1,00	0
ЭОАтэ пл	33	1,84	1,02	18,3
ЭДтэ пл	66	1,83	1,00	36,1
ЭИтэ неспл	0	1,66	1,26	0
ЭОАтэ неспл	33	1,44	1,20	27,5
ЭОАнг	33	1,19	1,10	30,5
ЭДнг	66	1,28	1,10	56,7

Примечание: ЭИтэ пл - эмбриозем инициальный на техногенном элювии, спланированный участок; ЭОАтэ пл - эмбриозем органо-аккумулятивный на техногенном элювии, спланированный участок; ЭДтэ пл - эмбриозем дерновый на техногенном элювии, спланированный участок; ЭИтэ неспл - эмбриозем инициальный на техногенном элювии, участок без планировки; ЭОАтэ неспл - эмбриозем органо-аккумулятивный на техногенном элювии, участок без планировки; ЭОАнг - эмбриозем органо-аккумулятивный на неогеновых глинах, участок без планировки; ЭДнг - эмбриозем дерновый на неогеновых глинах, участок без планировки.

Таким образом, рассчитанные баллы почвенно-экологического состояния для конкретных участков отвала составили от 0 (инициальные эмбриоземы на техногенном элювии, спланированные участки) до 56,7 (дерновые эмбриоземы на неогеновых глинах, неспланированные участки). Для оценки почвенно-экологического состояния всей поверхности отвала исследована связь между вегетационными индексами NDVI и SAVI, рассчитанными в среде QGIS (снимок с космического аппарата Sentinel-2A, сцена от 26.08.2016 г.) с баллами ПЭС в точках опробования. Полученные зависимости аппроксимированы к квадратичной функции ( $R^2 = 0,64$  и  $R^2 = 0,66$  соответственно, см. рисунок 1).



а



б

Рисунок 1 – Зависимость баллов почвенно-экологического состояния от значений вегетационных индексов: а – NDVI; б – SAVI.

На основании установленной зависимости на территории отвала выделены участки с неудовлетворительным, удовлетворительным и хорошим ПЭС, и составлена карта-схема почвенно-экологического состояния (рисунок 2).

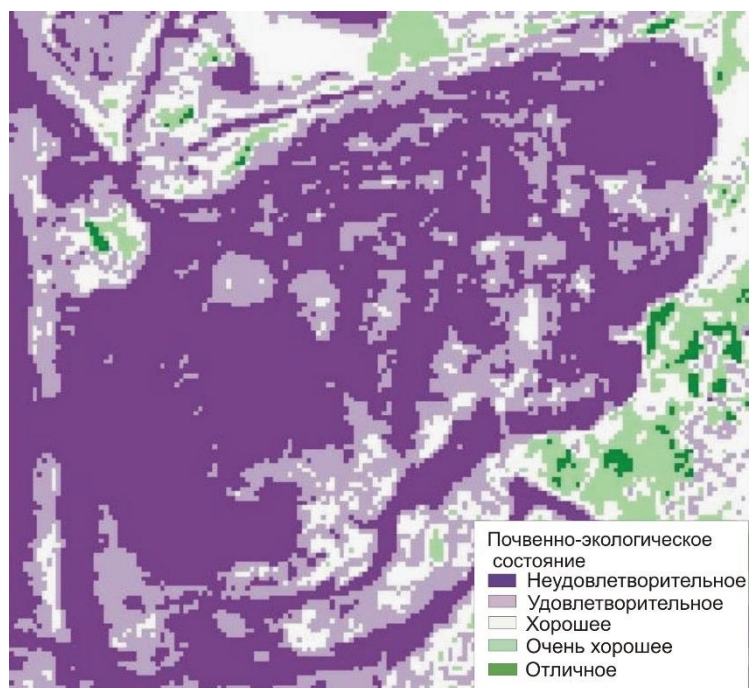


Рисунок 2 – Карта-схема почвенно-экологического состояния отвала Нагорный Горловского антрацитового месторождения.

### Список литературы

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. /Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010.



2. Братков В.В., Атаев З.В. Вегетационные индексы и их использование для картографирования горных ландшафтов российского Кавказа //APRIORI. Серия: естественные и технические науки. – Краснодар. - №1. – 2017. – С.3.
3. Гопп Н.В., Смирнов В.В. Использование вегетационного индекса (NDVI) для оценки запасов надземной фитомассы тундровых сообществ растений.// Интерэкспо Гео-Сибирь. – Новосибирск: Изд-во СГУГиТ. – Т.4 - №1. – 2009. – С.187-191.
4. Злобина Т.Г.. Создание ГИС водных объектов по материалам космической съемки.// Геоматика. - №3 – 2013 – С.33-35.
5. Соколов Д.А., Кулижский С.П.. Сингенетичность формирования растительного покрова и окислительно-восстановительных систем в почвах отвалов каменноугольных разрезов. // Вестник Томского государственного университета. Биология. – Томск: Изд-во ТГУ, 2013. - №1. – С.22-29.

УДК: 631.41:634.8 (471.63)

## **ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВ ТАМАНИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ**

**Е.А. Черников, Т.Г. Фоменко, О.В. Ярошенко,**

**Н.В. Савчук, Е.К. Курденкова**

*ФГБНУ Северо-Кавказский ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия,*

*Краснодар*

[Garden\\_soil@mail.ru](mailto:Garden_soil@mail.ru)

Представлены результаты исследований пространственного распределения солей в почвах виноградников Таманского полуострова. Источниками солей являются засоленные палеоген-неогеновые глины гор и грязевых вулканов Тамани. Перенос солей с поверхностными и внутрипочвенными водами ниже по склону приводит к засолению почв морской пластовой равнины, на которой расположены насаждения винограда. Установлено, что изменение погодных условий приводит к усилению интенсивности деградационных процессов в почвах виноградников.

*Ключевые слова:* засоление почв, изменение погодных условий, количество осадков, источники засоления, почвы виноградников

Почвенно-климатические условия Анапо-Таманской зоны Краснодарского края благоприятны для выращивания винограда. Однако значительная часть земель под виноградниками являются в разной степени засоленными или потенциально засоленными (Черников, Попова, 2017). Происходящие изменения погодных условий региона при определённых условиях могут

повлиять на солевой состав почв виноградников, и как следствие, на снижение их плодородия (Черников и др., 2018).

За более чем двадцатилетний период наблюдений выявлена тенденция повышения влажности климата Анапо-Таманской зоны. Так, по данным метеостанции Темрюк с 1997 по 2018 годы практически ежегодно (за исключением 4 лет) годовая сумма осадков была выше среднемноголетних значений и варьировала от 473 до 752 мм. В отдельные годы сумма осадков составляла 637 – 752 мм, что на 39 – 64 % больше среднемноголетних значений (459 мм) (Агрометеорологический бюллетень по территории Краснодарского края за 1997-2018 годы).

Отмечено также устойчивое повышение среднегодовой температуры воздуха. За период 1977 - 2013 гг. установлено её повышение на 1,0 °С (Петров и др., 2014). В настоящее время тенденция повышения температуры воздуха сохраняется.

Поскольку в Анапо-Таманской зоне значительная часть почв сформировалась на засоленных третичных глинах, то среди них, при близком залегании засоленных глин к поверхности почвы, формируются солонцеватые и солончаковатые почвы (Благоволин, 1962). Увеличение количества осадков и повышение среднегодовой температуры воздуха может привести к повышению интенсивности накопления солей в почвах виноградников, либо промыванию солей в нижележащие слои почвы и рассолению солончаковатых почв. Во многом это зависит от свойств почв, условий залегания по рельефу, источников солей и др. Для определения направленности этих процессов в конкретных условиях нами проведены исследования на участках, расположенных на типичных для Анапо-Таманской зоны территориях, у подножья низких гор.

Одну из вариаций трансформации засоленных почв виноградников рассмотрим на примере участка расположенного в верхней части морской пластовой равнины у подножья горы Комендантская. При почвенном

обследовании 1981 года на большей части опытного участка выделены чернозёмы южные карбонатные среднесолонцеватые среднесолончакватые слабогумусные мощные глинистые на третичных глинах. Визуально на местности и на космических снимках в границах этого контура выделяется солончаковое пятно, расположенное с юго-восточной стороны на расстоянии около 500 м от подножья горы Комендантская. Система опробования состояла из разреза, заложенного в северо-западной части солончакового пятна и серии скважин, расположенных по катенам пересекающих солончаковое пятно с запада на восток (катена WE) и с севера на юг (катена NS).

Склоны г. Комендантской сложены темными слитыми квазиглеевыми постагрогенными карбонатными сегрегационными солончакватыми слабозасоленными гипсосодержащими глинистыми почвами на продуктах переотложения палеоген-неогеновых глин с щебнем известняков (Vertisols). Засоление сульфатно-натриевое. С 87 см в профиле почв визуально хорошо различимы скопления мелкокристаллического гипса в виде гипсан, а также отдельные кристаллы среднекристаллического гипса. Эти соли и являются основным источником засоления почв, расположенных в подножии г. Коменданская на морской наклонной равнине (Хитров и др., 2016, Черников и др., 2018).

Почвы опытного участка преимущественно представлены агрослитыми тёмными слитизированными квазиглеевыми сегрегационными мощными и сверхмощными глубокопахотными карбонатными и слабощелочными глинистыми почвами на делювиальных глинах с различной степенью и химизмом засоления. В почвах катены WE в верхней части склона слабая степень засоления почв (активность ионов натрия более 20 ммоль/л) в верхней части катены отмечается ниже 40-50 см (рисунок 1). В центре солончакового пятна и на расстоянии около 100 м ниже по склону активность ионов натрия

превышает 20 ммоль/л с глубины 10-30 см. Ниже по склону слабая степень засоления отмечается с глубины 70-90 см.

В верхней части катены WE на глубине более 180-190 см, а в нижней части катены на глубине более 70-90 см, отмечена область, где активность хлоридов выше, чем активность ионов натрия. Это означает, что хлориды, помимо натрия, связаны с ионами кальция и магния.

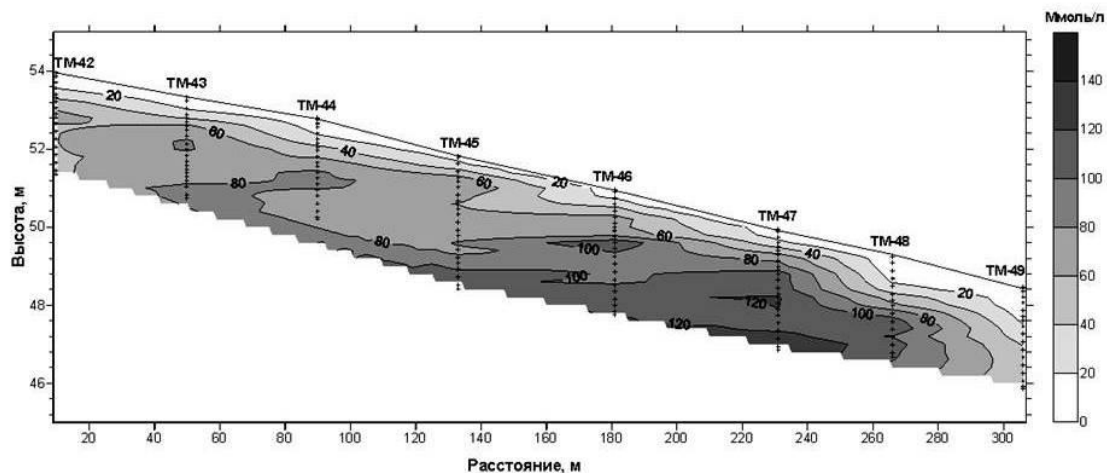


Рисунок 1 – Активность ионов натрия  $A_{Na}$  (A) в профиле почвы катены WE.

В верхней части профиля почв катены NS слабая степень засоления почв (активность ионов натрия более 20 ммоль/л) в верхней части катены (скв. ТМ-50) отмечается с глубины 50 см, ниже по склону с глубины 30 см, а в скважинах ТМ-45 и ТМ-52 – с глубины 10 см. В нижней части катены почвы незасолены до глубины 130 см (рисунок 2).

Таким образом, источниками засоления почв виноградников являются поверхностные минерализованные воды, которые двигаются вниз по уклону местности со склонов горы Комендантская и внутрипочвенные минерализованные воды, которые в местах выклинивания водоносных горизонтов подходят близко к поверхности почвы и в условиях выпотного режима способствуют подтяжке и накоплению легкорастворимых солей в верхней части почвенного профиля.

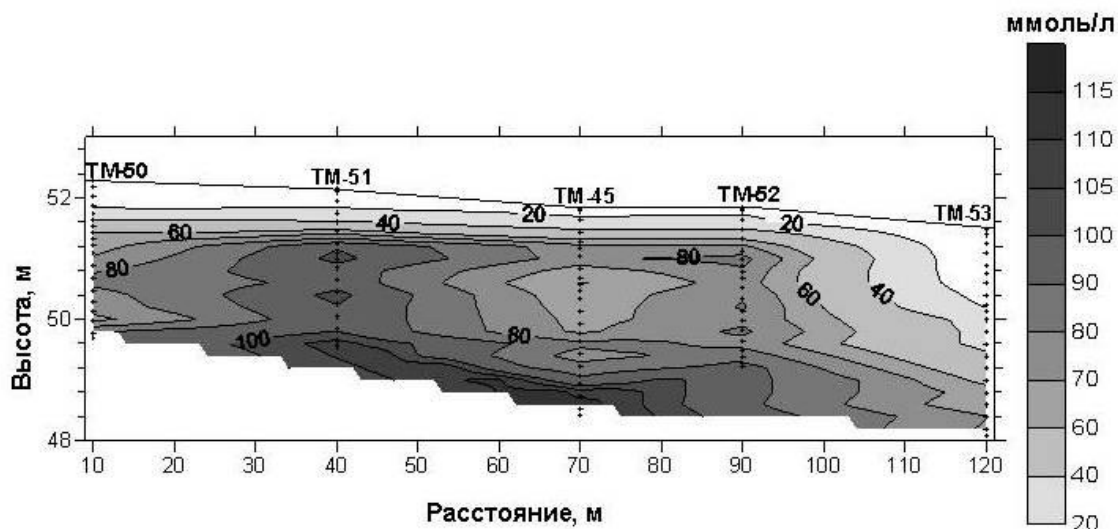


Рисунок 2 – Активность ионов натрия  $A_{Na}$  (А) в профиле почвы катены NS.

Увеличение количества атмосферных осадков приводит к повышению интенсивности этих процессов за счёт увеличения количества солей, переносимых с дождевыми водами. Дальнейшее развитие этих процессов может привести к повышению степени засоления почв и как следствие увеличению площади земель непригодных для возделывания винограда.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и АКК в рамках научного проекта № 19-44-233004 р\_мол\_а, а также в рамках выполнения государственного задания ФГБНУ СКФНЦСВВ*

### Список литературы

1. Черников Е.А., Попова В.П. К вопросу о причинах деградации чернозёмов южных Таманского полуострова // Научный журнал СКЗНИИСиВ «Плодоводство и виноградарство Юга России» [Электронный ресурс]. Краснодар: СКЗНИИСиВ. 2017. № 46 (04). Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/archive/46/>;
2. Черников Е.А., Попова В.П., Фоменко Т.Г. Развитие процессов засоления почв виноградников при изменении условий увлажнения на Тамани // Агрофизика. 2018. № 3. С. 31-37;
3. Агrometeorологический бюллетень по территории Краснодарского края за 1997-2016 годы;
4. Петров В.С., Нудьга Т.А., Сундырева М.А., Талаш А.И. Пути повышения устойчивости виноградных насаждений сорта Алиготе в нестабильных условиях среды юга России // Научный журнал СКЗНИИСиВ «Плодоводство и виноградарство Юга России» [Электронный ресурс]. № 25 (01). 2014. Режим доступа: <http://journal.kubansad.ru/pdf/14/01/04.pdf>;
5. Благоволитин Н.С. Геоморфология Керченско-Таманской области. М.: изд-во Академии наук СССР, 1962. 192 с.;

6. *Хитров Н.Б.* Причины и механизмы засоления почв виноградников юга Тамани / Н.Б. Хитров, Е.А. Черников, В.П. Попова, Т.Г. Фоменко // Почвоведение – 2016 - № 11. С. 1305-1318.;
7. *Черников Е.А., Попова В.П., Фоменко Т.Г.* Особенности солевого режима почв виноградников в условиях юга Тамани // Труды КубГАУ. 2018. № 75. С. 102-108.

УДК 631.4

## ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ В РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**В.И. Чупина (Гаврилова)**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[ya.valentina-gav@yandex.ru](mailto:ya.valentina-gav@yandex.ru)

В работе представлены результаты исследования почвенного покрова ботанических садов (БС), находящихся в различных экологических условиях и, характеризующихся изначально, до создания БС, различной степенью антропогенной трансформации почв. Однако, во многом однотипный характер воздействия на почвы в ходе функционирования БС, приводит к формированию почв со сходным строением почвенного профиля и, соответственно, почвенного покрова, сочетающего элементы городского и природного почвообразования.

*Ключевые слова:* антропогенные почвы, Hortic Anthrosols, зональные черты

**Введение.** Для ботанических садов характерна сложная организация почвенного покрова. Это связано не только с его исходной неоднородностью, но и с историей землепользования участка, выбранного для закладки БС, с сменой типов землепользования в период функционирования БС, с составом искусственных насаждений. В БС формируются особые, с точки зрения современных представлений о генезисе и классификации почв, почвенные профили, сочетающие свойства земледельческих и городских почв на фоне природных факторов почвообразования. С целью выявления специфики почвенного покрова БС проведено данное исследование.

**Объекты и методы.** Объектами изучения стали почвы трех ботанических садов, расположенных в разных природных зонах и испытывающих разную антропогенную нагрузку. Это почвы Полярно-альпийского ботанического сада-

института им. Н.А.Аврорина (ПАБСИ), г. Кировск, природные ландшафты представлены лесотундрой с альфегумусовыми почвами; почвы дендрологического сада им. С.Ф.Харитонова (Дендросад), г. Переславль-Залесский, его территория окружена агроландшафтами, с агродерново-подзолистыми почвами; почвы Никитского ботанического сада (НБС), пос. Никита, в зоне средиземноморских субтропиков с коричневыми почвами. Результаты изучения почвенного покрова представлены на почвенных картах.

Подходы к составлению почвенных карт естественных и агроландшафтов хорошо известны и основаны на знании закономерностей формирования почвенного покрова. Составление почвенных карт городских территорий – относительно новое направление и методология картографирования почв урбанизированных территорий еще только разрабатываются (Effland, Pouyat, 1997; Rossiter, 2013). Для создания почвенных карт городов, как правило, проводят функциональное зонирование территории и определяют набор почв для конкретных зон (Строганова и др. 1998; Апарин, Сухачева, 2014; Шестаков, 2014). Выделение функциональных зон в ботанических садах возможно, хотя их немного. Однако, представляется более целесообразным в дополнение к ним (или вместо них) использовать сведения о факторах трансформации почв. Поэтому картографирование почвенного покрова БС производилось с учетом рельефа и почвообразующих пород, истории землепользования, действующих факторов антропогенной трансформации почв на основе полевых исследований автора.

**Результаты.** Отличительной особенностью почвенного покрова всех БС является неоднородность, вызванная сменой почвообразующих пород, форм рельефа, состава насаждений, типов землепользования в пространстве и во времени. Почвенный покров отличается фрагментарностью из-за обилия заасфальтированных пространств и зданий. Границы между почвенными ареалами часто искусственны, они определяются положением зданий, дорожек,

поэтому почвенные контуры, за редкими исключениями, имеют геометрические формы.

В *ПАБСИ* большую площадь занимают природные почвы (90% территории): подбуры на дериватах нефелиновых сиенитов и подзолы на моренных отложениях, торфяные эутрофные и аллювиальные слаборазвитые под естественной растительностью. В научно-экспериментальной зоне, где осуществляются агротехнические мероприятия, необходимые для произрастания интродуцентов, распространены агроземы альфегумусовые гумусово-стратифицированные; различия между ними связаны с технологией и продолжительностью создания плодородного слоя; отмечаются криотурбации, как следствие отсутствия напочвенного покрова или лесной подстилки на поверхности. В административно-хозяйственной зоне выделены подбуры и подзолы урбистратифицированные, сформированные в результате насыпки материала мощностью не более 40 см, неоднородного по вещественному и гранулометрическому составу и содержащего много строительного и бытового мусора, и урбостратоземы с насыпной толщей более 40 см.

*Дендросад*, выведенный из сельскохозяйственного использования в 1952 году, характеризуется господством антропогенно-природных почв на тяжелых и средних покровных суглинках (90% территории); это постагрогенные дерново-подзолистые в сочетании с агроземами текстурно-дифференцированными и, в некоторых случаях, их урбистратифицированные подтипы. С момента создания сада почвенный покров стал более сложным: в питомниках, плодовых садах и коллекционных дендрариях под молодыми посадками описаны агроземы текстурно-дифференцированные; небольшие ложбины заняты глееватыми подтипами агродерново-подзолистых почв и агроземов; в искусственных котловинах прудов распространены дерново-глеевые урбистратифицированные почвы; в овраге – перегнойно-глеевые почвы; хозяйственно-бытовые зоны,



детские площадки, старые насыпи вокруг искусственных прудов заняты урбостратоземами.

В *Никитском БС* тоже господствуют антропогенно-природные и антропогенные почвы (60% территории). Ареал природных коричневых почв, сформированных на продуктах разрушения и переотложения глинистых сланцев, локализован в юго-западной части парка, где хозяйственная активность минимальна и преобладают крутые склоны с естественной растительностью, либо старые древесные насаждения – посадки 100–200-летнего возраста. Террасирование и плантаж почв маслиновых рощ приводит к формированию турбоземов. Участки вблизи зданий и сооружений, нарушенные при строительстве, отличаются распространением урбостратоземов и урботемногумусовых почв. По всей площади сада встречаются ареалы урботемногумусовых почв на экраноземах, что объясняется изменением плана дорожно-тропиночной сети – засыпка старых дорожек для объединения соседних культурных фитоценозов. Почвы бывших плодовых садов, а ныне выставочных участков роз и хризантем, представлены агроземами структурно-метаморфическими. На остатках фундаментов старых зданий отмечены реплантоземы поверхностно-турбированные (цветники) и задернованные (газоны), а на участках длительного окультуривания под древесными интродуцентами – урбокоричневые почвы и урбостратоземы.

**Выводы.** Почвенный покров ботанических садов неоднороден, фрагментарен и состоит из геометрических фигур – ареалов природных, квазигородских и постагрогенных почв. Соотношение между ними зависит от истории землепользования и современного функционального деления БС.

Как правило, БС включает в себя парковую, научно-экспериментальную, административно-хозяйственную зоны, с разной интенсивностью и трендами модификации нативных или нарушенных почв. В парковой зоне воздействие на почвы минимально: распространены природные почвы (ПАБСИ),

полуприродные (НБС), либо почвы, измененные до создания БС (Дендросад). В научно-экспериментальных зонах и цветниках в почвы постоянно вносятся удобрения, почвенные и торфяные смеси, производится рыхление, осуществляется орошение, и пр. Здесь формируются агроземы, при наличии (псевдо)городских артефактов выделяются урбистратифицированные почвы. В административно-хозяйственной зоне описаны урбостратоземы или урбистратифицированные подтипы природных/антропогенных почв. Внутри этих зон возможны дополнительные антропогенные модификации почв. Например, в НБС – турбоземы темные под маслиновыми рощами, темногумусовые урбистратифицированные почвы на экраноземах на засыпанных дорожках; в ПАБСИ – криотурбированные почвы на насыпных субстратах в полевом опыте; в Дендросаду – дерново-глеевые урбистратифицированные на месте агродерново-подзолистых почв, сформировавшиеся благодаря созданию искусственного водоема в 1960-е годы.

### Список литературы

1. *Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. №7. С. 790-802.
2. *Строганова М.Н., Мяжкова А.Д., Прокофьева Т.В., Скворцова И.Н.* Почвы Москвы и экология города. Изд-во: ПАИМС, 1998. 166 с.
3. *Шестаков И.Е., Еремченко О.З.* Картографирование почвенного покрова городских территорий на примере г. Пермь // Почвоведение. 2014. №1. С. 12-21.
4. *Effland W.R., Pouyat R.V.* The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas // Urban Ecosystems. 1997. Vol. 1. P. 217-228.
5. *Rossiter, DG.* Urban soils in space and time: a review of mapping methods. In book of abstracts. International soil science conference. Germany: University of Ulm, 2013. P. 214-215.

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ И СОСТАВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

**С.В. Шульгина, Т.Н. Азарёнок, О.В. Матыченкова**

*Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь*

soil@tut.by

Представлена экологическая оценка трансформации дерново-подзолистых связнопесчаных почв под влиянием агрогенеза на основе использования расчетных величин отклонений отдельных критериев генетических свойств почв пахотных земель от исходного состояния. Установлена «очень сильная» степень трансформации современных аналогов, которая характеризуется благоприятным направлением для земледелия.

*Ключевые слова:* дерново-подзолистая почва, связнопесчаные породы, трансформация, свойства, оценка

Почвенные ресурсы являются национальным богатством Беларуси и бережное отношение к ним, сохранение экологических свойств базируется на знании правил их функционирования в условиях природной и хозяйственной специфики республики. Весьма актуально сегодня суждение В.В. Докучаева (1898): «Почва как зеркало, яркое и вполне правдивое отражение окружающих условий». Превалирование в настоящее время антропогенного фактора почвообразования нарушает сбалансированные природные экологические связи в них, меняя свойства и режимы (Добровольский, Никитин, 1990; Седых, Савич, 2014). К настоящему времени в нашей стране накоплен огромный фактический материал с разносторонними сведениями о почвах сельскохозяйственных земель по результатам теоретических и прикладных исследований, крупномасштабного почвенного картографирования (1957–1964; 1968–1985; 1986–2005 гг.) и корректировочных работ 2005–2015 гг. по осушенным минеральным и органогенным почвам, крупномасштабного агрохимического обследования (с 1967 г. проведено 12 туров). Исходные и современные

почвенные данные позволяют раскрыть изменения качественных проявлений почвообразовательных процессов во времени, установить степень преобразования морфологического облика, свойств и состава, в том числе под влиянием агрогенеза.

В условиях Беларуси особенности трансформации интенсивно используемых в сельскохозяйственном производстве почв дерново-подзолистого типа, на долю которых приходится 47,0 % фонда пахотных земель, непосредственным образом связаны с гранулометрическим составом почвообразующих пород. Почвенный покров Белорусского Полесья с конца 60-х гг. прошлого столетия подвержен наиболее интенсивному антропогенному воздействию, здесь доля осушенных земель составляет 36,0 %. Дерново-подзолистые почвы в составе пахотных земель этой провинции занимают 38,1 %, среди которых основные площади приходятся на связнопесчаные разновидности (21,7 %) различной степени увлажнения (автоморфные – 20,7 %, слабogleеватые – 13,9 %, глееватые – 12,1 %).

На примере сформированного почвенного ряда дерново-подзолистых на водно-ледниковых связных песках почв (Малоритско-Лунинецко-Лоевский почвенно-экологический район Белорусского Полесья), включающего лесной объект 1975 г. обследования (Старобинский лесхоз) и его разновременные пахотные аналоги на территории ОАО «Большевик-Агро» Солигорского района Минской области (среднеокультуренные 1990 и 2004 гг., высокоокультуренная 2008 г.), по которым представлена наиболее полная аналитическая характеристика, а также с учетом среднестатистических данных их свойств, нами



Естественная (сосняк мшистый)      Среднеокультуренная, 2004 г.      Высококультуренная, 2008 г.

*Рисунок 1 – Дерново-подзолистые связнопесчаные почвы пахотных земель Белорусского Полесья.*

поведена оценка степени преобразования этих разновидностей под влиянием антропогенного фактора согласно разработанной системе приемов (О подходе..., 2018; Экологическая оценка..., 2017) (рисунок 1, таблицы 1–3).

*Таблица 1 – Показатели оценки трансформации почв пахотных земель под влиянием антропогенного фактора согласно разработанному подходу (Экологическая оценка..., 2017)*

Коэффициент трансформации почвы (КТП*)	Категория степени трансформации почвы
1–8	слабая
9–16	умеренная
17–24	сильная
> 24	очень сильная

*Примечание.* \*КТП =  $\sum$ индексов - (n-1), где  $\sum$  индексов – сумма числовых выражений индексов, n – количество используемых параметров.

Современные разновидности дерново-подзолистых связнопесчаных почв пахотных земель отличаются «очень сильной» степенью трансформации свойств по сравнению с естественным потенциалом, причем по всем критериям изменения характеризуются категорией «очень сильная» со знаком «+» (таблица 3): содержание гумуса в пахотном горизонте высококультуренного аналога

превышает таковое в гумусовом горизонте лесной почвы почти в 2 раза, а также верхний предел оптимальный значений (2,0–2,4 %) песчаных почв; величина отношения  $C_{гк}/C_{фк}$  расширяется до 1,55; реакция почвенной среды верхних горизонтов почв перешла из категории «сильнокислых» в «нейтральные»; величина отклонения показателя гидролитической кислотности имеет характер устойчивого снижения, а показателей суммы поглощенных оснований, емкости поглощения и степени насыщенности основаниями – положительный рост; в минералогическом составе фракции мельче 0,001 мм пахотных горизонтов преобладает вермикулитовый компонент, в связи с чем поглощающий комплекс почв пахотных земель характеризуется высокими способностями к ионно-обменным реакциям; согласно величине элювиально-аккумулятивного коэффициента  $E_{AR}$  в профиле естественной почвы наибольшее количество валовых оксидов железа и алюминия приходится на иллювиальные горизонты, а в почвах пахотных земель – на элювиальную часть с максимальной величиной показателя (1,41–1,46) в гумусово-аккумулятивном горизонте высококультурного аналога синхронно росту содержания ила.

*Таблица 2 – Разновременные показатели свойств и состава дерново-подзолистых связнопесчаных почв пахотных земель Белорусского Полесья*

Показатель	Естественная				Пахотная, 2004 г.				Пахотная, 2008 г.			
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	BC <sub>g</sub>	Ап	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	BC <sub>g</sub>	Ап	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	BC <sub>g</sub>
Мощность горизонта, см	12	24	57	30	25	22	33	30	25	12	30	40
Глубина отбора образца, см	3–9	10–20	40–50	80–90	5–15	30–35	65–75	100–105	5–15	30–35	45–55	85–95
Содержание физ. глины, %	4,6	5,1	3,5	2,4	8,1	5,2	3,7	2,4	9,8	9,7	4,2	2,0
Содержание ила, %	1,9	2,4	2,2	1,7	2,8	2,4	1,8	1,4	3,8	3,4	2,4	1,4
Плотность почвы, МГ·М <sup>-3</sup>	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,4	1,4	1,6	1,7
pH <sub>KCl</sub>	4,3	4,7	4,8	5,0	5,6	5,2	5,6	5,3	5,9	5,8	5,7	5,6
Hr, смоль(+)-кг <sup>-1</sup>	3,4	1,3	0,7	0,3	1,1	0,9	0,9	0,9	0,7	0,6	0,4	0,6

I												
S, смоль(+) $\cdot$ кг <sup>-1</sup>	1,0	1,1	1,0	0,9	5,2	2,5	1,6	1,3	9,7	5,4	2,0	1,0
T, смоль(+) $\cdot$ кг <sup>-1</sup>	4,4	2,4	1,7	1,2	6,3	3,4	2,5	2,2	10,4	6,0	2,4	1,6
V, %	23	46	59	75	83	74	64	59	93	90	83	63
Ca <sup>2+</sup> : Mg <sup>2+</sup>	2,0	2,0	3,3	2,9	3,7	2,5	2,0	3,0	5,0	4,3	5,0	1,5
Hm, %	1,6	0,4	0,2	0,1	2,4	0,5	0,2	0,1	3,2	2,8	0,4	0,2
Запасы гумуса в 0–50 см, т/га	46	-	-	-	104	-	-	-	165	-	-	-
$\Sigma$ ГК, % к C <sub>общ.</sub>	16,2	-	-	-	48,7	-	-	-	53,5	-	-	-
ГК 2, % к C <sub>общ.</sub>	-	-	-	-	21,8	-	-	-	24,2	-	-	-
ГК 2, % от $\Sigma$ ГК	-	-	-	-	44,8	-	-	-	45,2	-	-	-
Сгк / Сфк	0,95	-	-	-	1,34	-	-	-	1,55	-	-	-
Вермикулит, % от ила	41	16	18	14	49	37	19	15	39	42	22	16
Гидролюда, % от ила	40	41	52	66	42	41	54	59	33	30	42	54
Валовое содержание SiO <sub>2</sub> почвы, %	93,9	93,3	92,5	93,9	91,1	92,9	92,6	93,5	90,4	90,1	92,2	93,3
Валовое содержание R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> почвы, %	4,0	4,5	4,8	3,8	5,4	5,8	4,4	4,3	6,1	6,3	4,2	4,2
SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	41,9	37,7	35,2	45,0	31,4	29,4	40,6	39,4	27,0	26,2	40,5	40,2
E <sub>A<sub>R</sub></sub>	1,07	1,18	1,24	-	1,23	1,35	1,01	-	1,41	1,46	0,93	-

Таблица 3 – Оценка трансформации дерново-подзолистых связнопесчаных почв пахотных земель Белорусского Полесья

Год обсле- дован- ия	Критерий; отклонение от исходного состояния, %; индекс изменения критерия; коэффициент трансформации почвы (КТП)									
	Содер- жание ила	Содер- жание гумуса	Запасы гумуса	pH <sub>KCl</sub>	S	T	V	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1990	+6*/2**	+41/4	+198/4	+29/3	+360/4	+30/2	+180/4	+263/4	+821/4	
КТП=23 (сильная***)										
2004	+47/4	+50/4	+126/4	+30/3	+420/4	+43/3	+261/4	+377/4	+1644/4	

КТП=26 (очень сильная)									
2008	+100/4	+100/4	+259/4	+37/4	+870/4	+136/4	+304/4	+435/4	+2370/4
КТП=28 (очень сильная)									

*Примечание.* \* величина отклонения показателя от исходного состояния, %; \*\* индекс изменения величины критерия согласно установленному диапазону его варьирования [2]; \*\*\* степень трансформации свойств почвенной разновидности (согласно таблице 1).

Таким образом, вовлечение дерново-подзолистых связнопесчаных почв Белорусского Полесья в интенсивную систему земледелия усиливает степень действия таких почвообразовательных процессов и их сочетаний как гумификация органического вещества, миграция органо-минеральных соединений, трансформация глинистых минералов, агропедотурбация. Причем специфика имеющих место преобразований свойств почв на рыхлых отложениях состоит в более сильной степени трансформации, что позволяет констатировать их «отзывчивость» по отношению к мелиоративным приемам окультуривания, однако приобретенные показатели свойств являются нестабильными и требуют постоянного применения эффективных научно-обоснованных способов для сохранения созданного уровня плодородия.

### Список литературы

1. О подходе к разработке экологической оценки степени трансформации почв естественных и сельскохозяйственных земель республики / С.В. Шульгина [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2018. – Приложение к журналу №2(117). – С. 17–18.
2. Экологическая оценка трансформации состава и свойств дерново-палево-подзолистых почв под влиянием антропогенного фактора / С.В. Шульгина [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – №2(59). – С. 14–25.



# ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.4

## ИЗМЕНЕНИЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Б.Ф. Апарин<sup>1,2</sup>, Е.Ю Сухачева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева,

Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

[soilmuseum@bk.ru](mailto:soilmuseum@bk.ru)

Современный ресурсный потенциал почв Северо-запада Европейской территории России сформировался в условиях значительных колебаний суммы осадков и температур при широком диапазоне климатической нормы почвообразования. Потепление климата будет иметь различный отклик в почвенных характеристиках на мезо- и даже микроуровневой организации почвенного покрова (сглаживать или обострять последствия потепления климата).

*Ключевые слова:* ресурсный потенциал почв, потепление климата, антропогенное воздействие

**Введение.** Ресурсный потенциал почв (РПП) – это характеристика продукта ее жизнедеятельности, своего рода метаболизма почвы, востребованного растениями и биотой. РПП можно рассматривать в качестве интегрального показателя плодородия почвы, которое формируется в результате процессов аккумуляции, преобразования, поглощения и выделения вещества и энергии, поступающих в почву (Апарин, 1997).

РПП включает 2 понятия: удельный и общий. Удельный – это потенциал конкретной почвы на таксономическом уровне тип (подтип), рассчитанный в баллах на единицу площади. Общий потенциал характеризует его емкость и

рассчитывается в баллах с учетом доли площади, занимаемой почвенной разностью от всей площади почвенного покрова региона.

Ресурсный потенциал, исходя из поставленных задач, оценивается в трех аспектах: 1) показатель потенциальной способности почв обеспечивать тот или иной уровень продуктивности сельскохозяйственных растений – Агроресурсный потенциал почв (АРПП), 2) характеристика способности почв обеспечивать продуктивность древостоя – Лесорастительный потенциал почв (ЛРПП), 3) параметрический показатель экологических функций почв – Экологический потенциал почв (ЭРПП).

**Цель работы.** Оценить вклад климатических и антропогенных факторов изменения ресурсного потенциала почв на Северо-западе Европейской части России.

**Результаты и обсуждения.** РПП большинства генетических типов почв на территории Северо-запада России является результатом длительного периода их саморазвития в условиях бореального климата. Процесс почвообразования на территории области начался в пребореальный период голоцена и развивался в двух принципиально различных направлениях: элювиально-(органогрубогумусовом и органо-аккумулятивном, с различными их модификациями.

Несмотря на значительные колебания климата в голоцене, связанные с неоднократными потеплениями или похолоданиями, господствующей на северо-западе растительной формацией оставались хвойные леса, формирующие фитогенные поля почвообразования. Они свидетельствуют о гумидном характере климата. Ведущее направление (тренды траектории развития) почвообразования не менялись. Уже в конце атлантического времени органо-аккумулятивный процесс почвообразования (болотный) перешел в устойчивую олиготрофную стадию развития, которая сохраняется до настоящего времени, несмотря на колебания климата. Очевидно, что

элювиально-(органогрубогумусовый процесс, сохраняя качественную специфику также прогрессивно развивался. Это объясняется тем, что диапазон климатических параметров (климатическая норма профилеобразующих процессов) подзолов, подзолистых и других типов почв очень широка (Земельные ресурсы, 1990).

Климат является циклической системой. На европейской территории даже за сравнительно короткий исторический период, по данным М.И. Будыко (Будыко, 1977), произошло несколько заметных колебаний климата (потепление в конце I и начале II тысячелетия нашей эры, похолодание, начавшееся в XIII в. и достигшее максимума в начале XVII в., последующее потепление). В современный период потепление, начавшееся в конце XIX в., достигло максимума в 30-е годы, когда средняя температура, воздуха повысилась приблизительно на  $0,6^{\circ}$ . В 40-е годы процесс потепления сменился похолоданием, которое усилилось в 60-е годы, а затем вновь началось потепление. Важно отметить, что тренд повышения температуры проявлялся в основном в зимний период года.

В XX веке в результате антропогенной деятельности климатические изменения приняли аномальный характер. Существует несколько сценариев глобального изменения климата. Сценарий Had CM3-A1F1 можно охарактеризовать как сценарий аридного потепления. Однако для России более вероятен гумидный тип глобального потепления климата (Глобальные изменения, 2009). По этому сценарию рост июльской температуры составит лишь  $1,3^{\circ}\text{C}$ .

Для прогноза влияния глобального изменения климата на ресурсный потенциал почв необходимо помимо температуры знание закономерностей многолетнего хода осадков, подчиняющихся естественным процессам циркуляции атмосферы.

Внутривековые циклические колебания суммы осадков показывают, что средняя величина их для отдельных периодов может значительно отличаться от среднего значения за все время наблюдения. В подавляющем большинстве лет изменения в многолетнем ходе осадков на северо-западе ЕТР происходит за счет увеличения или уменьшения осадков в холодный период года.

Таким образом, прогнозируемое изменение климата находится в пределах климатической нормы профилеобразующих процессов. Это дает основание предполагать, что параметры потенциального плодородия почв региона существенно не изменятся (таблица 1). Динамические составляющие РПП (эффективное плодородие) окажутся более подверженными колебаниям климата.

Таблица 1 – Система критериев индикаторов изменения РПП в связи с глобальным потеплением климата

Критерии	Индикаторы	Характеристика	Показатели климата, (характерное время)
Почвенные процессы	Профилеобразующие	Генетический тип	Норма климата, (многовековые циклы)
	Горизонтообразующие	Тип горизонта	Осадки, испаряемость, коэффициент увлажнения (вековые изменения)
	Элементарные	Типы процессов, твердофазные признаки	Температура, осадки, испаряемость, коэффициент увлажнения (годовые изменения, периоды: сухие, влажные, теплые, холодные)
	Индивидуальные	Степень проявления, новые свойства	Температура, осадки, (периоды: сезонные, суточные)
Тепловой баланс	Тепловой режим	Температура на глубине 20 см	Температура воздуха (годовой ход)
Водный баланс	Водный режим	Влагозапасы, влагоёмкость, оглеение,	Осадки, испаряемость (годовой ход)

		уровень грунтовых вод	
Баланс питатель ных элементо в	Трофность (пищевой режим)	Запасы NPK, проточность	Осадки (сезонный ход)
Типомор фные свойства	Тип гумуса, органическое вещество	Сгк/Сфк, мор—модер—м юль, степень разложения органического вещества, мощность	Норма климата (многовековой ход)
	Кислотность	pH	
	Почвенно- поглощающий комплекс	Емкость поглощения, поглощенные катионы	

Прогноз последствий глобального потепления РПП возможен лишь на основе сравнения соотношений антропогенной и естественной составляющих эволюции почв, изучения факторов и процессов, влияющих на долговременное изменение РПП.

На территории Северо-запада земледельческая колонизация началась около 1 тыс. лет назад. Это время можно считать началом проявления антропогенного фактора почвообразования и зарождения антропогенного тренда в изменении РПП. В истории земледелия региона можно выделить 4 периода, влияющих на динамику удельного и общего РПП.

Первый период начался в конце IX века. Тренд АРПП в течение всего периода в основном соответствовал тренду экологического потенциала естественных почв при четко выраженной динамике потенциала. Начало второго периода приходится на конец XVI века. Количество земель, используемых в сельском хозяйстве, к 1870 году достигло максимального

значения за всю историю земледелия. Второй период продолжался до 50-х годов XX столетия. Для него характерен экстенсивный путь развития сельскохозяйственного производства и постепенное уменьшение удельного и общего РПП.

Третий период занимает относительно короткий промежуток времени (60—90 гг. XX столетия) и связан с курсом на интенсификацию сельскохозяйственного производства. Тренд удельного АРПП можно определить как прогрессивно возрастающий. Он был связан со специализацией, механизацией, химизацией и мелиорацией земель. Четвертый период, начавшийся в 90-х годах XX века, характеризуется хорошо выраженным трендом снижения АРПП.

Урбанизация, активно начавшаяся в начале XX века и сопутствующее ей развитие инфраструктуры, стало еще одной составляющей антропогенного воздействия на природную среду. Ее негативные последствия для РПП оказались еще более значительными, чем земледелие. Чтобы оценить, как изменился РПП под антропогенным воздействием, была создана цифровая почвенная карта (ЦПК) реконструкции естественного почвенного покрова Ленинградской области (типичный для Северо-запада крупный агропромышленный регион) на период до начала активного сельскохозяйственного освоения. ЦПК реконструкции (Масштаб 1:200000) отражает состояние почв и почвенного покрова территории области приблизительно на конец первого тысячелетия, т.е. до начала активного сельскохозяйственного освоения земель.

Сравнение параметров удельного и общего РПП современных почв с их естественными аналогами позволили установить диапазоны и тренды изменений РПП в результате антропогенного воздействия. Выявлен четкий тренд в уменьшении площади естественных почв – носителей ресурсного потенциала, в результате уничтожения почв при строительстве дорог,

продуктопроводов, населенных пунктов, дачных поселков, добычи полезных ископаемых и др. видов антропогенной деятельности.

**Заключение.** Ведущим климатообразующим фактором на Северо-западе России являются циркуляционные процессы, обусловленные теплым течением Гольфстрим (Апарин, 1997). Глобальное потепление климата (гумидный тип) существенно не изменит общий РПП, связанный с потенциальным плодородием. Потепление климата, вероятно, усложнит пространственно-временную структуру циркуляции атмосферы, что повлияет на погодные условия и параметры гидрогенных, фитогенных и антропогенных полей формирования СПП, удельного и общего РПП.

Главную роль в изменении естественного РПП играет антропогенный фактор. Он обуславливает прогрессивное уменьшение РПП и его составляющих (АРПП, ЛРПП, ЭРПП).

### Список литературы

1. *Апарин Б.Ф.* Эволюционные модели плодородия почв. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет, 1997 — 292 с.
2. *Будыко М.И.* Глобальная экология. — Москва: Мысль, 1977. — 328 с.
3. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / под ред. А.Л. Иванова и В.И. Кирюшина. — Москва: Россельхозакадемия, 2009. — 518 с.
4. Земельные ресурсы СССР: Природно-сельскохозяйственное районирование территории областей, краев, АССР и республик. — Москва, 1990. — 261 с.

УДК: 631.4

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ ПРИАРАЛЬЯ

**Л.А. Гафурова, М.Э. Саидова**

*Национальный Университет Узбекистана им.Мирзо Улугбека,*

*Ташкент, Узбекистан*

[glazizakhon@yandex.ru](mailto:glazizakhon@yandex.ru)

Были изучены в различной степени засоленные староорошаемые и новоорошаемые лугово-аллювиальные почвы и солончаки, распространенные в Амударьинском и Чимбайском районах Республики Каракалпакстан.

Исследования проводились на основе комплексного анализа эколого-биологического состояния орошаемых лугово-аллювиальных почв, с учетом почвенно-климатических условий территории Приаралья. С использованием современных геоинформационных технологий были созданы различные тематические электронные карты этих территорий, содержащие информацию о степени засоленности, запасах гумуса и других физико-химических и биологических свойствах почв исследуемой территории. Картографические модели помогают дать правильную характеристику хода почвенных процессов и их взаимосвязей, при разработке и осуществлении мер по выявлению и предотвращению потенциальной деградации сельскохозяйственных земель.

*Ключевые слова:* засоленные староорошаемые и новоорошаемые почвы и солончаки, геоинформационные технологии, картографические модели

**Введение.** На сегодняшний день в мире «засоленные почвы занимают огромные площади - около 25 % всей поверхности суши. Значительные массивы засоленных почв находятся в Средней Азии, на западе США, в особо засушливых районах Южной Америки и Австралии, в Северной Африке. Особенно высокой степенью засоленности отличаются почвы в пустынях и полупустынях, т.е. в условиях засушливого, или аридного климата»<sup>1</sup>. Поэтому, в то время когда площадь засоленных почв всё больше увеличивается в результате естественных процессов и антропогенных воздействий, последовательное изучение факторов, способствующих засолению, предотвращение его, повышение и сохранение плодородия засоленных почв и рациональное использование их в сельском хозяйстве, являются приоритетными задачами.

В республике в условиях изменения климата в целях смягчения последствий Аральской катастрофы проводятся комплексные меры по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, их рациональному использованию, развитию оросительных систем, повышению устойчивости пустынных почв к экстремальным условиям и сохранению биоразнообразия. В Стратегии действий дальнейшего развития Республики Узбекистан на 2017–

---

<sup>1</sup><http://agropraktik.ru/blog/1097.html>



2021 годы: «...дальнейшее улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, широкое внедрение в сельскохозяйственное производство интенсивных методов, прежде всего современных водо- и ресурсосберегающих агротехнологий, принятие системных мер по смягчению негативного воздействия глобального изменения климата и высыхания Аральского моря на развитие сельского хозяйства и жизнедеятельности населения»<sup>2</sup> определено одним из важных задач.

На сегодняшний день в мире проводятся ряд исследований по определению эколого-биологического состояния засоленных почв, в том числе в следующих приоритетных направлениях: разработка агротехнологий, направленных на повышение плодородия почв путем сохранения и повышения запасов углерода в почве; долгосрочный мониторинг плодородия почв в различных агроэкосистемах и разработка моделей управления питательными веществами в почве; применение почвозащитных и ресурсосберегающих технологий для снижения уровня воздействия деградации почв; разработка научных и практических основ комплексного управления природными ресурсами в условиях изменения климата.

В этой связи целью наших исследований являлось создание различных тематических карт на основе комплексного анализа эколого-биологического состояния орошаемых лугово-аллювиальных почв, с учетом почвенно-климатических условий территории Приаралья.

**Объектом исследования** являлись в различной степени засоленные староорошаемые и новоорошаемые лугово-аллювиальные почвы и солончаки, распространенные в Амударьинском и Чимбайском районах Республики Каракалпакстан.

**Методы исследования.** Полевые и лабораторные исследования

---

<sup>2</sup>Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». Газета «Народное слово». 08.02.2017.

проводились по общепринятым стандартным методам. В создании различных тематических карт использованы методы интерполяции IDW и моделирования Kriging программы ArcGIS.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Известно, что в качестве негативных факторов, способствующих развитию процессов деградации в орошаемых почвах можно перечислить такие факторы, как засоление, уплотнение подпахотного горизонта, обеднение гумусом и питательными элементами и т.д. При решении таких проблем в первую очередь учитываются почвенно-климатические условия региона и агрофизические особенности почв.

В настоящее время наблюдается интенсивное внедрение новых информационных методов картирования почв. Как правило, это связано с использованием геоинформационных технологий (ГИС-технологий), которые обладают большими возможностями отражения, анализа и моделирования географических объектов и явлений по сравнению с традиционными способами, обеспечивают связь традиционных операций работ с базами данных, осуществлять запрос новых данных и их статистический анализ. Использование ГИС-технологий позволяет довольно быстро и эффективно решать подобные задачи (Савин, 2004; Козлов, Сорокина, 2008; Джалилова, 2009; Шеримбетов, 2014).

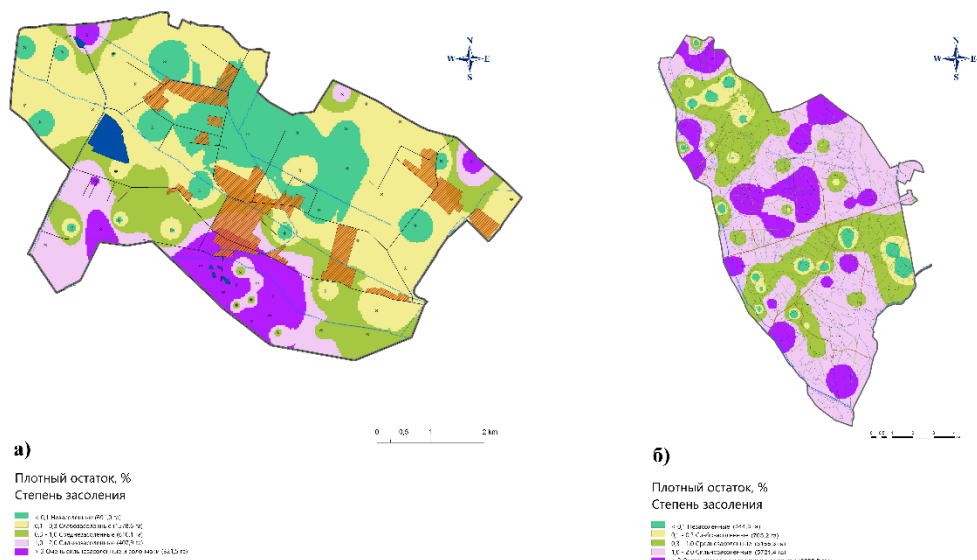
В этом отношении, диагностика эколого-биологического состояния засоленных почв с использованием современных ГИС технологий имеет важное значение в правильной характеристике хода почвенных процессов и глубоком изучении их взаимосвязей, управлении почвенными процессами, разработке оптимальных агромелиоративных мероприятий по улучшению состояния засоленных почв в условиях изменения климата, рациональному использованию земель и предотвращению негативных факторов.

В этой связи, с использованием современных геоинформационных технологий были созданы различные тематические электронные карты на

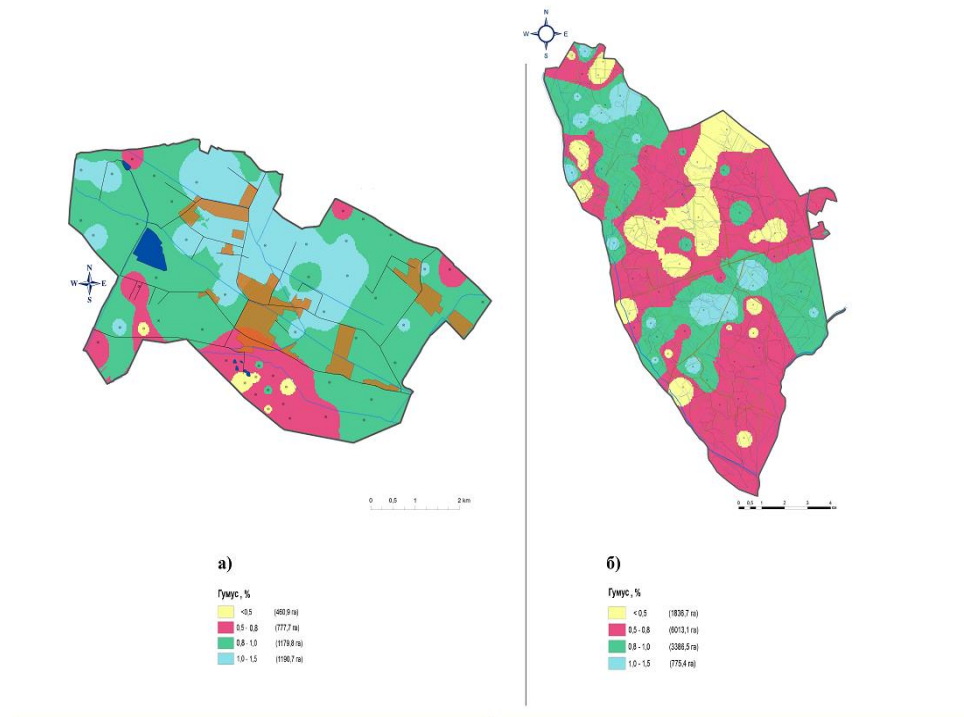
примере почв массива Хорезм Амударьинского района и массива Камишарик Чимбайского района Республики Каракалпакстан, в этих картах содержатся информации о степени засоленности, механическом составе, содержании и запасе гумуса, содержании подвижного фосфора и обменного калия, количестве аммонификаторов, активности ферментов инвертазы, каталазы, уреазы, фосфатазы, интенсивности дыхания почвы, запасе органического углерода почв исследуемой территории.

Согласно данным выявлено, что в массиве Хорезм 2034,7 га занимают тяжелосулинистые почвы, 760,7 га среднесуглинистые, 813,7 га легкосуглинистые, а в массиве Камышарик тяжелосуглинистые почвы занимают 5823,1 га, среднесуглинистые 4547,7 га, легкосуглинистые почвы 1473,7 га, и 167,2 га площади заняты супесями. Что касается засоления почв, то по массиву Хорезм отмечено широкое распространение слабозасоленных почв, здесь их площадь составляет 1578 га, незасоленные почвы 691,0 га, наименьшую площадь занимают очень сильнозасоленные почвы и солончаки (321,5 га). По массиву Камышарик выявлено широкое распространение здесь средnezасоленных (3155,3 га) и сильнозасоленных (5721,4 га) почв, площадь очень сильнозасоленных почв и солончаков составляет 2085,5 га, наименьшую площадь занимают незасоленные 344,3 га и слабозасоленные почвы 705,2 га (рисунок 1), что связано с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями региона.

По обеспеченности гумусом выявлено, что средне обеспеченные почвы в массиве Хорезм занимают 1190,7 га, низко обеспеченные почвы - 1957,5 га и очень бедные занимают 460,9 га. Отмечено, что площадь средне обеспеченных почв гумусом в массиве Камышарик составляет 775,4 га, низко обеспеченных почв - 9399,6 га, и очень низко обеспеченных почв - 1836,7 га. Самую малую площадь в массиве Хорезм занимают очень низко обеспеченные, а в массиве Камышарик средне обеспеченные почвы (рисунок 2).



*Рисунок 1 – Картографические модели, характеризующие степень засоления почв исследуемой территории:  
а) массив Хорезм Амударьинского тумана  
б) массив Камшиарик Чимбайского тумана.*



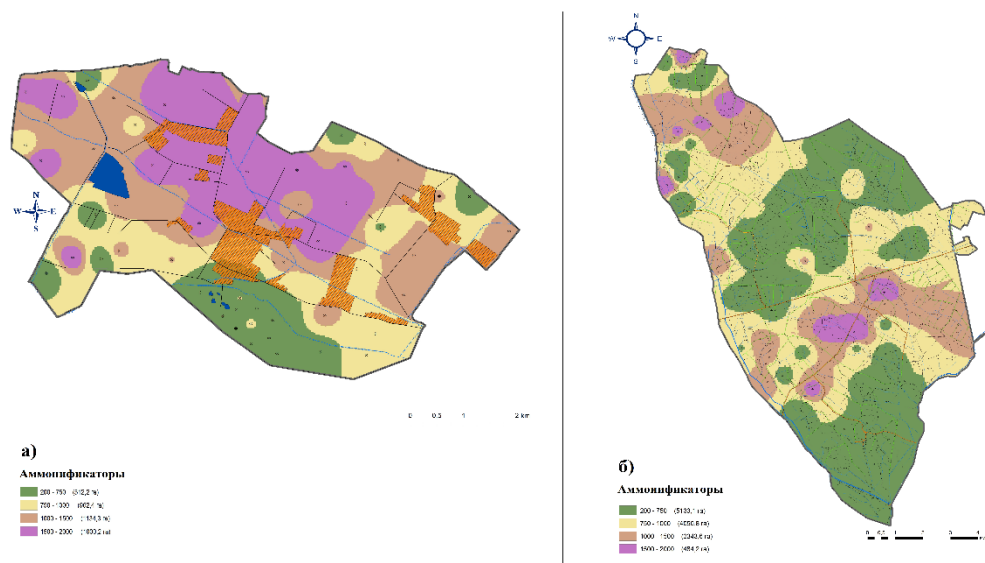
*Рисунок 2 – Картографические модели, характеризующие содержание гумуса почв исследуемой территории:  
а) массив Хорезм Амударьинского тумана  
б) массив Камшиарик Чимбайского тумана.*

Низкое содержание гумуса в почве приводит к низким запасам гумуса. Самая большая площадь в массиве - это почва с низкими запасами гумуса, ее площадь составляет 2289,7 га, почвы со средними запасами гумуса занимали - 1134,5 га, почвы с очень низкой степенью - 184,9 га. Также, и в массиве Камышарик площадь с низкими уровнями запаса гумуса составляет 10 238,3 га. Отмечено, что почвы со средним уровнем запаса гумуса занимают 391,5 га, и почвы с очень низкими запасами занимали 1381 га.

Известно, что для нормального роста и развития сельскохозяйственных растений необходимы оптимальное содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве. Согласно этому, по содержанию  $P_2O_5$  в массиве Хорезм самую большую площадь заняли среднеобеспеченные почвы и составляли 1373,8 га, также, низкообеспеченные почвы занимали 1350,1 га и очень низкообеспеченные почвы 885,2 га. Выявлено, что почвы массива Камышарик низко обеспечены фосфором по сравнению с почвами массива Хорезм, поэтому почвы этого района разделены только на группы низкообеспеченных и очень низкообеспеченных. Здесь площадь низкообеспеченных почв составлял 9836,2 га и очень низкообеспеченных 2175,5 га. Кроме того, почвы обоих массивов по обеспеченности содержанием  $K_2O$  были разделены на три группы, итак, в массиве Хорезм наибольшую площадь заняли низкообеспеченные почвы 1833,5 га, за ними следовали среднеобеспеченные почвы с площадью 1083,1 га, и очень низкообеспеченные почвы составляли 692,5 га. В массиве Камышарик тоже наибольшую площадь заняли низкообеспеченные почвы 6238,7 га, площадь среднеобеспеченных почв составляли 3065,5 га, а очень низкообеспеченные почвы заняли 2707,5 га.

Низкая обеспеченность почв исследуемой территории по содержанию гумусом и питательных элементов также отражено в распространении микроорганизмов. В соответствии шкалы Д.Г. Звягинцева (1978), выявлено, что

почвы исследуемой территории по количеству аммонификаторов обеспечены в очень низком (<1 млн/г) и низком (1-2 млн/г) уровнях (рисунок 3).



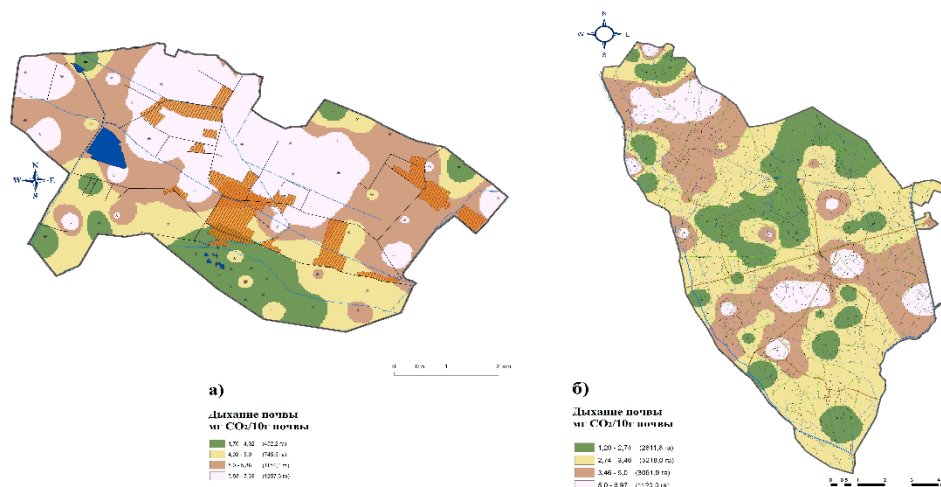
*Рисунок 3 – Картографические модели, характеризующие численность аммонификаторов в почвах исследуемой территории: а) массив Хорезм Амударьинского тумана б) массив Камшиарик Чимбайского тумана.*

Большая часть выделившегося  $\text{CO}_2$  из почвы является результатом активности почвенных микроорганизмов, которая может быть определена интенсивностью дыхания почвы по мере снижения или увеличения их деятельности (рисунок 4).

В соответствии шкалы оценки интенсивности дыхания почвы по Э.И.Гапонюк, С.В.Малахова (1985) наблюдалось, что исследуемые почвы имеют очень низкую (0-5 мг/10г/24 часа) и низкую (5-10 мг/10г/24 часа) интенсивности дыхания.

Известно, что формирование плодородия почвы тесно связано с активностью ферментов. Ферментативную активность также можно использовать в качестве диагностического индикатора при определении и оценке плодородия почвы: активность ферментов показывает интенсивность и

направление биохимических процессов в почве и является чувствительным индикатором биологического состояния почвы.



*Рисунок 4 – Картографические модели, характеризующие интенсивность дыхания почв исследуемой территории: а) массив Хорезм Амударьинского тумана б) массив Камышарик Чимбайского тумана.*

На основе электронных карт, характеризующих активность ферментов почв исследуемой территории, в соответствии шкалы Э.И.Гапонюк, С.В.Малахова (1985) почвы региона имеют очень слабую активность по ферментам инвертазы и уреазы, а по ферментам каталазы и фосфатазы имеют слабую активность.

Почвенный органический углерод (ПОУ) как показатель здоровой почвы играет важную роль в смягчении последствий изменения климата. Также, почвенный органический углерод способствуя образованию агрегатов при этом помогает улучшению структуры почвы, повышению порозности и обеспечению достаточного воздуха и влажности для нормального роста растений. В результате долгого сохранения органического углерода в почве образуется гумус, который является устойчивой формой органического вещества. Поэтому, знание запаса почвенного органического углерода непосредственно дает возможность охарактеризовать гумусное состояние почвы, которое является

одним из важнейших элементов ее плодородия. В период исследований на основе программы ГИС моделирования были созданы электронные карты, описывающие запасы органического углерода в верхних (0–30 см) слоях почв массивов Хорезм и Камышарик (рисунок 5).

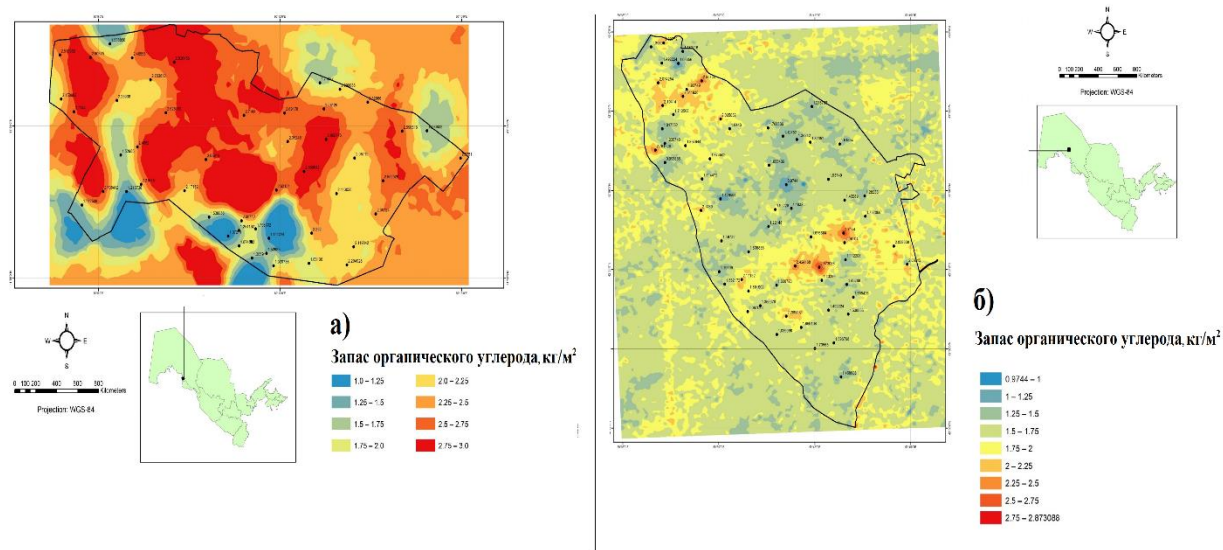


Рисунок 5 – Картографические модели, характеризующие ПОУ исследуемой территории:  
а) массив Хорезм Амударьинского тумана  
б) массив Камышарик Чимбайского тумана.

На основании результатов исследований было установлено, что запасы органического углерода в почве региона обычно колеблются между 10 и 30 т/га, и по величине запаса органического углерода во всех почвах очень низкий и низкий. В массиве Хорезм площадь почв с очень низкими уровнями по запасу органического углерода составляет 611,4 га, а низкими уровнями 2997,7 га.

В массиве Камышарик почвы с очень низкими уровнями по запасу ПОУ занимают 11355 га, а с низкими уровнями всего 656,7 га. Эти показатели свидетельствуют о том, что плодородие почвы массива Хорезм намного лучше, чем у почв массива Камышарик.

**Выводы.** В целом, электронные карты, описывающие элементы плодородия почв на основе геоинформационных систем и модельных карт запасов органического углерода в почве, рекомендуются для использования при



разработке и осуществлении мер по выявлению и предотвращению потенциальной деградации сельскохозяйственных земель.

### Список литературы

1. *Джалилова Г.Т.* Выявление и оценка эрозионноопасных земель бассейна Сукоксай с применением ГИС технологии. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук.-Т.: 2009.-30 с.
2. *Козлов А.Н., Сорокина Н.П.* На пути к цифровой почвенной картографии // Материалы V съезда Всероссийского общества почвоведов им. В.В.Докучаева: Тез. докл. - Ростов-на-Дону, 2008. - С. 221.
3. *Савин И.Ю.* Анализ почвенных ресурсов на основе геоинформационных технологий. Автореф. дисс... д.с/х.н. – М.: 2004, 50 с.
4. *Шеримбетов В.Х.* Картографирование почвенного покрова и деградация земель на основе ДДЗ и ГИС технологии //Проблемы рационального использования природных ресурсов Южного Приаралья. Материалы III республиканской научно-практической конференции. – Нукус, 2014. – С. 113-115.

УДК 631.4

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МОНИТОРИНГА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

**И.Н. Горохова<sup>1</sup>, Е.И. Панкова<sup>1</sup>, И.Н. Чурсин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

<sup>2</sup>*Научный геоинформационный центр РАН, Москва*

[g-irina@rambler.ru](mailto:g-irina@rambler.ru)

Рассмотрены методические подходы к созданию мониторинга орошаемых земель юга Европейской части России на основе космической съемки со спутника Landsat-8. Представлены визуальный и основанный на нем автоматизированный методы дешифрирования орошаемых земель. Результатом стало составление карт и определение площадей: орошаемых массивов; многолетней залежи в пределах орошаемых массивах, полей под разными сельскохозяйственными культурами и определение генезиса пятнистости полей, обусловленных свойствами почв и состоянием возделываемых культур.

*Ключевые слова:* мониторинг, орошаемые земли, космические снимки.

Основным источником данных о площадях и состоянии орошаемых земель в настоящее время в России является мелиоративный кадастр, который базируется на наземных наблюдениях и при его составлении не используются

дистанционные методы. Кроме того, при определении площадей орошаемых массивов не учитываются площади заброшенных залежных земель, входящих в их состав.

Цель данных исследований – разработка методических подходов для оценки состояния орошаемых земель юга Европейской части России на основе материалов космической съемки и решение задач, необходимых в дальнейшем для проведения мониторинга орошаемых земель: 1) определения площадей орошаемых массивов; 2) определения площади многолетней залежи на орошаемых массивах; 3) определения площадей орошаемых полей под разными сельскохозяйственными культурами; 4) определения генезиса пятнистости орошаемых полей, обусловленных состоянием возделываемых культур и свойствами почв, лимитирующих их плодородие.

Объектом исследований являются орошаемые земли юга Европейской части России.

В основу работ положен накопленный опыт по оценке орошаемых земель на основе спутниковой информации и полевых исследований, проведенных в Волгоградской области. Обобщение полученных материалов позволяет рекомендовать следующие подходы для решения поставленных задач:

1. В качестве основного источника информации об орошаемых землях можно использовать космические снимки со спутника Landsat-8, как наиболее доступные, мультиспектральные (11 каналов), геопривязанные, высокого разрешения (30 м в мультиспектральном и 15 м в панхроматическом диапазонах), получаемые с периодичностью 2,5 недели.

2. Оптимальным периодом съемки для выделения на снимках полей с озимыми зерновыми культурами, кормовыми травами, землями под паром, многолетней залежью, а также для выделения неоднородности (пятнистости) орошаемых полей, определяющих состояние посевов, являются месяцы май и

июнь, поскольку в это время культуры и их состояние хорошо дифференцируются на снимках.

3. Для выявления генезиса пятен на орошаемых почвах необходимы полевые работы, которые позволят установить причину появления пятен. Пятнистость может быть связана с разными свойствами почв: засолением, переувлажнением, окарбоначиванием почв, а также с плохой обработкой земель или недополивом.

4. При автоматизированной обработке космических снимков необходимо использовать современные ГИС-технологии и специализированные программы, которые дают возможность оперативно проанализировать изображение.

5. Для осуществления мониторинга орошаемых земель дополнительно нужны: топографические, литолого-геоморфологические, почвенные, гидрогеологические и другие карты.

6. Проведение полевых рекогносцировочные и маршрутных исследований позволяют получать сведения, необходимые для дешифрирования снимков.

Методически работа представлена в двух вариантах – визуального дешифрирования космического снимка и простой автоматизированной обработки с использованием стандартных программ ENVI и MapInfo.

Для визуального анализа объектов, отраженных на спутниковых материалах, разработаны дешифровочные признаки с использованием следующих характеристик: тон, структура, форма и размер объекта, условия почвообразовательного процесса (уровень грунтовых вод (УГВ) в настоящее время и в прошлом), характер поверхности (сельскохозяйственная культура, залежь, пашня). Затем были составлены следующие карты.

*Карта орошаемых земель.* Орошаемые земли, в отличие от богарных, имеют свои дешифровочные признаки, главные из которых следующие: поля орошаемых земель, как правило, меньше по площади сельскохозяйственных полей с богарным земледелием; к орошаемым полям подходят головной

оросительный канал и каналы-распределители, которые видны на снимке. Тем не менее, предварительно рекомендуется выделить оросительные системы на топографических картах, а полученную информацию использовать для анализа космического снимка. Информация на топографической карте поможет определить оросительные системы, которые функционировали ранее (в советское время) и выяснить по космическому снимку, что стало с ними в настоящий момент времени. Для автоматизированного выделения орошаемых массивов и залежи на массивах нами использовался алгоритм «Анализ главных компонент» (ENVI).

*Карта сельскохозяйственных культур орошаемых земель (включая залежные земли).* Предварительный визуальный анализ космического снимка позволяет установить, что оросительная система в период проведения съемки являлась заброшенной и орошаемые земли перешли в разряд многолетней залежи, которая отличается от возделываемых полей отсутствием сельскохозяйственной культуры, темным тоном, а также размытой структурой изображения. На космическом снимке за период май-июнь, находящиеся в стадии зрелости озимые зерновые культуры, кормовые травы, пашня и залежь хорошо различаются по тону, что позволяет с помощью визуального дешифрирования создать карту сельхозугодий. Также в настоящее время существует множество программ, позволяющих произвести автоматизированную классификацию мультиспектрального изображения для выделения сельскохозяйственных культур на основе спектральной яркости. Выполнив векторизацию объектов, можно подсчитать площади массивов орошения, полей с разными сельскохозяйственными культурами и залежью.

Для составления *карты пятнистости полей* и выявления генезиса пятен были использованы дешифровочные признаки, созданные по результатам анализа фондовых, полевых материалов и анализа спутникового изображения орошаемых земель. Пятнистость, отраженная на космических снимках, имеет

разную природу и поэтому интерпретация дистанционных материалов требует обязательного изучения особенностей района исследований на основе полевых работ и лабораторных анализов почвенных образцов. Так, нами установлено, что пятнистость, связанная с окарбоначиванием почв с поверхности стабильна и постоянна, хорошо отражается на дистанционной информации независимо от природного района, сезона съемки и возделываемой культуры и имеет одну природу происхождения, связанную с планировкой полей и подтягиванием карбонатов к поверхности почв при транспирации влаги растениями. Наличие в верхнем почвенном горизонте значительного ( $>4-5\%$ ) количества карбонатов ( $\text{CaCO}_3$ ) делает почвы на пятнах после полива плотными и способствует образованию поверхностной корки. На снимке такие почвы выделяются как пятна светлого тона разного размера, часто топографически связанные с бывшими повышениями мезорельефа.

Луговые и луговатые почвы, наиболее прогумусированные и увлажненные, также визуальнo выделяются на снимках с открытой поверхностью, на полях с озимыми зерновыми культурами и отличаются темным тоном. Однако пятна луговых почв маскируются под пологом кормовых трав, поэтому в случае визуального дешифрирования дополнительно требуется информация с открытой поверхностью почв.

Пятнистость, связанная с вторичным засолением почв, проявляется в условиях высокого уровня грунтовых вод (1,5-2,5 м) и сопровождается образованием выпадов кормовых трав в виде светлых пятен различного размера.

Для проведения автоматизированного дешифрирования пятнистости полей применялась разработанная авторами технология обработки снимков на базе алгоритма "деревьев принятия решений". Первым этапом распознавания стало выделение полей с разными типами угодий, включая поля с пятнистостью, второй этап состоял в выделении пятен на полях, согласно разработанным

дешифровочным признакам и подобранной группе яркостных признаков. Полученные материалы являются первым этапом работ по созданию методических рекомендаций мониторинга орошаемых земель юга Европейской части России.

УДК 332.36:631.4

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В РАЙОНАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Л.П. Капелькина<sup>1</sup>, В.В. Мязин<sup>1,2</sup>, А.И. Попов<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург*

*<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ «Кольский научный центр РАН», Апатиты*

*<sup>3</sup>Поморский филиал ФГБУН ФИЦ Комплексного изучения Арктики РАН – Архангельский НИИ сельского хозяйства, Архангельск*

[kapelkina@mail.ru](mailto:kapelkina@mail.ru)

Проведенные исследования состояния земель в районах разработки месторождений полезных ископаемых позволили выявить основные негативные факторы, определяющие состояние земельных ресурсов. Анализ показал, что фактически нарушенные земли в районах разработки месторождений в некоторых случаях превышают площади, фиксируемые в отчетных документах, а качество подготовки земель для проведения восстановительных работ не всегда соответствует биологическим потребностям растений.

*Ключевые слова: нарушенные земли, ресурсы месторождения, рекультивация.*

Освоение минеральных и энергетических ресурсов сопровождается увеличением площади нарушенных и загрязненных земель. Проведенный анализ состояния земель в районах разработки месторождений полезных ископаемых позволил выявить основные факторы негативного воздействия.

Так в Мурманской, Архангельской и Магаданской областях, Республике Саха (Якутия), Чукотском АО и Красноярском крае основу промышленного

производства составляют горнорудные предприятия и предприятия черной и цветной металлургии, которые обуславливают значительные по площади нарушения земель: карьеры, отвалы вскрышных пород, бедных и забалансовых руд, хвостохранилища и отстойники, шлако- и золоотвалы, полигоны и другие нарушения.

В Ненецком и Ямало-Ненецком автономных округах (НАО и ЯНАО) ведущая роль в экономике принадлежит предприятиям по добыче и транспортировке углеводородов, что накладывает свою специфику на образование нарушенных земель. Основные нарушения здесь возникают при разведке и эксплуатации месторождений нефти и газа, транспортировке углеводородов и загрязнении земель в результате аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Отрицательное влияние разработки месторождений полезных ископаемых и переработки минерального сырья сказывается на значительных территориях, превышающих по площади земли, непосредственно отведенные под эти объекты. Наблюдается снижение уровня грунтовых вод вблизи карьеров, пыление отвалов горных пород и отходов обогатительных фабрик, уложенных в хвостохранилища. В нефтедобывающих районах нередки случаи разливов нефти, ГСМ, буровых сточных вод. Эти и другие факторы обуславливают снижение продуктивности лесов на значительной площади, осложняя общую экологическую обстановку в регионах.

В особую группу следует отнести земли с различной степенью загрязнения, деградированные под влиянием выбросов металлургических комбинатов и предприятий энергетики. Эти земли официально не входят в категорию нарушенных, но с хозяйственной точки зрения являются полностью или частично утратившими свое естественное плодородие. Таковы загрязненные земли в окрестностях металлургических комбинатов Мончегорска, Норильска, Заполярного, а также крупных ТЭЦ.

Наиболее значительные площади нарушенных земель характерны для ЯНАО (103,7 тыс. га), однако максимальная доля нарушенных земель в структуре земельного фонда отмечается в Мурманской и Магаданской областях (0,13%) от общей площади региона (таблица 1).

*Таблица 1 – Площади нарушенных земель некоторых регионов России (по данным ежегодных региональных докладов о состоянии и охране окружающей среды за 2018 год)*

Регион	Общая площадь региона		Площадь нарушенных земель	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Мурманская обл.	14490	100	18,8	0,13
Архангельская обл.	43310	100	5,5	0,01
Ненецкий АО	17681	100	2,5	0,01
Ямало-Ненецкий АО	76925	100	103,7	0,1
Красноярский край	236680	100	17,3	0,01
Республика Саха (Якутия)	308352	100	30,9	0,01
Чукотский АО	72148	100	47,6	0,06
Магаданская обл.	46246	100	60,9	0,13

При оценке состояния земель фиксируются различные виды нарушений.

Фактическая площадь нарушенных земель в некоторых случаях превышает оформленные земельные отводы. Это, прежде всего, касается геологоразведочных площадок, расположенных в северных регионах. Не всегда удается однозначно установить точную площадь нарушенных территорий в регионе. Так, например, в Ненецком автономном округе по разным данным площадь нарушенных земель составляет от 0,01 до 0,04% (Кононов, Попов, 2015; Доклад..., 2017). Это связано с труднодоступностью территорий.



Особого внимания требует соблюдение природоохранных норм и правил в условиях распространения многолетнемерзлых пород, где хозяйственное освоение территории может приводить к появлению термокарстовых явлений. Оценить фактические площади нарушенных земель, возникших при изменении режима многолетней мерзлоты, не всегда реально.

На землях традиционного природопользования значительные площади оленьих пастбищ нарушены вездеходным транспортом и не учитываются как нарушенные. Сезонная миграция оленей осложняется отсутствием или недостаточным количеством переходов через трубопроводы для стад оленей. Это обуславливает перевыпас оленей и деградацию пастбищ на отдельных территориях вдоль трасс трубопроводов.

Нерациональное складирование на дневной поверхности вынесенных из глубины горных пород и отходов является фактором, осложняющим последующее проведение биологической рекультивации. В некоторых случаях на поверхности отвалов складированы непригодные или малопригодные по химическим и физическим свойствам для проведения рекультивации горные породы, в том числе содержащие повышенные количества опасных химических элементов, например, тяжелые металлы, пиритсодержащие отходы. Проанализированный в различных регионах отрицательный опыт лесной рекультивации земель свидетельствует о наличии фактов гибели 25-40-летних лесных насаждений на рекультивируемых землях.

Жизнедеятельностью городов и поселков вызвано появление полигонов и свалок твердых бытовых отходов. Во многих регионах вблизи населенных пунктов и садоводств встречаются стихийно возникающие карьеры по добыче стройматериалов без оформления документов, а также несанкционированные свалки бытового мусора. В отчетных документах эти площади числятся без указания конкретных организаций, поскольку земельные отводы по ним не

оформлялись. В таких случаях невозможно предъявлять требования к кому-либо за нарушение земель и необходимости проведения рекультивации.

В ходе оценки состояния земель и площади нарушений в районах разработки месторождений полезных ископаемых более точные результаты могут быть получены при использовании данных спутникового наблюдения и аэрофотосъемки, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов.

Введение повышенной арендной платы за превышение площади фактически занимаемых земель над отведенными может стать фактором, стимулирующим соблюдение природоохранных правил. Это, прежде всего, должно касаться земель особо охраняемых природных территорий и территорий традиционного природопользования.

При проведении рекультивационных работ необходим индивидуальный подход в выборе конкретных мероприятий, предусматривающий, в том числе, совершенствование складирования горных пород на этапе проектирования с учетом биологических потребностей растений. Это позволит повысить эффективность рекультивации и в целом снизить негативное влияние работ по добыче и переработке полезных ископаемых на окружающую среду.

Освоению территорий должна предшествовать всесторонняя оценка состояния осваиваемых земель, учет и прогноз возможности появления и развития негативных процессов. Эти факторы должны учитываться при составлении проектов освоения месторождений.

### **Список литературы**

1. Доклад «О состоянии и охране окружающей среды Ненецкого автономного округа в 2016 году», Нарьян-Мар. 2017. 69 с.
2. Кононов О.Д., Попов А.И. Проблема рекультивации нарушенных тундровых земель ненецкого автономного округа // Arctic Environmental Research. 2015. №3. С. 15-21.

**ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ  
РОССИИ ПО ИНДИКАТОРАМ НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА  
ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ**

**Г.С. Куст<sup>1</sup>, О.В. Андреева<sup>1,2</sup>, В.А. Лобковский<sup>1</sup>, М.В. Беляева<sup>2</sup>,  
Е.А.Соловьева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт географии РАН, Москва*

<sup>2</sup>*МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва*

[gkust@yandex.com](mailto:gkust@yandex.com)

Сравнение деградации земель по регионам России проведено с использованием методологии оценки Нейтрального Баланса Деградации Земель (НБДЗ), позволяющей с помощью глобальных цифровых технологий устанавливать долю деградированных земель от общей территории страны по трем ключевым показателям: изменения наземного покрова, динамика продуктивности, динамика запасов органического углерода почв. В целом для территории РФ характерно преобладание «улучшенных» земель (в системе принятых характеристик изменений) над «ухудшенными», хотя интегральный показатель НБДЗ за период с 2001 по 2015 гг. составляет 12,3%. Наибольшая доля деградированных земель свойственна южным засушливым регионам.

*Ключевые слова:* земельные ресурсы, деградация земель, нейтральный баланс

Нарастающая в глобальном масштабе проблема деградации земель – один из наиболее важных вызовов существованию современной цивилизации. Согласно Всемирному атласу опустынивания (Cherlet et al., 2018), 75% наземного покрова уже деградировало, а к 2050 году эта цифра может вырасти до 90% и более. Вместе с тем, точное установление масштабов проблемы до недавнего времени не представлялось возможным из-за отсутствия общепризнанной методики для оценки процессов деградации земель на глобальном уровне. Наиболее современной и динамично развивающейся глобальной платформой для оценки деградации земель на глобальном и национальном уровнях с использованием единых подходов, в настоящее время является концепция «Нейтрального баланса деградации земель» (НБДЗ) (Ort et

al., 2017; Куст Г.С. с соавт., 2018, Деградация земель..., 2019), которая лежит в основе новейших подходов к составлению глобальных баз данных и карт по деградации земель. НБДЗ – «это такое состояние, при котором объем и количество земельных ресурсов, необходимых для поддержания экосистемных функций и услуг, и усиления продовольственной безопасности, остаются стабильными или же увеличиваются в конкретно определенных временных и пространственных масштабах и экосистемах» (определение утверждено на 12 Конференции сторон Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО) в сентябре 2015 г. (UNCCD, 2016)).

Для обеспечения сравнимости результатов на глобальном уровне КБО рекомендует расчетные модули (Trends.Earth, 2018), использующие материалы глобальных баз данных, включая данные постоянного мониторинга Земли из космоса. Принцип работы системы Trends.Earth заключается в анализе множества глобальных наборов спутниковых данных, которые представляются в ГИС-интерфейсе и учитывают три суб-индикатора НБДЗ: динамика наземного покрова; продуктивности; запасов органического углерода почв.

Результаты наших расчетов, проведенных с помощью Trend.Earth, показали, что в целом для России характерны не очень высокие значения переходов одних земель в другие, при этом «улучшение» земель (в системе принятых характеристик изменений) преобладает над «ухудшением». Так, доля переходов земель в категории «улучшенные» в РФ колеблется в пределах от 0% до 9% и достигает максимальных значений в Ставропольском крае (9,02%), Ивановской (7,08%), Калужской (5,49%) областях. Наиболее высокие значения переходов в категории «ухудшенные» отмечаются в Ханты-Мансийском АО (3,81%), Мурманской и Магаданской области (3,81% и 3,75% соответственно).

Вместе с тем, если для целей долговременного мониторинга и оценки трендов общий анализ оказывается достаточным, то в механизмах происходящих изменений отмечаются существенные различия. Например,

«улучшение» земель в Ставрополье в основном связано с возвращением залежных и заброшенных земель в пашню, однако в бореальных регионах средней полосы России главной причиной «улучшения» являются обратные процессы – увеличение лесопокрытой площади в результате зарастания залежей. Таким образом, для адекватного применения используемой методики в конкретном регионе и их корректного сравнения требуются индивидуальные механизмы распознавания «положительных» и «отрицательных» тенденций.

Очевидно также, что тренды, выраженные в процентах от территории административного образования, не в полной мере отражают истинные масштабы происходящих изменений. Если, например, для Тамбовской области 0,26% улучшенных земель означают 89 км<sup>2</sup>, то та же доля для Иркутской области соответствует площади 1953 км<sup>2</sup>. С учетом этого обстоятельства максимальные площади улучшенных земель отмечаются в Камчатской (8906 км<sup>2</sup>) и Амурской области (7883 км<sup>2</sup>), Чукотском АО (7208 км<sup>2</sup>). Максимальные размеры ухудшенных земель характерны для Ханты-Мансийского округа (19085 км<sup>2</sup>), Хабаровского края (17086 км<sup>2</sup>), Магаданской области (17043 км<sup>2</sup>).

В отношении показателя продуктивности земель в целом для нашей страны характерно стабильное состояние. Поддержание высокого потенциала биомассы складывается в первую очередь за счет регионов с преобладанием лесных массивов. Это такие субъекты РФ как Тверская, Смоленская, Костромская, Новгородская, Ярославская области с суммарной долей улучшенных и стабильных земель соответственно 99,0%, 98,9%, 98,5%, 96,9%, 96,6%. Отрицательная динамика продуктивности характерна для южных регионов РФ, где «лидерами» являются Ростовская и Волгоградская области, Краснодарский край с суммарной долей земель с негативной динамикой продуктивности соответственно 66,9%, 62,4%, 50,3%. Самыми стабильными округами по этому показателю являются Северо-западный и Дальневосточный ФО, с долей земель в стабильном и улучшенном состоянии более 90%.

Ранее мы указывали (Деградация земель..., 2019), что данные по запасам ПОУ, используемые Trend.Earth, не соответствуют данным национального мониторинга по абсолютным значениям, однако пространственное распределение оказывается в целом похожим. Это позволяет в общем виде проследить тренды изменений запасов ПОУ, не анализируя конкретные численные значения: в целом по стране запасы ПОУ остаются стабильными, с некоторой тенденцией к снижению. Максимальные абсолютные отрицательные значения баланса ПОУ характерны для Магаданской и Томской областей, Ханты-Мансийского автономного округа, однако удельные значения потерь ПОУ остаются сравнительно небольшими с учетом площадей этих регионов. Максимальный положительный баланс в абсолютном исчислении характерен для Хабаровского края и Чукотского АО, а максимальные удельные значения накопления ПОУ свойственны Калужской, Ивановской и Смоленской областям. Для более точных оценок необходимо корректировать глобальные данные с учетом информации, накопленной на национальном уровне.

Согласно рекомендациям КБО, каждая страна ставит цели достижения НБДЗ, отталкиваясь от базовой линии по основному индикатору, означающему долю деградированных земель. Этот индикатор рассчитывается с помощью рассмотренных выше трех показателей по принципу «полного охвата», и для России составляет 12,3% (согласно расчетам по Trend.Earth с использованием стандартных алгоритмов). Не вдаваясь в подробности анализа достоверности полученного результата, отметим, что для России с ее разнообразными социально-экономическими и физико-географическими условиями этот результат представляется в значительной степени усредненным. Максимальная доля деградированных земель отмечается в Ростовской (66,9%) и Волгоградской (62,5%) областях и в Краснодарском крае (50,9%). Менее 1% деградированные земли занимают в Амурской, Калужской и Ивановской областях. В этих же областях максимальная доля (более 97%) стабильных

земель, что позволяет предполагать устойчивую экологическую ситуацию. От 1 до 2% занимают деградированные земли в Ярославской, Тверской, Костромской, Смоленской и Новгородской областях. С определенной долей допущения можно считать, что и в этих регионах практически достигнуто состояние НБДЗ, поскольку индикатор доли деградированных земель близок к нулю, а доля улучшенных земель весьма высока (более 90%). Для остальных регионов можно считать, что состояние НБДЗ пока не достигнуто, и постановка целей НБДЗ является актуальной задачей.

Полученные результаты следует рассматривать в качестве предварительных, они будут конкретизироваться и улучшаться по мере развития и адаптации методики НБДЗ для территории России.

### Список литературы

1. Деградация земель и опустынивание в России: Новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения. — Москва: Издательство Перо, 2019. —235. с.
2. Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А. Нейтральный баланс деградации земель — новейший подход для принятия решений в области землепользования и земельной политики. Проблемы постсоветского пространства. 2018;5(4): 369-389.
3. Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., von Maltitz, G. (Eds.), World Atlas of Desertification, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2018.
4. Orr, B.J., A.L. Cowie, V.M. Castillo Sanchez, P. Chasek, N.D. Crossman, A. Erlewein, G. Louwagie, M. Maron, G.I. Metternicht, S. Minelli, A.E. Tengberg, S. Walter, and S. Welton. 2017. Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. UNCCD, Bonn, Germany. 129 p.
5. Trends. Earth. Conservation International. <http://trends.earth>. 2018.
6. UNCCD, 2016. Land Degradation Neutrality: The Target Setting Programme. 20 p.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ДИНАМИКИ И ПРОГНОЗА СВОЙСТВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

**В.В. Лапа, Д.В. Матыченков, Т.Н. Азаренок**

*Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Республика Беларусь*

[soil@tut.by](mailto:soil@tut.by)

Информационная система учета динамики и прогноза свойств почвенного покрова направлена на обеспечение оптимизации требований сельскохозяйственных культур к свойствам почвенного покрова, возможности прогнозирования и корректировки отдельных его свойств для использования в сельскохозяйственном производстве.

*Ключевые слова:* почвенные ресурсы, цифровые почвенные карты, базы данных, информационные системы, Беларусь

На современном этапе развития почвоведения сбор и обобщение данных о почвенном покрове становится недостаточным для принятия оптимальных решений по наиболее рациональному использованию почвенных ресурсов. Использование цифровых технологий значительно расширяет возможности их объективной оценки, оценки и разработки рекомендаций по повышению их производительной способности. В этом отношении в настоящее время востребованы также данные о его пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур, биологических особенностей развития растений, их требованиях к минеральному питанию, о разработанных системах удобрения и наиболее экологически и экономически выгодных полевых севооборотах. Информационная система учета динамики и прогноза свойств почвенного покрова соединяет в себе базы данных характеристик почвенного почв республики и базы знаний.

Информационная система учета динамики и прогноза свойств почвенного покрова позволяет также создавать различные модели прогнозирования возможных и запланированных показателей достижения определенного уровня пригодности почв для возделывания как отдельных сельскохозяйственных культур, так и севооборотов в целом. Это дает возможность с минимальным расходом удобрений осуществить поддержание наиболее нуждающихся в повышении существующего уровня плодородия элементарных участков, доведение некоторых из них до оптимальных уровней содержания элементов питания в течении ротации одного севооборота. В то же время уменьшить дозы минеральных удобрений на участках с большими запасами элементов питания. Это дает большие возможности для планирования, постановки оперативных, краткосрочных и долгосрочных целей и задач, позволяет путем планирования расходования материальных ресурсов на каждом конкретном поле перейти к



планированию ведения сельскохозяйственного производства в целом для хозяйства (Лапа, 2017). Кроме этого, появляется возможность создания резерва более пригодных почв за счет создания наиболее окультуренных почв, обладающих большим запасом питательных веществ, которые позволяют получать высокие урожаи возделываемых культур. Создание таких почв является инвестиционным фактором развития производства для сельскохозяйственного предприятия.

Особенностью развития современного земледелия является то, что наращивание производства продукции растениеводства приходится осуществлять в условиях ограниченности ресурсов. В данном случае особенно важно максимально задействовать малозатратные нематериальные факторы. К числу таких факторов, являющихся важнейшим резервом повышения продуктивности полей, относится грамотное ведение севооборотов и оптимизации структуры посевных площадей. Основной задачей оптимизации структуры посевных площадей является обеспечение максимального экономического эффекта за счет получения наибольшего количества продукции при наименьших затратах, что означает максимальное использование существующего плодородия почвенного покрова, его актуального состояния и свойств его отдельных компонентов. Причем сделать это необходимо на различных уровнях внутри самого хозяйства: элементарный участок, рабочий участок, севооборот, хозяйство в целом.

В Беларуси, начиная с 1967 года, была принята программа интенсивной химизации, в рамках которой была создана Государственная агрохимическая служба, на которую были возложены задачи по крупномасштабному агрохимическому обследованию почв с периодичностью один раз в 4-5 лет. В РУП «Проектный институт Белгипрозем» и его областных подразделениях создается информационный слой «Почвы» в Земельной Информационной Системе (ЗИС), который содержит крупномасштабные цифровые почвенные

карты отдельных землепользователей и на данный момент является отраслевым стандартом по почвенному картографированию в Беларуси. В настоящее время в Республике Беларусь проведено 4 тура почвенного и 12 туров агрохимического обследования почв сельскохозяйственных земель.

В то же время, в республике накоплен огромный объем описательной, аналитической, статистической, картографической информации, разносторонне характеризующей компонентный состав почвенного покрова как республики в целом, так и различных природно-хозяйственных регионов. Для унификации, инвентаризации этих ценных данных в целях стабильного информационного обеспечения научно-исследовательских работ, рационального природопользования остро назрела необходимость перевода накопленного массива данных о почвах в цифровой формат. Причем информации не только описательного характера, касающиеся почвенного покрова, но и данных о пригодности почвенного покрова для возделывания сельскохозяйственных культур, данных о рекомендованных севооборотах, рекомендуемых для внесения минеральных и органических удобрений. Соединить в себе базу данных количественных характеристик почвенного почв республики и базу знаний (накопленного опыта по оптимизации условий возделывания требуемых сельскохозяйственных культур) позволяют системы поддержки принятия решений (СППР) (Лапа, 2018).

Информационная система учета динамики и прогноза свойств почвенного покрова позволяет достичь следующих целей:

- создание и поддержка в актуальном состоянии информационных банков данных об отдельных свойствах компонентов почвенного покрова за различные периоды наблюдения: крупномасштабные почвенные карты за различные годы обследования, карты элементарных и рабочих участков, данных об агрохимическом обследовании почв, история полей, данные о агроэкологическом состоянии почв;

- использование накопленных данных о динамике свойств отдельных компонентов почвенного покрова для оптимизации землепользования (оптимальное размещение сельскохозяйственных культур с наименьшими материальными затратами и максимальным использованием существующего плодородия почв, в том числе севооборотов);

- прогнозирование возможности и целесообразности применения различных приемов повышения плодородия почв для наиболее экономически эффективного возделывания сельскохозяйственных культур с учетом текущего состояния почвенного покрова отдельного землепользования (подбор наиболее оптимальных предшественников сельскохозяйственных культур, предложения по оптимальным севооборотам, предложения по изменению существующих элементарных и рабочих участков).

Указанная цель достигается за счет решения трех основных взаимосвязанных задач: информационной, прогнозной и управленческой. Информационная задача заключается в сборе, систематизации и анализе данных об отдельных компонентах почвенного покрова во времени. Она представлена в системе в виде баз данных и картографического материала. Прогнозная задача предполагает возможности краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования состояния земель для возделывания тех или иных сельскохозяйственных культур, а также установление тенденций их изменения или целенаправленного изменения отдельных свойств почв. Управленческая задача заключается в разработке мероприятий по выбору оптимального, в данных условиях, использования почвенного покрова, планировании изменения его свойств для конкретных поставленных целей, в результате которых необходимо изменить свойства почвенного покрова для целей рационального и наиболее экономически выгодного использования земель и почв при сохранении экологической безопасности производства и недопущения различных видов деградации земель.

Информационная система учета динамики и прогноза свойств почвенного покрова направлена на обеспечение оптимизации требований сельскохозяйственных культур к свойствам почвенного покрова, то есть получение максимального урожая за счет рационального использования почвенных ресурсов, динамики изменения отдельных их свойств, а также возможности прогнозирования и обеспечения возможности корректировки отдельных свойств почвенного покрова для последующего его использования в сельскохозяйственном производстве, для объективного и своевременного обеспечения органов управления информацией об их состоянии, что является приоритетом для продвижения прикладных исследований и инновационных проектов по внедрению достижений науки в практику ведения сельскохозяйственного производства.

### **Список литературы**

1. Справочник нормативных материалов для агрохимического окультуривания почв и эффективного использования удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 60с.
2. Почвенно-информационные системы в агропочвоведении / В.В. Лапа, Т.Н. Азаренок, Д.В. Матыченков, С.В. Шульгина, Л.И. Шибут, О.В. Матыченкова // Земледелие и защита растений. – 2018, №2 (117). – С. 9-12.

УДК 332.334.571.52

## **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ**

**Г.Д. Мухин**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[gd\\_mukhin@rambler.ru](mailto:gd_mukhin@rambler.ru)

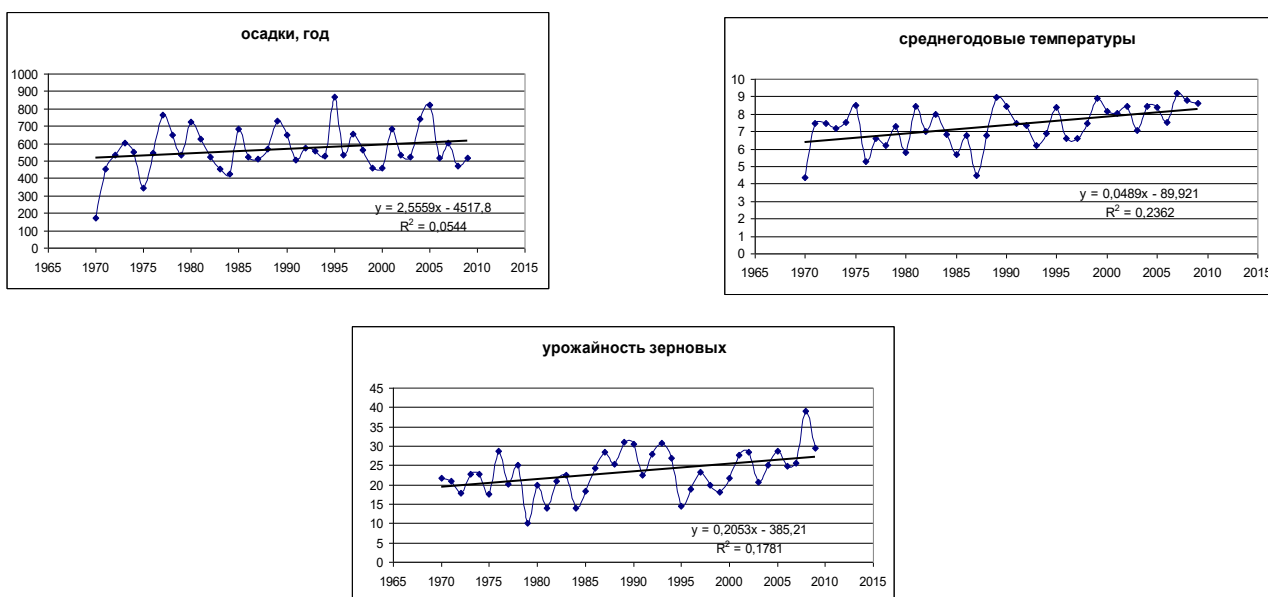
На основе анализа динамики климатических показателей на территории Европейской части России за период теплого тренда (1970-2015 гг.) выявлены приросты среднегодовых температур и количества осадков в большинстве регионов ЕТР, особенно в центральных регионах и регионах южного Нечерноземья. Установлена высокая степень корреляционной зависимости между

ростом климатических показателей и приростами урожайности зерновых культур за соответствующий период. Формулируются основные направления адаптации сельскохозяйственного землепользования в разных регионах в зависимости от параметров климатических изменений и кризисной динамики землепользования.  
*Ключевые слова:* агроландшафты, землепользование, теплый климатический тренд, посевные площади, урожайность зерновых культур

Согласно прогнозу ФАО сельскохозяйственное производство в Канаде и России получит выгоду от потепления климата. Данная перспектива уже в настоящее время находит подтверждение на европейской территории России. В Европейской России в пределах 50-60<sup>0</sup> с.ш. метеорологические данные подтверждают повышение среднегодовой температуры за 20-й век на 1,-1,5<sup>0</sup>С, в сочетании с повышением количества осадков в летний период (Эколого-географические последствия..., 2011). Так, в большинстве регионов центральной и северной части Европейской территории России с 70-х гг. прошлого века до настоящего времени отмечается устойчивый тренд потепления, которому предшествовал в 1950-1970 гг. период относительного похолодания (Соловьев, 2005).

В период теплого тренда в предшествующих исследованиях автора показана несомненная связь между ростом температурных показателей и урожайностью зерновых культур. Коэффициенты корреляции между показателями среднегодовых температур по отдельным метеостанциям и нормальной урожайностью составляют 0,45-0,75 (рисунок 1). Коэффициенты корреляции между выровненной урожайностью и количеством осадков колеблются в интервале от 0,35 до 0,65 в зависимости от влагообеспеченности региона (Мухин, 2013; Мухин, Леонова, 2012; Мухин, 2017). Приросты урожайности зерновых культур объясняются особенностями динамики климатических показателей в период теплого тренда. Так, рост среднегодовых температур происходит в основном за счет более теплых зим, что благоприятно для сохранения посевов, в частности, озимой пшеницы. Рост среднегодового

количества осадков происходит за счет прироста летних осадков, что повышает влагообеспеченность почв в период вегетации культур. После «мягких» зим снижается интенсивность паводков, увеличивается инфильтрация влаги в почву, повышающая продолжительность вегетационного периода, ускоряя биогеохимические процессы в почвах, в частности, минерализацию гумуса. Значение агропроизводственных факторов урожайности в этой связи снижается ввиду снижения доз вносимых удобрений, уровня агротехники и др. в период кризисной динамики землепользования.



*Рисунок 1 – Тренды среднегодовых температур, годового количества осадков и урожайности зерновых за период 1970-2010 гг. по Белгородской области.*

Во второй половине теплого климатического тренда с 1991 по 2015 гг. произошли масштабные изменения в сельскохозяйственном землепользовании. В течение этого периода с началом рыночных реформ (1991-1992 гг.) произошло обвальное сокращение площади обрабатываемых земель. Наиболее существенно этот процесс затронул нечерноземные регионы северной половины Европейской территории России. В целом на территории Европейской России посевные площади всех сельскохозяйственных культур сократились на 28,5

млн.га, или 33%. В Нечерноземной зоне – на 15,6 млн.га, или на 54% (Мухин, 2012).

Таким образом, изменение климатических показателей вступает в противоречие с сокращением посевных площадей. Фактически в центральных районах Европейской части России произошло смещение природных зон на север (рисунок 2). Так, максимальные приросты нормальной, выровненной урожайности зерновых культур за период теплого тренда наблюдаются в агроландшафтах лесостепной зоны, зоны широколиственных лесов и южной части зоны хвойно-широколиственных лесов (Брянская, Калужская, Воронежская, Орловская, Тульская, Рязанская, Тамбовская области и др.) (рисунок 3).

В этих регионах приросты урожайности составляют от 50 до 100%. В то же время в этих регионах выбыли из оборота порядка 16 млн.га пахотных земель. В агроландшафтах степных традиционно зернопроизводящих регионов (Кубань, Ростовская, Белгородская, Волгоградская области и Ставрополье) приросты урожайности несколько ниже за счет более высокой предшествующей базовой урожайности. Устойчивое сельскохозяйственное землепользование в условиях потепления климата предполагает проведение целенаправленной агроэкологической адаптации агроландшафтов к изменению климатических показателей. Это оптимизация структуры угодий, площади и структуры посевов, возвращение в оборот заброшенных земель или напротив, естественное развитие постаграрных земель.

В целом, необходимо продвижение товарного растениеводства на север, в частности, расширение посевов зерновых культур в агроландшафтах зон широколиственных и хвойно-широколиственных лесов за счет выбывших из оборота земель. В степных агроландшафтах, где потенциалы свободных земель и естественного плодородия почв уже исчерпаны, целесообразно увеличение доли многолетних трав.

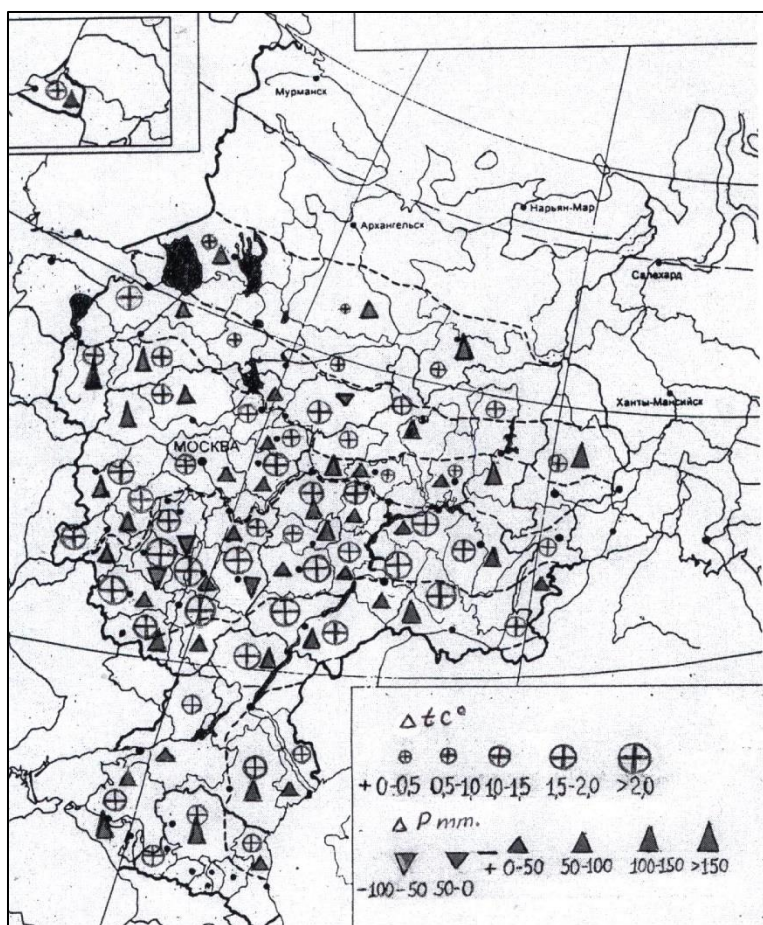


Рисунок 2 – Изменение среднегодовых температур и количества осадков в регионах европейской России за период с 1970 по 2012 гг.

В сухостепных и степных регионах, где потепление климата усиливает аридизацию, целесообразно увеличение доли пастбищ с естественным восстановлением степной растительности. В агроландшафтах северной части Нечерноземья с максимальным сокращением посевов целесообразно

возвращение в оборот только лучших земель. Значительные площади неизбежно останутся в стадии естественного постаграрного развития. Для этих регионов снижение агротехнического уровня сельскохозяйственного производства и низкое качество земель не компенсируются за счет потепления климата. Таким образом, потепление климата в Европейской России является



благоприятным фоном, предпосылкой устойчивого землепользования, восстановления заброшенных земель, развития сельской местности.

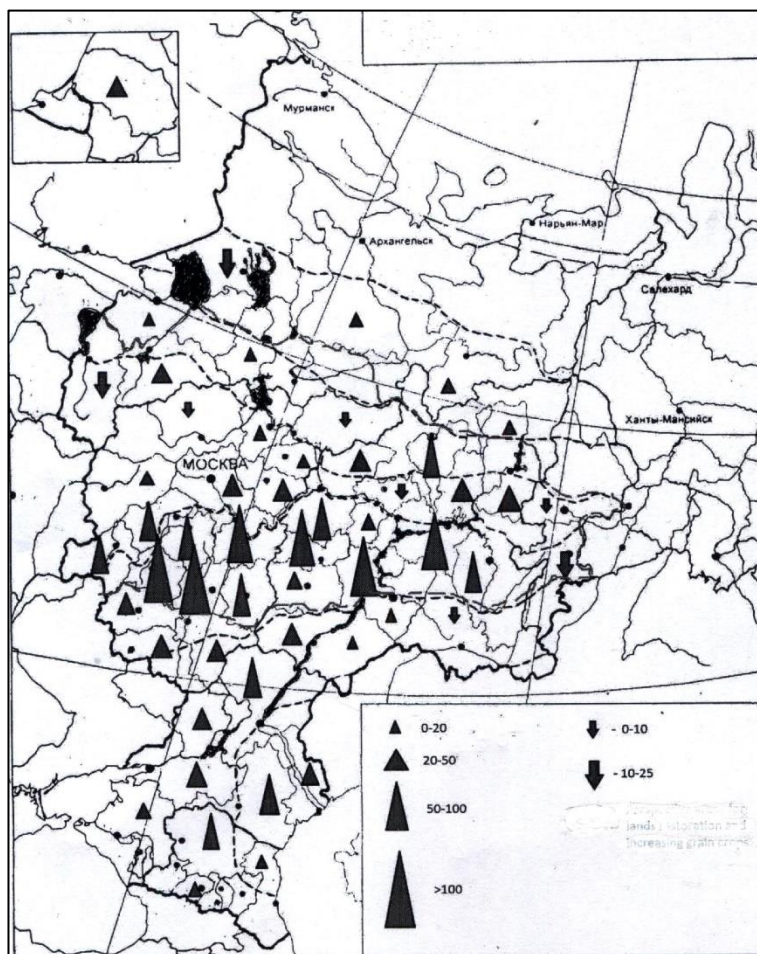


Рисунок 3 – Относительные приросты нормальной урожайности зерновых культур в регионах Европейской России за период с 1970 по 2012 гг (%).

### Список литературы

1. Мухин Г.Д. Эколого-экономическая оценка трансформации сельскохозяйственных земель Европейской территории России в 1990-2009 гг. /Вестник Московского ун-та, сер.5, география, 2012, №5. С.19-28.
2. Мухин Г.Д. Климатические изменения и сельскохозяйственное землепользование: проблемы и перспективы /Рациональное природопользование: традиции и инновации. М. Географический факультет МГУ. 2013. С.80-84.
3. Мухин Г.Д., Леонова Н.Б. Влияние климатических изменений на продуктивность сельскохозяйственных культур территории Кировской области /Региональные эффекты глобальных изменений климата. Воронеж: Научная книга. 2012. С.422-426.

4. *Мухин Г.Д.* Климатические изменения и динамика посевных площадей в агроландшафтах европейской территории России/ Proceedings of International Conference "Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science - Planning - Governance", Tbilisi: Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 2017. С. 363-371
5. *Соловьев А.Н.* Биота и климат в XX-м столетии. Региональная фенология / РАСХН, Москва: Пасьева, 2005. 288 с.
6. Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири. / Под ред. Н.С. Касимова, А.В. Кислова. М.: Макс-Пресс. 2011. 493 с.
7. *Mukhin GD, Boldanov TA.* Problems and perspectives of land use management in the European Russia in connection with climatic changes / Book of Abstracts of the 33rd International Geographical Congress, Beijing, China, August 21-25, 2016, Beijing, China, 2016. P. 1715-1715.

УДК 502.15

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА**

**В.М. Окмянская, О.В. Богданова**

*Тюменский индустриальный университет, Тюмень*

[okmjanskajavm@tyuiu.ru](mailto:okmjanskajavm@tyuiu.ru)

В статье приведены статистические данные за 2014 – 2019 гг. об особо охраняемых природных комплексах, расположенных на территории сложноподчиненного субъекта Российской Федерации – Тюменской области, рассматриваются особенности и основные проблемы при управлении объектами особо охраняемых природных территорий исследуемого субъекта.

*Ключевые слова:* особо охраняемые природные территории, мониторинг земель, система особо охраняемых природных территорий.

Особо охраняемые природные территории (далее – ООПТ) играют важную роль в сохранении уникальных природных комплексов и объектов. Вследствие активного вмешательства человека в природную среду, в том числе добычи лесосырьевых, минеральных, топливно-энергетических ресурсов, что приводит к нарушению и деградации экосистем, возникает необходимость разработки методики мониторинга объектов ООПТ.

Тюменская область с учетом Ханты-Мансийского, Ямало-Ненецкого автономных округов включает в себя более 130 объектов ООПТ федерального, регионального и местного значений, которые занимают общую площадь 11552,9 тыс. га, что составляет 8 % от всей территории сложносоставного субъекта Российской Федерации (таблица 1).

*Таблица 1 – Сведения о распределении ООПТ в границах Тюменской области*

Наименование субъекта	Общая площадь, км <sup>2</sup>	Площадь ООПТ, км <sup>2</sup>	Доля в земельном фонде, %
ЯНАО	750 300	78965,2	10,5 %
ХМАО	534 800	27564,4	5,2 %
юг Тюменской области	149 900	9000	6 %
Итого	1 435 000	115529,6	8 %

Однако в результате интенсивного хозяйственного освоения обширных территорий, в том числе в границах объектов ООПТ, уникальные участки природы утрачивают свои свойства, что приводит к выводу, что существующая система мониторинга таких территорий неэффективна.

На основании статистических данных, опубликованных Федеральной службой государственной статистики Российской Федерации, можно сделать вывод, что в Тюменской области как сложноустроенном субъекте за последние 6 лет наблюдается незначительный прирост объектов ООПТ (таблица 2), что говорит об устойчивости системы таких объектов.

Уникальные природные комплексы регионального значения занимают большую часть в составе системы объектов ООПТ Тюменской области (рисунок 1).

*Таблица 2 – Сведения о количестве особо охраняемых природных территорий в Тюменской области с учетом автономных округов за 2014-2019 гг. (единиц)*

Год	ООПТ федерального, регионального и местного значения
-----	--

статистических наблюдений	всего	в том числе		
		ООПТ федерального значения	ООПТ регионального значения	ООПТ местного значения
2014	134	12	120	2
2015	135	12	121	2
2016	135	9	124	2
2017	137	9	126	2
2018	139	9	128	2
2019 (на 01.07)	139	9	128	2

юг Тюменской области	ХМАО	ЯНАО
<ul style="list-style-type: none"> <li>• государственные природные заказники</li> <li>• памятники природы</li> <li>• экологические полигоны</li> <li>• экологические плантации и питомники</li> <li>• природные парки</li> <li>• дендрологические парки</li> <li>• особо охраняемые водные объекты</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• природные парки</li> <li>• государственные природные заказники</li> <li>• памятники природы</li> <li>• дендрологические парки и ботанические сады</li> <li>• водно-болотные угодья (ВБУ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• природные парки</li> <li>• государственные природные заказники</li> <li>• памятники природы</li> <li>• дендрологические парки и ботанические сады</li> <li>• иные категории ООПТ</li> <li>• водно-болотные угодья (ВБУ)</li> </ul>
<p><b>*ВБУ не являются категорией ООПТ, но охраняются наряду с ними</b></p>		

Рисунок 1 – Сведения о количестве объектов ООПТ в Тюменской области с учетом ХМАО и ЯНАО за 2019 год.

Это можно объяснить тем, что, в первую очередь, органы государственной власти на уровне субъекта имеют полномочия обеспечить сохранность

уникальной экосистемы особо ценного природного комплекса, ландшафта в границах субъекта.

Категории ООПТ регионального значения устанавливаются законом на уровне субъекта, регулирующим отношения в области организации, охраны и использования таких территорий (рисунок 2).

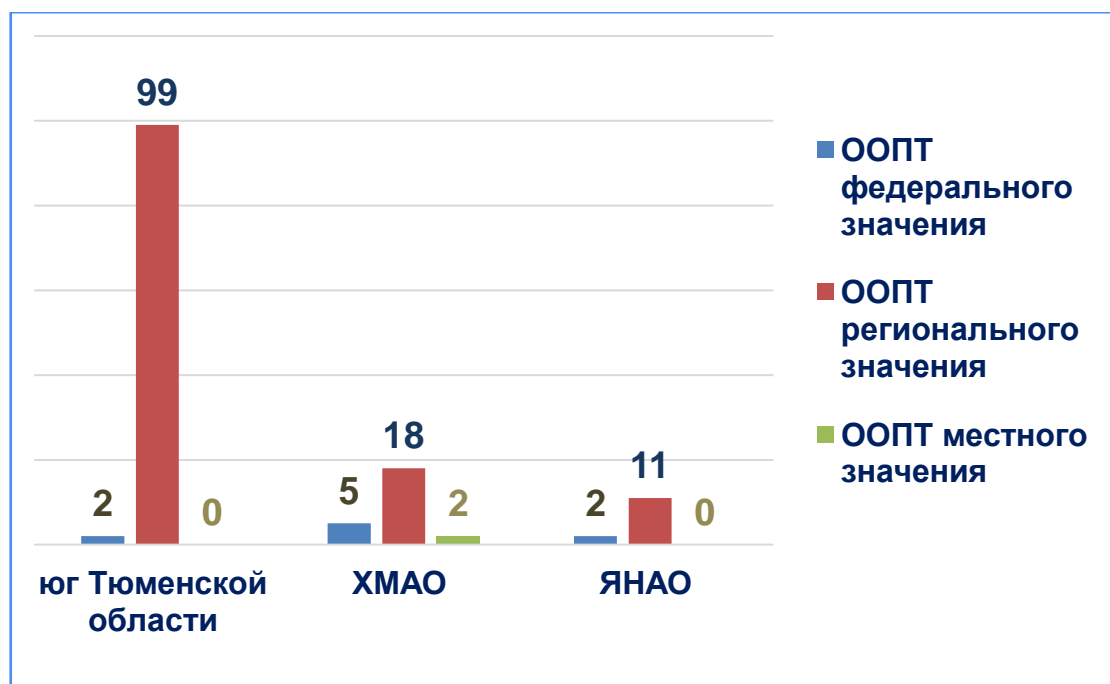


Рисунок 2 – Категории ООПТ регионального значения (в соответствии с региональным законодательством в области ООПТ).

На основе анализа сложившейся системы особо охраняемых территорий Тюменской области, были выделены следующие особенности:

1. В Тюменской области сложилась достаточно устойчивая система ООПТ, что подтверждает незначительное изменение площади (1,5 %) таких территорий за последние 6 лет (в сторону увеличения).

2. На исследуемой территории преобладают ООПТ регионального значения, они составляют 76 % от общей площади особо ценных территорий области.

3. На территории ХМАО и ЯНАО исторически образованы территории традиционного природопользования, которые в настоящее время исключены из

категорий ООПТ, поэтому они активно используются для хозяйственного освоения.

4. Водно-болотные угодья подлежат охране наравне с ООПТ, установленной на уровне ХМАО и ЯНАО, однако их правовой режим допускает осуществление хозяйственной деятельности в их границах, что приводит к разрушению естественного ландшафта, изменению гидрологического режима и т.д.

5. ООПТ располагаются в границах не только категории земель особо охраняемых территорий и объектов, но и на землях населенных пунктов, лесного, водного фондов, сельскохозяйственного назначения, правовой режим которых не всегда позволяет обеспечивать их сохранность.

6. Большое количество объектов ООПТ подвержены хозяйственной деятельности, в особенности освоению углеводородных ресурсов, потому как на практике Закон Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах» преобладает над законами, регулирующими отношения в области организации, охраны и использования ООПТ, охраны окружающей среды, экологической безопасности и т.д.

В настоящее время для сохранения существующей системы ООПТ, а также развития новых ценных территорий необходимо повысить эффективность мониторинга объектов ООПТ. Поэтому, на наш взгляд, целесообразны следующие предложения:

1. Разработка единой методики проведения мониторинга объектов ООПТ на примере Тюменской области, которая будет учитывать экономические, климатические и другие особенности региона.

2. Разработка специального регламента по вопросам мониторинга объектов ООПТ Тюменской области, который содержит состав проведения работ, их периодичность, оцениваемые/регистрируемые параметры, методику наблюдения, а также ответственных исполнителей.

## СРАВНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ПОЧВЕННОМ ОБСЛЕДОВАНИИ И ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬ

Д.И. Рухович<sup>1</sup>, Н.В. Калинина<sup>1</sup>, Е.А. Долинина<sup>1</sup>, Д.А. Шаповалов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева,

<sup>2</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва

[landmap@yandex.ru](mailto:landmap@yandex.ru)

При землеустройстве термин переувлажнение применяется на пахотных землях для обозначения территорий ограниченно пригодных для сельскохозяйственной деятельности. На почвенных картах трех первых туров обследования переувлажненные почвы так же определяются на территориях, где сельскохозяйственное землепользование осложнено. Для современного почвоведения переувлажнение является лишь таксономическим термином, не несущим информации о возможном землепользовании. Разрешить противоречие можно на основе технологии ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова.

*Ключевые слова:* ретроспективный мониторинг, почвенные карты

На почвенных картах и землеустроительных материалах отмечаются переувлажненные участки земной поверхности (Рухович и др. 2013). Для землеустроителей переувлажненные земли - это территории с ограниченным списком возможных видов землепользования (Шаповалов и др., 2019). На сельскохозяйственных землях ограничения прежде всего касаются использования под пашню. До 70-х годов прошлого века, под переувлажненными почвами также понимались территории с ограниченными возможностями использования под пашню. При развитии почвоведения и смене парадигмы почвенного картографирования понятие переувлажненные почвы стало использоваться исключительно в таксономическом смысле без привязки к видам землепользования. В Тамбовской области переувлажнение на почвенных картах 80-х годов достигло 76% от площади сельскохозяйственных угодий. Столь широкое выделение переувлажнения вступает в противоречие с

землеустроительными документами и данными ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова. На территории области лишь 16% земель испытывают переувлажнение, которое сказывается на видах землепользования. Накопленные разночтения почвенных и землеустроительных документов снижают применимость почвенных карт для кадастрового деления и оценки, что противоречит земельному законодательству. Предлагается унифицировать выделение переувлажненных почв и земель на основе технологии ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова.

*Объект исследования* - почвенно-земельный покров Петровского района Тамбовской области и способы его отображения на почвенных картах разного возраста.

*Методы.* Технология ретроспективного мониторинга основана на геологических принципах актуализма и униформизма. Эти принципы позволяют выработать единую методику дешифрирования для ДДЗ с различных космических аппаратов (в данной работе не менее десяти). Технология включает в себя камеральный визуальный логический образно-эталонный метод анализа рисунка изображения для дешифрирования ДДЗ в рамках ГИС (метод дешифрирования классифицирован по Константиновской (2010)). Технология детально описана в серии работ, опубликованных в 2013 - 2019 годах (Bryzzhev et al., 2015).

*Результаты и обсуждение.* В ходе работы методами ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова построена серия карт переувлажнения пахотных земель Тамбовской области с 1968 по 2018 годы (Королева и др., 2019). Так же, геореференсированы и оцифрованы почвенные карты разных лет (рисунок 1). Проведен сравнительный анализ почвенных карт, землеустроительных материалов и результатов ретроспекции.



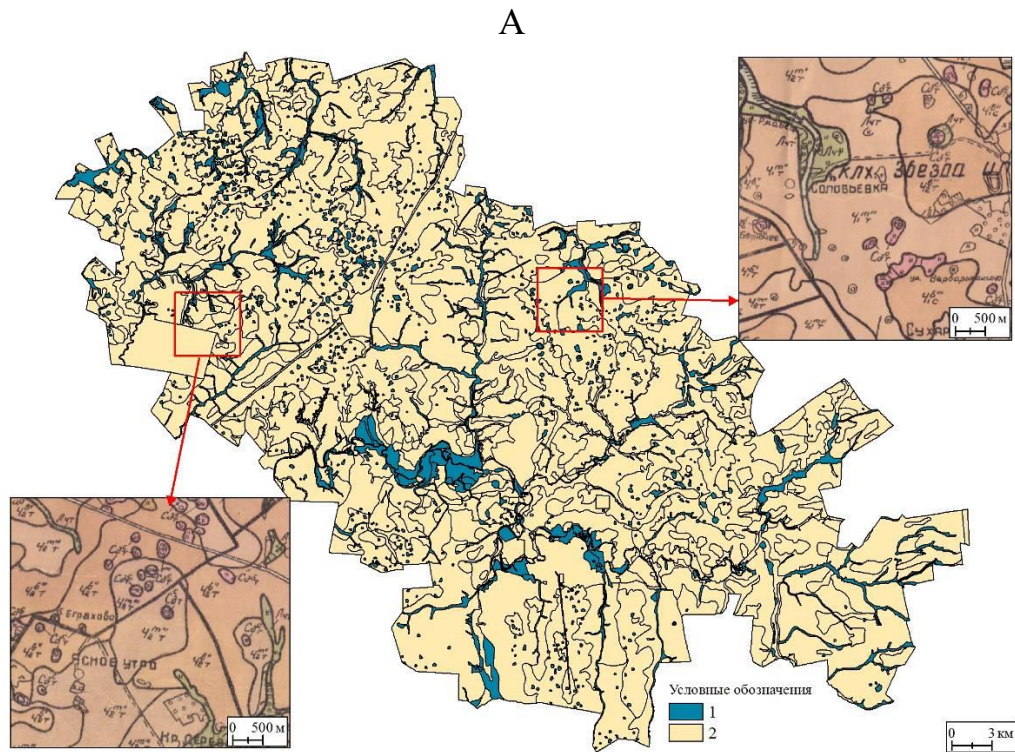


Рисунок 1 – Сравнение выделения переувлажненных почв на почвенных картах разных лет. А – почвенная карта Петровского района Тамбовской области 1978 г. М 1 : 50 000; Б – почвенная карта Петровского района Тамбовской области 1996 г. М 1 : 50 000, цифрами обозначены 1 – полугидроморфные и гидроморфные почвы, 2 – автоморфные.

На полях, обрабатываемых непрерывно с 1968 по 2018 гг., где в первые туры обследования были отмечены чернозёмы выщелоченные малогумусные среднемощные на лессовидных суглинках и глинах и элементы овражно-балочной сети, сейчас выделены следующие почвы: 1. Лугово-чернозёмные обычные и выщелоченные среднегумусные мощные и среднемощные глинистые, тяжелосуглинистые,

2. Лугово-чернозёмные обычные и выщелоченные среднегумусные мощные и среднемощные среднесуглинистые

3. Лугово-чернозёмные обычные и выщелоченные среднегумусные и малогумусные мощные и среднемощные карбонатные тяжелосуглинистые

4. Серые лесные поверхностно-глеёво-элювиальные тяжелосуглинистые, среднесуглинистые, легкосуглинистые

5. Чернозёмно-луговые обычные и выщелоченные среднегумусные и малогумусные среднемощные и маломощные глубокооглеенные карбонатные тяжелосуглинистые, среднесуглинистые

Все пять почв, судя по пересечению почвенной карты со схемой пахотных угодий, никак не ограничивают использование земель под пашню. А вот элементы овражно-балочной сети не выделены, т.к. поглощены контурами этих пяти почв. Провести оценку земельных ресурсов по этому списку почв также затруднительно, т.к. из пояснительных записок не следует чем они отличаются для нужд сельского хозяйства.

Более того, фактически четыре почвы (кроме серой лесной) рекомендованы к использованию под пашню без ограничений, т.е. полностью идентичны рекомендациям для ранее выделяемых на этих территориях чернозёмов выщелоченных малогумусных среднемощных на лессовидных суглинках и глинах. Серая лесная почва относится к малопродуктивным землям, но так же пригодным под пашню.

*Закключение.* Развитие почвенной картографии при четырех турах почвенного обследования, привело к последовательному размыванию понятия переувлажненных почв, существенному расхождению с пониманием переувлажнения для землеустройства и к фактическому снижению на почвенных картах площадей почв, ограничивающих землепользование вследствие переувлажнения.

### Список литературы

1. Константиновская Л.В. Дистанционные методы контроля. 2010. <http://www.mapmarket.ru/index.php?id=4934&page=1&t=336>
2. Королева П.В., Рухович Д.И., Шаповалов Д.А., Сулейман Г.А., Долинина Е.А. Ретроспективный мониторинг переувлажнения почвенного покрова пахотных земель Тамбовской области в 2018–1968 гг. // Почвоведение. 2019. № 7. С. 872-890.
3. Рухович Д.И., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Симакова М.С., Долинина Е.А., Рухович С.В. Государственная почвенная карта – версия ArcInfo // Почвоведение. 2013. № 3. С. 251-267.
4. Шаповалов Д.А., Королева П.В., Сулейман Г.А., Рухович Д.И. Почвенные контуры публичной кадастровой карты – элементы картографирования почвенно-земельного покрова // Почвоведение. 2019. № 5. С. 613-632.
5. Bryzzhev A.V., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Organization of retrospective monitoring of the soil cover of Rostov oblast // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48(10). P. 1029-1049.

УДК 631.4:528.92.94

## БОЛЬШИЕ СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

А.Д. Рухович<sup>1</sup>, Д.И. Рухович<sup>1</sup>, П.В. Королева<sup>1</sup>, А.Л. Куляница<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева

<sup>2</sup>ООО "Айти Парма", Москва

[landmap@yandex.ru](mailto:landmap@yandex.ru)

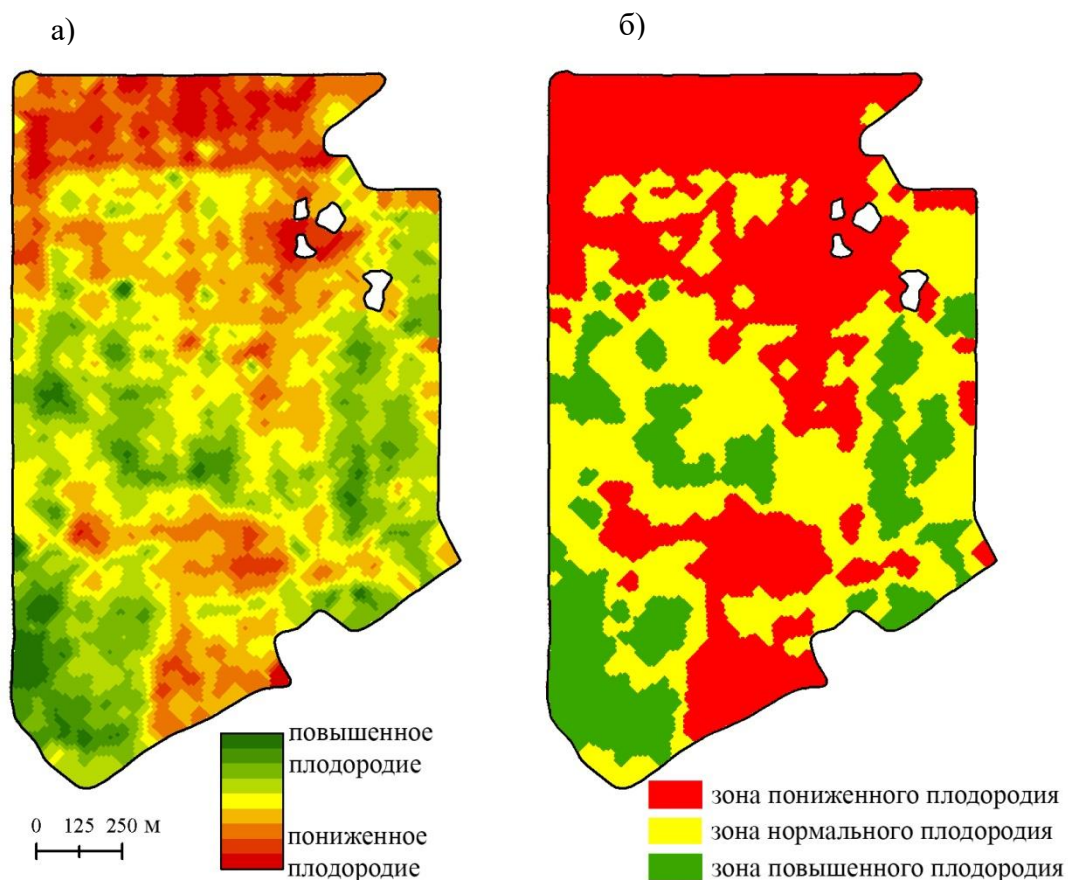
Проведен анализ эффективности использования карт устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почвенного покрова в системах точного земледелия. Показано, что на основе карт устойчивой внутриполевой неоднородности можно построить карты задания для точного земледелия. Рассчитана экономическая эффективность применения карт заданий для дифференцированного внесения средств химизации. Экономическая эффективность определяется прибавкой урожая не менее 0.5 т/га при неизменных объемах удобрений, применяемых на поле. Разная экономическая эффективность использования разных частей поля может быть использована при кадастровой оценке.

*Ключевые слова:* карты внутриполевой неоднородности, плодородие, ДДЗ, спектральные характеристики

К концу 2000-х годов на всю территорию пахотных угодий планеты сформировались архивы открытых мультиспектральных спутниковых данных с пространственным разрешением не хуже 30 м. В настоящее время каждый гектар характеризуется тысячами и тысячами спектральными характеристиками с уникальными сочетаниями значений. Таким образом архивы данных дистанционного зондирования земли достигли состояния больших спутниковых данных. Обработка больших данных требует специфических процедур сворачивая массивов данных в двумерные однофакторные модели. Одной из разновидностей подобных моделей являются карты внутриполевой неоднородности плодородия почвенного покрова (рисунок 1а). Создаваемые методами больших данных карты внутриполевой неоднородности основываются исключительно на анализе материалов дистанционного зондирования и являются картами некоторых усредненных спектральных характеристик. С другой стороны сами спектральные характеристики являются в той или иной степени отражением состояния пахотных угодий, т.е. опосредовано характеристиками этих угодий. Другим источником больших данных в сельском хозяйстве являются данные с датчиков на сельскохозяйственной технике. Сопоставление наземных данных и карт внутриполевой неоднородности подтверждает, что карты внутриполевой неоднородности достаточно точно отражают неоднородность плодородия почвенного покрова в рамках каждого сельскохозяйственного поля, т.е. обладают информативностью в рамках технологий точного земледелия. На основе карт устойчивой внутриполевой неоднородности создаются карты задания для точного земледелия (рисунок 1б).

*Объект исследования.* Фермерское хозяйство на территории Липецкой области площадью 2 000 га. Почвы хозяйства представлены выщелоченными черноземами.

*Методы.* Geographical data mining (Openshaw, 1999). Ретроспективный мониторинг почвенно-земельного покрова (Bryzzhev et al., 2015). Спектральная окрестность линии почв (Рухович и др., 2015, Королева и др., 2017). Анализ географических мультитременных баз данных (Rukhovich et al., 2007).



*Рисунок 1 – а - карта устойчивой внутриполевой неоднородности, б - карта задание для точного земледелия.*

*Анализ потенциальной экономической эффективности использования карт устойчивой внутриполевой неоднородности.* На рисунке 2 приведены результаты полевого опыта по внесению различных доз удобрений по трем зонам плодородия. Для простоты расчетов возьмем площадь поля в 75 га. Площадь каждой из трех зон плодородия определим в 25 га. Норма азотных

подкормок для озимой пшеницы на поле составляет 200 кг/га. Тогда при равномерном внесении удобрений на поле можно получить валовые сборы в размере 4 805 ц., так как при такой дозе удобрений средняя урожайность для каждой зоны плодородия составляет 56,0, 66,4 и 69,6 ц./га. При дифференцированном внесении удобрений можно перераспределить азотные удобрения. В зоне низкой отзывчивости на удобрения снизить дозы подкормок до 0, оставив только осеннее внесение основных удобрений (аммофос). В зоне наилучшей отзывчивости на удобрения довести дозу удобрений до 350 кг/га. В зоне нормальной урожайности довести дозы подкормок до 250 кг/га. Такое перераспределение не меняет общий объем удобрений, выделяемых для поля при норме в 200 кг/га. При таких дозах удобрений урожайности по зонам составят: 48,7, 72,4 и 88,4 ц/га. Валовой сбор озимой пшеницы составит 5 237,5 ц.

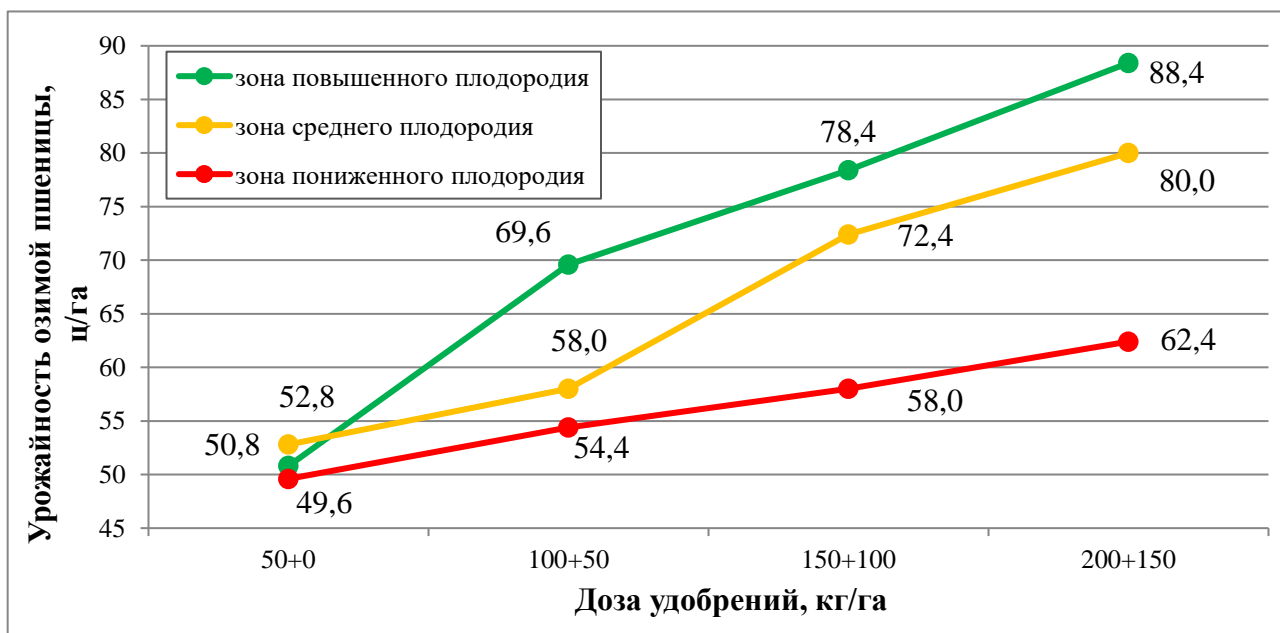


Рисунок 2 – Зависимость урожайности озимой пшеницы от доз удобрений в трех зонах плодородия

При описанном режиме дифференцированного внесения удобрений затраты на обработку поля не меняются, т.к. общее количество удобрений на поле остается неизменным. 432,5 ц. или прибавка урожая на 9% происходит

только благодаря перераспределению весенних подкормок по карте устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почв. При цене на 1 т. пшеницы 3 класса в 200-210\$, это составляет порядка 0.58 млн. руб.

*Заключение.* Озимая пшеница по-разному отзывается на различные дозы удобрений в разных зонах карты устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почв, полученной анализом больших спутниковых данных. При увеличении дозы аммиачной селитры с 50 до 350 кг/га в зоне пониженного плодородия карты устойчивой внутриполевой неоднородности прибавка урожайности составляет 26%, в зоне нормального плодородия - 50%, а в зоне повышенного плодородия - 74%. Таким образом, карта устойчивой внутриполевой неоднородности может быть интерпретирована как карта отзывчивости озимой пшеницы на удобрения. Полученная карта отзывчивости на средства химизации в рамках интенсивных технологий точного земледелия показывает разную экономическую эффективность эксплуатации земель. Поскольку кадастровая оценка базируется именно на экономической эффективности землепользования, то необходимо использовать карты внутриполевой неоднородности для кадастровой оценки.

### Список литературы

1. Королева П.В., Рухович Д.И., Рухович А.Д., Рухович Д.Д., Куляница А.Л., Трубников А.В., Калинина Н.В., Симакова М.С. Местоположение открытой поверхности почвы и линии почвы в спектральном пространстве RED-NIR // Почвоведение. 2017. № 12. С.1435-1446.
2. Рухович Д.И., Рухович А.Д., Рухович Д.Д., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжжев А.В., Королева П.В. Информативность коэффициентов а и b линии почв для анализа материалов дистанционного зондирования // Почвоведение. 2016. № 8. С. 903-917.
3. Bryzzhev A.V., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Organization of retrospective monitoring of the soil cover of Rostov oblast // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48(10). P. 1029-1049.
4. Openshaw S. Geographical data mining: key design issues. Centre for Computational Geography, GeoComputation Conference Proceedings Proceedings of the 4th International Conference on GeoComputation ary Washington College Fredericksburg, Virginia, USA 25 - 28 July 1999 School of Geography, University of Leeds, Leeds LS2 9JT United Kingdom // [http://www.geocomputation.org/1999/051/gc\\_051.htm](http://www.geocomputation.org/1999/051/gc_051.htm)
5. Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Vilchevskaya E.V., Romanenkov V.A., Kolesnikova L.G. Constructing a spatially-resolved database for modeling soil organic carbon stocks of croplands

УДК 336.211.1

## **КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПО НОВОМУ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВУ — ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ТРУДНОСТИ**

**П.М. Сапожников**

*МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва*

[Sap-petr@yandex.ru](mailto:Sap-petr@yandex.ru)

Дан анализ методологии кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий в современном законодательстве. Показаны основные трудности и проблемы в определении кадастровой стоимости.

*Ключевые слова:* методология кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий, основные методологические и технологические проблемы.

С 1 января 2017 года вступил в силу Федеральный закон от 03.07.2016 № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» (5), которым установлен новый порядок проведения государственной кадастровой оценки. Новая система государственной кадастровой оценки предусматривает передачу полномочий по определению кадастровой стоимости государственным бюджетным учреждениям (ГБУ), создаваемым субъектом Российской Федерации. Ответственность за их работу возложена на региональные органы власти.

В Методических указаниях «О государственной кадастровой оценке», утвержденных приказом Министерством экономического развития Российской Федерации № 226 от 12 мая 2017 г. (3), при кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения оцениваются почвенные свойства, влияющие на плодородие земель, характеристики климата и рельефа местности. Методические указания №226 рекомендуют проводить кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения на основе Единого государственного



реестра почвенных ресурсов России (2) и расчета нормативной урожайности(1). Отмеченные источники предоставляют наименование почв и показатели их плодородия, а также включают характеристику других природных условий. Необходимым атрибутом проведения государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения является наличие информации о почвенном покрове территории (крупномасштабные почвенные карты 1:10000 1:25000).

В 2018-2019 годах около 20 субъектов Российской Федерации проводили государственную кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения. В 12 из них мы осуществляли консалтинговые услуги и проводили расчет кадастровой стоимости по разработанной нами программе (4). Однако в ходе выполнения работ по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения возникли **существенные проблемы методического характера:**

1. Отсутствуют в необходимом объеме и соответствующего качества картографический почвенный материал. Эта проблема является очень существенной и не позволяет проводить качественную кадастровую оценку сельскохозяйственных угодий. В некоторых субъектах РФ крупномасштабные почвенные обследования вообще отсутствуют (Республика Удмуртия). В связи с этим, исполнители работ вынуждены брать областные почвенные карты более мелкого масштаба и проводить работу по ним. Это делает работу по кадастровой оценке гораздо менее точной. В Еврейской автономной области управление Росреестра не выдало сотрудникам ГБУ материалы крупномасштабных почвенных исследований, мотивируя это тем, что эти материалы для служебного пользования. Почему это сделано, совершенно неясно. На данных материалах нет топографической привязки, нет нанесенных горизонталей. Обращение сотрудников ГБУ в Центральный аппарат Росреестра, к сожалению, не принесло результатов. Не предусмотрен ограничительный критерий возможности

применения почвенных карт по дате их составления, и, следовательно, не предусмотрена обязанность обновления данных материалов в случае необходимости.

2. Анализ проведенных работ по ГКОЗ сельскохозяйственного назначения, проведенных в субъектах РФ показал, что ни в одном отчете не было проведено разделение в пределах земельного участка по видам разрешенного использования (ВРИ). Необходимо отметить, что и в предыдущих турах оценки земель распределения по ВРИ внутри земельного участка сделано не было. Следует иметь в виду, что, во-первых, экспликация земель по ВРИ внутри земельного участка технологически сложна и, как правило, отсутствует информация по площадям, занимаемой той или иной группой внутри земельного участка. Во-вторых, экспликация земель по ВРИ внутри земельного участка намного удорожает проведение работ по ГКОЗ. По нашему мнению, при кадастровой (массовой) оценке земельных участков сельскохозяйственного назначения разделение участка на ВРИ представляется нецелесообразным. Данное утверждение должно быть закреплено методически.

3. При кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения во многих ГБУ возникал вопрос — надо ли учитывать залежные земли при оценке. По нашему мнению, это делать не надо. При кадастровой оценке отнесение к различному виду сельскохозяйственных угодий определяется свойствами почв. Собственник земельного участка самостоятельно определяет, как ему использовать как ему использовать тот или иной вид угодий. При кадастровой оценке оценщики не обследуют объект на местности, а используют перечень объектов оценки, подготовленный Росреестром. В этом перечне отсутствует информация об использовании сельскохозяйственных угодий. В связи с этим при кадастровой оценке невозможно определить используется участок сельскохозяйственного назначения или нет. Необходимо также отметить, что в соответствии с ФЗ №354 от 03.07.2016 (6) земельный участок

сельскохозяйственного назначения может быть изъят из оборота в случае его неиспользования в течении трех лет.

4. Еще одной методической проблемой является невозможность составления экспликации площадей земельных участков по типам почв, по причине отсутствия в ГКН сведений о местоположении границ земельных участков.

5. Важнейшей проблемой является определение минимальных показателей кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий. В методических указаниях они определены как затраты на межевание земель в субъекте РФ. В некоторых северных субъектах, где величины кадастровой стоимости невысоки (Архангельская область и республика Коми) эти показатели превышают средние показатели кадастровой стоимости по муниципальным районам.

По – нашему мнению, отмеченные методические проблемы обязательно должны быть учтены в Методических указаниях.

Еще одной важнейшей технологической проблемой государственной кадастровой оценки является отсутствие экспертизы со стороны Росреестра в методологии работ. К сожалению, пока экспертиза носит формальный характер. Это относится не только к землям сельскохозяйственного назначения, но и к объектам капитального строительства и земельным участкам других категорий. Должен быть Создан Методический Совет, где бы обсуждались спорные методические проблемы определения кадастровой стоимости.

### **Список литературы**

1. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации/ Под общ. ред. П.М.Сапожникова, С.И. Носова. – М.: ООО «НИПКЦ ВОСХОД-А», 2012. – 160 с.
2. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0 / Под ред. А.Л. Иванова, С.А. Шобы. Отв. ред. В.С. Столбовой. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева; Тула: Гриф и К., 2014. – 768 с.
3. Методические указания о государственной кадастровой оценке / Утверждены приказом Минэкономразвития России от 12.05.2017 г. №226.
4. *Носов С.И., Пшеничников А.П., Оглезнев А.К., Сапожников П.М.* Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. №2019611028 Кадастровая оценка

земель сельскохозяйственного назначения. Дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 18.01.2019.

5. Федеральный закон «О государственной кадастровой оценке» от 03.07.2016 № 237-ФЗ.
6. Федеральный закон « О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования порядка изъятия земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения при их неиспользовании по целевому назначению или использовании с нарушением законодательства РФ» от 03.07.2016 №354-ФЗ.

УДК 631.452

## **АГРОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ю.Р. Тимофеева, Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева**

*ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева,*

*Санкт-Петербург*

[tima204@yandex.ru](mailto:tima204@yandex.ru)

В работе представлен метод оценки агроресурсного потенциала почв Ленинградской области. Рассчитан удельный агроресурсный потенциал (РуАПП) и общий агроресурсный потенциал (РАПП), а также установлены тенденции их изменения для естественных и агропочв.

*Ключевые слова:* агроресурсный потенциал почв, пахотные земли, почвенные ресурсы, ресурсный потенциал почв, цифровая почвенная карта

Агроресурсный потенциал почв (АПП) – это показатель потенциальной способности почв обеспечивать тот или иной уровень продуктивности сельскохозяйственных растений. Он определяет сельскохозяйственную ценность территории. АПП зависит от свойств и режимов почвы, определяющих ее плодородие, а также от требований растений, возделываемых на данной территории.

АПП включает в себя определение удельного потенциала (РуАПП) и общего потенциала (РАПП).

Для расчета агроресурсного потенциала почв использовалась методика, разработанная в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева в рамках госзадания №0671-2014-0002, цифровая почвенная карта (ЦПК) Ленинградской

области масштаба 1:200000 [1], а также требования к почве сельскохозяйственных культур.

На ЦПК авторами предварительно было выделено 120 подтипов естественных почв и 79 подтипов антропогенных, в том числе агрогенные и постагрогенные. Однако, в связи с незначительной площадью распространения некоторых подтипов почв, в работе рассматривалось 48 преобладающих, в том числе 32 естественных почв и 16 агропочв. Кроме того, из почвенных ресурсов исключались все непочвенные образования, территории с разрушенным почвенным покровом и находящиеся под автомагистралями, что приводит к уменьшению доли эффективно функционирующей поверхности.

На основе анализа среднемасштабной ЦПК было установлено, что доля почвенных комбинаций составляет в почвенном покрове Ленинградской области около 30%. В структуре почвенного покрова (СПП) преобладающими вариантами являются сложные сочетания, вариации и пятнистости, реже встречаются мозаики и ташеты. Для болотных ландшафтов характерны комплексы торфяных и торфяно-глеевых почв. Агрогенная структура почвенного покрова представлена слабоконтрастными вариациями или пятнистостям, комплексами и сочетаниями агропочв, а также с естественными и с НПО.

Расчет удельного потенциала проводится в два этапа. На первом этапе почвы группируются по пригодности для земледелия, на втором – определяются понижающие коэффициенты, влияющие на агресурсный потенциал. Таким образом, РуАПП – это потенциал конкретной почвы на таксономическом уровне тип, подтип в баллах, рассчитанный на единицу площади.

Для оценки РуАПП используется закрытая 100 балльная шкала, в которой максимальное значение присваивается почвам с наибольшим уровнем потенциального плодородия. По набору параметров, характеризующих плодородие - рН, мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, тип

гумуса, ЕКО, обеспеченность элементами питания, степень дренированности, выделяются 5 групп с ранжированием в 25 баллов. При этом высшая балльная оценка 100-76 – присваивается агропочвам, остальные группы характерны для естественных почв (таблица 1).

Таблица 1 – Группировка удельного агресурсного потенциала почв

№ группы	Название группы	Ограничения	Бальная оценка
1	Полностью пригодные	Ограничения практически отсутствуют	100-76
2	Потенциально пригодные	Недостаточная мощность гумусового горизонта, обеспеченность элементами пищевого режима, кислая реакция, средняя ЕКО	75-51
3	Ограниченно пригодные	Сильнокислые, отсутствие гумусового горизонта, высокая плотность сложения, недостаточная дренируемость, низкая ЕКО, низкое содержание элементов питания	50-26
4	Малопригодные	Периодически избыточное увлажнение, восстановительные условия (низкий ОВП), низкая влагоемкость, малая мощность гумусового горизонта, постоянное переувлажнение, (при высоком содержании питательных элементов)	25-1

5	Полностью непригодные	Очень маломощный корнеобитаемый слой, постоянное переувлажнение, очень низкая ЕКО, крайняя бедность элементами режима (высокая степень деградированности)	0
---	-----------------------	---	---

Понижающий коэффициент (КА) вводится по каждому показателю плодородия.

К естественным почвам с высоким удельным потенциалом относятся - карболитозем темногумусовый типичный, дерново-подзолистая остаточной карбонатная, бурозем темный (оподзоленный). Максимальное значение (100 баллов) имеют следующие агропочвы: агрозем текстурно-дифференцированный типичный, агротемногумусовая глинисто-иллювирированная, агротемногумусовая метаморфизированная почвы.

По разности между балльной оценкой РуАПП конкретной почвы в каждой группе и числом баллов с учетом всех понижающих коэффициентов, высчитывается величина уменьшения балла РуАПП. Затем подсчитывается сумма баллов Δ всех семи признаков (ΣΔ1-7). Реальный показатель РуАПП почв в баллах, определяется по разности между РуАПП и суммой ΣΔ1-7.

Основной составляющей оценки агроресурсного потенциала является площадь, занимаемая конкретной почвой на ЦПК. Общий ресурсный потенциал характеризуется ёмкостью ресурсного потенциала почвы и рассчитывается как доля площади занимаемой почвенной разностью от всей площади почвенного покрова региона.

РАПП выражается в баллах и рассчитывается по следующей формуле 1:

$$\frac{RuA_{ПП} * S_d}{10}, \quad (1)$$

где S<sub>d</sub> – доля площади почвы от общей площади почв Ленинградской области.

Высокие значения РАПП имеют подбур (оподзоленный) иллювиально-железистый и дерново-подбур глееватый.

Значительную площадь Ленинградской области занимает торфяно-олиготрофная почва. Однако, как и удельный, так и общий агроресурсный потенциал для данной почвы равен нулю, в связи с полной непригодностью для использования в сельском хозяйстве без проведения мероприятий по мелиорации.

Расчёты агроресурсного потенциала почв Ленинградской области показали, что потенциально пригодные естественные почвы для земледелия практически полностью освоены. Это подтверждается тем, что высокие значения удельного агроресурсного потенциала естественных почв не соответствуют высоким значениям общего агроресурсного потенциала.

Вовлечение в сельское хозяйство потенциально пригодных и ограниченно пригодных почв потребует больших финансовых вложений.

### Список литературы

1. Цифровое среднemasштабное почвенное картографирование как основа региональной политики по рациональному природопользованию на примере Ленинградской области / Т. А. Андреева, Е. Ю. Сухачева, Б. Ф. Апарин, М. А. Лазарева, Э. Э. Казаков // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Отидеидовнедрения». 2017. с. 262-266.
2. *Апарин Б.Ф.* Почвоведение: Учебник. М.: Академия, 2012. – 254 с.
3. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / Под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова, М: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 783 с.
4. *Благовидов Н.Л.* Почвы Ленинградской области. Л.: Лениздат, 1946. – 143 с.
5. Каталог районированных сортов сельскохозяйственных культур по Ленинградской области / Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР. Инспектура госкомиссии по Ленинградской области. Л.: типография ВИР, 1977. – 50 с.
6. *Кирюшин В.И.* Агрономическое почвоведение: Учебник. М.: КолосС, 2010. – 687 с.
7. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия: Учебник. М.: Колос, 1996 г. – 368 с.
8. Классификация и диагностика почв России /Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Рос. акад. с.-х. наук и др.; [Шишов Л.Л. и др. Отв. ред. акад. РАН, проф. Г.В. Добровольский. – 2-е изд., доп. и испр.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
9. *Ковда В.А.* Основы учения о почвах. Том 1. М.: Наука, 1973. – 447с.
10. *Минеев В.Г.* Агрохимия: Учебник. М.: КолосС, 2004. – 720 с.



11. Мудрых Н.М., Алёшин М.А.; ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пособие к лабораторным занятиям по агрохимии. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 51 с.
12. Почвы Ленинградской области / Под ред. В.К. Пестрякова. Лениздат, 1973. – 344 с.
13. Пестряков В.К. Окультуривание почв Северо-Запада. Л.: Колос, 1977. – 343 с.
14. Суханов П. А. Научные основы оценки и управления агроресурсным потенциалом региона (на примере Ленинградской области). дис. ... доктор с.х. наук: 06.01.03 – СПб, 2013. – 351 с.
15. Цифровое среднемасштабное почвенное картографирование как основа региональной политики по рациональному природопользованию на примере Ленинградской области / Т. А. Андреева, Е. Ю. Сухачева, Б. Ф. Апарин, М. А. Лазарева, Э. Э. Казаков // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Отидеидовнедрения». 2017. с. 262-266.
16. Шейн Е.В. Курс физики почв: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
17. Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области (ПЕТРОСТАТ). Растениеводство Ленинградской области в 2017 году. Статистический сборник. [Электронный ресурс]. – URL: [http://petrostat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/petrostat/resources](http://petrostat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/petrostat/resources). дата обращения: 10.09.2018).

УДК 631.4

## **ПОЧВА И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Д.М. Хомяков**

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

[khom@soill.msu.ru](mailto:khom@soill.msu.ru)

Обеспечение национальной, экологической, экономической и продовольственной безопасности есть взаимосвязанные цели. Для их совместного достижения должны существовать принципы регулирования и система правовых мер. Цели устойчивого развития предполагают «климатически нейтральное» сельское хозяйство. Необходимо иметь полноценное, научно-обоснованное и легальное (юридически значимое) общеправовое, точное, однозначное, дефинированное, устоявшееся, неконтекстное определение почвы и ее плодородия, как фундаментального уникального свойства.

*Ключевые слова:* почвы, экологическая безопасность, сельское хозяйство

В процессе правоприменительной деятельности пока не выработано однозначных новых конкретных характеристик или критериев экологической безопасности, а необходимость ее обеспечения закреплена во многих нормативных правовых актах.

Почва – сложнейшая, многофазная, полидисперсная, динамическая система, являющаяся компонентом биосферы, участвующим в воспроизведении биомассы. Здесь обитает около 1 млн. видов живых существ (больше 90% от всех известных видов). Имеет уникальные экологические функции. Ее формируют почвенные процессы, протекающие постоянно и непрерывно, охватывающие всю почвенную толщу, а не только верхний (или пахотный) слой. Изменчивость в пространстве и во времени факторов почвообразования и процессов, обуславливает большое почвенное разнообразие, представленное в природе, а так же неоднородность (пестроту) почвенного покрова. Пахотные почвы и иные сельскохозяйственные угодья составляют не более 15 % всей суши. Это предельная цифра, но именно здесь человечество получает 95% всего потребляемого продовольствия.

В Указе Президента РФ от 31.12.2015 № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» подтверждена ее взаимосвязь с социально-экономическим развитием. Обеспечение ее составной части - продовольственной безопасности осуществляется за счет: достижения продовольственной независимости; ускоренного развития и модернизации АПК, пищевой промышленности и инфраструктуры внутреннего рынка; повышения эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей и расширения их доступа на рынки сбыта продукции; повышения плодородия почв, предотвращения истощения и сокращения площадей сельскохозяйственных земель и пахотных угодий...

Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020). Экологическая безопасность - состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий (ст.1). Природная среда - совокупность компонентов

природной среды, природных и природно-антропогенных объектов; компоненты природной среды - земля, недра, почвы,... (ст.1). Содержание понятий «земля» и «почвы» не раскрыты. Есть «почвенный покров» (ст. 16.3, п. 6 и ст. 62.1, п. 3.1); «плодородный слой почв» (ст. 40, п. 3).

Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» - документ стратегического планирования в сфере обеспечения национальной безопасности. Отмечено, что практически во всех регионах страны сохраняется тенденция к ухудшению состояния земель и почв. Их деградация отнесена к внешним и внутренним вызовам, а ее предотвращение – к одной из основных задач. «Земля» в нем не является синонимом «почвы».

Это подтверждает сравнение «ГОСТ 26640-85 (СТ СЭВ 4472-84). Государственный стандарт Союза ССР. Земли. Термины и определения» (утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 28.10.1985 № 3453) с «ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85). Государственный стандарт Союза ССР. Почвы. Термины и определения» (утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 23.02.1988 № 326)».

Федеральный закон от 21.07.2014 № 206-ФЗ «О карантине растений» (ред. от 23.04.2018) в ст. 2 п. 32 определил: почва - компонент природной среды, состоящий из минеральных и органических частей, которые обеспечивают жизнедеятельность растений. К понятию «почва» не относятся торф, песок, грунт глубокого залегания, компост, а также искусственно созданная среда обитания растений.

Приказ Минприроды России от 11.07.2018 № 316 «О внесении изменений в Методику исчисления вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, утвержденную приказом Минприроды России от 08.07.2010 г. № 238» установил, что ею исчисляется в стоимостной форме размер вреда, причиненный почвам, как компоненту природной среды,

сформировавшемся на поверхности земли, состоящему из минеральных веществ горной породы, подстилающей почву, органических веществ, образовавшихся при разложении отмерших остатков животных и растений, воды, воздуха, живых организмов и продуктов их жизнедеятельности, обладающему плодородием...

Постановление Правительства РФ от 22.07.2011 № 612 «Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» устанавливает, что им является изменение числовых значений не менее трех критериев из списка, включающего всего четыре параметра. Отдельного внимания заслуживает научное обоснование сбора и получения этих данных в рамках агрохимического обследования участков пахотных почв.

Приказ Минсельхоза РФ от 06.07.2017 № 325 «Об утверждении Методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации» определяет его как среднее от суммы соотношений фактических значений четырех агрохимических показателей к их оптимальным значениям по всем типам почв посевных площадей сельскохозяйственных культур в субъекте РФ.

В 1990 году площадь посевов составляла 120 млн. га и паров – 12 млн. га (в сумме 132 млн. га пашни), то в настоящее время – общая площадь пашни указана в 117 млн. га. Площадь паров не изменилась. По данным Росреестра на 01.01.2019 года, за прошедшие 30 лет примерно на 15 млн. га уменьшилась площадь пашни и на 40 млн. га - посевов. Разница этих двух цифр показывает отсутствие полной и объективной информации в системе регистрации и учета объектов недвижимости, не говоря уже о почвах.

С середины 1990-х годов в пахотных почвах РФ существует отрицательный баланс органического вещества. На 74-81 млн. га посевов и 14-16 млн. га парующих полей ежегодно применялось всего 1,5-3,0 млн. тонн действующих веществ (д.в.) минеральных удобрений (NPK). Для оптимизации гумусового состояния почв необходимо вносить в среднем по 6-7 тонн/га органических

удобрений год (или порядка 650 млн. тонн суммарно). 30 лет назад по статистике производилось 886 млн. тонн навоза, а вносилось 390 млн. тонн (44,0 %), в настоящее время - 315 и 65 млн. тонн или 20 % соответственно. Уже 25 лет наблюдается ежегодный отрицательный баланс основных элементов минерального питания растений на пахотных почвах свыше 100 кг д.в./га. Микроэлементы, сера, кальций и магний, подвижный кремний также не восполняются. Объемы удобрений и химических мелиорантов не обеспечивали и не обеспечивают сейчас даже простого воспроизводство плодородия пахотных почв. Площади и доля кислых почв в составе сельскохозяйственных угодий постоянно растут.

Само обеспечение продуктами питания и сельскохозяйственный экспорт происходят за счет не восполняемых расходов резервов плодородия почв – «природно-ресурсного кредита». Он стал постоянным и ежегодным в последние 25 лет. Долг суммируется, накапливается и растет. Экспорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья можно рассматривать как вывоз за границу миллионов тонн макро- и микроэлементов минерального питания растений (основу плодородия почв), включая стратегический и дефицитный фосфор.

Цели устойчивого развития предполагают «климатически нейтральное» сельское хозяйство, где обязательно обеспечивается воспроизводство плодородия почв (желательно расширенное), максимально используются ресурсы органического вещества, включая отходы животноводства, не снижаются запасы гумуса в пахотных почвах, полностью исключена их деградация. Необходимо иметь полноценное, научно-обоснованное и легальное (юридически значимое) общеправовое, точное, однозначное, дефинированное, устоявшееся, неконтекстное определение почвы и ее плодородия, как фундаментального уникального свойства. Это позволит адекватно учитывать, использовать и охранять почвы как важнейший ресурс.

Нормативы качества окружающей среды для химических и физических показателей ее состояния должны устанавливаться для отдельных компонентов природной среды, в том числе и для «почв».

УДК 631.452

## **МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Е.А. Черкасов, Д.А. Лобачев, Б.К. Саматов**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Станция агрохимической службы «Ульяновская», Ульяновск*

[agrohim\\_73@mail.ru](mailto:agrohim_73@mail.ru)

В статье представлены данные мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения за 8 циклов обследования. Представлены данные по содержанию органического вещества, подвижных форм фосфора, калия и степени кислотности в пахотных почвах Ульяновской области. Проведен краткий анализ их динамики между циклами проведения обследования.

*Ключевые слова:* Мониторинг, плодородие почв, органическое вещество, фосфор, калий, кислотность.

Мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в Ульяновской области начали проводить с 1965 года вновь созданной агрохимической службой для своевременного выявления, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, вызываемых антропогенными нагрузками. В 1969 году был завершен I цикл агрохимического обследования, площадь которого составила 1823,4 тыс. га.

За 55-ти летний период деятельности агрохимическая служба области завершила VIII циклов агрохимического обследования почв сельскохозяйственного назначения и с 2017 года стала проводить IX цикл.

Первоначально в отобранных почвенных пробах определяли основные агрохимические показатели на содержание органического вещества, подвижных форм фосфора, калия и степени кислотности.

Результаты VIII завершённых циклов мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения дали наглядную информацию о динамике основных показателей плодородия почв по содержанию макро- и микроэлементов, а также тяжёлых металлов и позволили принимать научно-обоснованные решения по сохранению и воспроизводству почвенного плодородия и получения запланированных урожаев сельскохозяйственных культур.

Содержание и запасы органического вещества традиционно служат критерием оценки почвенного плодородия, а в последние годы рассматриваются и с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы.

Первые 3 цикла мониторинга группировку почв по содержанию органического вещества проводили по 5-ти классной градации, а последующие – по 6-ти классной

*Таблица 1 – Динамика изменения содержания органического вещества в пахотных почвах Ульяновской области (по 6 – классной градации)*

Цикл, годы	Обследованная площадь, тыс. га	Группировка почв по содержанию органического вещества					
		очень низкое и низкое		среднее и повышенное		высокое и очень высокое	
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
IV, 1985-1990	1743,4	671,3	38,5	970,6	55,7	101,5	5,8
V, 1990-1994	1704,4	697,8	40,9	921,6	54,1	84,9	5,0
VI, 1994-1999	1649,4	667,7	40,5	915,2	55,5	66,5	4,0
VII, 2000-2005	1497,9	596,7	39,8	854,6	57,1	46,6	3,1
VIII, 2006-2016	1392,3	481,4	34,6	851,3	61,1	59,6	4,3

В период проведения IV-VIII циклов агрохимического обследования (по 6-и классной градации) происходило уменьшение площадей с очень

высоким и высоким содержанием органического вещества (таблица 1). Так, по результатам IV цикла доля пашни, которую можно было отнести к таким категориям составила 5,8 %, а по итогам VIII цикла она уменьшилась до 4,3 %. За этот период площади пашни со средним и повышенным содержанием

органического вещества увеличились на 5,4 % и составили 61,1 %, а площади с очень низким и низким уменьшились на 3,9 %.

Средневзвешенное содержание органического вещества в пахотных почвах области составило 4,9 %.

Проведенные специалистами агрохимической службой расчеты показали, что для создания бездефицитного баланса органического вещества в пахотных почвах необходимо вносить не менее 6 т/га органических удобрений. Однако в современных экономических условиях покрытие дефицита органического вещества только путем применения навоза не представляется возможным. В связи с этим возникает необходимость поиска других, более дешевых источников для воспроизводства органического вещества почвы. В условиях Ульяновской области самыми доступными способами решения данной проблемы выступают запашка измельченной соломы, с добавлением азота из расчета 8-10 кг на 1 т соломы для улучшения работы разлагающих её микроорганизмов, освоение зернотравяных севооборотов с увеличением доли зернобобовых и многолетних трав в структуре посевных площадей, а также возделывание сидеральных культур с последующей их заделкой.

Фосфор, наряду с азотом и калием один из главных элементов питания растений. По уровню содержания в почве данных элементов можно судить о окультуренности почв. Результаты 5-ти циклов мониторинга плодородия почв показали значительное повышение содержания подвижного фосфора в пахотных почвах области. За указанный период площади почв с высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора увеличились на 31,8 %, а площади с очень низким и низким содержанием уменьшились на 35,3 %.



Площади почв со средним и повышенным содержанием подвижного фосфора увеличились на 3,5 % (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика содержания подвижного фосфора в пахотных почвах Ульяновской области по циклам обследования

Циклы, годы	Обследованная площадь,		Группировка почв по содержанию подвижного фосфора					
	тыс. га	%	очень низкое и низкое		среднее и повышенное		высокое и очень высокое	
			тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
I, 1965-1969	1823,4	100	821,7	45,1	895,9	49,1	105,8	5,8
II, 1970-1977	1809,7	100	537,1	29,7	1062,1	58,7	210,5	11,6
III, 1978-1985	1786,0	100	355,4	19,9	1039,4	58,2	391,2	21,9
IV, 1985-1990	1743,4	100	225,4	12,9	1020,5	58,5	497,6	28,5
V, 1990-1994	1704,4	100	166,7	9,8	896,0	52,6	641,7	37,6
VI, 1994-1999	1649,4	100	163,4	9,9	882,0	53,5	604,0	36,6
VII, 2000-2005	1497,9	100	148,1	9,9	859,9	57,4	489,9	32,7
VIII, 2006-2016	1392,3	100	125,4	9,0	781,1	56,1	485,8	34,9

В VIII цикле площади с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора в пахотных почвах области составили 9,0 %, со средним и повышенным содержанием – 56,1 % и с высоким и очень высоким содержанием – 34,9 %.

Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в VIII цикле составило 124,2 мг/кг, что соответствует повышенному содержанию.

Таблица 3 – Динамика содержания подвижного калия в пахотных почвах Ульяновской области по циклам обследования

Циклы, годы	Обследованная площадь,		Группировка почв по содержанию подвижного калия					
	тыс. га	%	очень низкое и низкое		среднее и повышенное		высокое и очень высокое	
			тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
I, 1965-1969	1823,4	100	194,7	10,7	718,6	39,4	910,1	49,9
II, 1970-1977	1809,7	100	58,6	3,2	990,3	54,7	760,8	42,1
III, 1978-1985	1786,0	100	16,9	1,0	838,1	46,9	931,0	52,1
IV, 1985-1990	1743,4	100	10,9	0,6	883,2	50,7	849,3	48,7
V, 1990-1994	1704,4	100	19,7	1,1	843,3	49,5	841,4	49,4
VI, 1994-1999	1649,4	100	12,2	0,7	858,4	52,0	778,8	47,3
VII, 2000-2005	1497,9	100	27,6	1,8	765,1	51,1	705,2	47,1
VIII, 2006-2016	1392,3	100	16,2	1,2	487,3	35,0	888,8	63,8

По содержанию подвижного калия пахотные почвы Ульяновской области характеризуются относительной стабильностью.

За период между I и VIII циклами площади с очень низким и низким содержанием подвижного калия уменьшились на 9,5 %, площади со средним и повышенным содержанием уменьшились на 4,4 %, а площади с высоким и очень высоким содержанием увеличились на 13,9 % (табл.3).

Средневзвешенное содержание подвижного калия в VIII цикле составило 136,7 мг/кг, что соответствует высокому содержанию.

Кислотный режим пахотных почв Ульяновской области вызывает особую озабоченность ввиду того, что из 1392,3 тыс. га обследованной площади 685,5 тыс. га или 49,2 % составляют кислые почвы (таблица 4).

За период между I и VIII циклами наблюдается появление очень сильнокислых почв, площадь которых составила 1,2 тыс. га, площади сильнокислых почв возросли на 12,4 тыс. га, среднекислых на 147,4 тыс. га, а площади слабокислых почв уменьшились на 73,2 тыс. га.

Таблица 4 – Динамика изменения кислотности пахотных почв Ульяновской области по циклам обследования

Циклы, годы	Обследованная площадь, тыс. га %	Степень кислотности, тыс. га/%						
		очень сильно кислые	сильно кислые	средне кислые	слабо кислые	итого кислых почв	близкие к нейтральным	нейтральные
I, 1965-1969	<u>1823,4</u> 100	-	<u>2,9</u> 0,2	<u>64,1</u> 3,5	<u>530,7</u> 29,1	<u>597,7</u> 32,8	<u>502,9</u> 27,6	<u>722,8</u> 39,6
II, 1970-1977	<u>1809,7</u> 100	-	<u>6,0</u> 0,3	<u>92,9</u> 5,1	<u>524,4</u> 29,0	<u>623,3</u> 34,5	<u>338,1</u> 18,7	<u>848,3</u> 46,9
III, 1978-1985	<u>1786,0</u> 100	<u>0,3</u> 0,02	<u>6,4</u> 0,4	<u>110,9</u> 6,2	<u>512,2</u> 28,7	<u>629,8</u> 35,3	<u>341,8</u> 19,1	<u>814,4</u> 45,6
IV, 1985-1990	<u>1743,4</u> 100	-	<u>7,6</u> 0,4	<u>173,2</u> 9,9	<u>642,7</u> 36,9	<u>823,5</u> 47,2	<u>291,4</u> 16,7	<u>628,5</u> 36,1
V, 1990-1994	<u>1704,4</u> 100	<u>1,0</u> 0,06	<u>14,0</u> 0,8	<u>182,2</u> 10,7	<u>589,6</u> 34,6	<u>786,8</u> 46,2	<u>276,9</u> 16,3	<u>640,7</u> 37,6
VI, 1994-1999	<u>1649,4</u> 100	<u>1,6</u> 0,1	<u>19,2</u> 1,2	<u>200,4</u> 12,2	<u>563,0</u> 34,1	<u>784,2</u> 47,6	<u>258,6</u> 15,7	<u>606,6</u> 36,8
VII, 2000-2005	<u>1497,9</u> 100	<u>1,5</u> 0,1	<u>16,0</u> 1,1	<u>193,0</u> 12,9	<u>504,8</u> 33,7	<u>715,3</u> 47,8	<u>253,2</u> 16,9	<u>529,4</u> 35,3
VIII, 2006-2016	<u>1392,3</u> 100	<u>1,2</u> 0,1	<u>15,3</u> 1,1	<u>211,5</u> 15,1	<u>457,5</u> 32,9	<u>685,5</u> 49,2	<u>221,2</u> 15,9	<u>485,6</u> 34,9

Средневзвешенное содержание показателя кислотности составило 5,58 рН<sub>KCl</sub>.

Проблема кислотности и создание бездефицитного баланса органического вещества в почвах Ульяновской области является актуальной и злободневной и требует своевременного решения.

УДК 631.4:528.92.94

## **ОЦЕНКА ПОДВЕРЖЕННЫХ ЗАСОЛЕНИЮ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ**

**Г.И. Черноусенко, Н.В. Калинина, Д.И. Рухович**

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва*

[chergi@mail.ru](mailto:chergi@mail.ru)

В работе на примере Хакасии кратко охарактеризованы три аспекта проблемы оценки площадей засоленных почв. Это необходимость выделения химизма, проработанность легенд к картам и оценка химизма засоления профиля в целом. Показана разница в оценке почвенных ресурсов засоленных почв в зависимости от подходов и способов расчета.

*Ключевые слова:* карты засоления почв, лимитирующие факторы, химизм засоления, площади засоленных почв

Оценка почвенных ресурсов, в данном случае засоленных почв, наталкивается на ряд проблем, часть из которых рассмотрим ниже. Согласно российской классификации засоленных почв, лимитирование плодородия определяется степенью и химизмом засоления. Этот подход отличается от большинства западных подходов, где лимитирующим является только осмотическое давление, опосредовано определяемое через электропроводность. По нашим данным при одинаковой электропроводности почвенного раствора сульфатное засоление может еще не быть лимитирующим фактором, а содовое засоление полностью препятствовать произрастанию культурной растительности.

Кроме методических и классификационных проблем при расчетах почвенных свойств, ограничивающих плодородие почв, существуют и чисто картографические особенности расчетов. На одних картах степень и химизм могут отличаться от других, в зависимости от проработанности легенд к картам. Легенды же в свою очередь в различной мере отражают глубины засоления почв. Остается дискуссионным вопрос о вынесении на карты химизма верхнего горизонта или горизонта максимальной степени засоления.

В данном сообщении мы постараемся кратко осветить эти три аспекта проблемы.

Хакасия на карте химизма (Карта химизма СССР, 1976) выделяется как сульфатно-засоленный регион. Этот момент был отражен в работе (Панкова и др., 2018) и на Карте засоленных почв России (Засоленные почвы России, 2004), на которой почвы содового засоления не были отражены. Более детальная проработка материалов крупномасштабных карт Гипрозема, пояснительных записок к ним, аналитические авторские материалы и опубликованные данные (Кутькина, 2008) показала, что так как большинство засоленных почв относиться к гидроморфным, то в восстановительных условиях в процессе сульфатредукции идет образование соды, что сказывается на химизме засоления почв. Это нашло отражение на Карте засоленных почв Хакасии (Черноусенко и др., 2012). Возросла площадь почв в профиле которых участвует содовое засоление, и выделилась новая категория содовозасоленных почв, которые как известно являются гораздо более токсичными и лимитирующими плодородие почв (таблица 1).

*Таблица 1 – Средняя суммарная площадь засоленных почв в слое 0-1 м с учетом преобладающего и сопутствующих типов засоления, тыс. га*

Тип засоления	Карта засоления почв России	Карта засоления почв Хакасии
	М 1:2.5 млн, рисунок С	М 1:0,5 млн, рисунок Д

Сульфатный, хлоридно-сульфатный	187.30	121.67
С участием соды в профиле почвы	71.59	95.13
Хлоридный, сульфатно-хлоридный	4.01	3.86
Содовый	0	24.60
Всего	262.90	245.25

Рисунок 1 демонстрирует разницу площадей засоленных почв Хакасии согласно разным картам. Подобное сильное различие связано не только с масштабом карт.

Карта, созданная под редакцией Панковой Е.И., Новиковой А.Ф. (рисунок 1 С) (М 1:2.5 млн), имеет более мелкий масштаб чем ГПК (рисунок 1 Б) (М 1:1 млн), но площади засоленных почв, выделенные на ней гораздо значительнее. Причина этого разные подходы, которые приводят к столь разной оценке площадей засоленных почв. Одним из заслуживающих внимание подходов является метод сравнения разновременных почвенных карт (Рухович и др., 2016).

Вопрос о химизме профиля почв в целом, а не отдельного образца почвы до сих пор дискуссионен. Засоление крайне динамичный процесс и если отбор проб проходил после дождей, то в зависимости от их интенсивности соли могут быть промыты на разную глубину и почвы из солончаковых могут перейти в градацию солончаковатых. Поэтому не всегда верхний горизонт, даже если он содержит соли, информативен. Вопрос считать ли горизонт максимального скопления солей за основу химизма профиля также не однозначен. Часто профиль почв по химизму двучленен, или даже трехчленен, что наблюдалось

нами не только в Хакасии, но и в других регионах, например, в Туве (Черноусенко и др., 2017).

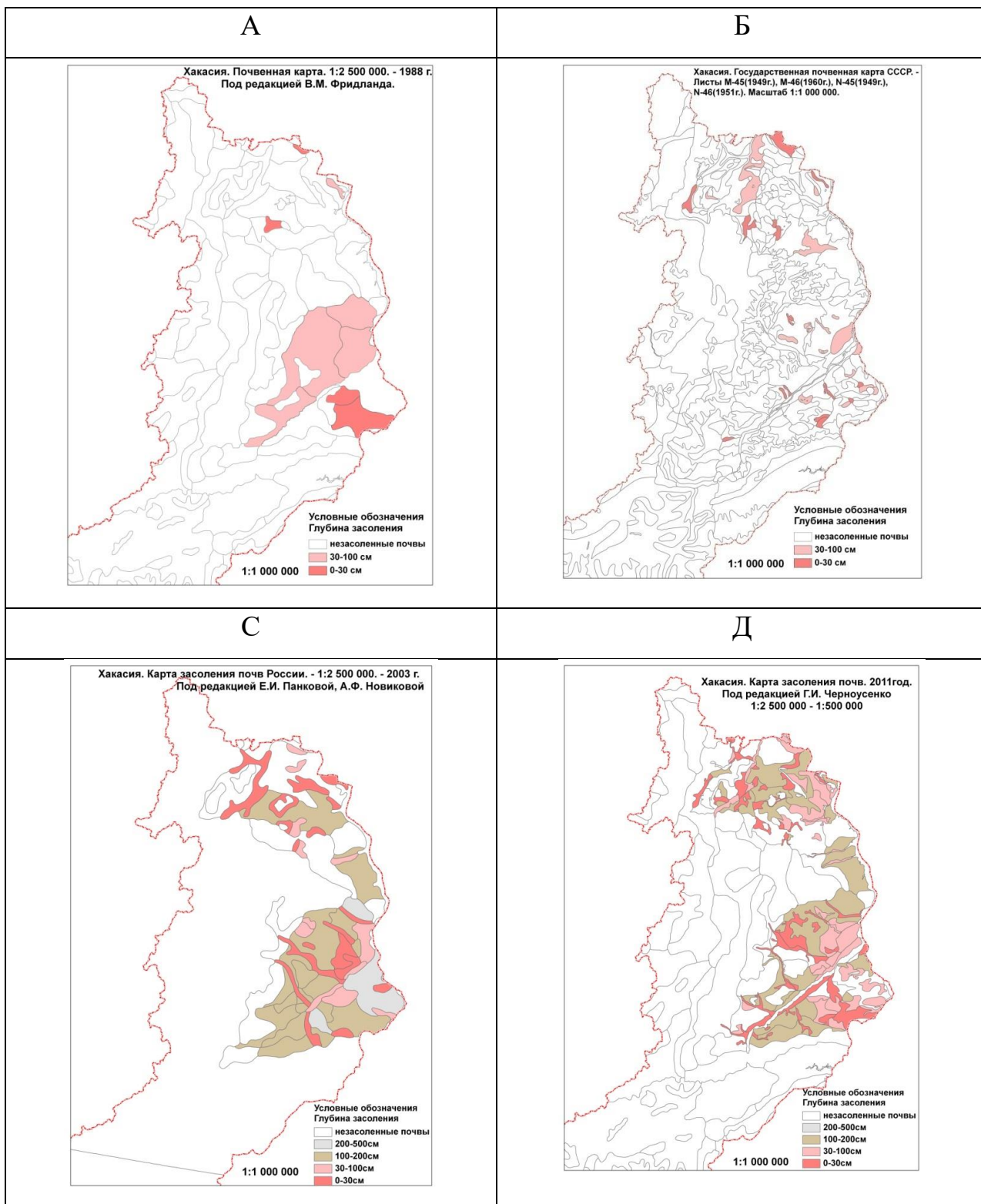


Рисунок 1 – Засоленные почвы Хакасии: А - на Почвенной карте РСФСР, 1988

(гл. ред. Фридланд В.М.); Б - на ГПК (1949-1960); С - карте засоленных почв России 2003, под. ред. Панковой Е.И., Новиковой А.Ф.; Д - карте засоленных почв Хакасии, 2011, под. ред. Черноусенко Г.И.

Соли, имея разную растворимость, могут быть сконцентрированы в разных горизонтах, поэтому хлориды, которые или находятся в самом верху профиля или наоборот промыты ниже горизонта максимального скопления к примеру сульфатных солей, не будут учтены при классификации типа засоления.

Одним из способов решения этой проблемы возможно является нормированный расчет химизма засоления по профилю, но это требует дополнительного обоснования.

Таким образом при оценке засоления как лимитирующего фактора плодородия почв необходим интегральный подход при котором карта является лишь контурной основой базы данных, а легенде отводятся когнитивные функции.

### Список литературы

1. Засоленные почвы России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 854 с.
2. Карта типов химизма засоления почв СССР. Масштаб 1:2.5 млн. М.: ГУГК СССР, 1976.
3. Кутькина Н.В. Влияние длительного орошения на степные почвы Хакасии. Абакан: ООО "Фирма Март". 2008. - 152 с.
4. Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. Сопоставление каштановых почв Центральной Азии с их аналогами в других почвенно-географических провинциях сухостепной зоны суббореального пояса Евразии // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24 №2 (75). С.13-22. DOI:10.24411/1993-3916-2018-00013
5. Рухович Д.И., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжев А.В., Королева П.В., Калинина Н.В., Черноусенко Г.И., Вильчевская Е.В., Долинина Е.А., Рухович С.В. Методология сравнения разновременных почвенных карт в целях выявления и описания динамики почвенного покрова на примере мониторинга засоления почв //Почвоведение. 2016. № 2. С. 164-181.
6. Черноусенко Г.И., Калинина Н.В., Рухович Д.И., П.И. Королева. Цифровая карта засоления почв Хакасии // Почвоведение. 2012. № 11. С.1131-1147.
7. Черноусенко Г. И., Курбатская С. С. Засоленность почв разных природных зон котловинных ландшафтов Тувы //Почвоведение. 2017 №11. С.1296-1311. DOI: 10.7868/S0032180X17110041

## ОЦЕНКА СРЕДОФОРМИРУЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК СЛЕДСТВИЕ УРБАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

**Е.Г. Черных**

*Тюменский индустриальный университет, Тюмень*

chernyheg@tyuiu.ru

В статье дается обоснование необходимости оценки и прогноза изменения средоформирующих свойств отдельных компонентов окружающей среды, а также земель, ландшафтов и территорий как закономерных сочетаний комплекса природных и природно-антропогенных географических компонентов, выполняемых при анализе и планировании использования природных ресурсов

*Ключевые слова:* землеустройство, земли населённых пунктов, мониторинг земель, средоформирующий потенциал, территория, угодья

Понятие «мониторинг» было введено в терминологию наук о Земле еще в 1972 г., накануне Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде, канадским исследователем Р.Манном, который в последствии предложил общую концепцию мониторинга окружающей среды [Манн, 1986]. По результатам мониторинга земель учеными отмечена тенденция к уменьшению площади земель сельскохозяйственного назначения и увеличению площади земель населенных пунктов и земель под другими несельскохозяйственными видами использования.

По мнению А.П.Сизова [Сизов, 2018], при анализе и планировании природопользования особое внимание следует уделять средоформирующему потенциалу (СФП) территории.

Данное понятие используется в научной литературе большей частью применительно к лесным экосистемам, обладающим наиболее высоким СФП; детально описан механизм эколого-экономической оценки СФП лесных ландшафтов.



Под **средоформирующим потенциалом** территорий в широком смысле понимается совокупность всех природных ресурсов, факторов и условий территории, обладающих средообразующими, средовоспроизводящими и средозащитными свойствами (включая климатические, геологические, гидрологические, земельные, почвенные и др.). В процессе освоения и развития территории её СФП меняется, уменьшаясь при интенсивном освоении, но увеличиваясь при осуществлении природоохранных мероприятий (например, при осуществлении мелиорации и рекультивации земель, комплексном озеленении территорий и т.п.).

Приведём формулу (1) исчисления величины СФП территории НП по А.П.Сизову:

$$P^{сф} = P^{уд} \times \sum_{i=1}^n (K_i \times S_i) \quad (1)$$

Величины усреднённых удельных средоформирующих потенциалов территории и поправочных коэффициентов на относительную ценность угодий сведены в таблицах 1 и 2 (на основе материалов [7]).

Таблица 1 – Усреднённые удельные средоформирующие потенциалы территории  $P^{уд}$

Приуроченность населённых пунктов к лесорастительным зонам <sup>3</sup>	$P^{уд}$ , балл/м <sup>2</sup>
Зона притундровых лесов и редкостойной тайги	900
Таежная зона	500
Зона хвойно-широколиственных лесов	400
Лесостепная зона	500
Степная зона	600

<sup>3</sup> Перечень лесорастительных зон и лесных районов РФ утверждён приказом Минприроды России от 18.08.2014 № 367.

Зона полупустынь и пустынь	550
Зона горного Северного Кавказа	700
Южно-Сибирская горная зона	700

Таблица 2 – Поправочные коэффициенты на относительную ценность угодий  $K_i$

Угодья	С.-х. угодья	Лесные земли	Лесные насаждения, не входящие в лесной фонд	Под водой	Земли застройки	Под дорогами	Болота	Нарушенные земли	Прочие земли
$K_i$	1,6	1,5	1,5	1,8	1,3	1	1,8	1	1

Расчётная формула была апробирована при исчислении СФП территории Тюменской области на две даты: по состоянию на 01.01.2011 и 01.01.2018 гг. Исходные сведения взяты в открытых источниках [8]. В качестве удельного средоформирующего потенциала для территории Тюменской области принято 500 балл/м<sup>2</sup>.

Результаты исчисления СФП приведены в таблицах 3, 4.

Несмотря на то, что более 20 лет в Тюменской области сельскохозяйственные предприятия обрабатывали только пашню, на которой можно без лишних затрат получить высокие урожаи, в настоящее время появилась тенденция к увеличению посевных площадей и использованию других сельскохозяйственных угодий.

Анализ динамики использования земельного фонда области (рисунок 1) показывает, что площади сельскохозяйственных угодий, используемых в товарном производстве, начинают, хотя и незначительно, но увеличиваться. Возросший интерес к использованию сельскохозяйственных угодий объясняется реализуемой Департаментом агропромышленного комплекса Тюменской области долгосрочной целевой программой «Основные направления развития агропромышленного комплекса на 2013-2020 годы».

Из расчетной формулы видно, что Тюменская область - территория с устойчивым балансом (как любая большая территория), поэтому расчёт СФП для оценки его динамики за период 5-15 лет оказался не информативен.

Для более детального исследования авторами выполняется работа по расчету удельного средоформирующего потенциала для районов области, где произошли наиболее значительные изменения в балансе угодий за последние 10 лет (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение земель Тюменской области по угодьям и величины их средоформирующего потенциала

Территория	По состоянию на	Общая площадь	С.-х. угодья	Лесные земли	Лесные насаждения, не входящие в лесной фонд	Под водой	Земли застройки	Под дорогами	Болота	Нарушенные земли	Прочие земли	Суммарный средоформирующий потенциал, млрд баллов	Удельный средоформирующий потенциал, балл/м <sup>2</sup>
Тюменская область	01.01.2011	16012,2	3383,5	7112,8	145	508,4	79,3	95,8	4609,2	4,6	73,6	1289,4	641,2
Тюменская область	01.01.2018	16012,2	3381,9	7112,8	144,9	508,5	80	96,1	4609,1	4,6	74,3	1289,4	638,9

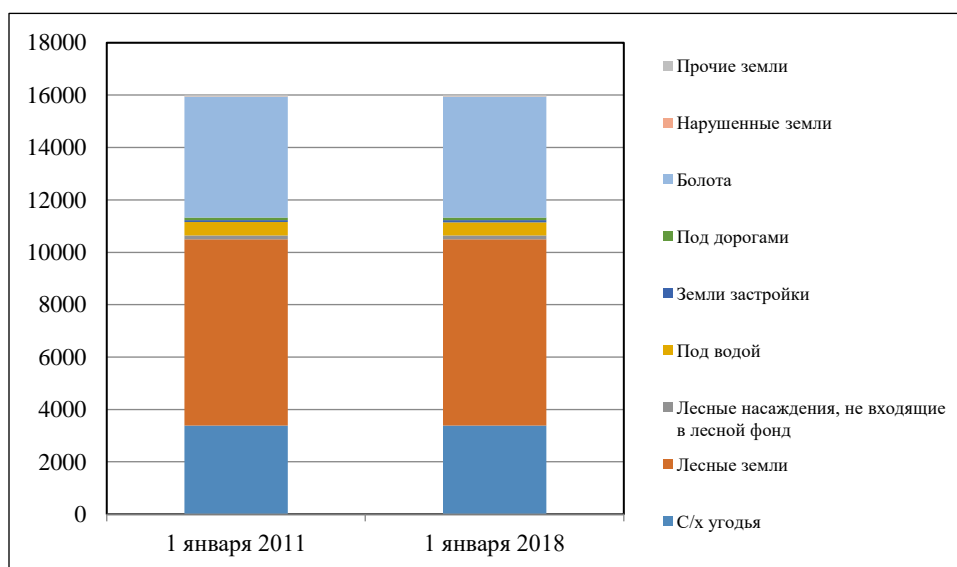


Рисунок 1 – Распределение земель Тюменской области по угодьям, тыс.га.

### Список литературы

1. Варламов, А.А. Мониторинг земель: учебное пособие [Текст] /А.А.Варламов, С.Н.Захарова. – М.: ГУЗ, 2000. – 158 .

2. Манн, Р. Е. Структура систем комплексного мониторинга в целях обеспечения заблаговременного обнаружения экологических изменений состояния окружающей среды [Текст] / Р.Е.Манн // Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы: матер. междунаод. симп. – Л.:Гидрометеиздат, 1986. – Т. 1. – С. 39–59.
3. Сизов, А.П. Городские земли: оценка качества, мониторинг, применение их результатов в регулировании землепользования [Текст]: автореф. дис. ... д. т. н. по спец. 25.00.26 / Сизов Александр Павлович. – М., 2006. – 48 с.
4. Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2018 (в целом по Российской Федерации; в разрезе субъектов Российской Федерации). – Официальный сайт Росреестра. Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyu-natsionalnyu-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoj-federatsii/>
5. Сизов А.П., Оценка средоформирующего потенциала территории населённых пунктов при осуществлении государственного мониторинга земель [http:](http://) [Электронный ресурс]: Сизов А.П. // Журнал «Геодезия и картография» / [ФГБУ "Центр геодезии, картографии и ИПД"](http://fgbu.ru/) - М., 2018 - № 6. – 43-50 [geocartography.ru/scientific\\_article/2018\\_6\\_43-50](http://geocartography.ru/scientific_article/2018_6_43-50).

УДК 631.4:631.8

## **РОЛЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ИЗМЕНЕНИИ СВОЙСТВ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ**

**Л.В. Яковлева, Е.А. Николаева**

*Ленинградский НИИ сельского хозяйства «Белогорка», Ленинградская область*

[livlaya@mail.ru](mailto:livlaya@mail.ru)

Изучено влияние известкования и длительного применения минеральных удобрений на изменение некоторых свойств подзолистой почвы, определяющих её плодородие. Это параметры кислотно-основного равновесия, содержание оснований, изменение группового и фракционного состава гумуса, емкости катионного обмена, мезоморфологии почвы. Установлена стабилизирующая роль известкования.

*Ключевые слова:* почвы, минеральные удобрения, известкование, плодородие

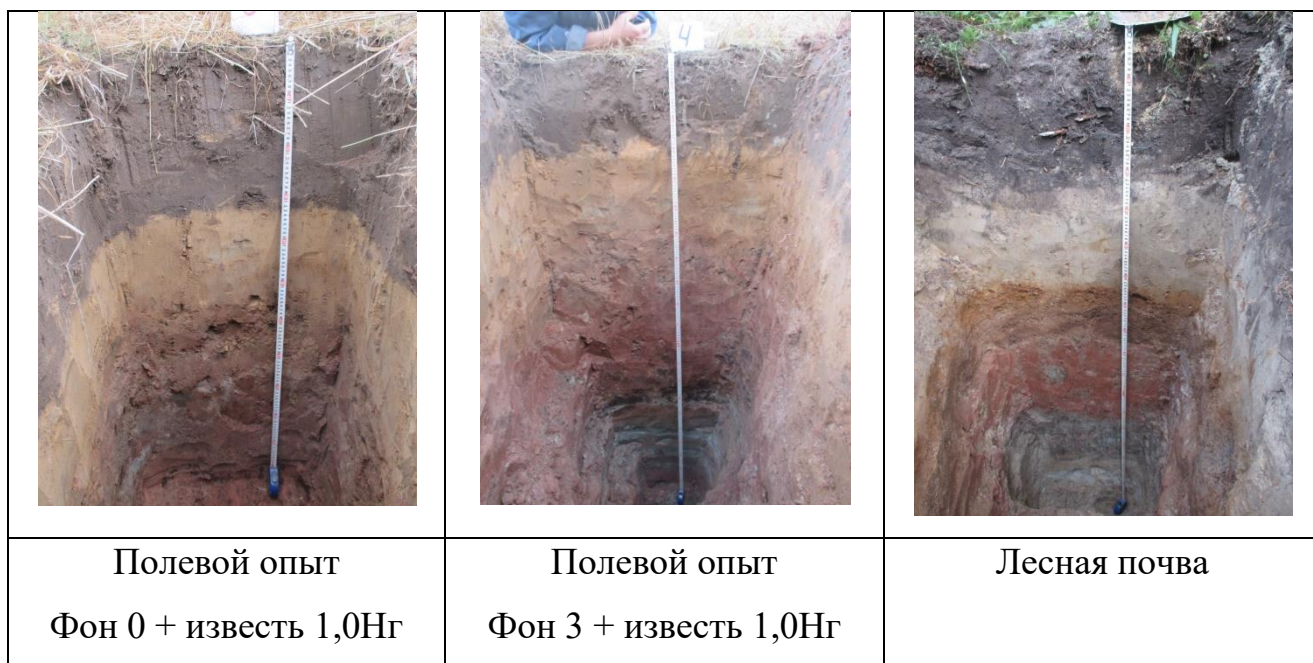
Природно-климатические особенности Северо-Запада России накладывают свой отпечаток на свойства почв региона (и природных, и введенных в сельскохозяйственное использование). Без применения различных удобрительных средств сохранить и повысить плодородие естественных почв, обладающих кислой реакцией, низким содержанием гумуса и оснований, невозможно. Влияние минеральных удобрений распространяется на все фазы

почвы. Чижиковой Н.П. и Ушаковым Р.Н. (Чижикова, Ушаков, 2007) установлено, что наиболее сильное влияние на минеральную часть почвы оказывает изменение реакции среды, особенно в сторону подкисления. Повторное известкование, через любой промежуток времени после подкисления, не возвращает почвы в первоначальное состояние, так как нельзя восстановить исходную кристаллохимическую основу минералов (Чижикова, Прищеп, 1996). В настоящее время проблема известкования кислых почв приобрела большую актуальность. В Ленинградской области, например, ежегодно известкуют около 1000 га сельхозугодий, а требуют известкования около 70000 га.

Объектами наших исследований были дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы контрастных вариантов длительного полевого опыта с применением различных фонов минеральных удобрений и широким спектром доз извести. Полевой опыт заложен в 1981 году на вновь освоенном участке и продолжается до настоящего времени. Изучали также свойства почвы тридцатилетней залежи и почвы под лесом, пробы почвы из разрезов (рисунок 1) и образцы, отобранные на контрастных делянках опыта с глубины 0-20, 20-40 и 40-60 см.

Определение физико-химических свойств почвы проводили общепринятыми методами в вытяжке 1н KCl с рН 5,8 (11 показателей); гумус – по Тюрину; определение емкости катионного обмена - по методу Е.В.Бобко и Д.Л. Аскинази в модификации П.П. Грабарова и З.А. Уваровой (вариант С.Н. Алешина). Изменение мезоморфологии почвенной толщи наблюдали с помощью цифрового микроскопа MDA1300/2000 USB. Результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа. Коэффициенты корреляции рассчитывали по Спирмену.

Исходная агрохимическая характеристика почвы при закладке опыта: рН в КСl – 4,46; содержание гумуса (по Тюрину) – 2,20%; Нг – 4,33мг-экв/100 г; S – 4,5 мг-экв/100г; V – 50,9%; P2O5 – 20,0 мг/100 г; K2O – 12,5 мг/100г почвы.



*Рисунок 1 – Вид некоторых объектов исследования.*

На известкованных делянках на фоне применения высоких доз минеральных удобрений уже в конце 1-ой ротации полевого шестипольного севооборота было отмечено статистически доказанное снижение реакции почвы. Через 36 лет проведения опыта реакция почвы была ниже исходного уровня (таблица 1), активизировались обменные формы алюминия на изучаемой почве, отличающейся невысокой буферностью и значительным содержанием подвижного алюминия в составе почвенного поглощающего комплекса. Высокие дозы извести и через 36 лет после известкования продолжали поддерживать реакцию почвы на уровне рН солевого около 5.

Таблица 1 – Изменение реакции почвы через 36 лет после сельскохозяйственного использования

Фон удобрений (А)	Доза извести в долях Нг (В)	Глубина взятия образца, см (С)		
		0-20	20-40	40-60
Без удобрений	0	4,30	4,47	4,63
	1,0	4,29	4,56	5,19
	2,5	5,29	5,56	5,57
Фон 3*	0	3,69	3,94	4,25
	1,0	4,29	4,56	5,19
	2,5	4,99	5,31	5,87
НСР <sub>05</sub> = 0,49				

\*Фон удобрений – НРК по 120-135кг д.в. на 1 га в зависимости от культуры

Содержание обменных форм кальция и магния снижалось при увеличении уровня применения минеральных удобрений в результате усиления миграционной способности оснований под влиянием подвижных анионов удобрений (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание суммы кальция и магния в почве длительного опыта через 36 лет после внесения извести и ежегодного применения минеральных удобрений

Фон удобрений (А)	Доза извести в долях Нг (В)	Глубина взятия образца, см (С)		
		0-20	20-40	40-60
Без удобрений	0	1,24	0,87	1,46
	1,0	2,85	2,39	1,21
	2,5	3,31	3,05	2,97

Фон 3*	0	1,96	1,98	1,49
	1,0	3,31	3,05	2,97
	2,5	3,28	2,89	1,71
НСР <sub>05</sub> = 1,03				

В пахотном горизонте емкость катионного обмена зависела, прежде всего, от содержания органического вещества и параметров кислотно-основного равновесия (таблица 3). В подпахотном горизонте средней тесноты связь обнаружена с содержанием органического вещества и гидролитической кислотностью, обусловленной наличием в почве поглощенных ионов водорода и алюминия. То есть, большее значение в подпахотных горизонтах приобретали

*Таблица 3 – Зависимость емкости катионного обмена от некоторых физико-химических показателей почвы длительного опыта (коэффициенты ранговой корреляции по Спирмену, P = 5%)*

Параметры		Глубина взятия образца, см		
Х	У	0 - 20	20 - 40	40 - 60
pH <sub>KCl</sub>	ЕКО	0,867	- 0,267	- 0,117
Нобм.	ЕКО	- 0,870	0.300	- 0.038
Нг	ЕКО	- 0,767	0.617	0.017
Са	ЕКО	0.933	- 0,488	- 0,046
Гумус	ЕКО	0,950	0,633	0,154

минеральные компоненты почвы. На глубине иллювиального горизонта (40-60 см) роль органического вещества не выражена в связи с малым его содержанием и присутствием в виде небольшого количества пленок и затеков.

Без внесения органических удобрений емкость катионного обмена верхнего горизонта (пахотного), связанная с присутствием органического вещества, снижалась примерно в 2 раза по сравнению с органогенным горизонтом исходной почвы под лесом. Определение группового и фракционного состава органического вещества показало увеличение доли гуминовых кислот в почве произвесткованных вариантов (таблица 4). При






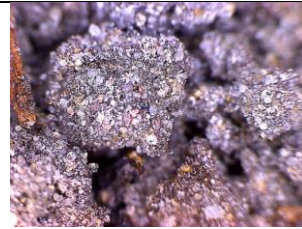
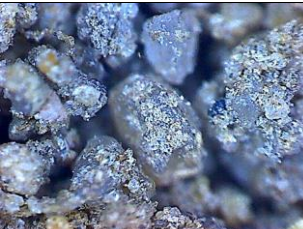



длительном применении минеральных удобрений снижалась доля агрессивной фракции свободных и связанных с подвижными полуторными оксидами фульвокислот и возрастала доля фульвокислот, связанных с фракцией 1 гуминовых кислот.

Таблица 4 – Содержание органического вещества в почве длительного опыта, в % к Собщ. почвы

Фракции органического вещества	Фон удобрений						НСР <sub>05</sub>	Ошибка опыта, %
	Без удобрений			Фон 3*				
	Доза извести в долях Нг							
	0	1,0	2,5	0	1,0	2,5		
Собщ., % к почве	0,79	1,04	1,08	0,88	1,13	1,26	0,16	2,40
ГК-1	19,53	20,63	17,47	24,43	25,07	24,83	2,97	2,12
ГК-2	2,53	3,33	5,4	1,7	3,43	4,20	1,13	5,15
ГК-3	9,87	9,47	8,80	6,60	10,03	10,37	1,15	1,97
ГК сумма	30,93	32,83	26,93	32,83	36,33	38,80	5,02	2,38
ФК-1а	16,60	15,06	17,23	8,23	6,93	7,43	2,53	3,34
ФК-1	4,53	5,50	5,47	14,07	12,93	10,17	2,39	4,27
ФК-2	17,33	12,47	13,77	10,80	6,00	9,33	2,77	3,75
ФК-3	6,67	6,40	5,13	5,53	1,63	6,33	1,88	5,58
ФК сумма	46,70	38,53	38,13	35,93	26,87	32,40	10,11	4,36
Сгк + Сфк	84,90	70,03	67,50	68,17	66,93	70,57	6,79	1,50
Сгк/Сфк	0,65	0,86	0,70	0,90	1,34	1,18	0,19	3,26

Длительное применение высоких доз минеральных удобрений не только оказывало сильное влияние на изменение физико-химических свойств почвы, емкости катионного обмена, буферности, но изменяло и скелетную часть почвы.

На рисунке 2 видно, что в почве, произвесткованной полными дозами извести, преобладали агрегаты более высоких порядков, чем в почве, где длительное время применяли высокие дозы минеральных удобрений.

			
Фон 0+известь 1Нг-15х	Фон 3+известь 1Нг-15х	Фон 0 + известь 2,5Нг - 15х	Лес – А1- 15х
			
Фон 0+известь 1Нг-80х	Фон 3+известь 1Нг-80х	Фон 0 + известь2,5Нг – 80х	Лес – А1 – 80х

\* 15х – пятнадцатикратное увеличение; 80х – восьмидесятикратное увеличение

*Рисунок 2 – Вид гумусовых горизонтов контрастных вариантов длительного опыта в объективе цифрового микроскопа MDA1300/2000 USB.*

Таким образом, известкование кислых почв Северо-Запада РФ является одним из важнейших факторов сохранения плодородия пахотных почв. Имеющийся экспериментальный материал свидетельствует о необходимости своевременного периодического известкования кислых почв, создания положительного баланса кальция и государственной поддержки этого мероприятия.

### Список литературы

1. Чижикова Н.П. Прищеп Н.П. Изменение содержания тонкодисперсных фракций и их минералов под влиянием калийных удобрений // Доклады РАСХН. – 1996. – №3. – С. 20–21.

2. *Чижилова Н.П., Ушаков Р.Н.* Изменение кристаллохимических показателей минералов тонкодисперсной части агросерых тяжелосуглинистых почв Рязанской области под влиянием различных агротехнологий // Бюллетень Почвенного института им. В.В.Докучаева. М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В.Докучаева – 2007. – № 60. –С.29-40.

## **ABSTRACTS**

(In Alphabetical Order)

### **SOIL COVER OF THE TUNDRA-TAIGA KEY AREA (KOMI REPUBLIC, NENETS AUTONOMOUS OKRUG) ON THE NEW DIGITAL SOIL MAP OF RUSSIA, 1 : 2.5 M SCALE**

**Ananko T. V., Gerasimova M.I., Zhangurov E.V., Konyushkov D.E.**

The creation of a new digital soil map of Russia implies the updating of soil information in polygons on the Soil Map of the RSFSR (1:2.5 M scale, 1988) on the conceptual basis of the new Russian soil classification system (2004/2008) and application of satellite and geoinformation technologies to transform polygon boundaries. This work is being performed for several key areas. The tundra-taiga key area includes plain and mountainous soils and soil complexes. Their features as described in the Program to the map (1972) and regional publications were interpreted as diagnostic horizons and properties determining the classification position of soils in the new system. New soil types were introduced: cryometamorphic gleyzems, iron-illuvial svetlozems, organo-cryometamorphic soils, etc.; the composition of tundra complexes changed as well.

*Keywords:* database, composition of polygons, soil profiles, tundra complexes

### **CHANGES IN SOIL RESOURCE POTENTIAL AT DIFFERENT LEVELS OF ANTHROPOGENIC IMPACT AND GLOBAL CLIMATE CHANGE**

**Aparin B. F., Sukhacheva E. Yu.**

The modern resource potential of soils of the North-West of European Russia were formed in conditions of significant fluctuations in precipitation amounts and temperatures in a wide range of climatic norms of soil. Climate warming will have a different response in soil characteristics to meso- and even micro-level organization of soil cover (to smooth or exacerbate the effects of climate warming).

*Keywords:* soil resource potential, climate warming, anthropogenic impact

### **EVOLUTION OF SOILS IN THE RESTORATION PERIOD OF SOIL COVER ON DISTURBED TECHNOGENIC TERRITORIES OF KUZBASS**

**Androkhanov V.A., Sokolov D.A.**

In result of perennial investigations regularities of formation of the soil cover and the evolution of young soils - embryonic soils in restoration period of functioning of the man-made landscape are revealed. The peculiarity of technogenic landscapes is that the soil type, structure and composition of the soil cover are not in the climax stage and the evolution of one type to another, and changes in soil properties are carried out in short periods of time. The composition, properties of rocks and terrain of man-made landscape through the formation of conditions for development of ecological communities, determine the perspective of formation of the climax soil and future ecological condition of disturbed landscapes.

*Keywords:* soil, the embryonic soils, anthropogenic landscape evolution

### **SOILS OF THE DON RIVER FLOODPLAIN: GENESIS AND PROPERTIES**

**Bezuglova O.S., Gorbov S.N.**

Soil studies of the Don floodplain were carried out within its delta part, which is a part of the Donskoy natural park territory. The variety of types of described soils and their properties are

characterized by the peculiarities of the hydrology of the territory, including the depth of groundwater and their mineralization. Soil properties also depend on the nature of alluvial deposits.

*Keywords:* Alluvial soils, Don Delta, soil diversity

#### **COMPILATION OF A LARGE-SCALE SOIL MAP WITH ACCOUNT FOR LAND-USE SCENARIOS (SOUTHWESTERN MOSCOW REGION)**

**Bogdanova M.D, Isachenkova L.B., Gerasimova M.I., Terskaya E.V.**

For updating the large-scale soil map, a detailed study of soddy-podzolic soils (Albic Retisols) under cropland and forest was performed. Soils differed by the land-use history, and their names had to be transferred in the new classification of soils of Russia. The study comprised analysis of data of long-term terrain observations and deciphering the aerial and space photos obtained in the time interval 1951 ...2017; on this basis, several land-use scenarios were produced, and their imprint on soil properties was revealed.

*Keywords:* human impacts, soils of cuttings, agro-soddy-podzolic soils, soil classification, soil map

#### **CHEMICAL TRANSFORMATION OF SOILS IN THE METALLURGICAL PLANTS IMPACT AREA.**

**Borisochkina T.I., Frid A.S., Kolchanova K.A., Nikitina N.S.**

Studies on the chemical transformation of soils of urbanized landscapes were carried out in the impact area of the Starolipetsky Metallurgical Plant, Novolipetsky Metallurgical Plant and Kosogorsky Metallurgical Plant. The forms of heavy metal compounds in the soils of metallurgical complexes impact areas are estimated. Areas of environmental risk have been identified, among which the soils of the Voronezh river floodplain (Zn, Pb), sandy soils of pine forest park landscapes in the impact area of the Novolipetsky Metallurgical Plant (Zn, Pb, Cd), agrolandscape soils in the impact area of the Kosogorsky Metallurgical Plant (Zn, Mn )

*Keywords:* chemical transformation of soils, metallurgical complexes, heavy metals, forms of compounds.

#### **CRYOARIDIC SOILS: CENTRAL IMAGE, GENETIC-GEOGRAPHIC DIVERSITY, CLASSIFICATION**

**Bronnikova M.A., Konopliankova Yu. V., Gerasimova M.I., Lebedeva M.P., Gurkova E.A., Golubtsov V.A., Efimov O.E., Zazovskaya E.P.**

Soils of dry steppes in Central and Eastern Siberia strongly differ of the chestnut soils of the East European Plain, and were named by V.Volkovintser steppe cryoaridic. In terms of new soil classification (2004/2008), their profile comprises cryohumus, pale metamorphic and carbonate-accumulative diagnostic horizons, the former being specific although weakly studied. Cryogenic features (microstructure, fragmentation and sorting of the solid phase components) are associated with those inherent to steppe soils. Diversity of cryoaridic soils is tentatively indicated at the subtype level.

*Keywords:* cryohumus horizon, tundra-steppe, extremely continental climate, geographical analogs

#### **POST-AGROGENIC TRANSFORMATION OF THE PROPERTIES OF GRAY FOREST SOILS DEPENDING ON THE COMPOSITION OF SYNANTHROPIC COMMUNITIES OF THE MESHCHOVSKY LANDSLIDE**

**Burlutsky V.A., Mazurov V.N., Semeshkina P.S.**

The transforming effect of the expansion of invasive plant species (*Erigeron canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl. и *Solidago gigantea* Ait.) with adaptive potential to the ecological and soil

conditions of the Meshchovskoye landslide on the main agrophysical and agrochemical properties of post-agrogenic gray forest soils on loesslike loams in different age deposits is shown.

*Keywords:* fertility, gray forest soils, phytocenoses, variegation of soil fertility

### **THE FEATURES OF TRANSFORMATION OF SALINE SOILS TAMAN IF YOU CHANGE YOUR REGIONAL WEATHER CONDITIONS**

**Chernikov E. A., Fomenko T. G., Yaroshenko O. V., Savchuk N. V., Kurdenkova E. K.**

The results of studies of the spatial distribution of salts in the soils of vineyards of the Taman Peninsula are presented. Salt sources are saline Paleogene-Neogene clays of Taman mountains and mud volcanoes. The transfer of salts from surface and subsurface waters down the slope leads to salinization of the soils of the marine reservoir plain, on which the plantations of grapes are located. It is established that the change in weather conditions leads to increased intensity of degradation processes in the soils of vineyards.

*Keywords:* soil salinization, changes in weather conditions, rainfall, sources of salinization, vineyard soils

### **MONITORING OF FERTILITY OF ARABLE SOIL OF THE ULYANOVSK REGION**

**Cherkasov E.A., Lobachev D.A., Samatov B.K.**

The article presents monitoring data on soil fertility of agricultural lands for 8 survey cycles. Data on the content of organic matter, mobile forms of phosphorus, potassium and the degree of acidity in arable soils of the Ulyanovsk Region is presented. A brief analysis of their dynamics between the cycles of the survey is carried out.

*Key words:* Monitoring, soil fertility, organic matter, phosphorus, potassium, acidity.

### **EVALUATION OF SALT AFFECTED SOIL RESOURCES OF THE REPUBLIC OF KHAKASIA**

**Chernousenko G.I., Kalinina N.V., Rukhovich D.I.**

Using the example of Khakassia, the paper briefly describes three aspects of the problem of assessing the area of saline soils. This is the need to determine salinity chemistry, the elaboration of map legends and the assessment of the salinity chemistry of the profile as a whole. The difference in the assessment of the soil resources of saline soils depending on the approaches and calculation methods is shown.

*Key words:* soil salinity maps, limiting factors, salinity chemistry, saline soil areas

### **EVALUATION OF THE MEDIUM-FORMING POTENTIAL OF THE TYRENSK REGION TERRITORY AS A CONSEQUENCE OF URBANIZATION OF THE CITY ENVIRONMENT**

**Chernykh E.G.**

The article substantiates the need to assess and predict changes in the environment-forming properties of individual components of the environment, as well as lands, landscapes and territories as regular combinations of a complex of natural and natural-anthropogenic geographical components that are performed in the analysis and planning of the use of natural resources

*Keywords:* land management, land of settlements, land monitoring, environment-forming potential, territory, land

### **FEATURES OF SOIL COVER TRANSFORMATION IN BOTANICAL GARDENS UNDER DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS**

**Chupina V.I. (Gavrilova)**

The paper presents the results of study of the soil cover of botanical gardens (BG) located in different environmental conditions and characterized initially, before the creation of BG, by varying degrees and types of anthropogenic transformation of original soils. However, in many cases, the same type of impact on the soil during the functioning of a BG, induces formation of soils with similar composition of their profiles and, hence, similar soil cover, which is intermediate between urban and natural.

*Keywords:* anthropogenic soils, Horticultural Anthrosols, zonal features

## **REPRODUCTION OF SOILS IN TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE CRIMEAN PENINSULA**

**Ergina E.I.**

Anthropogenic transformations of the Crimean peninsula over the years have led to the formation of unique technogenic landscapes of different ages. Significant areas of land in the republic are occupied by quarries. Quarry excavations and dumps formed during the extraction of building materials and minerals in an open way require a wide range of reclamation works. The most effective will be those works that take into account the speed of the zone-determined process of soil formation, which significantly reduces the cost of work on biological reclamation.

*Keywords:* disturbed lands, technogenic landscapes, rate of soil formation

## **ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL STATE DEGRADED SOILS OF THE ARAL SEA REGION**

**Gafurova L. A., Saidova M. E.**

Saline old-irrigated and new-irrigated meadow-alluvial soils and salt marshes common in the Amudarya and Chimbay districts of the Republic of Karakalpakstan were studied to varying degrees. The studies were carried out on the basis of a comprehensive analysis of the ecological and biological state of irrigated meadow-alluvial soils, taking into account soil and climatic conditions of the Aral sea region. With the use of modern geoinformation technologies, various thematic electronic maps of these territories were created, containing information on the degree of salinity, humus reserves and other physical, chemical and biological properties of the soils of the studied territory. Cartographic models help to give the correct characterization of the course of soil processes and their interrelations, in the development and implementation of measures to identify and prevent potential degradation of agricultural land.

*Keywords:* saline old-irrigated and new-irrigated soils and salt marshes, geoinformation technologies, cartographic models

## **SOIL COVER OF THE SOUTHERN TAIGA KEY AREA (MOSCOW OBLAST) ON THE NEW DIGITAL SOIL MAP OF RUSSIA, 1:2.5 M SCALE**

**Gerasimova M. I., Ananko T.V., Savitskaya N.V.**

The new digital soil map of Russia is compiled by updating soil information in the polygons on the Soil Map of the RSFSR (1988) in the system of the new Russian soil classification (Classification..., 2004; Field..., 2008); the geometrical framework is derived of satellite and geoinformation data. Verification of the transfer of initial soil names into the new ones is being performed on key areas in several soil zones, and Moscow oblast is one of key areas. It was chosen for the abundance and diversity of human-modified soils against the background of rather homogeneous original soil cover dominated by soddy-podzolic soils (Albic Retisols (Loamic)), which provides elaborating approaches for introducing human-modified soils on the map. The method of transferring soil units in the new classification system presumes interpretation of soil

characteristics as diagnostic horizons and genetic properties to identify soils at type and subtype taxonomic levels, respectively.

*Keywords:* database, composition of polygons, soil profiles, human-modified soils

### **DEVELOPMENT OF THE BASIC SOIL CLASSIFICATION OF VLADIMIR FRIDLAND IN THE CLASSIFICATION OF SOILS OF RUSSIA 2004/2008**

**Gerasimova M.I., Khitrov N.B., Lebedeva I.I., Khokhlov S.F.**

The basic three-component classification system of soils of the world was published by V.M. Fridland in 1982, and its profile-genetic component was taken as a basis for the classification of soils of Russia (1997-2004-2008). Substantive-genetic principles of both systems are implemented in diagnostic horizons and genetic properties; both systems have similar hierarchy of taxa, nomenclature, keys. Changes introduced in the classification of soils of Russia derive either of proposals forwarded in the course of its application, or of information accumulated. The main principles are preserved.

*Keywords:* database, composition of polygons, soil profiles, human-modified soils

### **CHERNOZEMS TRANSFORMATION IN URBAN AGGLOMERATION**

**Gorbov S.N., Bezuglova O.S.**

Urban soil cover bears the imprint of the structure and principles of land use, which reflecting of land types diversity of different functional assignment. It is possible to trace ways of Chernozems transformation under the influence of this factor on the Rostov agglomeration territory. The transformation leads to formation of different types of anthropogenic-transformed soils, having morphological signs of chernozemic soil in their profile.

*Keywords:* Chernozems, Urbic Technosols, urban soils, Rostov agglomeration

### **THE METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF IRRIGATED LANDS MONITORING IN THE SOUTH OF EUROPEAN RUSSIA BASED ON SPACE IMAGERY**

**Gorokhova I.N., Pankova Ye.I., Chursin I.N.**

Methodological approaches to irrigated lands monitoring in the south of the European Russia based on satellite imagery from the Landsat-8 satellite are presented. Visual and automated methods are shown. As a result were solved determination of the areas: of irrigated lands, of long-term layland on irrigated arrays, the irrigated areas under different crops, determination of the genesis of the low-contrasting soil combinations on irrigated fields, which are, in turn, determined by the state of cultivated crops and soil properties.

*Keywords:* monitoring, irrigated lands, space imagery.

### **THE PROCESS OF PALUDIFICATION IN SIBERIA: PAST AND PRESENT**

**Inisheva L.I., Kobak K.I., Turchinovich I.E.**

The history of soil formation against the background of the evolution of the biosphere is briefly considered. Particular attention is paid to swampy soil formation. The carbon accumulation rate in the mire ecosystems of Western Siberia in the Holocene is analyzed. Current rates of carbon accumulation and linear peat growth in some types of swamps are determined.

*Keywords:* biosphere, evolution, Holocene, paludification, use.

### **SCIENTIFIC IDEAS OF PEDOLOGIST-GEOGRAPHER V.M. FRIDLAND, THEIR ORIGINS AND DEVELOPMENT (for 100th anniversary)**

**Ivanov I.V., Zamotaev I.V.**



V.M. Fridland (1919-1983) - distinguished pedologist-geographer and cartographer, doctor of geographical sciences, professor, laureate of the Dokuchaev Prize of USSR Academy of Sciences. He developed the doctrine of the structure of soil cover. Editor-in-chief and author of Soil maps: RSFSR, scale 1: 2500000 (1988); Educational World, scale 1: 15 000000 (1984). One of the first Russian soil researchers to humid and arid tropics and subtropics, author of the USSR soil classifications, a number of books on soils.

*Keywords:* V.M. Fridland, the structure of soil cover, Soil map of Russia, soil classification

## **ESTIMATE THE CONDITION AND RECLUTRATION OF THE MINING LANDS AND INDUSTRIAL TERRITORIES**

**Kapelkina L.P., Myazin V.V., Popov A.I.**

Studies of the territories condition in some of the Russian mineral deposits have revealed the main factors of their negative impact on the land resources. The analysis showed that the actually disturbed lands in the mining areas in some cases exceed the areas in the official documents. The quality of land preparation for recultivation does not always correspond to the biological needs of plants.

*Keywords:* disturbed lands, resources, mineral deposits, recultivation

## **CLASSIFICATION OF VOLCANIC SOILS AND SOILS OF THE KURILY ISLANDS ON THE UPDATED SOIL MAP OF RUSSIA, 1 : 2.5 M SCALE**

**Khokhlov S.F.**

The soil cover of the Kurily Islands remains poorly studied, and its representation in soil maps follows the classification of volcanic soils developed on the basis of materials obtained for the Kamchatka Peninsula. In recent years, soil studies on three islands of the Kurily Range proved the necessity of certain changes in the classification of volcanic soils for a more adequate representation of specific volcanic soils developed on the Kurily Islands. Soil units shown on the Soil Map of the Russian Federation (1 : 2.5 M scale, 1988) in the Kurily Islands have been reclassified and renamed according to the new substantive-genetic classification system of Russian soils (2004, 2008). This work has confirmed the necessity of certain changes in the representation of volcanic soils in this system; after being tested in the field, such changes should result in the modification of the map content and the boundaries of soil polygons.

*Keywords:* volcanic soils, soil classification, Kuril Islands

## **SOIL IN ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Khomiakov D.M.**

Ensuring national, environmental, economic and food security are interrelated goals. To achieve them together, there must be regulatory principles and a system of legal measures. The goals of sustainable development imply “climate-neutral” agriculture. It is necessary to have a full-fledged, scientifically based and legal (legally significant) general legal, accurate, unambiguous, defined, well-established, non-contextual definition of soil and its fertility, as a fundamental unique feature.

*Keywords:* soil, environmental safety, agriculture

## **QUANTITATIVE APPROACH TO THE FORMULATION OF THE TERM "HUMUS" OF ARABLE SOILS**

**Kogut B.M., Semenov V.M.**

It is proposed to differentiate the terms of “soil organic matter” and “humus”. A critical analysis of the definitions of “humus” by various authors is given. The author formulates a quantitative approach to this term.

*Key words:* soil organic matter, humus

## **TRANSFORMATION OF THE PHOSPHATIC STATE OF CHERNOZEMS UNDER CONDITIONS OF AGROCENOSIS**

**Kolobova N.A., Egorova Z.N., Matveeva N.V., Kotelnikova A.D., Rogova O.B.**

It has been shown that when mineral fertilizers are applied, the potential buffering capacity of soils and the binding energy of phosphates with soil decreases, and the maximum capacity increases. Upon termination of fertilizer application, the binding energy increases, and the phosphorus maximum capacity decreases. When fertilizers are added, the phosphorus content in the clay and light fractions increases, and in variants with fertilizers aftereffect, these indicators decrease to the level of the control variant. An analysis of the group composition of phosphates showed that the application of mineral fertilizers increased the content of fractions F1, F2, F3, F4. The aftereffect of fertilizer application led to a decrease in the content of fractions F2, F3, F4 in the soil.

*Keywords:* fertilizers background and aftereffect, long-term agricultural field experiment, density fractionation, phosphorus sorption, phosphorus fractionation

## **UPDATING OF THE CONTENTS OF THE SOIL MAP OF RUSSIA, 1:2.5 M SCALE: PROBLEMS, METHODS, AND RESULTS**

**Konyushkov D.E., Gerasimova M.I., Ananko T.V., Lebedeva I.I., Savitskaya N.V., Khokhlov S.F.**

Soil map of the Russian Federation (1:2.5 M scale, 1988) requires updating with the aim to reflect new materials accumulated in the recent decades, real changes in the soil cover, the character of soil transformation under the impact of anthropogenic factor and to ensure more precise localization of mapped objects with the use of digital soil mapping technologies. The new substantive-genetic classification system of Russian soils (2004, 2008) serves as the conceptual basis for this work. The conversion of information from the initial map into this system is performed for each polygon; data on the soils are refined, new types of natural soils are introduced; for the first time, anthropogenically transformed soils are directly shown on the map. The full list of soils and soil combinations has been enlarged by two times. Methods of digital soil mapping are being tested for key areas in different natural zones with the aim to obtain a more detailed and topographically accurate model of the soil cover of Russia.

*Keywords:* classification system of Russian soils, digital soil map, database

## **TECHNOLOGY OF MEASURING THE INTENSITY OF SOIL AND LAND COVER EXPLOITATION FOR SOIL AND LAND USE MONITORING**

**Koroleva P.V., Rukhovich D.I., Rukhovich A.D., Suleiman G.A.**

The supplementation of retrospective monitoring of land cover with information on changes in the intensity of land exploitation significantly enriches the monitoring of agricultural land. There is an opportunity to move from binary logic: processed – not processed to a smooth numerical scale. In addition, determining the intensity of land use allows to evaluate the increase of the load on the soil when changing crop rotation.

*Keywords:* spectral neighborhood of the soil line, remote sensing

## **THE ROLE OF CRYOGENIC PROCESSES IN THE FORMATION OF SOIL COVER STRUCTURE IN CHALKY LANDSCAPES OF SUB-URAL PLATEAU**

**Kovda I.V., Ruabukha A.G., Polyakov D.G.**

The mechanism of complex soil cover structure was studied for the territory with shallow chalk rocks resulting in the chalk spots and microrelief on the surface. We suppose that the structure of soil cover reflects inherited paleocryogenic microrelief and is maintained by modern processes of thaw-freezing. According to the preliminary field diagnostics the soil cover comprises Sod-cryomorphic soils in microdepressions, Sod-cryomorphic cryoturbated soils on microslopes and Pale soils on microhighs.

*Keywords:* modern and paleo cryogenic processes, microrelief, involutions

### **CHANGES IN THE SOIL COVER OF THE FOREST-STEPPE ZONE DUE TO COAL MINING (CASE STUDY IN THE MOSCOW COAL BASIN)**

**Krechetov P.P., Chernitsova O.V.**

Techno-pedogenesis in the territories of abandoned coal mining has led to the transformation of the morphological and chemical properties of natural soils. The most drastic changes were observed in areas adjacent to the spoil heaps and in subsidence areas. Several types of techno-pedogenesis under the impact of sulfidic brown coal mining have been identified and characterized.

*Keywords:* techno-pedogenesis, coal mining, Tula Region

### **TAIGA ZONE SOIL COVER RESEARCH OF WEST SIBERIA**

**Krickov I.V., Gerasko L.I., Anikeeva S.A.**

The taiga zone in the Pleistocene was part of the cryolithozone, modern long-term freezing determines the presence of horizons: eluvial, contact and deep ogle. Along with podzolic soils on alluvial rocks in the soil cover there are marsh, marsh-podzolic, eluvial-gley soils. The transition zone of the sub-taiga-ecotone-is characterized by a wide variety of component composition of the soil cover.

*Keywords:* West Siberia, taiga zone, soil cover structure

### **ASSESSMENT AND MONITORING OF LAND RESOURCES OF RUSSIA USING THE INDICATORS OF LAND DEGRADATION NEUTRALITY**

**Kust G.S., Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Belyaeva M.V., Solovyova E.A.**

Comparison of land degradation by the regions of Russian Federation was carried out using the methodology of Land Degradation Neutrality (LDN), which allows application of global digital technologies to monitor the share of degraded land in the country according to three key indicators: changes in land cover, dynamics of land productivity, dynamics of soil organic carbon stocks. In general, the territory of the Russian Federation is characterized by the predominance of “improved” lands (according the approaches of applied methodology) over “degraded” ones, although the integral LDN indicator accounts for 12.3% (for the period from 2001 to 2015). The largest share of degraded lands is characteristic of southern drought affected regions of the country.

*Keywords:* land resources, land degradation, land degradation neutrality, monitoring

### **INFORMATION SYSTEM FOR SOIL COVER PROPERTIES DYNAMICS AND FORECAST ACCOUNTING**

**Lapa V.V., Matychenkau D.V., Azarenok T.N.**

The information system is aimed at ensuring the optimization of crop requirements for soil cover properties, the ability to predict and adjust its individual properties for use in agricultural production.

*Keywords:* Soil resources, digital soil maps, databases, information systems, Belarus

## **ASSESSMENT OF THE CURRENT ECOLOGICAL STATE OF SOILS IN THE ARCTIC SECTOR OF THE EUROPEAN NORTH-EAST**

**Lapteva E.M., Kaverin D.A., Pastukhov A.V., Shamricova E.V., Shakhtarova O.V.**

The key sites identified in various geomorphological regions of the Bolshezemelskaya tundra are investigated. Soil maps have been prepared, the diversity and correlation of soils represented on the territory of key sites has been estimated. The levels in the soils of the Bolshezemelskaya tundra of heavy metals and trace elements have been established.

*Keywords:* Arctic, tundra soils, soil maps, heavy metals

## **GEOGRAPHY OF THE CHERNOZEMS IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA IN ASSOCIATION WITH THEIR EVOLUTION IN THE HOLOCENE EPOCH.**

**Lebedeva I.I.**

Soils surrounding Zavolzhye low-lying plain are mostly loam-illuvial and textured-carbonate ones, [median horizons](#) being nutty prismatic and having illuviation features. The soil matrix structure is paleocryogenic by nature. The plain itself has migration-micellar and segregation chernozems formed in hydromorphic conditions, there are no features of soil texture in soil profiles. Hydromorphic stage of formation is a cause of unique great depth of Pre-Caucasian chernozems.

*Keywords:* nutty prismatic structure, paleocryogenic processes, hydromorphism.

## **SOIL COVER OF PENZA OBLAST AS A KEY AREA FOR UPDATING THE SOIL MAP OF RUSSIA, SCALE 1:2.5 M**

**Lebedeva I.I.**

Penza oblast was chosen as one of key areas for the process of soil map updating to represent the forest-steppe zone. Dominant soils there, namely, chernozems and grey soils on loams and clays were almost directly correlated with soils in the classification of soils of Russia (2004/2008). Soils on loamy sands, sands and hard rock outcrops were re-interpreted in terms of the new classification basing on their properties and profile composition and received new names.

*Keywords:* content of polygons, diagnostic features, clay-illuvial horizons.

## **TRANSFORMATION OF MOUNTAIN TUNDRA AND ALPINE GRASSLAND SOILS IN CLIMATE CHANGE CONDITIONS**

**Makarov M.I., Kadulin M.S., Sabirova R.V., Malysheva T.I., Turchin S.R., Lifanova V.O.**

The effect of dwarf shrubs with ericoid mycorrhiza (ERM), which releases oxidative and hydrolytic enzymes to the soil, on soil properties of the alpine and mountain-tundra grasslands has been studied. It has been shown that the increased activity of exoenzymes in soil in the presence of ERM plants is maintained even in the soil with high availability of inorganic nitrogen and phosphorus. At low N and P availability mobilized nitrogen- and phosphorus-containing organic molecules are used for microorganisms and plants nutrition, while at high N and P availability organic compounds are not actively assimilated by mycorrhizal fungi and saprotrophic microorganisms.

*Keywords:* mycorrhiza, enzymatic activity, carbon, nitrogen, phosphorus.

## **FUNCTIONING OF EUTROPHIC PEAT SOILS UNDER DIFFERENT LAND USE PRACTICE**

**Maslov M.N.**

Peat soils under different agricultural use practice have the principal differences in the intensity of nitrification, dynamics of mineral and microbial nitrogen. Limitation the activity of microorganisms is change from the availability of nitrogen (in the forest) to the availability of organic matter (on arable land). Changes in peatlands occur in the first years of their development, and the restoration

of the original characteristics does not occur completely even 50 years after the cessation of agricultural use of peatlands.

*Keywords:* nitrification, soil microbial biomass, sustainable land management

## **AGRICULTURAL LAND USE AGROECOLOGICAL ADAPTATION TO CLIMATIC CHANGES IN THE EUROPEAN RUSSIA**

**Mukhin G.D.**

Based on an analysis of the dynamics of climatic indicators in the European part of Russia for the period of the warm trend (1970-2015) the increments in average annual temperatures and rainfall have been detected in most regions of the ETR, especially in the central regions and regions of the southern Non-Chernozem region. A high degree of correlation between the growth of climatic indicators and growth in crop yields has been revealed for the relevant period. The main directions of adaptation of agricultural land use are formulated for different regions depending on climate change parameters and crisis dynamics of land use.

*Keywords:* agrolandscapes, land use, warm climatic trend, sown area, grain yield

## **ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF THE TYUMEN REGION WITHIN THE FRAMEWORK OF MONITORING**

**Okmyanskaya V.M., Bogdanova O.V.**

The article provides statistics for 2014 - 2019. about specially protected natural complexes located on the territory of the complex subject of the Russian Federation - the Tyumen region, the features and main problems in managing the objects of specially protected natural territories of the studied subject are considered.

*Keywords:* specially protected natural territories, land monitoring, system of specially protected natural territories.

## **REGIONAL MAPPING OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF PEAT SOILS USING GPR PROFILING, CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS AND LANDSCAPE METRICS OF ONE TIME SLICE**

**Orlov T.V., Smagin V.A., Kalashnikov A.J.**

There are shown methodical approach of analysing and mapping of morphological structure of peat soils using GPR profiling, convolutional neural networks and mathematical morphology of landscape. GPR profiling, analyzing of remote sensing data, field descriptions and drilling are used as a base of the research. There was trained neural network of 8600 samples. The approach was used and showed its perceptivity for the part of the Vepsovskaya highland.

*Key words:* peat soils, peatland, remote sensing, GPR, mathematical morphology of landscape, neural networks.

## **NATURAL AND ANTROPOGENIC TRENDS OF CHERNOZEM CHANGES ON THE TERRITORY OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND DURING THE LAST 370 YEARS**

**Pesochina L.S., Ivanov I.V., Chendev Yu.G.**

A comparative analysis of soils buried under the different ages ground banks ( the rampart of the Belgorod defence line, built in the 1637-1640 years and the land-surveying ground bank, created along the boundary of the protected area "Yamskaya steppe" in 1938 years) as well as the modern background soils were carried out. The main regularities of chernozem changes on the southern part of the forest-steppe zone of the Central Russian Upland during the last 370 years have been established. It was shown, that there were nothing anybody essential evolutionary transformations

soils at the level of type (subtype) within the last 370 years. The considerable dynamics of carbonates with a pronounced process of downward migration have been revealed.

*Keywords:* chernozems, the forest-steppe zone, trends of changes

### **DIGITAL PHYTOINDICATION OF SOIL SALINITY IN SOLONETZIC COMPLEX OF NORTHERN KALMYKIA**

**Prokopieva K.O., Konyushkova M.V., Novikova N.M., Ulyumdzhev U.Yu.**

At the key site in Kalmykia located in the northwestern part of the Caspian Lowland, the detailed soil-geobotanical studies have been performed to identify the statistical relationship between plant species and soil salinity. Along the 64-long transect with 1-m step, the plant species present at each plot were identified as well as soil salinity (EC1:5 and aNa) in soil samples taken from the depth of - 2, 2-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70, 80-100 cm was measured in the lab. The results allowed us to determine the quantitative boundaries of soil salinity (quartile range) for 16 plant species and for 3 depths (0-30, 0-50 and 0-100 cm). In relation to soil salinity, three groups of plants were distinguished: (1) found only on non-saline soils; (2) preferring non-saline soils, but also found on saline soils; (3) preferring saline soils and very rarely found on non-saline soils.

*Keywords:* Caspian lowland, solonetzic complexes, soil salinity, vegetation

### **ATOMATED DETECTION OF PROPERTIES OF ARABLE SOILS BASED ON REMOTE SENSING DATA: POSSIBILITIES AND PROBLEMS**

**Prudnikova E.Yu., Savin I.Yu., Vindeker G.V., Grubina P.G., Sharychev D.V., Shchepot'ev V.N., Vernuk Yu.I.**

The report discusses the main possibilities for detecting the properties of arable soils based on remote sensing data. Special attention is paid to the existing problems of the remote data application for the mapping of the properties of arable soils and methods for solving these problems.

*Keywords:* spectral reflectance, arable soils, remote sensing data

### **DETECTION OF PROPERTIES OF ARABLE SOILS BASED ON REMOTE SENSING DATA**

**Prudnikova E.Yu., Varlamov E.B., Abrosimov K.N., Kholodov V.A., Savin I.Yu.**

The report, using the example of gray forest soil, leached chernozem and sod-podzolic soil, deals with the changes in the properties of the open surface of arable soils (pore space, particle size distribution and mineralogical composition, organic matter) that occur during its transformation under the influence of atmospheric precipitation.

*Keywords:* open surface, arable soils, porosity, organic matter, mineralogy, soil crust

### **ALGORITHMS OF "DIGITAL" SOIL CLASSIFICATION**

**Rozhkov V. A.**

The most important problems of the world soil science are the classification of soils, which are considered the philosophy and language of science. However, the existing diverse structures describing national and international soil sets are not strictly classifications. These are no more than lists of soil names arranged in some order: by natural zones, vegetation, series, etc. Further study of such structures is aimed at finding new soils, additional indicators, and clarifying the intervals of their values. The necessary provisions of the scientific concept of classifications are not used: indicators of similarity-differences of soils, assessments of informative characteristics, quality criteria and comparison of classifications, formal rules for recognition of new soils, etc.

Soil lists should be considered as the starting material for the creation of these classifications. Such lists are absolutely necessary for understanding the real diversity of soil profiles and taking into account the opinions of different scientists and practitioners, determining soil characteristics for the subsequent formation of the required attributes of formalized classifications.

The report presents an algorithm (meta-algorithm) for constructing a formalized classification of soils as a completion of traditional constructions. The meta-algorithm software includes software modules that have been tested over many years of use in solving real-world problems. Creation of hierarchical and coordinate taxonomic classification based on equivalence classes is provided. Estimates of informative features are proposed, calculations of similarity-difference of objects and classes, weighted pair-group criterion of grouping by the principle of "nearest neighbor" are formalized. For the first time the criteria of quality of classification and their comparison among themselves are used. Recognition of new soils is carried out by discriminant analysis and / or by similarity of their descriptions with the established objects.

*Keywords:* structure of the classification concept, information content of soil features, quality assessment and comparison of classifications, soil recognition.

## **COMPARISON OF WATERLOGGING CRITERIA FOR SOIL SURVEY AND ESTIMATION OF LANDS**

**Rukhovich D.I., Kalinina N.V., Dolinina E.A., Shapovalov D.A.**

In land management, the term waterlogging is used on arable land to designate areas of limited agricultural use. On the soil maps of the first three rounds of the survey, waterlogged soils are also determined in areas where agricultural land use is complicated. For modern soil science, overmoistening is only a taxonomic term that does not carry information about possible land use. The contradiction can be resolved on the basis of retrospective monitoring of soil and land cover technology.

*Keywords:* retrospective monitoring, soil maps

## **BIG SATELLITE DATA OF PRECISION AGRICULTURE AS THE BASIS FOR LAND EVALUATION**

**Rukhovich A.D., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kulyanitsa A.L.**

The analysis of the effectiveness of using maps of stable intra-field heterogeneity of soil fertility in precision farming systems is carried out. It is shown that, on the basis of maps of stable intra-field heterogeneity, task maps for precision farming can be constructed. The economic efficiency of using task maps for the differential application of chemicals was calculated. Economic efficiency is determined by a yield increase of at least 0.5 t / ha with constant volumes of fertilizers applied on the field. Different economic efficiency of using different parts of the field can be used in cadastral evaluation.

*Keywords:* maps of intra-field heterogeneity, fertility, remote sensing, spectral characteristics

## **RED BOOK OF SOILS OF RUSSIA – HISTORY AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

**Sabodina E. P., Melnikov S. Yu.**

In this work, some important stages of the formation and development of works on the creation of the Red Book of Russian Soils and the Red Book of Soils of the RF subjects are revealed, the possibility of creating the Red Book of Soils of Russia and adjacent countries is shown, the main ecological functions of the soil are revealed, some important circumstances, tasks and problems that stand in the way of creating the Red Book of Russian Soils and the Red Books of Soils of the RF Subjects

*Keywords:* special soil protection, fundamental soil science, ecological functions of the soil, the Soil Red Book, CPS (valuable soil object)

## **THE MAIN PROBLEMS DURING THE STATE CADASTRAL VALUATION OF AGRICULTURAL LAND**

**Sapozhnikov P.M.**

The analysis of the methodology of cadastral valuation of agricultural land in modern legislation is given. The main difficulties and problems in determining the cadastral value are shown.

*Keywords:* methodology of cadastral valuation of agricultural land, the main methodological and technological problems.

## **UPDATING OF THE SOIL MAP OF RUSSIA, SCALE 1:2.5 M: SOILS OF THE FLOODPLAINS**

**Savitskaya N.V., Ananko T.V.**

Within the framework of the soil map updating, seven soil units of alluvial soils (out of 205) in the map legend were transferred in the nomenclature of the new classification system of Russian soils. Simultaneously, the composition of mapping units – polygons in the database was revised. For more adequate presentation of soil patterns, both local, namely, inherent to floodplains, and zonal ones, the additional soil units were introduced in the database, in particular, agro-soils and urbo-soils in the same way as it was done for polygons beyond river valleys.

*Keywords:* database, floodplains, classification of Russian soils

## **ASSESSMENT OF CHANGES IN PROPERTIES AND COMPOSITION OF SOD-PODZOLIC SAND SOILS OF AGRICULTURAL LANDS OF BELARUS**

**Shulgina S.V., Azarenok T.N., Matychenkova O.V.**

The article presents the ecological assessment of the transformation of sod-podzolic sand soils under the influence of agrogenesis on the basis of using the values of criteria's deviations of the genetic properties of arable soils from the original (natural) state. The «very strong» degree of transformation of their modern varieties, which is characterized by a favorable direction for agriculture.

*Keywords:* sod-podzolic soil, sandy rocks, transformation, properties, assessment

## **EROSION SOIL COVER PATTERNS: GENESIS AND DIVERSITY OF COMPONENTS**

**Smirnova M.A., Zhidkin A.P., Lozbenev N.I., Zazdravnykh E.A.**

The work is devoted to revealing the features of the spatial interdependence of the erosion soil cover patterns (ESCP) components, i.e. patterns, where erosion processes are the leading factor in the formation and evolution of the soil cover pattern. The ESCP map of the Prokhorovsky district the Belgorod region (70 000 ha) is created on the base of 639 soil descriptions, a digital elevation model, a traditional soil map, and erosion modeling (WATEM / SEDEM). It is shown that with an increase in the proportion of eroded soils in the composition of the soil cover there is a decrease of the components of soil cover and the increase of soil cover discreteness and complexity.

*Keywords:* Chernozems, WATEM/SEDEM, Belgorod region, digital soil mapping

## **REMOTE ASSESSMENT OF SOIL-ENVIRONMENTAL CONDITION OF MAN-CAUSED LANDSCAPES ON THE EXAMPLE OF GORLOVSKY ANTHRACITE DEPOSIT (NOVOSIBIRSK REGION)**

**Sokolov D.A., Sokolova N.A.**



Due to the increasing rates of coal mining in the Novosibirsk region, it is advisable to use remote sensing data to monitor the soil-environmental condition (SEC) of quarry-dump complexes. The best indication of the soil-environmental condition of the man-caused landscape is given by vegetation, since its characteristics are associated with the evolution stage of young soils. The possibility of using vegetation indices (NDVI, SAVI) for remote assessment of soil cover is investigated. It is shown that young areas of dumping dense rocks are characterized by unfavorable SEC. Good condition is registered in the old areas of dumping with an admixture of loose rocks.

*Keywords:* soil-environmental condition points, man-caused landscapes, vegetation indices.

### **ANTROPOGENNICALLY TRANSFORMED STRUCTURE OF THE SOIL COVER OF THE FOREST ZONE**

**Sukhacheva E. U., Aparin B. F.**

This study is devoted to the determination of the main types of soil cover structures (SCS) in anthropogenically transformed landscapes of the forest zone. 16 different groups of anthropogenically transformed and anthropogenic SCS were identified and their characteristics were given.

*Keywords:* soil cover, anthropogenically transformed landscapes and soils

### **AGRO-RESOURCE POTENTIAL OF THE SOILS THE LENINGRAD REGION**

**Timofeeva Y.R., Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu.**

The paper presents a method for assessing the agro-resource potential of soils of the Leningrad region. The specific and total agro-resource potential for natural and agro-soils is calculated. Trends of their change for natural and agricultural soils are also established.

*Keywords:* agro-resource potential of the soils, arable land, soil resources, soil resource potential, soil and agrochemical indicators, digital soil map

### **THE USE OF MODELS OF MATHEMATICAL MORPHOLOGY OF LANDSCAPE IN THE STUDY OF SOIL COVER STRUCTURE**

**Victorov A. S.**

Promising for the study of the structure of the soil cover is the use of the results of mathematical morphology of the landscape. The most promising areas of application are the identification of the quantitative regularities of structure structures of the soil cover, the study of patterns of change in the structures of the soil cover in particular for large time of development, analysis of the most complex situations of development of structures of soil is a dynamic equilibrium, optimization, quantitative indicators of soil cover structure, a retrospective analysis of changes in the structure of the soil cover.

*Keywords:* structure of soil cover, morphological structure of landscape, mathematical model of landscape pattern, mathematical morphology of landscape.

### **INVENTORY OF SOIL AND LAND RESOURCES OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN BY METHODS OF RETROSPECTIVE MONITORING**

**Vilchevskaya E.V., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Rukhovich D.I.**

Methods of retrospective monitoring of soil and land cover have established a reduction of arable land in the Pestrechinsky district by 18-20%. The removal of arable land from agriculture is mainly irreversible and is not associated with soil cover. In the Sabinsky district, the area of arable land decreased by 5-6%. The main reasons for the reduction of arable land are the artificial afforestation of the least fertile land.

*Keywords:* monitoring of agriculture, remote sensing data

## **THE ROLE OF LIMING AND MINERAL FERTILIZERS IN THE CHANGE OF PROPERTIES OF FOREST SOILS IN THE LONG EXPERIENCE**

**Yakovleva L. V., Nikolaeva E. A.**

The influence of liming and long-term use of mineral fertilizers on the change of some properties of podzolic soil determining its fertility is studied. These are parameters of acid-base equilibrium, change of group and fractional composition of humus, capacity of cation exchange of soil, change of mineral part of soil. The stabilizing role of liming is established.

*Keywords:* soil, mineral fertilizers, liming, fertility

## **APPLICATION OF SOIL EROSION MODELS FOR STUDYING TRANSFORMATION OF SOIL COVER PATTERNS**

**Zhidkin A. P., Lozbenev N. I., Shamshurina E. N., Fomicheva D. V., Smirnova M. A., Komissarov M. A.**

This paper presents the results and the possibility of using mathematical erosion models to assess of soil cover (SC) transformation in key regions (areas) of Belgorod, Moscow and the Republic of Bashkortostan. The significant regional features of SC erosion transformation due to physical and geographical conditions and land use history have been identified. The conducted studies indicate that erosion modeling is highly promising, provided that the regionally determined input modeling parameters are carefully considered.

*Keywords:* WaTEM/SEDEM, history of agricultural land development, sediment accumulation

## **AGGREGATE STRUCTURE OF SOILS IN DEPRESSIONS COMPLEXES OF EUROPEAN RUSSIA**

**Zubkova T.A., Sukhanova N.I., Kiryushin A.V.**

In European Russia, lowland complexes with increased release of endogenous hydrogen are found, which affects the properties of soils and vegetation. The mechanical strength of aggregates from ordinary chernozems in the conditions of increased flows of H<sub>2</sub> (Voronezh region) and background (Rostov region) were investigated. It is shown that under conditions of hydrogen fluids in soils, changes occur at the aggregate structural level in the direction of reducing the mechanical strength of aggregates by 2–3 times compared to the control section. The strength of aggregates decreased with increasing humus content. In the absence of H<sub>2</sub>, an inverse relationship was observed.

*Keywords:* endogenous hydrogen, aggregate strength, chernozem

**Научное издание**

**ПОЧВЕННЫЕ И ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ:  
СОСТОЯНИЕ, ОЦЕНКА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
К 100-летию В.М. Фридланда**

**Сборник докладов  
Третьей Всероссийской открытой конференции с международным участием**

**Москва, 9 - 11 декабря 2019 г.**

(электронное издание)

Почвенный институт имени В.В. Докучаева  
119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2 Тел. +7 (495) 951-50-37 E-mail:  
info@esoil.ru