



СБОРНИК ТРУДОВ
Международной молодежной научной конференции
IV Вильямсовские чтения -
«Генетическая и агрономическая оценка почв»
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Москва, 2019

УДК 631.4

ББК 40.3

Под редакцией

д.б.н., профессора В.Д. Наумова

Составитель:

А.В. Чинилин

Сборник трудов Международной молодежной научной конференции «Генетическая и агрономическая оценка почв» / Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева. - Москва: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. 2019. 151 с.

В сборнике представлены тезисы статей в *авторской редакции*, подготовленные для Международной молодежной научной конференции IV Вильямсовские чтения «Генетическая и агрономическая оценка почв», которая проходила в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 5-6 декабря 2019 г.

Сборник предназначен для студентов бакалавриата, магистратуры, аспирантов, преподавателей, научных работников.

Содержание

Секция «Агрономическое почвоведение»	5
Н.А. Александров	5
Ю.Э. Алексеева	7
М.А. Волкова.....	10
Р.Х. Исламзаде	12
Г.К. Клышбекова.....	14
А.В. Козлов, А.Х. Куликова.....	15
М.А. Кочанов, М.Р. Кузьмин	19
В.А. Матюгин.....	21
А. В. Михайленко	22
Т.С. Морозова, Т.А. Тимофеев	24
В.П. Паршинская.....	27
А.А. Попова	30
Д.О. Рогожин	33
А.В. Ручкина, Т.Ю. Амелина, И.Н. Пузырева.....	36
А.Д. Савченко.....	39
И.А. Сахабиев.....	41
К.А. Шмакова	44
Секция «География и картография почв»	47
М.Р. Кузьмин.....	47
А.А. Меженков, А.А. Сухарев, Ю.А. Литвинов	49
И.Р. Мутыгуллин, Е.С. Югай, А.С. Мартыненко, Д.А. Малышев, В.С. Печёнкина, А.А. Шумихина, А.А. Морозов.....	52
Л.А. Федченко, Е.Г. Пивоварова	55
Д.В. Фомичева, А.П. Жидкин	58
Секция «Лесное почвоведение»	61
Е.Н.Деревенец	61
А.А. Морозов, И.С. Илюшкин, Д.А. Малышев, В.С. Печёнкина, А.А. Шумихина, Е.С. Югай, И.Р. Мутыгуллин, А.С. Мартыненко	64
М. А. Кочнева, М. К. Рубец	67
А.И. Лосев, В.Д. Наумов, Н.Л. Каменных.....	68
Д.А. Малышев, В.С. Печёнкина, Е.С. Югай, И.Р. Мутыгуллин, А.А. Шумихина, А.А. Морозов, А.С. Мартыненко	70
В.С. Печёнкина, А.А. Шумихина, Д.А. Малышев, А.А. Морозов, Е.С. Югай, И.Р. Мутыгуллин, А.С. Мартыненко	73
И.А. Савельев	76

Г.И. Смицкая, Н.П. Неведров, Е.П. Проценко	79
Е.Ю. Чебыкина, Е.В. Абакумов, Г.В. Гладков, А.К. Кимеклис, Е.В. Першина,	82
Е.С. Югай, И.Р. Мутыгуллин, А.С. Мартыненко, Д.А. Малышев, В.С. Печёнкина, А.А. Шумихина, А.А. Морозов	85
Секция «Мелиорация и охрана почв».....	88
В.В. Вилкова, В.В. Шабунина	88
С.Л. Добрянская	90
О.С. Запоточная, А.А. Титков.....	92
Е.А. Именная	93
Е.А. Клеутина, П.М. Сапожников	96
В.С. Кондрашина, А.В. Ланкин	99
И.П. Лобзенко, Т.В. Бауэр, Т.М. Хассан, С.С. Манджиева, С.Н. Сушкова, А.В. Барахов, Т.М. Минкина.....	101
А.А. Прохоров	103
О.А. Стрижников	105
Е.С. Федоренко, В.В. Зинченко, А.В. Горовцов, Т.М. Минкина	107
Н.П. Черникова, В.А. Чаплыгин, Т.М. Минкина, В.В. Зинченко	110
В.В. Шабунина, В.В. Вилкова	112
Секция «Физика и химия почв»	115
А.М. Ахмедова, Н.Г. Гумматов	115
Р.Р. Ахметзянова.....	118
Н.А. Василенко	119
Т.С. Дудникова, С.Н. Сушкова, Т.М. Минкина, Е.М. Антоненко, Н.А. Дорохова,	122
И. Ш. Игизбаев, Р. Ф. Хасанова	125
М.А. Кочанов.....	127
О.С. Кубик	130
Г.А. Плахов, В.А. Иволгина.....	133
Н.С. Родионова, Г.А. Ягафарова	135
П.Н. Скрипников, С.Н. Горбов, О.С. Безуглова	137
С.С. Тагивердиев, О.С. Безуглова, С.Н. Горбов, А.К. Шерстнев, В.С. Титаренко	140
Г.В. Цуркан, И. Н. Семенова	143
О.О. Шаповалова	145
О.В. Шопина, И.Н. Семенов, Т.А. Парамонова	149

Секция «Агрономическое почвоведение»

УДК 631.42

АГРОНОМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УРБАНИЗИРОВАННЫХ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА)

Н.А. Александров

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

AGRONOMIC PROPERTIES OF URBAN AGRISOD-PODZOLIC SOILS (FOR EXAMPLE, ENVIRONMENTAL STATIONARY RSAU-MTAA)

N.A. Alexandrov

RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev

Глобальные изменения климата, а также проблемы, связанные с продукционной безопасностью, требуют новых подходов к их решению. Так, ФАО активно поощряет концепцию «Городского» сельского хозяйства, то есть выращиванию сельскохозяйственной продукции в черте города.

Нужно учитывать, что как растениеводство, так и животноводство в городской черте несут ряд экологических рисков (загрязнение почв тяжелыми металлами, активное использование химических средств защиты растений и т.д.).

В задачи исследования входило:

Анализ пестроты почвенного покрова путем анализа биомассы растений; анализ агрохимических и агроэкологических параметров почвы.

В качестве исследуемых культур были выбраны: яровая пшеница сорта «Рима» (*Triticum aestivum* L.) и яровой ячмень сорта «Михайловский» (*Hordeum vulgare* L.).

Рассматриваемая территория, более 30-ти лет назад использовалась под пастбище, а затем как залежь. Строительство неподалеку участков создало экологические риски и обустройство территории [3].

Преобладающие почвы на участках: урбанизированные агродерново-подзолистые легкосуглинистая на двучленных отложениях с погребенным гумусовым горизонтом. Изначально погребенный гумусовый горизонт диагностировался нами как «глеевый», однако последующий анализ показал на глубине 70-80 см содержание гумуса равное 2,8%.

Почвенные показатели участка представлены в таблице 1 [1].

Следует обратить внимание на выбранную методику определения подвижного фосфора.

В зависимости от типа почв выбирают метод определения подвижных соединений фосфора в почве: Кирсанова, Чирикова или Мачигина. Но стоит учесть, что играет не столько тип почвы, сколько её кислотность, а так как рН участка преимущественно слабощелочная, необходимо проводить анализ по вытяжке Мачигина, использующуюся преимущественно для черноземных типов почв [2].

Также стоит проанализировать содержание подвижных форм некоторых тяжелых металлов на участке, чтобы в последствие проанализировать безопасность получаемой продукции (табл.2).

Содержание анализируемых тяжелых металлов не превышает ПДК для подвижных форм, что дает нам основания предполагать, что конечная продукция будет безопасна с точки зрения загрязнения тяжелыми металлами.

Культуры возделывались по «традиционной» технологии: подкормка на стадии кущения аммиачной селитрой в дозировке 50 кг/га.

Делянки были расположены таким образом, чтобы захватывать всю почвенную пестроту полевого участка (110 метров в длину, 8 метров в ширину).

Таблица 1 – Агрохимические показатели Южного поля Экологического стационара РГАУ-МСХА

Номера смешенных проб	Южное поле					
	Гумус, %, ± Δ	pH сол.	pH вод.	NO ₃ ⁻ , мг/кг, ± Δ	NH ₄ ⁺ , мг/кг, ± Δ	P ₂ O ₅ , мг/кг, по Мачигину, ± Δ
1	3,84 ± 0,57	7,6	8,0	23,1 ± 1,73	95,3 ± 7,15	115,9 ± 23,18
2	3,87 ± 0,59	7,2	7,8	16,7 ± 1,25	102,7 ± 7,70	116,8 ± 23,36
3	3,38 ± 0,51	7,3	7,8	17,1 ± 1,30	126,5 ± 9,49	122,0 ± 24,40
4	4,41 ± 0,66	7,3	7,8	18,6 ± 1,40	95,7 ± 7,14	123,2 ± 24,64
5	4,96 ± 0,50	7,4	7,7	14,2 ± 1,07	115,3 ± 8,65	121,3 ± 24,26
6	7,37 ± 0,74	7,2	7,4	31,4 ± 2,36	84,8 ± 6,36	126,8 ± 25,36
7	5,62 ± 0,56	7,4	7,8	25,2 ± 1,89	120,9 ± 9,07	123,8 ± 24,76
8	7,60 ± 0,76	7,3	7,6	33,2 ± 2,49	77,6 ± 5,82	123,6 ± 24,72
9	7,03 ± 0,70	7,0	7,5	15,1 ± 1,13	126,3 ± 9,47	124,5 ± 24,90
10	8,55 ± 0,86	7,0	7,5	23,6 ± 1,77	111,0 ± 8,33	127,6 ± 25,52
11	7,17 ± 0,72	7,0	7,5	29,8 ± 2,24	100,2 ± 7,51	132,5 ± 26,50
12	4,51 ± 0,68	7,3	7,6	12,3 ± 0,92	104,1 ± 7,81	125,2 ± 25,04
13	5,27 ± 0,53	6,9	7,4	10,7 ± 0,80	109,9 ± 8,24	122,3 ± 24,46
Среднее	5,72	7,2	7,6	20,9	105,4	123,5
СКО	1,70	0,20	0,19	7,43	15,03	4,32

Таблица 2 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов на Южном поле Экологического стационара РГАУ-МСХА, мг/кг

ТМ	Zn (I класс опасности)	Pb (I класс опасности)	Cd (I класс опасности)	Cu (II класс опасности)
Содержание ТМ, мг/кг	10,00 ± 3,15	3,05 ± 0,44	0,07 ± 0,05	2,74 ± 0,25
ПДК, мг/кг	23,0	6,0	0,2	3,0

При проведении исследований было отмечено разделения участка на четыре отдельные зоны, которые значительно отличались по биомассе культур (высоте растений и длине колоса). На более благоприятных участках высота пшеницы варьирует в среднем от 90,7 см до 107,5 см, на менее продуктивных участках от 72 до 85 см, аналогичная картина наблюдается и на ячмене, при этом четкой корреляции между высотой растения и длиной колоса не наблюдается. Такой разброс высоты растений по участку при единой системе питания и не высоких различиях в содержании питательных элементов говорит о неоднородности почвенного покрова, который неоднократно подвергался антропогенному воздействию, результатом чего стал мощный насыпной горизонт между новым и старым гумусовым [3]. Поэтому, при дальнейших работах необходимо учесть обнаруженную неоднородность, изучить и закартировать участок более детально.

Литература

1. Джанчаров, Т.М. Опыт создания базы данных для модели автоматизированной системы агроэкологической оценки почв и земель, адаптированной к городским условиям / Т.М. Джанчаров, П.К. Глушков, Н.А. Александров //Агрохимический вестник, 2019. - №2. – С. 26-32.
2. Попова Л.Ф., Никитина М.В. Кумуляция, миграция и трансформация фосфора в почвах города Архангельска // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-1. – С. 70-74.
3. Яшин, И.М. Путеводитель научных почвенно-экологических экскурсий в лесных и аграрных ландшафтах ЦЛГПБЗ и мегаполиса Москвы / И.М. Яшин, И.И. Васенев, С.Л. Белопухов; под ред. И.М. Яшина. М.: РГАУ-МСХА, 2018 г. – 128 с.

УДК 631.4

ПЕРВИЧНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СКРИНИНГ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ "NERO ORIGINAL" НА СЕМЕНА РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Ю.Э. Алексеева

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

PRIMARY LABORATORY SCREENING OF GROWTH-STIMULATING PROPERTIES OF
ORGANOMINERAL FERTILIZER "NERO ORIGINAL" FOR SEEDS OF VARIOUS CROPS

Yu.E. Alekseeva

RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev

Проблема воспроизводства плодородия почвы является актуально и значимой в Нечерноземной зоне РФ. Научные исследования указывают о количественном и качественном снижении показателей плодородия почвенного покрова при пролонгированной нагрузке на агроэкосистемы [1, 2]. Многие исследования в своих работах доказывают необходимость широкого использования местных органических удобрений в сельском хозяйстве, полученных в результате переработки и утилизации отходов сельского хозяйства, так и при регулировании уровня трофности аквальных природно-антропогенных систем [3, 4, 5].

Использование местных органических и органоминеральных удобрений. Залежи сапропеля обнаруживаются в пресноводных озерах, оставшихся с времен последнего ледникового периода. Неро – пресноводное озеро на юго-западе Ярославской области. Дно озера покрыто толстым слоем сапропеля. Объектом исследования является органическое удобрение на основе сапропеля озера Неро и торфа. Были изучены ростостимулирующие свойства удобрения на семенах различных культур.

Для исследования использовались водные суспензии торфосапропеля в 2% концентрации. В качестве стандарта использована вода. Семена проращивали в чашках Петри с четырехкратной повторностью в течение 7 суток. В каждую чашку помещали на проращивание по 25 семян. Общее количество чашек составляло 36. Изучение действия удобрений проводили на следующих культурах: томат сорта «Дубрава», яровая пшеница сорта «Лада», капуста белокочанная сорта «Слава 1305».

В опыте определяли число и процент нормально проросших семян на 3-и сутки (энергия прорастания) и на 7-ые сутки после начала опыта (всхожесть). На 7-ые сутки проводился также замер основных биометрических показателей: высоты побега (мм), длины основного корня (мм), числа корней 2-го порядка (шт). Результаты измерений были обработаны в соответствии с методикой А.В. Соколова и Д.Л. Аскинази (1967) методом дисперсионного анализа с помощью программного комплекса STRAZ, в результате чего была рассчитана НСР05 (наименьшая существенная разность между вариантами опыта при 5% уровне значимости).

Исследования проводились в соответствии с методикой, изложенной Т.А. Сергеевой (1963). Проведены лабораторные исследования физических, химических и микробиологических свойств представленных удобрений. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика торфосапропеля «NeroOriginal»

№ п/п	Наименование показателей	Результаты исследований	Характеристика погрешности, Δ	Метод испытаний
Агрофизических и агрохимических показатели				
1.	Плотность, г/см ³	1078	±54	
2.	Содержание влаги, %;	96,0	± 1,3	ГОСТ 26713-85
3.	Зольность, %;	63,2	± 1,9	ГОСТ 26714-85
4.	Содержание органического вещества, %;	36,8	± 0,29	ГОСТ 26714-85
5.	Азот общий, %	1,4	± 0,2	ГОСТ 26715-85
6.	Фосфор валовый, %	0,15	± 0,01	ГОСТ 26717-85
7.	Калий валовый, %	0,67	± 0,03	ГОСТ 26718-85
8.	Азот аммонийный, мг/кг;	471	± 35	ГОСТ 26716-85
9.	Азот нитратный, мг/кг;	11,2	± 0,8	ГОСТ 30181.3-94
10.	Фосфор подвижный, мг/кг;	191	± 23	ГОСТ Р 54650-11
11.	Калий подвижный, мг/кг;	3154	± 315	ГОСТ Р 54650-11
12.	Удельная электрическая проводимость, мСм/см	8,77	± 0,4	ГОСТ 26423-85
13.	pH вод., ед.	11,2	± 0,2	ГОСТ 27979-88
14.	Содержание гуминовых кислот, %	21,4	± 3,2	По Кононовой-Бельчикивой
15.	Содержание фульвокислот, %	9,3	± 1,4	
Валовое содержание микроэлементов и тяжелых металлов:				
16.	магний, мг/кг	426,0	± 21,3	МВИ № 2420/69 - 2004
17.	кальций, мг/кг	314,7	± 15,7	
18.	медь, мг/кг;	4,2	± 0,2	
19.	цинк, мг/кг;	9,1	± 0,5	
20.	свинец, мг/	7,0	± 0,4	
21.	никель, мг/кг;	1,9	± 0,1	
22.	молибден, мг/кг;	4,5	± 0,2	
23.	кадмий, мг/кг.	0,3	± 0,01	
24.	железо, мг/кг.	265,4	± 13,3	

Органическая масса всех исследуемых торфосапропеля обладает высокими показателями содержания подвижных форм питательных веществ макроэлементов. Характеризуется низким валовым содержанием тяжелых металлов, концентрация которых значительно ниже установленных норм ПДК, предъявляемых к органическим удобрениям.

Проведено определение содержания естественных и искусственных радионуклидов, радиоцезия и радиостронция в образцах сапропеля (табл. 2).

Загрязнение образцов искусственными радионуклидами не обнаружено. Содержание естественных радионуклидов радия, тория и калия – среднее, типичное для сапропелей.

Результаты комплексной оценки действия удобрения на семена представлены в таблице 3.

При сравнительной комплексной оценке влияния ростостимулирующих свойств суспензии торфосапропеля «NeroOriginal» на семена различных культур было установлено,

что суспензия торфосапропеля «NeroOriginal» не оказывает отрицательного влияния на рост и развитие всходов семян томата, пшеницы, и капусты белокочанной.

Таблица 2 - Результаты исследования содержания естественных и искусственных радионуклидов, в образцах сапропеля а торфосапропеля «NeroOriginal»

Удельная активность	Искусственные радионуклиды		Естественные радионуклиды			
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	Aэф
Бк/кг	45±15	0	13±9	21±15	37±11	43,7

Таблица 3 - Результаты комплексной оценки действия 2 % суспензии «NeroOriginal» на семена различных культур

Показатели	Вода	2% суспензия торфосапропеля «NeroOriginal»	НСР ₀₅
<i>Томат</i>			
Энергия прорастания, %	71,1	78,4	9,1
Высота побега, мм	23,8	35,9	1,2
Длина корней, мм	35,3	53,4	2,5
Количество корней 2 порядка, шт	0,6	1,1	0,2
Всхожесть, %	77,3	82,0	3,8
<i>Яровая пшеница</i>			
Энергия прорастания, %	85,6	93,2	7,6
Высота побега, мм	70,1	74,3	3,6
Длина корней, мм	85,2	84,2	4,6
Количество корней 2 порядка, шт	3,7	4,5	0,5
Всхожесть, %	89,6	97,1	1,3
<i>Капуста белокочанная</i>			
Энергия прорастания, %	84,0	91,9	5,0
Высота побега, мм	20,8	28,0	2,1
Длина корней, мм	50,9	57,7	4,1
Количество корней 2 порядка, шт	0,8	2,1	0,2
Всхожесть, %	93,0	95,8	3,3

На основании проведенных лабораторных исследований по влиянию раствора органического удобрения, можно сделать вывод о возможном применении суспензии торфосапропелей «NeroOriginal» в качестве биостимулятора роста и развития всходов сельскохозяйственных культур для семейств паслёновые, крестоцветные и злаковые.

Литература

1. Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф., Рогожин Д.О., Ефимов О.Е. Изменение показателей состояния органического вещества и физических свойств чернозема южного при переходе от традиционной к нулевой обработке Земледелие.2018. №8. С.14-16.
2. Борисов Б.А., Ганжара Н.Ф. Органическое вещество почв (генетическая и агрономическая оценка) Москва, 2015. 214 с.
3. Ефимов О.Е. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв в процессе их сельскохозяйственного использования в подзоне южной тайги. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Тверская государственная сельскохозяйственная академия. Тверь, 1999.

4. Ефимов О.Е., Ефимова Л.А. Биоконверсия в обеспечении экологической безопасности сферы деятельности человека. Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 2. № 3. С. 129-131.

5. Лотош Т.Д. Экспериментальные основы и перспективы использования препаратов гуминовых кислот из торфа в медицине и сельскохозяйственном производстве. // Биологические науки. 1991. № 10. С. 99–103.

УДК 631.81.095.337

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА И КРЕМНИЯ НА УРОЖАЙ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА «НАДЕЖНЫЙ» ПРИ ПОВЫШЕННОМ СОДЕРЖАНИИ АЛЮМИНИЯ В ПОЧВЕ

М.А. Волкова

РГАУ– МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

INFLUENCE OF SELENIUM AND SILICON ON THE HARVEST OF BREWING BARLEY OF “RELIABLE” VARIETY AT THE INCREASED CONTENTS OF ALUMINUM IN SOIL

M.A.Volkova

RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev, Moscow

Одним из основных факторов, препятствующих получению высокого и качественного урожая сельскохозяйственных культур в условиях Нечерноземной зоны, является интоксикация растений алюминием, высокое содержание которого характерно для кислых дерново-подзолистых почв [5].

Сегодня известкование в Нечерноземной зоне проводится редко, в связи с этим возникает опасность повышения концентрации алюминия в почве и проявление его негативного влияния на растения.

Растению для нормального роста и развития наряду с основными макроэлементами необходимы также и микроэлементы. Известно, что отдельные микроэлементы и кремний оказывают положительное влияние на процессы прорастания семян [6,7]. Кроме того, кремний и многие микроэлементы участвуют в биохимических процессах растительного организма, оказывают стимулирующее воздействие на рост корневой системы, тем самым улучшая питание растения другими элементами [1,4,6]. Согласно многочисленным исследованиям, некоторые элементы обладают протекторным действием, защищая растения от воздействия стрессовых факторов окружающей среды [2,7].

Ввиду этого снижение токсического действия алюминия на растения можно достичь не только известкованием почв, но и применением отдельных элементов, а именно селена и кремния.

В связи с этим в 2019 году нами был проведен вегетационный опыт на кафедре агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с целью изучения влияния предпосевной обработки семян селеном и кремнием на урожай пивоваренного ячменя сорта «Надежный» в условиях абиотического стресса.

Растения выращивались в сосудах Митчерлиха с массой абсолютно сухой почвы 5,0 кг. Опыт проводился в 4-х кратной повторности на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, которая была привезена с Центральной опытной станции ФГБНУ ВНИИ Агрохимии имени Д.Н. Прянишникова.

Почва характеризуется низким содержанием гумуса – 1,3%, рН_{KCl} – 4,5; гидролитическая кислотность составила 6,9 мг-экв/100г почвы; сумма обменных оснований – 6,4 мг-экв/100 г почвы, емкость катионного обмена –13,3 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 48%. Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора соответствует II классу, калия – VI классу по Кирсанову. При набивке сосудов дополнительно вносился N в дозе 150 мг/кг в соответствии с рекомендациями З.И. Журбицкого [3].

Токсическая концентрация алюминия в почве достигалась внесением в часть сосудов хлорида алюминия в дозе 150 мг/кг почвы. Известкование почвы не проводили, так как исследуется токсическое влияния алюминия на растения.

Схема опыта включала в себя варианты с предпосевной обработкой семян (п.о.с.) Se и Si и их смесью, путем смачивания соответствующими растворами (5% от веса семян) в норме 2,5 и 50 г элемента на гектарную норму семян соответственно. Элементы применяли в виде растворов солей Na_2SeO_3 и $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, в качестве контроля семена обрабатывали дистиллированной водой.

Нами было установлено, что при оптимальных условиях выращивания, в вариантах с совместной обработкой семян исследуемыми элементами и отдельно кремнием масса зерна ячменя увеличилась на 29 %, в варианте с п.о.с селеном – на 24% по сравнению с контрольным вариантом, который обрабатывался дистиллированной водой.

В условиях повышенного содержания алюминия в почве только п.о.с. кремнием способствовала увеличению массы основной продукции на 36% относительно п.о.с. водой.

Также для оценки структуры урожая использовались такие показатели как: соотношение зерна и соломы и масса 1000 зерен. Соотношение основной и побочной в среднем по вариантам 1:2,3, но наиболее приближенное к оптимальному наблюдается в варианте с обработкой семян кремнием, и составляет 1: 1,9.

При рассмотрении такого показателя как масса 1000 зерен, разница по полученным данным между изучаемыми элементами оказалась не существенная.

Подводя итоги, стоит отметить, что урожай ячменя в вариантах с повышенным содержанием алюминия в среднем снизился на 80 % по сравнению с оптимальными условиями выращивания, что в свою очередь, говорит о том, что алюминий проявил свои токсичные свойства по отношению к растениям ячменя. Однако предпосевная обработка семян кремнием во всех условиях выращивания оказала достоверную прибавку массы основной продукции, при этом ни один из изучаемых элементов не проявил заметного влияния на структуру урожая.

Литература:

1. Вихрева В.А. Селен в жизни растений / В.А. Вихрева, А.А. Блинохватов, Т.В. Клейменова. – Пенза.: РИО ПГСХА, 2012 – 222 с.
2. Надежкина Е.В. Изучение действия свинца, кадмия, селена на ранних этапах онтогенеза яровой пшеницы / Е.В. Надежкина, О.В. Тушавина, В.А. Вихрева // Агрохимический вестник. – 2018. – №5. – С. 43 – 48.
3. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / В.В.Кидин, И.П. Дерюгин, В.И. Кобзаренко и др.; Под ред. В.В. Кидина. – М.: КолосС, 2008. – 599 с.
4. Самсонова Н.Е. Влияние соединений кремния и минеральных удобрений на урожайность яровых зерновых культур и содержание в них антиоксидантных ферментов / Н.Е. Самсонова, М.В. Капустина, З.Ф. Зайцева // Агрохимия. – 2013. – №10. – С. 66–74.
5. Соколова Т.А. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе/ Т.А. Соколова, И.И. Толпешта, С.Я Трофимов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Тула: Гриф и К, 2012. – 124 с.
6. Шеуджен А.Х. Биогеохимия и агрохимия селена / А.Х. Шеуджен, И.А. Лебедевский, Т.Н. Бондарева // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – №92. – С.1 –10.
7. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants // Ann. Appl. Biol. – 2009. P. 155 –160.

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ И
УСВОЕНИЯ АЗОТА В УСЛОВИЯХ БОГАРЫ

Р.Х. Исламзаде

Институт Земледелия МСХ АР, Баку, Азербайджан

INFLUENCE OF SOWING AND FERTILIZER NORMS ON BARLEY CROP
PRODUCTIVITY AND NITROGEN ASSIMILATION IN RAINFED CONDITION

R.Kh. Islamzade

Research Institute of Crop Husbandry, Baku, Azerbaijan

Количество используемых минеральных удобрений в основном азотных удобрений применяется в одной области [1,2]. Азот является самым динамичным растительным питанием, которое может увеличить цену продукта, и самое важное, если его использовать без контроля, увеличить соотношение азота при использовании для растений, оно приводит к загрязнению окружающей среды [3,4].

Усвоение и использование азота зависит от генотипического потенциала корней, а также от почвенной влаги и количества питательных веществ [5]. Ячмень усваивает азот через корневую систему, использует в биомассе и синтезе белка и скапливается в семенах [6].

С целью определения урожайности сорта ячменя «Джалилабад-19» и коэффициента усваивания азота из почвы и удобрений, а также определения экономически эффективных норм высева и удобрений для рекомендации фермерам был проведен полевой опыт сорта ячменя «Джалилабад-19» с нормой 3-х высевок и 4-х удобрений на светло-каштановой почве не обеспеченной богаре в Гобустанской Зональной Опытной Станции Научно-Исследовательского Института Земледелия.

Перед посевом определены полные агрохимические характеристики почвы опытного участка.

Анализы результатов показали, что на глубине 0-25 см почвы уровень щелочности низкий, а в нижних слоях высокий. Так, содержание рН в пахотном слое составляет 8,28, в нижних слоях 8,58-8,68. Такая почва считается полностью эффективной для зерновых культур. Посевной участок карбонатный. Содержание гумуса в пахотном слое в зависимости от исследовательских годов составило 2,23-2,29%, на глубине 25-50 и 50-70 см соответственно, в среднем 1,37-1,45 и 0,75-0,92%. Это участок средне-хорошего качества, полностью характерный для светло-каштановой почвы. Содержание общего азота в пахотном слое составило 0,165-0,179%, общего фосфора 0,117-0,118%, а в нижних слоях наблюдалось снижение процента этих элементов.

В пахотном слое предпосевной почвы на 1 кг в зависимости от исследовательских годов содержание легкогидролизуемого азота составляет 48-74 мг, подвижного фосфора 33,3 мг и обменного калия 293-274 мг. Количество легкоусвояемых питательных веществ в подпахотных слоях уменьшилось. По результатам анализов опытный участок был хорошо обеспечен легкогидролизуемым азотом, умеренно подвижным фосфором и слабо обменным калием.

Результаты исследования показывают, что усвоение азота сухой наземной биомассой зависит от фазы развития растений, а также от норм высева и питания. Содержание азота, усвоенного сухой наземной биомассой, в фазе полного созревания, в варианте без внесения удобрения, в зависимости от нормы высева варьирует в пределах от 81,76-91,165 кг/га. 78-79,65% азота было усвоено зерном, 20,4-20,96% соломой. При норме высева 120 кг соломой было усвоено 23,08% общего количества азота, а при нормах высева 140 и 160 кг/га 24,31 и 25,38%.

Это вполне закономерно. Из-за увеличения нормы посева растет и биомасса, но из-за небольшого количества питательных веществ в почве и биомассе соотношение зернового продукта к соломе уменьшается. Если оставить стабильной норму высева и увеличить

норму удобрения, то повышается и содержание азота, усвояемого сухой наземной биомассой. Если увеличить норму удобрения от $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{60}P_{45}K_{45}$ при посевной норме 120 кг, то содержание азота, усвояемого сухой наземной биомассой, по данным двухлетних результатов, составит 13,57-25,22 кг/га, при норме посева 140 и 160 кг/га увеличение в контрольном варианте без внесения удобрений соответственно составит 23,61-29,41 и 10,49-40,48 кг/га.

Урожай ячменя «Джалилабад-19» резко меняется в зависимости от нормы высева и нормы соотношения минеральных удобрений. Так, в 2016-2018 годах, при норме высева 120 кг в контрольном варианте, урожайность составила 25,1-38,06 ц/га, а при норме удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайность составила 35,7-42,87 ц/га с каждого гектара, в варианте $N_{45}P_{45}K_{45}$ урожайность 36,2-45,94 ц/га, при стабильном поддержании нормы фосфор-калия и увеличении нормы азота на 15 кг урожайность составила 39,1-49,60 ц/га с каждого гектара. Это соответственно 10,6-4,81; 11,1-7,88 и 14,0-11,54 центнер с каждого гектара.

Когда норма высева составляла 140 кг, урожайность в варианте без внесения удобрения составляла 28,19-39,15 центнер. При норме удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожай составил 38,5-44,75 ц/га, а в варианте $N_{45}P_{45}K_{45}$ 42,6-54,27 ц/га. При вариантах $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{45}P_{45}K_{45}$ увеличение составило больше 10,31-5,6 и 14,41-15,12 ц/га, чем в варианте без внесения удобрения. При стабильном сохранении нормы фосфора и калия и увеличении азота с 45 кг до 60 кг/га урожай составил 45,03-57,64 ц/га с каждого гектара. Увеличение по сравнению с естественной плодородностью составило 16,84-18,49 центнеров.

При увеличении нормы высева от 140 кг/га до 160 кг/га в контрольном варианте урожайность составила 27,33-38,70 ц/га. По результатам двухлетних опытов при норме удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожай составил 39,5-44,85 центнер, что по сравнению с контролем означает увеличение на 12,17-6,15 ц/га.

В варианте $N_{45}P_{45}K_{45}$ урожайность составила 41,3-55,16 ц/га. Это на 13,97-16,46 центнер больше, чем в варианте без внесения удобрения. При норме удобрения $N_{60}P_{45}K_{45}$ урожайность составила 42,7-56,25 центнеров. Это означает, увеличение на 15,37-17,55 ц/га по сравнению с естественной плодородностью.

Как видно, урожайность в варианте без внесения удобрения менялась в зависимости от нормы высева. Так, при норме высева в 120 кг/га урожай наземной биомассы был ниже, соответственно и урожайность была тоже низкой. При норме высева 140 и 160 кг/га в зависимости от нормы питания существенных отличий в урожайности не были выявлены. Это ожидаемый результат. Поскольку при норме высева 160 кг/га из-за густоты растений количество зерен в колосе было больше, зёрна мелкие, а масса 1000 зёрен меньше. Судя по всему, при норме высева 140 и 160 кг/га урожайность не отличается.

Согласно результатам исследования, урожай ячменя "Джалилабад-19" резко меняется в зависимости от норм высева и режима питания.

Литература

1. Angas, P., Lampurlanes, J., Cantero-Martinez, C. 2006. Tillage and N fertilization Effects on N dynamics and Barley yield under semiarid Mediterranean conditions. *Soil & Tillage Research*, 87, p. 59–71.
2. Ruza, A., Kreita, D. 2010. Nitrogen fertilizer utilization in winter Wheat sowing. In: *Proceedings of Agro2010 the XIth ESA Congress*, Montpellier, France, p. 747–748.
3. Moreno, A., Moreno, M. M., Ribas, F., Cabello, M. J. 2003. Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under irrigated conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 1 (1), p. 91–100.
4. Macdonald, A. J., Knight, S. M., Glendining, M. J., Whitmore A. P., Dailey, A. G., Goulding, K. W. T., Sinclair, A. H., Rees, R. M. 2009. In: *Efficiency of Soil N use by arable Crops. Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop – Connecting different scales of nitrogen use in agriculture*, Turin, Italy, p. 233–234.

5. Veigh, K. R. and Rajkai, K. (2006) Root growth and N use efficiency of spring barley in drying soil. *Cereal Research Communications*, 34, (1), 267-270.

6. Knezevic, D., Kondic, D., Srdić, S., Zečević, V. and Atanasijevic, S. (2015) Variability of grain mass per spike in winter barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) influenced by nitrogen nutrition. *Növénytermelés*, suppl, 64, 47-50.

УДК 631.434

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ ЭКСТЕНСИВНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И В ПОСТАГРОГЕННЫЙ ПЕРИОД

Г.К. Клышбекова

РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва

CHANGE OF PROPERTIES OF CHERNOZEM TYPICAL AT EXTENSIVE AGRICULTURAL USE AND IN THE POSTAGROGENIC PERIOD

G. K. Klyshbekova

RSAU – MAA named after K. A. Timiryazev

Целью исследования является оценка изменения свойств чернозема типичного в зависимости от экстенсивности сельскохозяйственного использования и в постагрогенный период.

Объектом исследования является чернозема типичный тяжелосуглинистый. Почвенные образцы были отобраны в Центрально – Черноземном государственном биосферном заповеднике им. А. А. Алехина в Стрелецком участке, а также на территории Петринского опорного пункта Почвенного института им. В. В. Докучаева и Курского НИИ АПП.

Агрегатный анализ (сухое и мокрое просеивание) выполнен методом Саввинова имеющимся рекомендациями [1]. Статическую обработку по Б. А. Доспехову [2].

Структура целинного чернозема типичного преимущественно состоит из агрегатов размером 7 – 1 мм, на долю которых приходится более 70%. С агрономической точки зрения наиболее ценным являются агрегаты размером 5 – 1 мм [5, 6, 7, 8], содержание которых составило 61,6%.

В результате длительного использования чернозема типичного Курской области под бессменными озимой пшеницей, кукурузой и паром содержание наиболее ценной фракции воздушно – сухих агрегатов размеров 5 – 1 мм уменьшилось на 22 – 40%, тогда как количество отдельностей размером <1 мм возросло на 21 – 48%. При этом средневзвешенный диаметр агрономически ценных агрегатов уменьшились в 1,3 – 1,6 раза, а коэффициент структурности – в 1,5 – 3,2 раза, хотя в целом агрегатное состояние пахотных почв остается отличным.

Структура целинного чернозема характеризуется очень высоким содержанием водоустойчивых агрегатов, преимущественно имеющих размером от 0,5 до 5 мм, на долю которых приходится 63,6%, в то время как доля водоустойчивых агрегатов размером >5 и 0,5 – 0,25 мм составляет всего 9,2 и 9,4%, а фракции размером 0,25 мм – 17,8%.

В пахотных почвах водоустойчивость структуры заметно изменилась, преимущественно имеющих размером 1 – 0,25 мм, агрегаты более крупного размера или отсутствуют, или содержатся в минимальном количестве. Общее содержание водоустойчивых агрегатов уменьшилось под влиянием бессменной озимой пшеницы в 1,6 раза, бессменной кукурузы – в 1,9 раза, бессменного пара – более чем в 10 раза, а их средневзвешенный диаметр стал меньше в 2,8, 3,6 и 4,8 раза соответственно. При этом водоустойчивость структуры чернозема при возделывании бессменных озимой пшеницы и кукурузы сохранилась хорошей, в условиях бессменного пара структура стала неводоустойчивой [3, 4]. При замене бессменного пара залежью резко усиливается агрегирования почвенной массы, что благоприятно отражается на всех показателях

структурного состояния чернозема. Общее содержание агрономически ценных агрегатов увеличилось на 16%, их средневзвешенный диаметр возрос с 2,11 до 4,46 мм, а коэффициент структурности – с 2,3 до 5,7. Содержание водоустойчивых агрегатов составило более 60%, их средневзвешенный диаметр увеличился в 2,6 раза. Водоустойчивость структуры стала отличной.

Наиболее негативное влияние на почвенную структуру оказал бесменный пар, что проявляется в потере почвенной структурой водоустойчивости. При переводе пара в залежь заметно активизируются процессы агрегирования почвенной массы, сопровождающиеся увеличением количества агрономически ценных и водоустойчивых агрегатов и их средневзвешенного диаметра.

Литература

1. Вадюнина А. Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986. 416 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
3. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. 687 с.
4. Когут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А. Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании // Почвоведение. 2012. № 5. С. 555-561
5. Кузнецова И. В. Изменение физического состояние черноземов типичных и выщелоченных Курской области за 40 лет // Почвоведение. 2013. №4. С. 434 – 441.
6. Кузнецов И. В. Содержание и состав органического вещества черноземов и его роль в образовании водопрочной структуры // Почвоведение. 1998. №1. С. 41 – 51
7. Мамонтов В. Г., Когут Б. М., Родионова Л.П., Рожков О.В. Влияние сельскохозяйственного использования чернозема типичного на его структурное состояние и содержание органического углерода в агрегатах разного размера. Журнал «Известия ТСХА» №6 2016 с 22 – 31
8. Медведев В. В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). Харьков. 2008. 406 с.

УДК 631.82

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ЦЕОЛИТОВОЙ ПОРОДЫ НА СВОЙСТВА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.В. Козлов*, А.Х. Куликова**

*НГПУ имени К. Минина, г. Нижний Новгород

**УлГАУ имени П.А. Столыпина, г. Ульяновск

ZEOLITE ROCK EFFICIENCY TO SOIL PROPERTIES IN THE MIDDLE VOLGA REGION

A.V. Kozlov*, A.H. Kulikova**

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod

**Stolypin Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk

Необходимость использования в земледелии кремнийсодержащих пород обусловлена, прежде всего, отсутствием промышленных кремниевых удобрений [1, 3], тогда как целесообразность применения последних доказана многочисленными исследованиями [4-6], которые по эффективности зачастую не уступают традиционным минеральным удобрениям.

Ульяновская область обладает богатейшими запасами кремнийсодержащих пород (диатомиты, цеолиты, трепелы и др.). Природные цеолиты являются водными каркасными алюмосиликатами щелочных и щелочноземельных металлов. Пористая микроструктура цеолитов определяет их уникальные и полезные свойства, в том числе для применения в сельском хозяйстве. Возможность широкого применения в агрономии цеолитсодержащих

пород обусловлена не только их адсорбционно-структурными характеристиками, но и свойствами кремния, содержание которого в цеолитах Юшанского месторождения составляет до 58%, в том числе аморфного до 51% (в Орловских цеолитах – соответственно 73% и 20%). Данные аспекты обуславливает необходимость изучения возможности использования минеральных сырьевых ресурсов, в том числе цеолитов, в качестве удобрения культурных растений [2].

Исследования проведены в 2016 году в виде изучения эффективности цеолита Хотынецкого месторождения Орловской области в системе удобрения ячменя на дерново-подзолистых почвах (опыт 1), а также цеолита Юшанского месторождения Ульяновской области в системе удобрения яровой пшеницы на черноземных почвах (опыт 2).

Объектами исследования являлись:

- почва опыта 1 – дерново-подзолистая среднедерновая неглубокоподзоленная неоглеенная легкосуглинистая с содержанием гумуса 1,2%, доступных форм фосфора и калия – 86 и 110 мг/кг, pH_{KCl} – 4,8-5,0;

- почва опыта 2 – чернозем типичный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7 %, доступных фосфора и калия 196 и 206 мг/100 г, pH_{KCl} 6,3-6,7;

- культура опыта 1 – ячмень, сорт Велес; опыта 2 – яровая пшеница, сорт Маргарита;

- удобрения – азофоска с содержанием азота, фосфора и калия по 16 % и мочевины с содержанием азота 46 %;

- цеолит Хотынецкого месторождения Орловской области, имеющего в своем составе SiO_2 общий 62,6-73,0 %, SiO_2 аморфный 15,0-20,0 %, Al_2O_3 19,6%, Fe_2O_3 1,9 %, CaO 8,2-13,3 %, MgO 1,9-2,2 %, MnO до 0,01 %, K_2O 1,8 %, Na_2O 1,5 %, P_2O_5 0,23 %.

- цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области, имеющего в своем составе: SiO_2 общий 54,11 – 58,36 %, SiO_2 аморфный 4,31 – 51,26 %, Al_2O_3 5,8 – 6,44 %, Fe_2O_3 1,81 – 3,10 %, CaO 12,60 – 14,95 %, MgO 1,77 – 2,00 %, MnO до 0,01 %, K_2O 1,16 – 1,90 %, Na_2O 0,03 – 0,27 %, P_2O_5 0,08 – 0,49 %.

Площадь учетных делянок опыта 1 – 1 м², опыта 2 – 20 м², размещение их рендомизированное, повторность четырехкратная, аналитическая повторность почвенных и растительных образцов трехкратная. Испытуемые удобрения и цеолит в соответствующих дозах вносили под основную обработку почвы. Схемы опытов представлены в таблице 1.

Метеорологические условия вегетационного периода в Нижегородской и Ульяновской областях были благоприятными для роста и развития сельскохозяйственных культур. Технологии возделывания ячменя и яровой пшеницы – общепринятые в условиях регионов Среднего Поволжья. Проведение микрополевых опытов и лабораторных анализов осуществлялось в соответствии с методическими требованиями и нормативными рекомендациями.

Таблица 1 – Схемы микрополевых опытов

№ варианта	Опыт 1	Опыт 2
1	Контроль (без удобрений)	Контроль (без удобрений)
2	Цеолит, 3 т/га (Ц-3)	Цеолит, 500 кг/га (Ц-0,5)
3	Цеолит, 6 т/га (Ц-6)	$N_{40}P_{40}K_{40}$ (Азофоска)
4	Цеолит, 12 т/га (Ц-12)	$N_{40}P_{40}K_{40}$ + цеолит 500 кг/га (Азофоска + Ц-0,5)
5		N_{40} + цеолит 500 кг/га (Мочевина + Ц-0,5)

На рисунке 1 показано изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях влияния различных доз цеолита. Было выявлено существенное позитивное влияние цеолита на питательные свойства дерново-подзолистой почвы. Так, содержание подвижных соединений фосфора уже при минимальной дозе

породы увеличивалось на 20%, а калия – на 32%. Увеличение дозы в 2 раза приводило к дополнительной прибавке в накоплении подвижных форм элементов питания соответственно еще на 22% и на 19% по отношению к варианту Ц-1. При этом повышение дозы цеолита до 12 т/га не давало еще большего эффекта, а уровень влияния оставался сопоставимым с эффектом второй дозы.

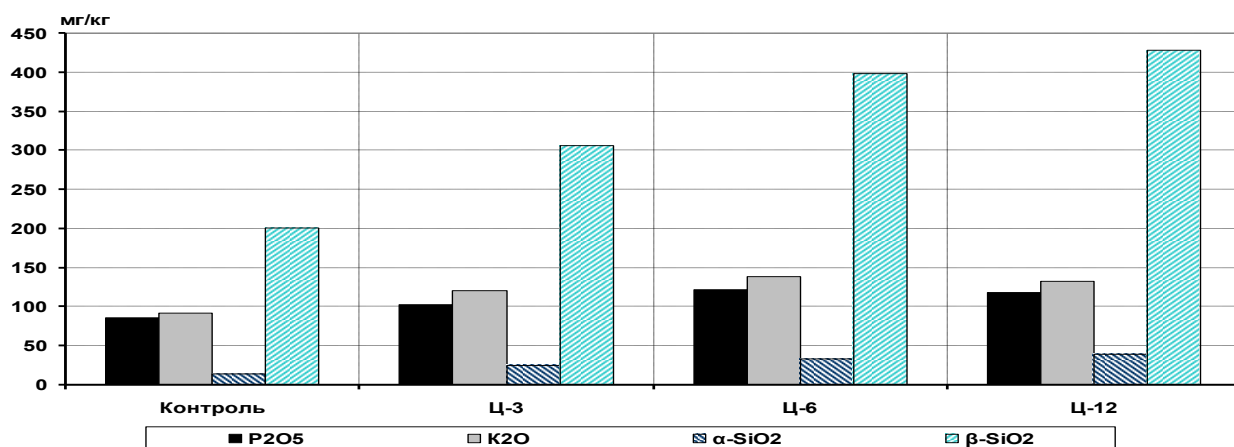


Рисунок 1 - Содержание элементов питания в дерново-подзолистой почве

Чего нельзя сказать про влияние цеолита на доступные соединения кремния в почве, содержание которых увеличивалось еще активнее. Так, если на варианте с минимальной дозой материала накопление в почве актуальных форм кремния достигало 79%, а потенциальных форм – 52% по отношению к контролю, то при повышении дозы в 2 и 4 раза показатели увеличивались соответственно в 2,4 и 2,9 раз по α-форме, а также в 1,9 и 2,1 раза по β-форме.

На рисунке 2 представлены агрохимические показатели чернозема типичного и их изменения под влиянием внесения цеолита и минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы. Анализ данных таблицы показывает, что уже к началу вегетации культуры внесенные осенью удобрения способствовали улучшению питательного режима почвы. И если при внесении цеолита в дозе 500 кг/га заметных изменений в содержании элементов питания в пахотном слое не наблюдалось, то они оказались значительны на фоне комплексного минерального удобрения и при совместном использовании его с цеолитом, а также при применении цеолита с мочевиной: различия составляли более 7 мг/кг минерального азота, 10-20 мг/кг доступного фосфора и 10-15 мг/кг – калия.

К середине вегетации пшеницы количество основных элементов питания как на контроле, так и на фоне применения удобрений повышалось, что, несомненно, обусловлено благоприятными условиями и усилением деятельности почвенных микроорганизмов. До фазы полной спелости зерна содержание всех элементов закономерно снижалось вследствие усиления их потреблением на формирование урожая.

Тем не менее, более высокий уровень питания растений при внесении удобрений, в том числе и цеолита, сохранялся и особенно по содержанию азота. Следует отметить в этом отношении вариант совместного внесения цеолита и мочевины в дозах 500 и 40 кг д. в./га, который по оптимизации азотного питания растений не уступал вариантам с применением полной дозы NPK, так и цеолита на их фоне. По содержанию доступных соединений фосфора и калия последние варианты имели относительное преимущество. Однако, учитывая, что обеспеченность чернозема типичного подвижными соединениями фосфора и калия высокая, а яровая пшеница – культура, требовательная к азоту, в том числе с точки зрения формирования качественного зерна, для оптимизации режима питания ее достаточно вносить в почву совместно с цеолитом мочевины (или другое азотное удобрение) в дозе 40 кг действующего вещества на 1 гектар.

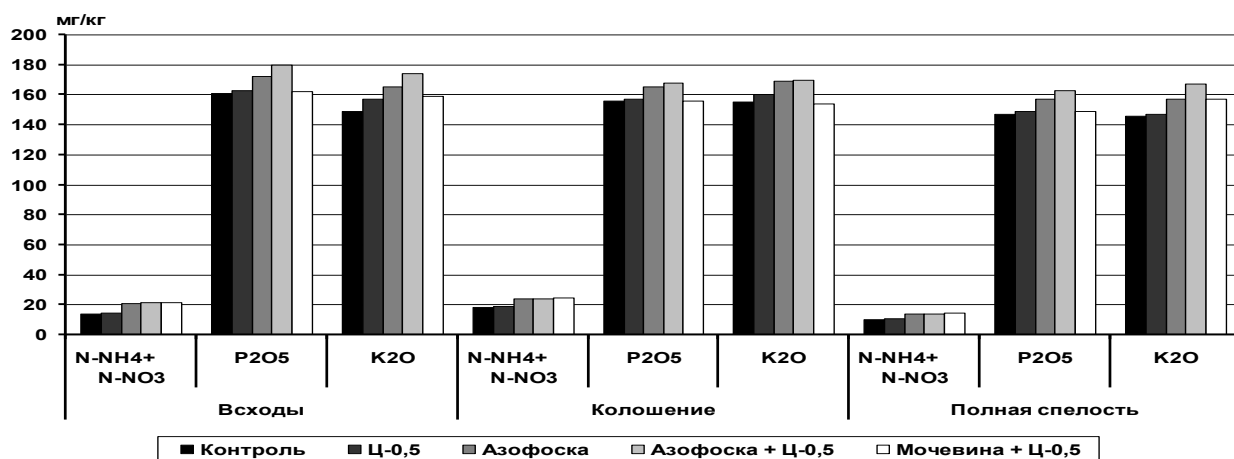


Рисунок 2 – Динамика содержания элементов питания в черноземе

Таким образом, было установлено, что применение цеолитовых пород на территории Среднего Поволжья вполне может способствовать оптимизации питательных свойств дерново-подзолистой почвы и типичного чернозема. При выращивании ячменя на дерново-подзолистой почве минимальная из всех изученных доз цеолита Хотынецкого месторождения (3 т/га) существенно оптимизировала содержание подвижных фосфатов и калия, а также доступных форм кремния. При возделывании яровой пшеницы на черноземе типичном для оптимизации режима питания растений достаточно вносить в почву 500 кг/га цеолита и мочевины (или любое другое азотное удобрение) с дозой 40 кг д. в./га.

Литература

1. Дистанов У.Г. Перспективы использования нетрадиционного сырья / У.Г. Дистанов // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 12. – С. 27-41.
2. Куликова А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур: монография. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА. – 2013. – 175 с.
3. Матыченков В.В. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву / В.В. Матыченков, Е.А. Бочарникова, Я.М. Аммосова // Агрехимия. – 2002. – № 2. – с. 86-93.
4. Самсонова Н.Е. Кремний в почвах и растениях / Н.Е. Самсонова // Агрехимия. – 2005. – № 6. – С. 76-86.
5. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants / E. Epstein // Annals of Applied Biology. – 2009. – № 155. – P. 155-160.
6. Wang X. Effects of exogenous silicon on seed germination and antioxidant enzyme activities of *Monordiacharantia* under salt stress / X. Wang, C. Ou-yang, Z. Fan Z. // Journal of Animal & Plant Sciences. – 2010. – № 6. – P. 700-708.

УДК 631.41

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА
РАНГОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ СПИРМЕНА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОПОДЧИНЕННЫХ
ПРИЗНАКОВ АГРОЛАНДШАФТОВ

М.А. Кочанов, М.Р. Кузьмин

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

USE OF THE NON-PARAMETRIC STATISTICAL METHOD OF SPIRMEN RANK
CORRELATION FOR EVALUATING THE SUBSIDIARY SIGNS OF AGROLANDSCAPES

M.A. Kochanov, M.R. Kuzmin

RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev

Свойства компонентов ландшафта и их связь между собой служат основой при ландшафтном планировании территории. При проведении ландшафтного анализа определяют границы элементарных территориальных единиц, систематизируют структуру ландшафта, его свойства и функциональное значение. Исследования ряда авторов свидетельствуют о том, что результаты ландшафтного анализа территории позволяют провести оценку степени антропогенной преобразованности ландшафтов и хозяйственных нагрузок для прогнозирования и развития хозяйственной деятельности [1, 2, 5].

Первичным материалом для проведения ландшафтного анализа территории может служить топографическая основа, которая отражает результаты процессов литогенной основы ландшафта, почвы, климата и гидрологии [1, 4].

Анализ литологического состава поверхностных отложений, поверхностного и грунтового увлажнения, климатических особенностей территории позволяет выявить ландшафтные особенности распределения с учетом форм и элементов рельефа, растительности и почв.

При проведении ландшафтного анализа территории могут быть использованы следующие подходы: сравнительный; исторический (временной); системный; картографический; статистический и другие [3, 5].

Сравнительный подход представляет собой комплекс методов, заключающихся в сопоставлении факторов двух или более участков анализируемой территории с целью выявления их сходств и различий.

Исторический подход основан на длительном изучении состояния отдельной территории с целью анализа изменений ее характеристик.

С помощью системного подхода в ландшафтоведение внедряют моделирование (совокупность процедур построения эмпирических и теоретических моделей). Используя модели в процессе изучения ландшафтов, можно переносить полученные знания с моделей на натуру.

Анализ карты служит средством применения пространственно-временного и сравнительного подхода. На картах фиксируют наблюдения, устанавливают по ним морфологическую структуру ландшафта (по полевым наблюдениям или дешифрированием аэрофотоматериалов), получая в результате ландшафтную карту, схему ландшафтного районирования.

Статистический подход необходим для получения или обоснования суждений о группе факторов, которые имеют внутреннюю неоднородность.

В работе использовался метод парной корреляции Спирмена, который используется для выявления и оценки тесноты связи между рангами сопоставляемых количественных показателей [6, 7].

Расчеты коэффициентов парной ранговой корреляции проводились с помощью программы SPSS Statistics для Windows.

Для проведения анализа локального участка использована топографическая основа масштаба 1:25 000 части территории Кимовского района Тульской области. В ходе проведения ландшафтного анализа на топографической основе, площадью 4536,9 га было

выделено 258 элементарных поверхностей. Установлена экспозиция, угол наклона поверхности, тип элементарного геохимического ландшафта, хозяйственное использование территорий. В качестве дополнительных параметров в анализе использованы результаты агрохимического обследования территории по показателям рН и содержанию гумуса.

Исходные данные были проранжированы, и полученный коэффициент парной корреляции Спирмена между анализируемыми показателями представлен в таблице.

Таблица 1. Значение коэффициента парной корреляции по Спирмену

	Геоморфологическая принадлежность	Угол ската поверхности	Экспозиция	рН	Гумус	ЭГЛ	Хозяйственное использование
Геоморфологическая принадлежность	1,0	0,9	0,5	0,7	0,6	0,9	0,9
Угол ската поверхности	0,9	1,0	0,5	0,8	0,8	0,9	0,9
Экспозиция	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,6	0,7
рН	0,7	0,8	0,5	1,0	0,9	0,5	0,5
Гумус	0,6	0,8	0,5	0,9	1,0	0,5	0,6
ЭГЛ	0,9	0,9	0,6	0,5	0,5	1,0	0,9
Хозяйственное использование	0,9	0,9	0,7	0,5	0,6	0,9	1,0

При использовании коэффициента ранговой корреляции условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента равными 0,3 и менее - показателями слабой тесноты связи; значения более 0,4, но менее 0,7 - показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,7 и более - показателями высокой тесноты связи.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что анализируемые показатели обладают умеренной и высокой теснотой связи. Фактор, обладающий наибольшей теснотой связи, является угол наклона поверхности и геоморфологическая принадлежность элементарных поверхностей.

Литература

1. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Арешин А.В., Бойко О.С., Ефимов О.Е. Геология с основами геоморфологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Ф. Ганжара – М.: Издательский Дом "Инфра-М", 2015. – 207 с
2. Ефимов О.Е. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв в процессе их сельскохозяйственного использования в подзоне южной тайги. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Тверская государственная сельскохозяйственная академия. Тверь, 1999. 186 с.
3. Ефимов О.Е., Волкова М.А., Михайленко А.В. Применение метода оценки факторов в ландшафтном анализе территории локального уровня. В сборнике: Научная дискуссия современной молодёжи: актуальные вопросы, достижения и инновации сборник статей VI Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Г.Ю. Гуляев. 2018. С. 361-364.
4. Казаков Л.К. Ландшафтоведение с основами ландшафтного планирования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Л. К. Казаков. – 2-изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с
5. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. - М.: КолосС, 2013. - 443 с.
6. Наследов А. Д. SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 429с.
7. Тарасова О.Б., Хромова Т.Ф., Шибалкин А.Е. Основы математической статистики. Под ред. зав. кафедрой статистики МСХА проф. Зинченко А.П. Уч. пособие. М.: Изд-во МСХА, 2004. С. 154.

УДК 631.87

ПРИЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА БИОУДОБРЕНИЯ «ЭКОСС»

В.А. Матюгин

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии имени
Д.И. Ивановского, Ростов-на-Дону

TECHNIQUES TO OPTIMIZE THE COMPOSITION OF ECOSSE BIOFERTILIZER

V.A. Matyugin

South Federal University

Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Rostov-on-Don

Сегодня сельскохозяйственное производство и получение урожая носит характер интенсификации. Но зачастую сохранение почвы как плодородного тела находится под угрозой. Интенсификация позволяет получать большее количество урожая, что является реакцией на рост численности населения. Но это усиление наносит ущерб в виде загрязнения окружающей среды и отравления вод сельскохозяйственными химикатами. Временное увеличение урожайности с последующим выходом почв из сельскохозяйственного оборота является большой проблемой. Поэтому необходимо найти те пути, при которых увеличение урожайности не сказывалось бы на последующем снижении плодородия и здоровья почвы.

В решении этой задачи большую роль играют органические удобрения. Главный показатель, на который они влияют, это гумус. Если при экстенсивном сельском хозяйстве его содержание вполне стабильно, то при интенсивном – снижается. Чтобы управлять почвенным плодородием, необходимо прогнозировать гумусовое состояние почв, которое зависит от различных природных и техногенных факторов [1]. Но все же главная задача состоит в том, чтобы нивелировать негативные факторы.

Иммунитет растений – необходимое условие успешного решения этой проблемы. Интенсивные технологии производства приводят к снижению видового состава

культурных растений [2]. Это является причиной ослабления их иммунного потенциала по отношению к ряду вредных организмов и многократному уменьшению урожайности.

Чтобы способствовать увеличению иммунитета растений, необходима база, причем база в виде почвы, богатой необходимыми для растений в доступной форме элементами питания. В усвоении этих элементов путем перевода труднодоступных форм в легкодоступные для растений помогают микроорганизмы, как аборигенные, так и те, которые вносятся в почву вместе с биоудобрением.

Новое органическое биоудобрение «Экосс», полученное путем технологического преобразования органических остатков, в том числе навоза крупного рогатого скота. посредством полезных микроорганизмов. Определение общего микробного числа (ОМЧ) показало, что в нем содержится $3,50 \pm 0,47$ млн. КОЕ/мл. Для улучшения свойств удобрения было использовано аэрирование, благодаря которому, последовало увеличение ОМЧ в 3 раза. А также было выявлено увеличение гуминового вещества при аэрации и добавлении макро и микроэлементов.

Литература

1. Навольнева Е.В., Ступаков А.Г., Куликова М.А., Дмитриенко С.А. Система удобрения как фактор сохранения гумуса в почве // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии, 2015. №5. С. 55—57.

2. Максимов И.В. Иммунитет растений и способы его повышения // Вестник Академии наук Республики Башкортостан, 2010. Том 15, №3. С. 6—68.

УДК 631.41

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ ЧЕРНОЗЁМА ПАХОТНОГО КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Михайленко

РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

THE CHEMICAL COMPOSITION OF GRANULOMETRIC FRACTIONS ARABLE BLACK SOIL KURSK REGION

A. V. Mikhailenko

RSAU – MAA named after K. A. Timiryazev, Moscow

Почва представляет собой сложную гетерогенную систему, включающую ряд иерархических уровней структурной организации, одним из которых является уровень элементарных почвенных частиц, составляющих основу твердой фазы большинства почв и в зависимости от размера объединяемых во фракции гранулометрических элементов [4].

В большинстве почв более 90% элементарных почвенных частиц представлено компонентами неорганической природы, различающихся между собой не только размером, но также составом и свойствами. Вследствие этого их участие в почвенных процессах различно [7].

Совокупность гранулометрических элементов представляет собой своеобразную почвенную матрицу, которая является наиболее активной частью твердой фазы почвы и в значительной степени определяет проявление коллоидных свойств, поглощательной и каталитической способности, агрегатно - и средообразующие возможности почвенной массы. Считается, что почвенная матрица – поверхность почвенных частиц, непосредственно взаимодействующая с водой, катионами, органическим веществом, микроорганизмами и ферментами [3].

Частицы, формирующие почвенную матрицу, неоднородны и различаются своими свойствами, что во многом обусловлено особенностями их химического состава. К настоящему времени получен значительный объем информации, касающийся особенностей химических свойств почвенных частиц различного размера [5, 6]. Часть химических

элементов почвы всё же осталась вне зоны внимания исследователей. В первую очередь это касается обширной группы микроэлементов, особенно тех её представителей, которые не относятся к числу традиционно изучаемых (Ga, Rb, Y, Zr и др.). Между тем, внимание к этим химическим элементам в последнее время заметно возросло и высказывается мнение о необходимости не только оценки их содержания и поведения в почвах, но и построения для них рациональных группировок [1].

Объектом исследования служил пахотный чернозем Центрального черноземного заповедника им. Алехина, о котором в литературе имеется подробная информация [2]. Фракции гранулометрических элементов (пыль крупная, пыль средняя, пыль мелкая, илистая фракция) выделяли методом отмучивания при соотношении почва/дистиллированная вода, равном 1:100, начиная с илистой фракции и далее по мере увеличения размера фракций [5], и высушивали на водяной бане. Образец почвы перед отмучиванием был подвергнут обработке ультразвуком на установке УЗДН-2Т согласно имеющимся рекомендациям. [8] Валовое содержание химических элементов определяли рентгенфлюоресцентным методом на анализаторе состава вещества РеСПЕКТ.

Изучение химического состава гранулометрических фракций (пыль крупная, средняя, мелкая, ил), выделенных из чернозема типичного методом отмучивания после обработки образца почвы ультразвуком показало, что с изменением размера почвенных частиц меняется валовое содержание химических элементов, составляющих основу кристаллической решетки многих минералов. Химический состав фракций гранулометрических элементов чернозема пахотного тесно связан с их размером. Чем меньше размер почвенных частиц, тем выше в них содержание Al, Fe, Ca, Mg, P, S и меньше содержание Si и Na. При этом, K и Ti равномерно распределены по гранулометрическим фракциям. По мере уменьшения размера почвенных частиц в них увеличивается содержание Mn, Zn, Ni, Rb, Pb и Ga. Zr преобладает в крупнопылевой фракции, Sr преобладает во фракциях крупной пыли и ила, а Y и Ga преобладают в илистой фракции. Vg присутствует лишь в мелкопылевой и илистой фракции, а As был обнаружен только в илистой. Такие элементы, как Zr, Rb, Sr, и Y, могут находиться в почвах в количествах, сопоставимых или превышающих содержание традиционно определяемых микроэлементов, что необходимо учитывать при проведении почвенно-агрохимических исследований.

Литература:

1. Водяницкий Ю.Н. Функциональные различия тяжелых и сверхтяжелых металлов и металлоидов в почвах // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2009. Выпуск 64. С. 50–56.
2. Длительные полевые опыты на черноземах Курской области России (путеводитель). Курск: ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2010. 35 с.
3. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. «Матричная организации почв. М.:РУСАКИ, 2001. 330с.
4. Карпачевский Л.О. «Экологическое почвоведение» – г. М.: ГЕОС, 2005. – 127 с.
5. Качинский Н.А. «Физика почвы». М.: Высшая школа, 1962. 318с.
6. Роде А.А. Избранные труды. Т. 1. Теоретические проблемы почвоведения и вопросы генезиса почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. 600 с.
7. Розанов Б.Г. «Морфология почв». М.: Академический Проект, 2004. 432с.
8. Шаймухаметов, Титова, Травникова, Лабинец. «Применение физических методов фракционирования для характеристики органического вещества почв»// Почвоведение, 1984. № 8. С. 131–141.

ПОСТУПЛЕНИЕ КАДМИЯ В РАСТЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЁМЕ
ТИПИЧНОМ

Т.С. Морозова, Т.А. Тимофеев

Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, п. Майский

ADMISSION OF CADMIUM IN PLANTS OF WINTER WHEAT ON TYPICAL CHERNOZEM

T.S. Morozova, T.A. Timofeev

Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, set. Mayskiy

Одним из наиболее опасных видов химического изменения почвенного покрова территорий и одним из сильнейших факторов негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека считается загрязнение почвы тяжелыми металлами. Ряд тяжелых металлов обладает кумулятивным эффектом и канцерогенным действием (кадмий, свинец, медь и др.), они способны вызывать болезни и мутации у живых существ и мигрировать по цепи почва – растения – животные – человек [2,4].

Удобрения, применяемые при возделывании сельскохозяйственных культур, являются одним из источников поступления тяжелых металлов в почву [1]. Содержание кадмия в минеральных удобрениях колеблется от 0,3 до 179 мг/кг. Даже при относительно небольшом содержании кадмия в фосфорных удобрениях его ежегодное поступление в почву составляет величину порядка 10 г/га [3].

Знание особенностей распределения ТМ в органах и тканях сельскохозяйственных растений необходимо для решения проблемы негативного воздействия на организм человека и животных [2].

Целью наших исследований было изучение влияния минеральных удобрений, последствие навоза и действие минеральных удобрений на фоне последствие навоза на накопление кадмия в зерне и соломе озимой пшеницы.

Условия, объект и методы исследований. Исследования проведены на опытном участке многолетнего стационарного полевого опыта лаборатории плодородия почв и мониторинга ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», заложенном в 1987 году. Почва опытного участка – чернозем типичный среднесуглистый малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика опытного участка: содержание гумуса – 5,3 %; pH_{KCl} – 5,8; подвижного фосфора – 57 мг/кг; обменного калия – 121 мг/кг; азота легкогидролизуемого – 160 мг/кг; степень насыщенности основаниями – около 90 %.

Исследования проводились в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на силос – горох.

Исследования проводили по следующей схеме: 1. без удобрений (контроль); 2. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$ рано весной; 3. $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$ рано весной; 4. навоз 40 т/га (последствие); 5. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$ рано весной + навоз 40 т/га (последствие); 6. $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$ рано весной + навоз 40 т/га (последствие); 7. навоз 80 т/га (последствие); 8. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$ рано весной + навоз 80 т/га (последствие); 9. $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$ рано весной + навоз 80 т/га (последствие).

Согласно схеме опыта минеральные удобрения в виде азофоски ежегодно носили под основную обработку и 30 кг/га д.в. азота для проведения подкормки аммиачной селитрой рано весной. Из органических удобрений применяли навоз КРС. Навоз вносили под сахарную свёклу один раз за ротацию севооборота.

Содержание кадмия в зерне и соломе озимой пшеницы определяли методом атомной адсорбции на спектрометре типа С-115, после экстрагирования ацетатно-аммонийным буфером.

Результаты и их обсуждение. В стационарном полевом опыте было изучено влияние доз и видов удобрений на содержание кадмия в основной и побочной продукции озимой пшеницы.

Данные о накоплении кадмия зерном и соломой озимой пшеницы приведены на рисунке 1.

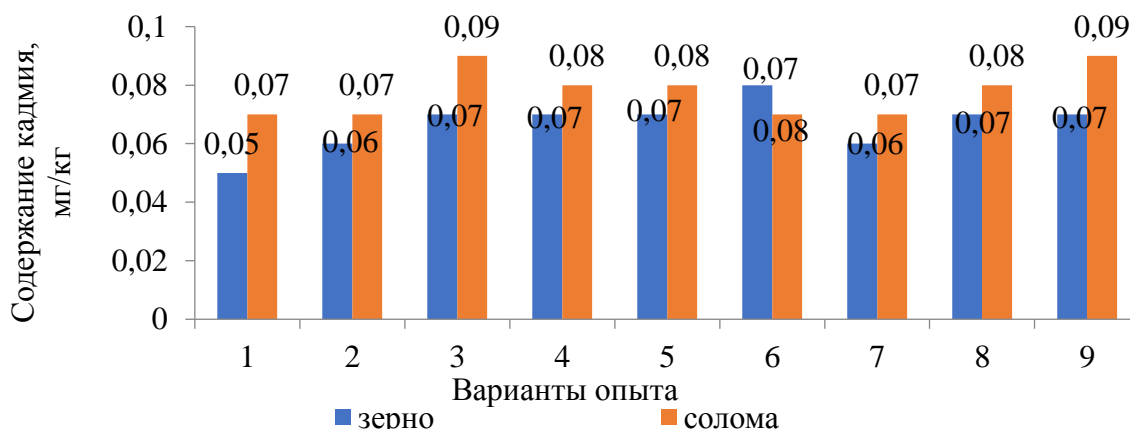


Рисунок 1 – Содержание кадмия в зерне и соломе озимой пшеницы, мг/кг

Анализ данных в среднем за три года показывает, что солома накапливает кадмия несколько больше, чем зерно. Внесение минеральных удобрений и их внесение на фоне последействия навоза повышало содержание кадмия в зерне озимой пшеницы на 0,03-0,01 мг/кг, однако это не превышало ПДК. Максимальному накоплению кадмия в соломе (0,09 мг/кг) способствовало применение двойной дозы минеральных удобрений в чистом виде и на фоне последействия 80 т/га навоза. Необходимо отметить, что во всех вариантах опыта содержание кадмия в соломе озимой пшеницы не превышает ПДК – 0,3 мг/кг.

Таким образом, растительная продукция экологически безопасна по содержанию кадмия.

Для оценки интенсивности поступления кадмия в растениеводческую продукцию нами рассчитаны коэффициент биологического поглощения (КБП) и коэффициент накопления (Кн).

Коэффициент биологического поглощения кадмия варьирует в широких пределах: 6,9-10,9 % для зерна и 8,9-12,5 % для соломы, что позволяет отнести кадмий к элементам сильной интенсивности поглощения. КБП указывает на степень доступности элемента для растений и его поведении в системе «почва – растение».

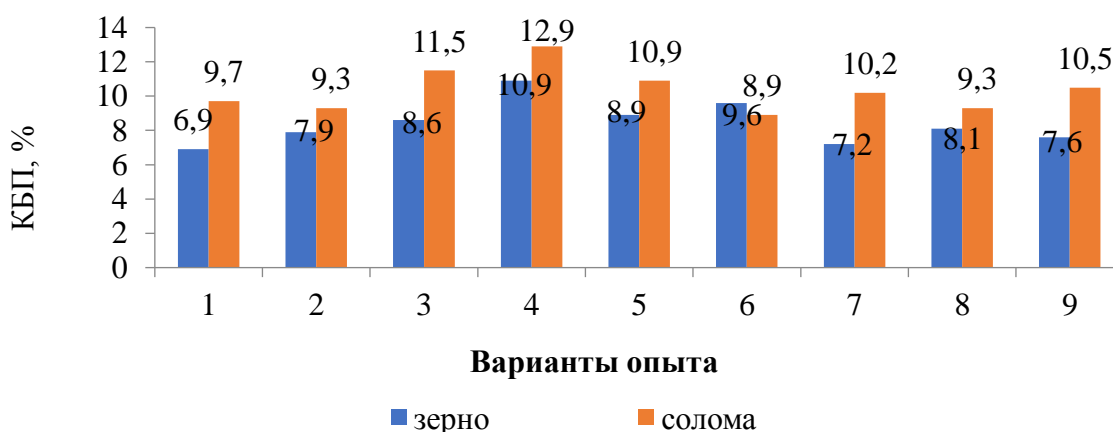


Рисунок 2 – Коэффициент биологического поглощения кадмия продукцией озимой пшеницы в среднем за 2013-2015 гг., %

Коэффициент биологического поглощения кадмия зерном на контроле составил 6,9 %. Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{90}P_{60}K_{60}$ и $N_{150}P_{120}K_{120}$ увеличили КБП на 1,0-

1,7 % соответственно. В вариантах с последствием 40 и 80 т/га навоза данный показатель увеличивается по сравнению с контрольным вариантом на 2,9 и 3,3 % соответственно. При внесении минеральных удобрений на фоне последствия навоза величина коэффициента биологического поглощения кадмия несколько снижается.

Коэффициент биологического поглощения кадмия соломой изменялся от 9,7 % на контроле до 12,9 % в варианте с последствием 40 т/га навоза.

На наш взгляд, влияние на изменение КБП оказывает реакция почвенного раствора. Кроме того, внесение минеральных удобрений и последствие органических удобрений способствует более интенсивному росту и развитию растений, в процессе которого при дыхании, корневой системой растений выделяется углекислый газ, который при взаимодействии с почвенным раствором подкисляет реакцию почвенной среды. В связи с этим поглощающая активность растений усиливается и коэффициент биологического поглощения увеличивается.

Повышение КБП в вариантах с последствием навоза, на наш взгляд, вызвано активностью процессов минерализации органического вещества.

Для более полной оценки количества кадмия, перешедшего из почвы в растения озимой пшеницы, был рассчитан коэффициент накопления (рис. 3).

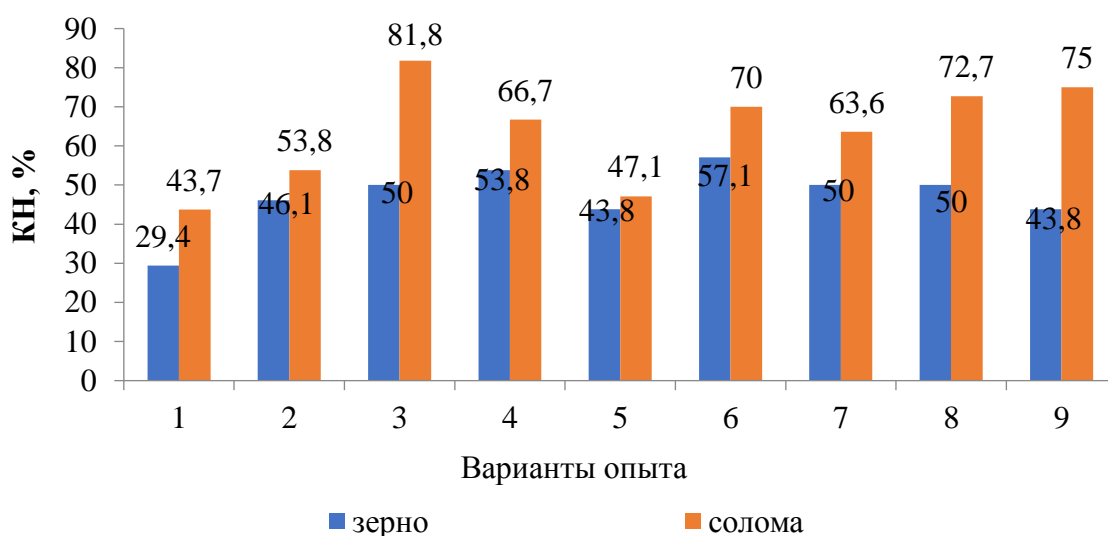


Рисунок 3– Коэффициент накопления кадмия продукцией озимой пшеницы, %

Анализ коэффициентов накопления показал, что кадмий накапливается растениями озимой пшеницы с вариацией значений в пределах $K_n = 29,4-57,1$ % для зерна и 43,7-81,8 % для соломы. Коэффициенты накопления Cd соломой превышали КН зерном в 1,5 раза.

Максимальному увеличению Кн кадмия соломой способствовало внесение двойной дозы минеральных удобрений, в этом варианте отмечено увеличение на 38,1 %, относительно контроля. Таким образом, внесение удобрений способствует росту урожайности озимой пшеницы и, как следствие, повышению коэффициента накопления.

В результате исследований установлено положительное действие минеральных удобрений на фоне последствия навоза на снижение поступления кадмия в зерно и солому озимой пшеницы, за счёт образования труднорастворимых соединений с кадмием.

Литература

1. Морозова, Т. С. Аккумуляция кадмия в почве и растениях озимой пшеницы под влиянием удобрений / Т.С. Морозова, С.Д. Лицуков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 4(12). – С. 91-97.

2. Лицуков, С.Д. Подвижность тяжелых металлов на черноземе типичном / С.Д. Лицуков // Бюллетень научных работ. – Белгород: Изд-во. БелГСХА, 2009. – Вып. 16. – С.22-27.
3. Серегин, И.В. Передвижение ионов кадмия и свинца по тканям корня/ И.В. Серегин, В.Б. Иванов// Физиология растений. – 1998. – Т. 45, N 36. – С. 899–905.
4. Степанова, О.В., Воробьев И.В. Оценка качества почв в городской черте // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сб. ст. по мат. V междунар. студ. науч.-практ. конф. № 5. URL: https://sibac.info//archive/nature/StudNatur_25_10_12.pdf (дата обращения: 20.11.2019)

УДК 574.42 + 630

ОЦЕНКА И ДИНАМИКА ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ ЗАЛЕЖЕЙ НА РАЗНЫХ ЛИТОГЕННЫХ МАТРИЦАХ

В.П. Паршинская

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск

ASSESSMENT AND DYNAMICS OF SOIL PROPERTIES OF POSTAGROGENIC ECOSYSTEMS ON DIFFERENT LITHOGENIC MATRICES

V.P. Parshinskaya

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

В XX веке наблюдается массовое сокращение сельскохозяйственных угодий. В России из оборота выведено и не используется до 40 млн. га пашни [1]. В Архангельской области из сельскохозяйственного оборота выбыло около 200 тыс. га земель [4]. Они изменяются под влиянием естественных и антропогенных процессов таких как: почвообразование, зарастание лесом, заболачивание и др. Эти процессы существенно отличаются от аналогичных, происходящих на естественных почвах.

Поэтому, цель нашей работы заключается в том, чтобы оценить и проследить динамику агрохимических свойств почв, развивающихся на разных литогенных матрицах в Архангельской области.

На каждой литогенной матрице закладывали почвенные разрезы в пределах бывшего поля согласно общепринятой методике. При описании использовали стандартную методику выделения и описания почвенных разрезов, определяли название почвы по классификации и диагностике почв СССР 1977 года [2]. В камеральных условиях определяли плотность сложения пахотного горизонта, содержание органического углерода (гумуса) по Тюрину и обменную кислотность [3].

Для статистической обработки данных использовали Excel. Линию регрессии для наилучшей аппроксимации данных выбирали с помощью коэффициента детерминации (R^2).

Почвы карбонатной литогенной матрицы представлены дерново-подзолистыми выщелоченными почвами суглинистого гранулометрического состава и развиваются на карбонатной почвообразующей породе. На аллювиальной матрице преобладают аллювиальные дерновые и луговые почвы на слоистых песчаных отложениях. Бескарбонатная матрица представлена зональными подзолистыми почвами. Все почвы имеют пахотный горизонт, четко выделяющийся по морфологическим признакам.

В результате исследования определены агрохимические показатели пахотного горизонта почв на разных литогенных матрицах (табл. 1).

Наибольшее содержание гумуса выявлено в аллювиальной и бескарбонатной матрицах (3,6%-3,7%), при этом на аллювиальных почвах за 80 лет после забрасывания значение возрастает в 6 раз (Рисунок 1). Существенно меньшее содержание гумуса отмечено в карбонатных почвах.

Таблица 1 – Агрохимические показатели пахотного горизонта на разных литогенных матрицах

Литогенная матрица	Среднее значение	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %
Содержание гумуса, %					
Аллювиальная	3,7	1,2	12,4	2,8	76
Карбонатная	2,3	1,3	3,6	0,6	27
Бескарбонатная	3,6	1,8	5,9	1,0	29
Плотность сложения, г/см ³					
Аллювиальная	1,11	0,61	1,37	0,21	19
Карбонатная	1,42	0,64	1,70	0,31	22
Бескарбонатная	1,24	0,79	1,52	0,20	16
Обменная кислотность, рН					
Аллювиальная	5,5	4,6	6,5	0,6	10
Карбонатная	7,0	5,4	7,6	0,5	7
Бескарбонатная	5,2	3,6	6,9	1,1	21

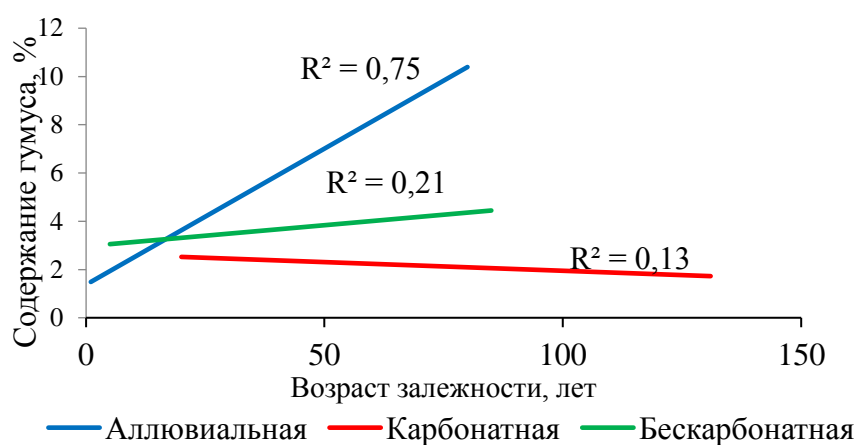


Рисунок 1 - Динамика содержания гумуса (%) с возрастом залежности на разных литогенных матрицах

Одинаково происходит изменение плотности сложения: во всех трёх матрицах показатель снижается, но наиболее сильно этот процесс протекает в карбонатной матрице (Рисунок 2). Значения плотности снижения достигают оптимальных показателей до 0,8-1,0 г/см³.

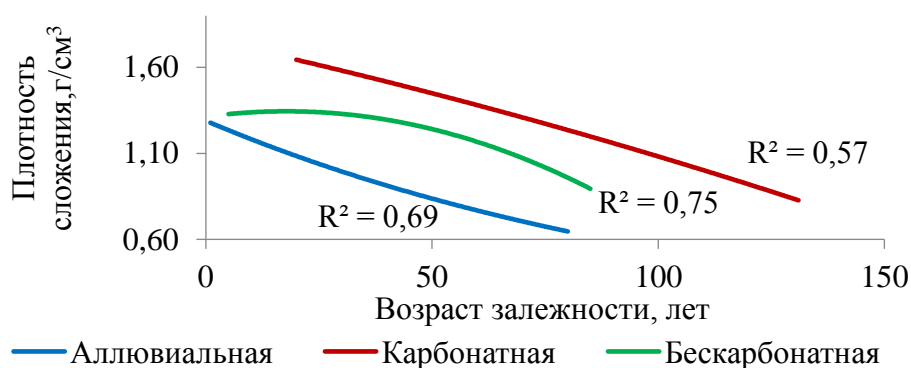


Рисунок 2 - Изменение плотности сложения (г/см³) с возрастом залежности на разных литогенных матрицах

Обменная кислотность колеблется в пределах от 5,2 (слабокислая) до 7,0 (нейтральная). По-разному происходит изменение обменной кислотности в зависимости от

возраста залежности. На аллювиальных и бескарбонатных почвах отмечается снижение кислотности, в то время как на карбонатной матрице значение рН значительно не изменяется (Рисунок 3).

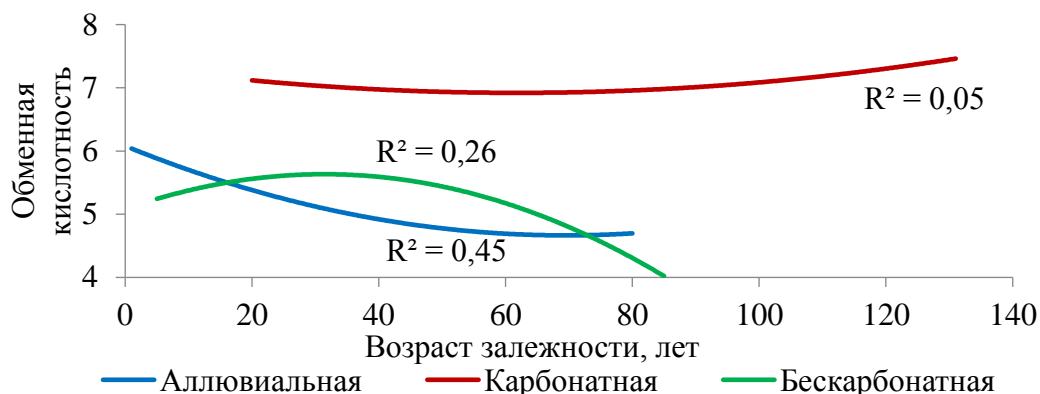


Рисунок 3 – Изменение обменной кислотности (рН) с возрастом залежности на разных литогенных матрицах

Таким образом, повышение содержания гумуса в аллювиальных почвах со временем, может быть связано с увеличением доли трав в напочвенном покрове, которые ежегодно обеспечивают поступление большого количества быстроразлагающихся органических веществ в почву, в отличие от карбонатной и бескарбонатной матриц, где доля травяного опада незначительна и снижается со временем. Содержание органических веществ и гумуса влияет на плотность сложения почвы. Чем больше содержание органических веществ в почве, тем меньше её плотность сложения, что подтверждается экспериментальными данными (Рисунок 2).

Карбонатные почвы, в связи с особенностями почвообразующей породы, обладают большим запасом химических элементов и их соединений, в особенности кальция, поэтому обменная кислотность, практически, не изменяется со временем. На аллювиальных и бескарбонатных почвах кислотность увеличивается спустя некоторое время после прекращения внесения удобрений и мелиорантов (известь).

Изучив три типа литогенных матриц на разных этапах восстановления и почв, развивающихся на них, установили, что они изначально обладают различным плодородием, и с течением времени их показатели изменяются неодинаково.

Литература

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / ред. акад. Г.А. Романенко. М., 2008. 64 с
2. Наквасина Е.Н., Серый В.С., Семёнов Б.А. Полевой практикум по почвоведению. Архангельск, 2007. 126 с.
3. Наквасина Е.Н. Агрохимические свойства почв: учеб. пособие. Архангельск, 2009. 101 с.
4. Серый В.С., Минин Н.С. Заселение залежных земель в Архангельской области древесными и кустарниковыми породами // Экологические проблемы севера: межвуз. сб. науч. тр. 2009. № 12. с. 56–57.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПОЙМЕ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

А.А. Попова

Станция агрохимической службы «Архангельская», г. Архангельск

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOIL AND VEGETATION COVER OF
POSTAGROGENIC LANDS IN THE FLOODPLAIN OF THE NORTHERN DVINA

A.A. Popova

Agrochemical Service Station «Arkhangelskaya»

В настоящее время в России велика доля постаграрных экосистем в связи с активным забрасыванием сельскохозяйственных земель (пашни, сенокосы, пастбища) в последние 30 лет. По данным станции агрохимической службы «Архангельская» в Архангельской области из активного сельскохозяйственного оборота выведено 200 тыс. га (80 %) пахотных земель, в т. ч. расположенных на пойменных землях. Они отличаются повышенным плодородием и последние годы зарастают сорной растительностью, теряют ценные свойства [1,2].

Важно проследить тенденции развития залежных биогеоценозов, динамику их сукцессий, прежде всего на ранних этапах залежеобразования. Смена направления использования земель меняет состав травостоя и отражается на свойствах почв. Оценка экологического состояния залежных земель позволит дать практические предложения по путям их дальнейшего использования и решить вопрос об их восстановлении и введении в аграрный оборот.

Цель данной работы - изучить состояние, динамику формирования и дать экологическую оценку почвенно-растительного покрова пойменных постагрогенных ландшафтов (Приморский район Архангельской области).

Объектом исследования являлся почвенно-растительный покров островной поймы реки Северной Двины в дельтовом расширении (острова Андриянов, Ластольский, Чубнавольская Кошка, Киселев) Приморского района Архангельской области (2010-2017 гг.).

Подбирали залежи (после пашни) разного возраста (от 1 года до 40 лет и более), а также для контроля – не тронутые сельскохозяйственной деятельностью луга. Пробные площади (32 ПП) закладывали в пойме реки Северной Двины на наиболее характерных участках залежного луга в пределах контура растительности. Подбор проводили по планам землепользования хозяйств, с привязкой к агрохимическим картограммам 1980-х годов. Это позволило сравнить агрохимические свойства почв более 30 лет назад (в период активного использования) и в настоящее время.

Полевые исследования включали: полное геоботаническое описание по стандартной методике [4,5]. Провели эколого-ценотический анализ травостоя залежей по следующим критериям: жизненные формы по Раункиеру, Серебрякову; отношение видов к свету, богатству почвы [7]. Почвенные разрезы закладывали в типичном месте, химические свойства почвы анализировали по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ [3,6].

Рассматривали динамику растительности и почвенных свойств по группам возраста залежеобразования (I – до 5 лет; II – 6-19 лет; III – 20-40 лет; IV – более 50 лет).

На основе анализа полученных результатов сделаны следующие выводы:

1. На залежах в первые два десятилетия видовое разнообразие ниже, чем на естественных лугах. В последующем (в период от 20-до 40 лет забрасывания) количество видов (56) приближается к естественным угодьям (62), наблюдается совпадение по видам-доминантам, однако и через 40 лет ренативации видовой состав ценофлоры не достигает состава естественных лугов (табл.1).

Таблица 1. Распределение видов на залежах разных возрастов и естественных угодьях (* - число ПП)

Показатель	Группы залежей по возрасту забрасывания				Естественные угодья (8)
	До 5 лет (5)*	6-19 лет (4)	20-40 лет (10)	более 50 лет (2)	
Число видов	47	37	56	10	62
Число родов	40	31	40	10	43
Число семейств	17	13	20	9	18

2. Наиболее заметная трансформация растительного покрова наблюдается на залежи в первые годы после отчуждения. В первый год реновации преобладают однолетники с проективным покрытием 30%, на 2 и 3 годы количество однолетников и уменьшается, увеличивается количество видов, проективное покрытие и высота злаков, бобовых, появляются мхи рода *Marchantia* L. В формирующейся фитомассе резко возрастает доля злаков (до 95%), но снижается доля бобовых (1%) и разнотравья (4%). На полях сохраняются технологические элементы вспашки и нарушенность травостоя.

3. В процессе ренативации заброшенные пашни проходят восстановительные смены растительности, которые включают в себя классические стадии: бурьянистую, корневищную, рыхлокустовую и плотнокустовую и в автоморфных условиях длятся до 40 и более лет. При более длительном зарастивании и нарушении мелиоративной сети и отсутствии промежуточного пользования бывшие пашни зарастают ивой.

4. Неиспользуемые аллювиальные залежные почвы по морфогенетическим, физическим и агрохимическим свойствам через 40 лет после забрасывания достигают состояния, близкого к естественным пойменным почвам. Стабилизируется гумус, поглотительные свойства почв, содержание подвижных фосфора и калия остается на высоком уровне (табл.2).

Таблица 2. Агрохимические свойства пахотного горизонта аграрных, постаграрных почв и дернового горизонта естественных почв

Хозяйственное использование	Гумус, %	рН (сол)	Содержание, мг/100г		Степень насыщенности основаниями, %
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Пашня	<u>1,62</u> 1,43-1,80	<u>6,16</u> 5,71-6,60	<u>48,6</u> 44,5-52,7	<u>8,65</u> 8,5-8,8	<u>89,46</u> 81,90-97,01
Залежь до 5 лет	<u>1,84±0,18</u> 1,19-2,43	<u>5,93±0,22</u> 5,32-6,54	<u>47,14±2,27</u> 41,9-55,2	<u>11,18±1,21</u> 8,3-15,8	<u>89,88±2,28</u> 82,29-96,16
Залежь 6-19 лет	<u>3,14±0,29</u> 2,40-4,01	<u>5,83±0,08</u> 5,66-6,08	<u>49,75±3,81</u> 42,7-62,6	<u>18,13±4,27</u> 8,6-31,7	<u>91,86±0,26</u> 91,30-92,59
Залежь 20-40 лет	<u>2,77±0,29</u> 1,82-4,70	<u>5,33±0,14</u> 4,56-6,03	<u>50,26±9,20</u> 5,8-107,4	<u>15,99±2,34</u> 8,0-30,5	<u>82,13±2,51</u> 71,67-93,95
Залежь более 50 лет	<u>9,74±1,07</u> 8,17-12,35	<u>4,69±0,07</u> 4,58-4,86	<u>19,63±4,17</u> 13,7-29,8	<u>10,60±1,02</u> 8,3-12,6	<u>68,04±7,34</u> 50,79-81,03
Естественные угодья	<u>3,34±0,31</u> 2,13-5,37	<u>5,56±0,21</u> 4,70-6,33	<u>17,01±6,94</u> 3,0-65,0	<u>12,14±2,37</u> 5,9-27,8	<u>84,94±2,81</u> 71,27-94,98

5. При переводе полей в залежное состояние уже через 5 лет содержание гумуса незначительно повышается, но остается очень низким по сравнению с природными почвами, разница с естественными угодьями существенно высокая ($t_{0,05}=4,1$). После 6 лет неиспользования пашни содержание гумуса начинает заметно расти. Образуется дернина, вырастает больше многолетних растений, образуется богатый опад, поступающий в почву

при отсутствии сенокосения. Через 20 лет содержание гумуса в старопахотных почвах стабилизируется, достигает 2,77% и устанавливается на уровне естественных угодий.

6. При залежеобразовании идет стабильный рост гидролитической кислотности, увеличивается содержание ионов водорода и алюминия. К 40 годам залежные почвы достигают естественного фона гидролитической кислотности (3,01-2,91 ммоль/100 г почвы). При этом оптимальные значения для сельскохозяйственного использования почв для данного показателя составляют 1-3 мг-экв./100 г почвы [8]. На старых залежах (более 50 лет залежеобразования), особенно при заболачивании, гидролитическая кислотность резко увеличивается, и в нашем случае достигает 9,6 ммоль/100 г почвы.

7. Степень насыщенности основаниями залежных почв начинает снижаться с 20 лет, и к 40 годам достигает уровня естественного фона (85%). Все залежные почвы насыщены основаниями (92-82%). Только при заболачивании идет резкий спад, из-за возможного вымывания оснований и замены их водородом и алюминием, почва оказывается ненасыщенной основаниями (68%).

8. При длительном залежеобразовании в условиях нарушенной мелиоративной сети и зарастании кустарниками развивается заболачивание, что приводит к одновременному увеличению содержания гумуса, гидролитической кислотности и ухудшению физических свойств и насыщенности основаниями. Такие залежные участки к возврату в пахотное состояние нецелесообразны.

9. Таким образом, в пойменных залежных экосистемах сохранение свойств почв, достигнутых при поддержании плодородия пашен в период активного их аграрного использования, поддерживается в течение 20 лет, в течение которых ренативация угодий возможна без существенных затрат. Однако через 40 лет после забрасывания они достигают состояния, близкого к естественным пойменным почвам. Этим периодом ограничивается экономически выгодный возврат залежных почв в пахотное состояние, в чем и состоит практическая значимость данного исследования постагрогенных ландшафтов.

Работа выполнена под руководством д.с.-х.н., профессора Наквасиной Е.Н. (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск)

Литература

1. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий Архангельской области. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 124 с.
2. Антропова, Г.Е., Романов, Е.М., Рохина, Е. А., Наквасина, Е.Н. Почвенный покров и агрохимическая характеристика почв Архангельской области / Г.Е. Антропова, Е.М. Романов, Е. А. Рохина, Е.Н. Наквасина – Достижения науки и техники АПК, том 31, № 2, 2017. – С. 5-11
3. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Лайдинен Г.Ф., Ларионова Н.П., Лантратова А.С. Геоботаническое изучение луговой растительности // Методы полевых и лабораторных исследований растений и растительного покрова. Петрозаводск: ПетрГУ, 2001. С. 243–257.
5. Паринова Т. А., Волков А.Г. Методы изучения луговых экосистем: учебное пособие. Архангельск: Кира, 2017. 141 с.
6. Полевой практикум по почвоведению / Е.Н. Наквасина, В.С. Серый, Б.А. Семенов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 127с.
7. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
8. Черников, В.А. Устойчивость почв к антропогенному воздействию / В.А. Черников, Н.З. Михашенко, О.А. Соколов. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 200 с.

УДК 631.445.4:631.51

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА, ФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ТРАДИЦИОННОЙ К НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКЕ

Д.О. Рогожин

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г.Москва

THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF THE ORGANIC MATTER STATE, PHYSICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF THE CHERNOZEM THOUTHERN IN TRANSITION FROM CONVENTIONAL TO NO-TILLAGE TECHNOLOGY

D.O.Rogozhin

RSAU – MAA named after K. A. Timiryazev

Современная сельскохозяйственная техника при существующих отдельных способах обработки, посева и внесения удобрений, многочисленных междурядных рыхлениях и многоходовых способах уборки уплотняет почвы на значительную глубину. Вследствие этого снижается скорость поступления в почву влаги, уменьшается ее доступность, возрастает твердость, резко ухудшаются условия развития корней и надземной массы растений.

В настоящее время широко внедряется технология «нулевой обработки» почв, которая позволяет значительно снизить затраты хозяйств на проведение механической обработки почв, хотя при использовании такой технологии и появляются дополнительные затраты на применение химических средств борьбы с сорной растительностью. При постоянном использовании отвальной обработки (с оборотом пласта) происходит активная минерализация органического вещества почвы, разрушается почвенная структура, почва сильно распыляется, становится менее устойчивой как к водной эрозии, так и к дефляции – наступает состояние выпаханности. Преимуществами нулевой обработки являются [5]: энергоресурсосбережение, экономичность, защита почвы от эрозии, дополнительное снегонакопление, сохранение влаги, снижение темпов минерализации органического вещества, сокращение потерь минерального азота, мульчирующий эффект, улучшение сложения почвы, перспективы экологизации. Недостатками же являются: ухудшение фитосанитарной ситуации, необходимость применения пестицидов, усиление дефицита минерального азота, ограничения при повышенном увлажнении, солонцеватости и переуплотнении почв, дифференциация пахотного слоя, невозможность внесения органических удобрений и мелиорантов.

При внедрении данной технологии остаются малоизученными изменения, происходящие со свойствами почв. В результате использования нулевой обработки изменяются условия поступления и трансформации органического вещества и физические свойства почв. Данная технологии способствует как увеличению поступления органических остатков в почвы, так и снижению минерализации органического вещества вследствие отсутствия механических обработок. Поэтому можно предположить, что при внедрении нулевой обработки в первую очередь будет увеличиваться содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ).

Н.Ф. Ганжара и Б.А. Борисов [2-4] относят к легкоразлагаемому органическому веществу группу лабильных органических веществ, включающую неразложившиеся органические остатки растительного и животного происхождения, детрит, низко- и среднемолекулярные углеводы, аминокислоты, пептиды и другие неспецифические соединения, новообразованные гумусовые кислоты, гуминовые кислоты и фульвокислоты, непрочные связанные с минеральной частью почвы. Для определения ЛОВ ими предложена методика с использованием тяжелой жидкости [1].

Объектом наших исследований являлись образцы чернозема южного, отобранного в Новоаннинском районе Волгоградской области на поле, где в течение 5 лет сравниваются

традиционная (с оборотом пласта) и нулевая обработки почвы при выращивании зерновых культур.

Целью нашей работы было проведение сравнения некоторых агрономически значимых свойств чернозема южного Волгоградской области, обрабатываемого по традиционной технологии с оборотом пласта и по технологии нулевой обработки. Исследуемые участки находились на одном поле с одинаковым почвенным покровом, который был представлен черноземом южным среднесуглинистым на лессовидном суглинке освоенным. Были определены некоторые показатели состояния органического вещества исследуемых почв и их физические свойства.

Отбор образцов производился в пятикратной повторности с площадок размером 50х50 м, на частях поля с традиционной и с нулевой обработкой. Лабораторные анализы почв выполнялись по общепринятым методикам, содержание легкоразлагаемого органического вещества определяли по методике отделения ЛОВ от минеральной части почвы и стабильных гумусовых веществ с помощью тяжелой жидкости плотностью 1,8 г/см³ (концентрированный раствор иодида натрия), а для более тонкого препаративного отделения проводили повторную флотацию в тяжелой жидкости с плотностью 1,6 г/см³ [1].

Результаты определения содержания гумуса и легкоразлагаемого органического вещества в почвах исследуемых вариантов представлены в таблице (Табл.1).

Таблица 1 – Содержание гумуса и легкоразлагаемого органического вещества в черноземе южном при традиционной и нулевой обработке, среднее из 5 повторностей

Вариант	Глубина	Содержание гумуса, %	Содержание ЛОВ, %
Пшеница, традиционная обработка	0-10	5,22	0,28
	10-20	5,20	0,25
Пшеница, нулевая обработка	0-10	5,39	0,45
	10-20	5,21	0,27
НСР ₀₉₅		0,34	0,11

Видно (Табл. 1), что при традиционной обработке в виде вспашки с оборотом пласта содержание гумуса в слоях 0-10 см и 10-20 см было практически одинаковым, так как это один пахотный горизонт, который регулярно перемешивается при вспашке. При нулевой обработке наметилась дифференциация в содержании гумуса между слоями 0-10 см и 10-20 см, хотя различия пока недостоверны. В верхнем слое при нулевой обработке сосредотачивается основное количество растительных остатков, в результате чего происходит постепенное обогащение слоя 0-10 см органическим веществом.

В таблице 2 представлены результаты определения плотности, плотности твердой фазы и общей пористости исследуемых почв.

Таблица 2 – Плотность, плотность твердой фазы и общая пористость в черноземе южном при традиционной и нулевой обработке (среднее из 5 повторностей)

Вариант	Глубина	Плотность, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %
Пшеница, традиционная обработка	0-10	0,91	2,53	64,4
	10-20	0,93	2,52	63,2
Пшеница, нулевая обработка	0-10	0,90	2,44	63,0
	10-20	1,02	2,55	60,1

Из данных таблицы 2 видно, что все исследованные почвы характеризовались благоприятными величинами плотности. Слои 0-10 см и 10-20 см в почве при традиционной

обработке характеризовались примерно одинаковой плотностью, а при нулевой обработке верхний слой 0-10 см имел значительно меньшую плотность по сравнению с нижним слоем 10-20 см.

Почва, обрабатываемая по традиционной технологии, а также почва при нулевой обработке имели примерно одинаковую величину плотности твердой фазы – 2,52-2,55 г/см³, а почва при нулевой обработке в слое 0-10 см характеризовалась заметно более низкой величиной плотности твердой фазы – 2,44 г/см³, что объясняется, по-видимому, высоким содержанием растительных остатков в почве.

Величина общей пористости практически не различалась в вариантах с различной обработкой и в разных слоях почв

В таблице 3 представлены результаты определения содержания подвижных форм фосфора и калия по методу Чирикова (для некарбонатных черноземов).

Таблица 3 – Содержание подвижных форм фосфора и калия в исследуемых почвах (по Чирикову)

Вариант	Глубина	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/кг	
Пшеница, традиционная обработка	0-10	84,2	112,6
	10-20	85,6	107,8
Пшеница, нулевая обработка	0-10	96,8	119,0
	10-20	95,4	108,7
НСР ₀₉₅		9,4	12,3

Из данных таблицы видно, что при переходе от традиционной к нулевой обработке почвы произошло достоверное увеличение обеспеченности подвижным фосфором, возможно, это обусловлено накоплением легкоразлагаемого органического вещества при нулевой обработке. Обеспеченность подвижным фосфором при обоих видах обработок оставалась в пределах III класса. В обоих вариантах существенной дифференциации слоев 0-10 см и 10-20 см по этому показателю не обнаружено. Достоверных различий в обеспеченности калием при различных видах обработки и между слоями 0-10 см и 10-20 см не отмечено

Величина общей пористости практически не различалась в вариантах с различной обработкой и в разных слоях почв, при этом она находилась в оптимальных пределах.

Агрегатное состояние чернозема южного в результате перехода к нулевой обработке улучшилось, по сравнению с традиционной обработкой, - содержание агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) в ней было равно 65%, а при традиционной обработке 54,5 %.

Водопрочность агрегатов, определенная методом мокрого просеивания, была значительно выше у чернозема южного при нулевой обработке, по сравнению с традиционной обработкой. Содержание агрегатов размером менее 0,25 мм составило 45,0 и 55,9 %, соответственно.

Литература

1. Борисов, Б.А. Органическое вещество почв (генетическая и агрономическая оценка) / Б.А.Борисов, Н.Ф.Ганжара – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 214 с.
2. Ганжара, Н.Ф. Легкоразлагаемое органическое вещество и эффективное плодородие почв / Н.Ф.Ганжара, Б.А.Борисов, М.А.Флоринский // Земледелие. – 1995. – № 1. – С. 10-12.

3. Ганжара, Н.Ф. Оптимизация содержания лабильного органического вещества в почвах лесостепи Поволжья / Н.Ф.Ганжара, Р.Ф. Байбеков, Б.А.Борисов, С.М. Надежкин // Плодородие. – 2010. – № 5. – С. 15-17.

4. Ганжара, Н.Ф. Состояние органического вещества и соединений азота черноземов выщелоченных в зависимости от способов возделывания культур / Н.Ф.Ганжара, В.В.Верзилин, Р.Ф.Байбеков, Б.А.Борисов // Известия ТСХА. – 2005. – № 3. – С. 1-13.

5. Кирюшин, В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И.Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 5. – С. 12-14.

УДК 630.63

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПАХОТНЫХ ПОЧВ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ АГРОХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

А.В. Ручкина, Т.Ю. Амелина, И.Н. Пузырева

ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань

AGRONOMIC ASSESSMENT OF THE MAIN ARABLE SOILS OF THE RYAZAN REGION AND THEIR AGROCHEMICAL STABILITY

A. V. Ruchkina, T. Yu. Amelina, I. N. Puzyreva

FGBOU IN RGATU, Ryazan

Проблема устойчивости, здоровья почв широко обсуждается в научной литературе [2], [4], [5], [8], [11], [13], [14], [15]. В данных работах указывается актуальность проблемы, приводится обоснование понятия устойчивости почвы, различные аспекты ее оценки.

Мощным факторам изменения почвенных свойств стал перевод почв в сельскохозяйственный оборот. Интенсивная распашка агросерых почв стала условием развития сельского хозяйства в Рязанской области. Пик освоения и трансформации агросерых почв приходится на конец 20 века. В это время интенсивно вырубались леса [6], [7]. Например, на территории нашей области за 150-летний период лесистость снизилась на 20-70%. Уничтожалась естественная растительность – широколиственные и мелколиственные леса. Одновременно с распашкой в почве стали происходить изменения, которые затронули весь почвенный комплекс – минеральную и органическую основу, отсюда агрохимические, физические, водно-физические, физико-химические свойства [1], [3]. Как итог, за более чем двухсотлетнее освоение агросерых почв уменьшилось содержание органического вещества, увеличился вынос илистых компонентов, усилилась деструктуризация и т.д.

В настоящее время состояние почв сельскохозяйственного назначения (агрочувств) не оптимальное [12].

Среднее значение подвижного фосфора в пахотных почвах Рязанской области составляет около 11 мг/100 г почвы с наибольшей размерностью в не черноземных почвах – больше 10 мг/100 г. В некоторых дерново-подзолистых и агросерых почвах содержание элемента доходит до 14–18 мг/100 г (Рязанский, Рыбновский районы). Напротив, в черноземах выщелоченных и оподзоленных, содержание подвижного фосфора в большинстве случаев не превышает 10 мг/100г. На почвы со средним содержанием фосфора приходится 36%, повышенное – 18%. Каждое пятое поле с очень низким и низким содержанием фосфора.

Средневзвешенное содержание обменного калия в пахотных почвах области варьирует от 8 до 14 мг/100 г. На долю почв с I и II классами обеспеченности приходится 28%, III класс – 32%.

Мы полагаем, что средние дозы калийных удобрений до 38 кг/га и фосфорных до 45 кг/га являются низкими для пахотных почв Рязанской области, так как велика вероятность

снижения средневзвешенного содержания калия и фосфора по сравнению с исходными величинами.

В Рязанской области, как и в некоторых других областях Нечерноземной зоны, свыше 30% пахотных почв имеют низкую обеспеченность подвижным калием и фосфором. Это создает предпосылки для снижения потенциала их устойчивости, следовательно, повышения экологической уязвимости сельскохозяйственных растений к внешним воздействиям [10], [16].

К настоящему времени в Рязанской области средневзвешенное значение рН пахотных почв составляет 5,3. На долю кислых почв приходится около 73%, из них сильнокислых почв – 4%, среднекислых – 26%, слабокислых – 42%. В некоторых районах с выщелоченными и оподзоленными черноземами доля почв с рН ниже 5,5 ед. доходит до 80–90%. Средневзвешенное значение рН под сенокосами еще ниже – 4,7 ед. Следовательно, в целом кислотность почв можно расценить как неудовлетворительную.

К 1985 г. выявлена неоднозначная картина пространственного изменения гумуса за предшествующие годы: отмечалось его повышение главным образом в почвах с относительно низким уровнем естественного плодородия. Например, в дерново-подзолистых и светлых агросерых почвах прирост гумуса к периоду 1978 – 1981 гг. составил 0,6 %. В агросерых почвах Рязанского района зафиксировано рекордное повышение гумуса – на 1,0 %. Напротив, в выщелоченных и оподзоленных черноземах установлены существенные темпы снижения гумуса – на 0,5 – 1,0 %.

На сегодняшний день в дерново-подзолистых почвах Рязанской области содержание гумуса колеблется в зависимости от гранулометрического состава в пределах 1,4 – 2,1 %, подтипах агросерых – 3,0 – 5,0 %, выщелоченных и оподзоленных черноземах – около 7 %. В условиях дефицита применения удобрений формирование урожая культурных растений происходит за счет использования почвенных ресурсов.

Таким образом, состояние плодородия агропочв Рязанской области следует признать не оптимальным для устойчивого производства сельскохозяйственной продукции.

Мы разработали агрохимическую модель плодородия агросерой тяжелосуглинистой почвы, отражающей ее устойчивость (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимическая модель устойчивости агросерой тяжелосуглинистой почвы

Показатели	Единица измерения	Уровень устойчивости почвы		
		низкий	средний	высокий
Гумус	%	<2,0	2–3	>3,0
рН _{обм}		< 4,5	4,5 – 6,0	> 6,0
Подвижный калий	мг/100г	< 12,0	12,0 – 17,0	> 17,0
Подвижный фосфор	мг/100г	< 7,0	7,0 – 15,0	> 15,0
Общая за интервалы рН емкость буферности к подкислению (ЕБк)	мМ-экв/100 г	< 9	9 – 11	> 11
Поглощенные основания (Ca ²⁺ +Mg ²⁺)	мг-экв/100 г	< 20	20 – 25	> 25
Относительная активность калия (AR _о)	М/л · 10 ⁻³	<2	2 – 4	>4
Потенциальная калийная буферность (РБС ^к)	Фактор емкости в мг-экв/100 г	<24	34 – 45	>45
Равновесная концентрация фосфора (в вытяжке 0,01 М CaCl ₂)	мг/л	<0,1	0,1 – 0,2	> 0,2
Емкость десорбции (– Q _о)	мг Р/100 г	<0,7	0,7 – 1,4	> 1,4
Потенциальная фосфатная буферность (РБС ^р)	мл/г	<34	34 – 45	> 45

Для достижения оптимальной активности калия 0,002 – 0,0035 М/л, содержание гумуса должно быть не ниже 3,0 %, обменного калия – 20 мг/100 г. При превышении гумуса 3 % (не более 3,5 %) и обменного калия 20 мг/100 г РБС^к увеличивается в два раза (с 20 – 24 до 40 – 45). При таком диапазоне РБС^к достигается относительная активность калия в пределах 0,002 – 0,003 М/л.

Наибольшая величина потенциальной буферной способности к фосфору достигается при содержании гумуса и равновесного фосфора в почве больше 2,5 % и 0,11 мг/л соответственно. РБС^р при отмеченных условиях обусловлено увеличением десорбционной способности до 1,9 мг/100 г. При гумусе < 2,5, равновесного фосфора более 0,11 – десорбция фосфора составит 1,5 мг/100 г. Аналогичная закономерность установлена для гумуса больше 2,5 % и рН_{обм} выше 4,5. Поэтому повышение в почве органического вещества, фосфора, снижение кислотности способствуют улучшению буферных свойств агросерой почвы.

Если общая за интервалы рН емкость буферности к кислоте лежит в диапазоне 9 – 11 мМ-экв/100 г, то достигается средний уровень устойчивости почвы. При этом поглощенных оснований должно быть не менее 20 мг-экв/100 г.

Предложенная модель плодородия является ориентировочной для агросерой тяжелосуглинистой почвы. Это связано с динамикой почвы, ее лабильностью к внешним факторам, разномасштабной временной изменчивостью.

Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
2. Аканова Н. И. Значение химической мелиорации в земледелии и потери кальция и магния из почвы // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 1. С. 28-35.
3. Аристархов А.Н. Калийный режим почв и потребность в калийных удобрениях земледелия Московской области // Эколого-агрохимическая оценка состояния калийного режима почв и эффективность калийных удобрений: Материалы науч.-практ. конф. М., 2002. С. 213 – 226.
4. Булгаков Д.С., Апарин Д.С. Аспекты теории плодородия почв // Почвоведение. 1999. № 1. С. 63-72.
5. Войтович Н.В. Плодородие почв Нечерноземной зоны и его моделирование. М.: Колос, 1997. С. 101 – 126.
6. Глебова И.В. Сорбция тяжелых металлов почвами Центрального Черноземья: Монография // Курск: Изд-во Курской гос. с.-х. акад. 2011. 285 с.
7. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель // Агрохимия. 2002. № 8. С. 5 – 13.
8. Добровольский Г.В., Шоба С.А., Балабко П. Н. Деградация и охрана почв: Монография // М.: Изд-во Моск. ун-та. 2002. 651 с.
9. Добровольский, Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины // Москва: Издательство Московского университета. 2005. 294 с.
10. Сафроновская Г.М., Германович Т.М., Сатишур В.А., Царук И.А. Эффективность калийного удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной кислотностью и обеспеченностью подвижным калием // Почвоведение и агрохимия. 2011. № 1(46). С. 174-182.
11. Способы уменьшения содержания тяжелых металлов в серых лесных почвах [Текст] / Костин Я.В., Ушаков Р.Н., Данилина С.В., Ручкина А.В. и др. / Вестник РГАТУ, 2018. – № 2(38). – С. 26-32.
12. Сычев В.Г. Удобрения и продовольственная безопасность В сборнике: Состояние и динамика плодородия почв в связи с продуктивностью земледелия : Материалы IX Международного симпозиума НП «Содружество учёных агрохимиков и агроэкологов». Под редакцией В.Г.Сычева. 2017. С. 6-15.

13. Developing the regional system of oil crops production management / Vinogradov D.V., Konkina V.S., Kostin Ya.V., Kryuchkov M.M., Zakharova O.F., Ushakov R.N. // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences, 2015. – Т. 9. – № 5. – P. 1276-1284.

14. Sustainability of agro-gray soil to pollution and acidification, and its biodiagnostics / Ushakov R.N., Ruchkina A.V., Levin V.I. and others // International journal of engineering and technology(UAE), 2018. – Т. 7. – № 4.36. – P. 929-934.

15. Ushakov, R. A Sustainability of agro-gray soil to pollution and acidification, and its biodiagnostics [Text] / Ushakov R., Ruchkina A., Levin V. and others // International Journal of Engineering and Technology. – 2018. – Т. 7. – № 4. С. 929.

16. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Пушкино: Изд-во ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. 203 с.

УДК 579.64

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА МИКРОФЛОРУ ЧЕРНОЗЕМА
ТИПИЧНОГО В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Д. Савченко

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г.Москва

THE INFLUENCE OF DIFFERENT USES ON THE MICROFLORA OF CHERNOZEM
TYPICAL IN THE KURSK REGION

A.D. Savchenko

RGAU – MAA named after K.A. Timiryazev

Большинство биохимических процессов в почве осуществляется микроорганизмами, поэтому вопросы, связанные с исследованием микробной биомассы, являются центральными не только в почвоведении, но и во всех смежных с биогеохимией дисциплинах. Микробная биомасса рассматривается в таких исследованиях в качестве движущей силы биогеохимических циклов. В этой связи необходимо знать, какие микроорганизмы несут ответственность за конкретные процессы и, в более общем смысле, какая часть микробной биомассы осуществляет круговорот элементов [1].

Микробные популяции в почве представлены очень широким спектром микроорганизмов, находящихся в четырех физиологических состояниях. Первые три — жизнеспособные состояния. Во-первых, это активное состояние микроорганизмов. Активные микроорганизмы непосредственно участвуют в трансформации органических соединений и в связанных с ними биохимических превращениях. Во-вторых, это потенциально активные микроорганизмы. Эта фракция пребывает в состоянии ожидания и может переключиться на использование поступившего субстрата в сравнительно короткие сроки от нескольких минут до нескольких часов [1].

Следующее состояние жизнеспособных микроорганизмов является состоянием покоя (покоящиеся формы). Микроорганизмы в таком состоянии не участвуют непосредственно в процессах трансформации органического вещества почвы, но могут внести свой вклад в условиях, способствующих их переходу в активное состояние. Наконец, четвертое состояние микроорганизмов в почве — мертвые, но количественно определяемые с помощью некоторых методов. Мертвая биомасса не оказывает прямого воздействия на текущие биогеохимические процессы, однако может служить в качестве доступного субстрата, тем самым влияя на разложение органического вещества почвы. Все эти состояния общей микробной биомассы вносят вклад в функционирование почвенных экосистем, и этот вклад различается в зависимости от условий окружающей среды и практики землепользования. Тем не менее, кинетика процессов трансформации органического вещества определяется активной (а не общей) микробной биомассой, которая является основной движущей силой биогеохимического круговорота элементов в почве [1].

Большинство методов оценки микробной биомассы были разработаны для измерения общей микробной биомассы. Однако, поскольку большинство процессов обусловлены активными микроорганизмами, для оценки участия микроорганизмов в функциях экосистем необходимо количественно разделять биомассу активных и покоящихся микроорганизмов. Это создало предпосылки для разработки концепции активной микробной биомассы почвы [1].

Таблица – 1 Результаты

Наименование	Без добавления глюкозы		С добавлением глюкозы	
	Количество NaOH пошедшее на титрование, мл	CO ₂ , %	Количество NaOH пошедшее на титрование, мл	CO ₂ , %
Целина 1	20,2	0,035	19,1	0,132
Целина 2	20,4	0,018	19,0	0,141
Целина 3	19,9	0,062	19,2	0,123
Среднее		0,038		0,132
Озимая пшеница 1	19,5	0,079	17,6	0,246
Озимая пшеница 2	19,2	0,106	17,6	0,246
Озимая пшеница 3	19,6	0,070	17,3	0,272
Среднее		0,085		0,255
Кукуруза 1	20,2	0,035	17,2	0,299
Кукуруза 2	20,4	0,018	17,5	0,273
Кукуруза 3	20,3	0,026	17,0	0,317
Среднее		0,026		0,296
Пар 1	20,0	0,053	18,5	0,181
Пар 2	20,2	0,035	18,8	0,158
Пар 3	20,0	0,053	19,0	0,141
Среднее		0,047		0,160
Залежь 1	20,4	0,018	19,5	0,097
Залежь 2	20,3	0,026	19,5	0,097
Залежь 3	20,4	0,018	19,5	0,097
Среднее		0,021		0,097
НСР _{0,05} =0,21				

В результате проведённого исследования по определению CO₂ можно судить о микробиологической активности в представленном образце почвы, и как она отличается без внесения глюкозы и после внесения. Таким образом во всех представленных вариантах наблюдается тенденция к тому, что после внесения глюкозы количество CO₂ возрастает в несколько раз. Наибольшее количество CO₂ было обнаружено в варианте кукуруза и озимая пшеница после внесения глюкозы, поскольку данный вариант почвы подвергается сельскохозяйственному использованию. Наименьшее количество CO₂ было обнаружено после внесения глюкозы в варианте залежь и целина, так как данные варианты не подвергаются сельскохозяйственному использованию то микробиологическая активность в них будет меньше, чем в вариантах почвы, которые подвергаются сельскохозяйственному использованию.

В вариантах без внесения глюкозы содержание CO_2 во всех представленных вариантах примерно одинаковое в независимости от сельскохозяйственного использования, так как в данных вариантах микроорганизмы находятся в состоянии анабиоза.

В итоге можно сказать, что сельскохозяйственное использование почв напрямую влияет на микробиологическую активность, так как при использовании почв микробиологическая активность будет выше. Но данная тенденция может наблюдаться только лишь до определенного момента, так как при переходе в залежное состояние почва приходит в прежнее состояние через какое-то время, и микробиологическая активность может быть даже несколько ниже, чем в естественном сложении.

Литература

1. Благодатский, С.А. Микробная биомасса и кинетика роста микроорганизмов в черноземах при различном сельскохозяйственном использовании/ С.А. Благодатский // Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН Пушкино. Воронежский государственный университет. – 2008. – № 1. – С. 113 – 120.
2. Звягинцев, Д.Г. Биология почв: учебник / Д.Г. Звягинцев - М.: МГУ, 2005. - 445 с.

УДК 631.4

ОЦЕНКА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

И.А. Сахабиев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

EVALUATION OF SOIL FERTILITY INDICATORS VARIABILITY USING A GEOSTATISTICAL ANALYSIS.

A. Sahabiev

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan,

Вариабельность является одним из фундаментальных почвенных свойств, определяющим пространственное распределение показателей почвенного плодородия. Помимо причин естественного происхождения, на пространственное распределение почвенных свойств накладывается антропогенная деятельность, особенно на сельскохозяйственных почвах. Своевременная и корректная оценка вариабельности показателей почвенного плодородия на территориях сельскохозяйственного назначения необходима для рационального использования почвенных ресурсов и минеральных удобрений. Вариабельность показателей почв в почвоведении до недавнего времени воспринималась как помеха при проведении почвенно-агрохимических обследований [3]. Однако, в настоящее время методы геостатистического моделирования позволяют оценить вариабельность почв с приемлемым уровнем точности [2,4,5].

Для оценки вариабельности свойств почв было исследовано два участка государственной сортоиспытательной сети: Арский государственный сортоиспытательный участок (Арский ГСУ) и Заинский государственный сортоиспытательный участок (Заинский ГСУ). Арский ГСУ расположен в Предкамье Республики Татарстан и имеет площадь около 88 га. Почвенный покров Арского ГСУ представлен серыми лесными и дерново – подзолистыми почвами. Заинский ГСУ находится в Восточном Закамье Республики Татарстан, площадь участка – около 100 га. На территории Заинского ГСУ распространены выщелоченные черноземы различной степени эродированности.

На территории двух ГСУ в 2011-2012 годах из элементарных участков размером 1-1,5 га были отобраны объединенные пробы, составленные из 20-25 единичных проб на глубину пахотного слоя. Объединенные пробы были пространственно привязаны к центроидам соответствующих элементарных участков. В результате почвенно-

агрохимического обследования было отобрано и проанализировано 54 (Арский ГСУ) и 60 (Заинский ГСУ) объединенных проб. В образцах были определены следующие показатели почв: содержание гумуса по Тюрину, содержание подвижных форм фосфора и калия по Чирикову и Кирсанову, pH водной вытяжки потенциометрически, содержание легкогидролизуемых форм азота по Корнфильду. На двух ГСУ было проведен геостатистический анализ вариабельности показателей почвенного плодородия. Полученные результаты были сравнены с результатами геостатистического анализа 1986/1987 года обследования (Табл. 1).

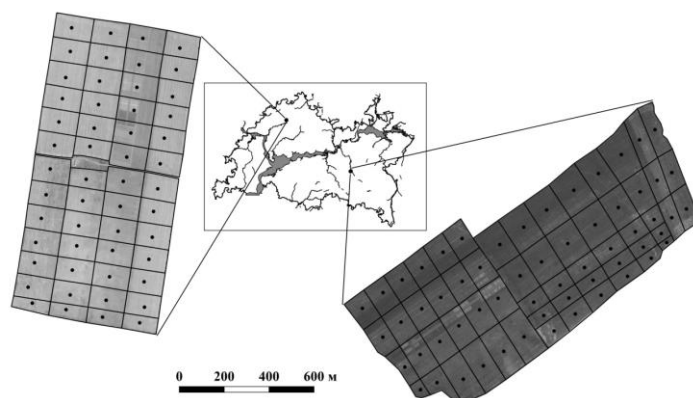


Рисунок 1. Расположение ГСУ и схема отбора проб

Таблица 1 - Параметры теоретических вариограмм для двух ГСУ в разные годы обследования (числитель-1987 год, знаменатель – 2011/2012 год)

Вариограммы для ОК						
	Модель	Радиус корреляции (Ранг)	Наггет (C ₀)	Част, порог (C ₁)	Порог (C ₀ +C ₁)	C ₀ /(C ₀ +C ₁)
Заинский ГСУ						
Гумус	Sph	$\frac{559.80}{642.36}$	$\frac{0.24}{0.01}$	$\frac{0.41}{0.72}$	$\frac{0.66}{0.73}$	$\frac{0.66}{0.01}$
Калий подв.	Sph	$\frac{544.49}{558.71}$	$\frac{167.40}{38.54}$	$\frac{8601.45}{477.40}$	$\frac{8768.86}{515.94}$	$\frac{0.02}{0.07}$
Фосфор подв.	Sph	$\frac{508.65}{656.8}$	$\frac{1586.24}{301.29}$	$\frac{34025.30}{6190.64}$	$\frac{35611.54}{6491.9}$	$\frac{0.04}{0.05}$
Азот лг.	Sph Nug	$\frac{1074.56}{-}$	$\frac{36.99}{600,00}$	$\frac{122.62}{-}$	$\frac{159.61}{-}$	$\frac{0.23}{-}$
pH	Sph	$\frac{192.26}{841.7}$	$\frac{0.06}{0.14}$	$\frac{0.11}{0.07}$	$\frac{0.17}{0.21}$	$\frac{0.33}{0.69}$
Арский ГСУ						
Гумус (без тренда)	Sph Lin	$\frac{206.81}{1246.1}$	$\frac{0.13}{0.06}$	$\frac{0.03}{0.22}$	$\frac{0.15}{0.28}$	$\frac{0.81}{0.21}$
Калий подв.	Sph	$\frac{956.82}{1403.2}$	$\frac{1702.83}{2926.4}$	$\frac{502.25}{4099.1}$	$\frac{2205.08}{7025.5}$	$\frac{0.77}{0.42}$
Фосфор подв.	Sph	$\frac{360.49}{715.9}$	$\frac{54.3}{633.6}$	$\frac{7134.12}{35869.3}$	$\frac{7188.42}{36502.9}$	$\frac{0.01}{0.02}$
Азот лг. (без тренда)	Sph Lin	$\frac{214.40}{1210.5}$	$\frac{244.88}{230,9}$	$\frac{44.70}{227,0}$	$\frac{289.59}{457,9}$	$\frac{0.85}{0,50}$
pH	Sph	$\frac{254.14}{666.8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0.07}{0.18}$	$\frac{0.07}{0.18}$	$\frac{0}{0}$

* Sph – сферическая модель вариограммы, Nug – модель наггет-эффекта, Lin –линейная модель вариограммы

По сравнению обследованием 80-х годов пространственное распределение показателей почвенного плодородия Арского и Заинского ГСУ изменилось. К примеру, согласно результатам вариограммного анализа в Заинском ГСУ увеличились радиусы автокорреляции для значений содержания гумуса, подвижного фосфора и калия и кислотности почв.

Одним из показателей пространственной вариабельности служит соотношение наггета к порогу вариограмм, которое определяет степень пространственной зависимости исследуемых свойств. Чем ближе значение наггета к значению порога, тем менее выражена пространственная зависимость данных. В этом случае можно говорить о случайном характере распределения исследуемого показателя в пространстве. Согласно градации, предложенной Cambardella с соавт [6], в 1987 г. содержание гумуса в Заинском ГСУ имело умеренную пространственную зависимость, тогда как на период 2011 года пространственная зависимость оказалась сильной. Содержание подвижных форм фосфора и калия в двух обследованиях имеет сильную пространственную зависимость. Пространственная зависимость значений кислотности почв находится в пределах умеренной градации. Для легкогидролизуемого азота удалось оценить зависимость лишь для 1987 года, поскольку распределение в пространстве этого показателя для 2011 носит случайный характер и описывается «чистым» наггет эффектом.

В случае Арского ГСУ содержание гумуса и легкогидролизуемого азота имеет ярко выраженный тренд, что говорит о наличии факторов, оказывающих влияние на пространственное распределение этих показателей. В 1986 году содержание гумуса, подвижного калия и легкогидролизуемого азота имело слабую пространственную зависимость, тогда как содержание подвижного фосфора и значение кислотности имело сильную пространственную зависимость. По показателю pH радиус корреляции увеличился с 254 м до 666 м, а в случае подвижного фосфора радиус автокорреляции увеличился с 360 до 715 м. В случае подвижного калия автокорреляция увеличилась в 1.5 раза. Подобное увеличение пространственной вариабельности показателей агрохимического состояния на двух ГСУ можно связать с применением минеральных удобрений. К этому накладывается развитие эрозионных процессов, которое также привело к дифференциации в пространстве показателей почвенного плодородия за 25 лет сельскохозяйственного использования. Однако даже в случае прекращения сельскохозяйственной деятельности вариабельность почвенных свойств может возрастать. К примеру, в залежных светло-серых лесных почвах, где происходит аккумуляция гумуса, увеличение пространственной вариабельности его содержания связано с ростом микропестроты залежной растительности в начальный период зарастания пашни [1]. В целом использование геостатического подхода позволяет корректно описывать существующую вариабельность почвенных свойств и произвести пространственное сравнение почвенных показателей разновременных туров агрохимического обследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований, Проект № 17-04-00846.

Литература

1. Гиниятуллин, К.Г. Пространственная неоднородность вторичной аккумуляции гумуса в старопашотных горизонтах залежных светло-серых лесных почв / К.Г. Гиниятуллин, А.А. Шинкарев, А.Г. Фазылова, К.И. Кузьмина, А.А. Шинкарев (мл.) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2012. – Т. 155, кн. 4. – С. 61–70.
2. Красильников, П.В. Вариография дискретных почвенных свойств / П.В. Красильников // Экология и география почв. - Петрозаводск: Изд-во Института биологии КарНЦ РАН, 2009. - С. 10–30.
3. Самсонова, В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв / В.П. Самсонова. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 160 с

4. Сахабиев, И.А. Исследование пространственной изменчивости свойств почв с использованием геостатистического подхода / И.А. Сахабиев, С.С. Рязанов // Российский журнал прикладной экологии. - 2015. - №2(2). - С. 32-37.

5. Сахабиев, И.А. Оценка пространственной вариабельности свойств почвенного покрова территории государственной сортоиспытательной сети / И.А. Сахабиев, С.С. Рязанов, Б.Р. Григорьян // Плодородие. – 2017. - №2(95). – С. 26-31.

6. Cambardella, C. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils / C. Cambardella, T. Moorman, J. Novak, T. Parkin, D. Karlen, R. Turco, A. Konopka // Soil Sci. Soc. Am. J. - 1994. - Vol.58. - P. 1501-1511.

УДК 631.452

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И МОЩНОСТЬ ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТОВ В ОСНОВНЫХ ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

К.А. Шмакова

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

HUMUSNESS AND THICKNESS OF HUMUS-ACCUMULATED HORIZONINS IN BULK AGROGENIC SOILS IN RYAZAN REGION

К.А. Shmakova

RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev

В почвенном покрове Рязанской области преобладают дерново-подзолистые, серые лесные почвы и черноземы. В совокупности эти почвы занимают 67% территории области [1]. В северной и восточной её частях преимущественно распространены дерново-подзолистые почвы, в центральной части - серые лесные почвы, а в южной - черноземы. В материалах крупномасштабных почвенных обследований содержится значительный объем информации по этим почвам.

В ходе анализа материалов крупномасштабных почвенных обследований, выполненных по 86 хозяйствам 19 районов Рязанской области, была проведена выборка данных по мощности гумусового горизонта и содержанию гумуса в черноземах, серых лесных и дерново-подзолистых почвах. В результате в программе MS Excel составлена база данных, содержащая сведения по 614 почвам. Почвы сгруппированы в малые выборки по принципу классификационной принадлежности, которые анализировались статистическими методами [3]. В выборках определялись: среднее содержание гумуса и мощность гумусового горизонта, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, а также устанавливалось достоверность различий между средними значениями выборок.

В ходе проведения анализа материала были установлены содержание гумуса и мощности гумусовых горизонтов в разных пахотных почвах Рязанской области, в таблице 1 указаны средние значения этих показателей по каждой из малых групп. Эти данные позволили провести статистическую обработку, в ходе чего были получены коэффициенты вариаций. По величине последних можно судить о степени однородности признаков совокупности.

Содержание гумуса и мощность гумусового горизонта четко подтверждают известные закономерности и возрастают от дерново-подзолистых почв к черноземам (табл. 1). Дерново-подзолистые почвы характеризуются очень низким содержанием гумуса, светло-серые и серые – низким, темно-серые – средним, черноземы – высоким. В смытых почвах гумуса меньше чем в несмытых. В дерново-подзолистых почвах, представленных в основном пахотными вариантами, гумусовый горизонт по мощности соответствует пахотному. Серые лесные почвы имеют среднемощный гумусовый горизонт. Его глубина, в отличие от содержания гумуса, увеличивается от светло-серых к темно-серым незначительно (на 3,4 см). Резко увеличивается гумусовый горизонт (на 24-30 см) в

черноземах. Между собой по содержанию гумуса и мощности гумусового горизонта оподзоленные и выщелоченные черноземы близки, и по этим свойствам относятся к видам среднемошных и среднегумусных [2].

Таблица 1 – Средние значения содержания гумуса, мощности гумусовых горизонтов (\bar{x}) и их коэффициенты вариации (v)

№ п/п	Почвы	п почв	Мощность гумусового горизонта		Содержание гумуса	
			\bar{x} , см	v , %	\bar{x} , %	v , %
1	Дерново-подзолистые все Пд	62	22,8	21,49	1,2	35,06
2	Дерново-подзолистые легкосуглинистые ПдЛС	12	23,2	21,43	1,3	21,37
3	Дерново-подзолистые супесчаные ПдУ	50	22,6	21,46	1,1	37,64
4	Дерново-подзолистые глееватые все Пдг	68	21,5	23,16	2,0	68,39
5	Дерново-подзолистые глееватые супес-ные ПдГУ	40	21,4	22,43	1,3	43,18
6	Дерново-подзолистые глееватые легко-тые ПдгЛС	16	21,9	27,51	2,1	63,98
7	Дерново-подзолистые глееватые средне-тые ПдгСС	10	22,5	16,30	3,7	39,56
8	Светло-серые лесные Л1	33	25,0	12,06	2,0	35,68
9	Светло-серые лесные слабосмытые Л1↓	14	22,8	17,01	1,7	38,54
10	Светло-серые лесные среднесмытые Л1↓↓	4	20,5	19,05	0,9	21,95
11	Серые лесные Л2	64	25,8	14,92	3,0	22,50
12	Серые лесные слабосмытые Л2↓	62	23,8	13,88	2,7	26,93
13	Серые лесные среднесмытые Л2↓↓	38	22,2	17,15	2,3	28,30
14	Темно-серые лесные Л3	57	28,4	13,35	4,8	16,67
15	Темно-серые лесные слабосмытые Л3↓	42	26,3	14,27	4,3	20,77
16	Темно-серые лесные среднесмытые Л3↓↓	14	22,4	13,13	3,1	32,80
17	Черноземы оподзоленные Чоп	64	53,9	10,20	6,2	12,17
18	Черноземы выщелоченные Чв	92	58,6	10,98	6,2	11,76

Однако во всех группах почв наблюдается значительное отклонение и мощность гумусового горизонта, и содержание в нем гумуса от средних величин. Минимальные и максимальные значения по почвам одной группы, не приведенные здесь ввиду ограниченности объема материала возможного к представлению, зачастую меньше (больше) средних значений соседних групп. Содержание гумуса колеблется значительно сильнее мощности гумусового горизонта. Очень сильно варьирует содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах, значительно в серых лесных почвах. Изменение этого показателя в черноземах можно оценить как умеренное. Варьирование мощности гумусового горизонта также уменьшается от дерново-подзолистых почв к черноземам. Коэффициент вариации этого показателя можно оценить как высокий в дерново-подзолистых почвах, умеренно высокий в серых лесных почвах и умеренный в черноземах.

В связи с существенным варьированием содержания гумуса и мощности гумусового горизонта, необходимо оценить достоверность различий между средними показателями по группам. В таблице 2 приведены табличные и фактические значения t – критерия Стьюдента. Если табличное значение больше фактического, то различия признаются статистически несущественными (-), если меньше – то достоверными (+). Условные обозначения групп почв даны в таблице 1.

Различия средних показателей содержаний гумуса недостоверны между дерново-подзолистыми супесчаными и легкосуглинистыми, серыми лесными несмытыми и слабосмытыми, серыми лесными слабосмытыми и среднесмытыми, черноземами оподзоленными и выщелоченными. Для остальных групп сравнения различия достоверны.

Различия средних показателей мощности гумусовых горизонтов недостоверны между дерново-подзолистыми супесчаными и легкосуглинистыми, дерново-подзолистыми глеевыми супесчаными и легкосуглинистыми, дерново-подзолистыми глееватыми супесчаными и среднесуглинистыми серыми лесными, дерново-подзолистыми глееватыми легкосуглинистыми и среднесуглинистыми серыми, дерново-подзолистыми и дерново-подзолистыми глееватыми, светло-серыми и серыми лесными серыми лесными несмытыми и слабосмытыми, серыми лесными слабосмытыми и среднесмытыми, черноземами оподзоленными и выщелоченными. Для остальных групп сравнения различия достоверны.

Таблица 2 - Достоверность различий между средними по группам величинами содержания гумуса и мощности гумусового горизонта при 95% уровне вероятности

№ п/п	Почвы	tтабл. 0,95	Содержание гумуса		Мощность гумусового горизонта	
			tфакт.	Достоверность различия средних	tфакт.	Достоверность различия средних
1	Пд У и Пд ЛС	2,000	1,912	-	0,364	-
2	Пдг У и Пд ЛС	2,005	2,223	+	0,288	-
3	Пдг У и Пд СС	2,011	4,883	+	0,762	-
4	Пдг ЛС и Пд СС	2,069	2,687	+	0,303	-
5	Пд и Пдг	1,979	4,659	+	1,486	-
6	Пд и Л1	1,986	5,776	+	2,672	+
7	Л1 и Л2	1,985	6,495	+	1,110	-
8	Л2 и Л3	1,980	13,208	+	3,705	+
9	Л3 и Чоп	1,980	9,822	+	29,751	+
10	Л3 и Чв	1,976	10,659	+	35,766	+
11	Л1 и Л1↓	2,014	1,368	-	1,833	-
12	Л1↓ и Л1↓↓	2,120	2,055	-	0,921	-
13	Л2 и Л2↓	1,979	2,372	+	3,107	+
14	Л2↓ и Л2↓↓	1,984	2,934	+	2,115	+
15	Л3 и Л3↓	1,985	2,865	+	2,712	+
16	Л3↓ и Л3↓↓	2,005	3,828	+	3,881	+
17	Чоп и Чв	1,976	0,000	-	4,770	+

Полученные материалы позволяют достаточно надежно судить о содержании гумуса и мощности гумусового горизонта в основных пахотных почвах Рязанской области. Эти показатели существенно варьируют. Тем не менее, различия между средними величинами для большинства почв статистически достоверны при 95% уровне вероятности.

Литература

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. – М.: Почвенный институт им В.В. Докучаева, 2014, 768 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977, 224 .
3. Практикум по статистике/ Зинченко А.П., Шибалкин А.Е., Тарасова О.Б., Шайкина Е.В. – М.: Колос, 2001, 392 с.

Секция «География и картография почв»

УДК 631.41

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ОПЫТНОГО ПОЛЯ КАЛУЖСКОГО ФИЛИАЛА РГАУ-МСХА
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

М.Р. Кузьмин

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

SOIL COVER OF THE EXPERIMENTAL FIELD OF THE KALUGA BRANCH OF RGAU-
MSHA K. A. TIMIRYAZEVA

M.R. Kuzmin

RSAU – MAA named after K. A. Timiryazev

Калужская область находится на границе лесной и лесостепной зон. В направлении с северо-запада на юго-восток наблюдается общая тенденция смены дерново-подзолистых почв на серые-лесные почвы. Опытное поле Калужского филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева находится в переходной зоне. В проведенных ранее исследованиях здесь выделены легкие по гранулометрическому составу дерново-подзолистые почвы [2, 5].

В полевых исследованиях 2018 года на территории опытного поля были заложены почвенные разрезы, которые позволили выделить почвы без самостоятельного подзолистого горизонта. Такие почвы формально не могут быть отнесены к дерново-подзолистым почвам [3,4].

Для более детального изучения почвенного профиля и определения классификационной принадлежности почв опытных полей, исследования были продолжены в 2019 году. В общей сложности было заложено и описано 53 почвенные выработки, в том числе 7 разрезов, остальные полуразрезы и прикопки (рис. 1). На пашне заложено 45 выработок, на находящимся на территории поля участке под лесом – 7 выработок, на залежи – одна выработка.



Рисунок 1. Карта расположения почвенных выработок.

Большая часть почв имеет легкий гранулометрический состав верхних горизонтов. Преобладают супесчаные по гранулометрическому составу (41 или 86 % почв). К песчаным отнесено 7 (13 %) почвенных выработок. В 5 почвах (10%) верхний горизонт имеет легкосуглинистый состав.

С глубиной гранулометрический состав почв утяжеляется до средне-тяжелосуглинистого. Граница изменения, которого сильно варьируется. Глубина подстилки морены существенно колеблется. В 14 (26%) почвенных выработок смена гранулометрического состава происходит в пределах первого полуметра, в 29 (54%) - на глубине 50-80 см, в 10 (20%) - глубже 80 см. В суглинистой части профили обычно фиксируется присутствие камней.

На границе изменения гранулометрического состава часто наблюдается неравномерность окраски, проявляющаяся в различной интенсивности тонов охристого цвета и отдельных пятен со слабым сизоватым оттенком и свидетельствующая о слабом контактном оглеении. Такие признаки обнаружены в 21 почве (39%), которые отнесены к контактно-слабоглееватым.

Самостоятельные подзолистые горизонты выделены в 40 почвенной выработке (рис. 1). В 13 профилях отмечены признаки оподзоливания, но сплошные подзолистые горизонты не выделены. В разрезах и прикопках заложенных под лесом подзолистый горизонт выявлен в одной почве, а в 6 отсутствует. Эти целинные почвы имеют ненарушенный профиль и могут рассматриваться как эталонные. Это позволило исключить ошибку, связанную с наличием агротехники на полях, так как зачастую при агротехническом вмешательстве нарушается природный дерновый горизонт, так и подзолистый горизонт оказывается частично или полностью запахан, что создаёт трудности в идентификации почв.

На пашне у 12 (22%) почв выделен гумусовый горизонт мощностью более 30 см, что превышает глубину вспашки. Поскольку история полей отсутствует, однозначно установить причины этого явления трудно. Можно предположить, что это обусловлено разными факторами. На поля вносились осадки сточных вод и отходы пивоваренного производства [2, 5]. До организации опытного поля территория использовалась для складирования птичьего помета с соседней птицефабрики. Хотя какой-либо задокументированной информации о применяемой ранее агротехнике нет, можно предположить, что в прошлом проводилась планировка пашни. При этом мощность гумусового горизонта могла возрастать за счет поступления гумусированного материала с соседних участков.

На склоне крутизной около 5 градусов выявлены почвы с бурым пахотным горизонтом и отсутствием дифференциации профиля в подпахотной части. По этим признакам данные почвы отнесены к среднесмытым.

Таким образом, почвы опытного поля залегают на двучленных отложениях. Верхний маломощный слой, по-видимому, сформирован песчано-супесчаными флювиогляциальными отложениями, которые подстилаются суглинистой каменистой мореной. Смена пород преимущественно происходит на глубине 50-80 см. На границе легких флювиогляциальных и суглинистых моренных отложений в ряде случаев фиксируются признаки слабого контактного оглеения.

В целом и по географическому положению, и по морфологическим особенностям почвы опытного поля имеют явный переходный характер. В ряде профилей отмечаются повышенная мощность гумусового горизонта и отсутствие самостоятельного подзолистого горизонта. В других почвах выделяется маломощный подзолистый горизонт.

Почвы с подзолистым горизонтом относятся к дерново-подзолистым. Почвы с признаками оподзоливания, но без самостоятельного подзолистого горизонта по формальным признакам должны рассматриваться как светло-серые лесные. Однако, выделение в пределах ограниченной территории двух типов автоморфных почв вряд ли целесообразно. Для почв опытных полей, в связи пограничным почвенно-географическим

положением территории, ослабленность признаков оподзаливания нужно признать закономерным. Подзолистый горизонт может существенно варьировать по мощности и местами может выпадать. Поэтому почвы опытных полей предлагается рассматривать как дерново-подзолистые с разной степенью проявления подзолистого процесса. Такой подход соответствует современным классификационным представлениям, согласно которым светло-серые лесные почвы имеют морфологические и физико-химические свойства, характерные дерново-подзолистым почвам [4].

На участках пашни приуроченных к покатым склонам выделены эродированные пахотные почвы со слабой и средней степенью проявления водной эрозии. Развитию эрозии способствует практикуемая обработка вдоль склона.

Литература

1. Атлас почв РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://soilatlas.ru/kaluzhskaya-oblast> - Калужская область. – (Дата обращения: 11.11.2019).
2. Васенев И. И., Сюняев Н. К., Бадарч Б. Агроэкологическая оценка характерных для Калужской области старопахотных легких дерново-подзолистых почв после неоднократного применения свежих и обезвоженных осадков сточных вод // Достижения науки и техники АПК. 2012. №10. – с. 12-16.
3. Классификация и диагностика почв СССР. - М.: Колос, 1977, 224 с.
4. Классификация почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004, 342 с.
5. Полонская Г.Н. Бункова М.А., Соколова Л.А., Леденева И.О. Результаты применения отходов пивного производства под сельскохозяйственные культуры // Достижения науки и техники АПК. Т. 29. – 2015 - №5. – С. 33-35.

УДК 631.47

ПРИМЕНЕНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ПОЧВЕННОЙ И АГРОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТА НОРМАТИВНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.А. Меженков, А.А. Сухарев, Ю.А. Литвинов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

THE USE OF LARGE-SCALE SOIL AND AGROCHEMICAL INFORMATION TO CALCULATE THE NORMATIVE YIELD OF GRAIN CROPS (ON THE EXAMPLE OF THE ROSTOV REGION)

A.A. Mezhenkov, A.A. Suharev, Y.A. Litvinov

Southern Federal University, Rostov-on-Don

Информация, содержащаяся в архивных и актуальных данных почвенных и агрохимических обследований, может быть использована для расчета различных агрономически значимых показателей, одним из которых является нормативная урожайность. Система расчета нормативной урожайности зерновых культур – одно из средств, позволяющее более эффективно проводить агроэкологическую оценку земель сельскохозяйственного назначения [1,2].

Подсистема расчета нормативной урожайности зерновых культур является интернет-ресурсом, функционирующим в составе ИС ПГБД РФ и предназначена для расчета в режиме on-line нормативной урожайности зерновых культур для выбранного поля [3]. Расчет производится с использованием регионального реестра Ростовской области, разработанного на базе оперативных данных агрохимических наблюдений (материалы предоставлены ФБГУ ГЦАС «Ростовский»), архивных данных почвенных обследований, хранящихся в региональных почвенных дата-центрах, а также с учетом зональных коэффициентов агроклиматического потенциалов и других поправочных коэффициентов. Все данные хранятся в одном или нескольких региональных дата-центрах, структурно

входящих в распределенную ИС ПГБД РФ. В задачу данной расчетной подсистемы входит сбор необходимой информации для заданного пользователем участка от нескольких дата-центров, в которых содержится информация о данном участке, быстрый расчет коэффициентов и границ элементарных участков, наложение на картографическую основу и формирование итоговых сводных таблиц. Визуально непосредственно на карте региона реализованы возможность переключения схематического (спутникового) режимов отображения вместе с основными возможностями интерактивности (суммирование, перемещение, поиск и т.п) Данные в виде справочников районирования, сельскохозяйственных культур, нормативных и поправочных коэффициентов хранятся в базе данных конкретного регионального дата-центра. Здесь же хранятся данные агрохимических и почвенных обследований в хронологическом порядке, вместе с географическими координатами контуров полей и сопутствующей атрибутивной информацией [4,5].

Результаты агрохимического обследования были обработаны таким образом, что любому пользователю, через Интернет, предоставляется возможность выполнения расчетов, основанных на использовании информации векторной карты. Интерфейс управления программой позволяет запрашивать описание отдельных участков (полей) и производить расчет нормативной урожайности зерновых культур как для отдельных почвенных контуров на поле, так и для всего поля. Участок (поле), для которой возможно выполнение расчета, ограничена наличием в базе данных векторного описания географических границ поля, покрывающего точку запроса, и данных агрохимических наблюдений для этого поля. Для точек, которым не находится соответствующего поля выводится надпись «нет данных». В настоящий момент покрытие данными составляет более 70% территории области. Поскольку границы полей могут меняться, возможно наличие нескольких полей, покрывающих точку запроса. В этом случае выбираются показатели для хронологически последнего наблюдения. Учитывая пятилетний цикл наблюдений, не для каждого найденного поля будет содержаться актуальная информация за последние два года. Поскольку границы почвенных контуров и полей не совпадают, то при их пересечении возможно появление так называемых «осколочных» полигонов, что обусловлено точностью привязки и оцифровки географических объектов. Эти осколочные полигоны устраняются из дальнейших расчетов, что может вызвать неточное совпадение площадей рассматриваемых участков. В данной версии программы осколочными считаются полигоны площадью менее 1 га. На данный момент расчеты обеспечены параметрами для территории Ростовской области. Дополнение справочников позволяет расширить область применения и на другие регионы [4,5].

Формула для расчета нормативной урожайности зерновых культур [1] выглядит следующим образом:

$$U_n = 33,2 \times 1,4 \times (AP/10,0) \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5$$

U_n – нормативная урожайность зерновых культур, ц/га

АП – величина местного агроклиматического потенциала для зерновых культур

10,0 – базовое значение величины АП

33,2 – нормативная урожайность (ц/га) зерновых культур на эталонной почве

1,4 – коэффициент пересчёта на уровень урожайности при интенсивной технологии возделывания

$K1 \dots K4$ – поправочные коэффициенты на:

- **содержание гумуса** в пахотном слое ($K1$)
- **мощность гумусового горизонта** ($K2$)
- **содержание физической глины в пахотном слое** ($K3$)
- **негативные свойства почв** ($K4$):

$K5$ - коэффициент урожайности оценочной культуры к зерновым.

Для задач кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения сформированы структурированные списки, которые многие из вышеперечисленных поправочных коэффициентов (К4).

На основе составленных списков разработаны расчетные таблицы включающие коэффициенты пересчета и данные, увязывающие тип и подтип почвы, гранулометрический состав и другие атрибутивные показатели выделов почвенной карты с численными значениями, полученными на основе региональных нормативов и справочников. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения должна проводиться обособлено для каждого элементарного участка, однородного по природно-почвенным и организационно-административным границам. Показатели для земельного участка определяются как средневзвешенные по площади почвенных разновидностей в составе земельного участка. Определение границ элементарного земельно-почвенного участка производится путем наложения границ поля и почвенных контуров. Каждый элементарный участок наследует атрибуты, как почвенного контура, так и земельного участка, что позволяет проводить для него расчет по всей полноте имеющейся информации. В тех случаях, когда почвенный контур представляет собой почвенную комбинацию из двух-трех почв с заданным процентным соотношением, для каждой почвы из сочетания или комплекса в границах элементарного участка расчет производится отдельно, а затем вычисляется средневзвешенное значение в соответствии с процентным соотношением.

Литература

1. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. Под общей редакцией Сапожникова П.М., Носова С.И.. – М.: ООО «НИПКЦ ВОСХОД–А», 2012, 160 с.

2. Алябина И.О.Ю Кириллова В.А., Голозубов О.М., Шоба С.А. - Расчет нормативной урожайности зерновых культур в Информационной системе ПГБД России АгроЭкоИнфо (электронный журнал), 2017, 16 с.

3. Алябина И.О., Кириллова В.А., Голозубов О.М., Шоба С.А., Назаренко О.Г., Литвинов Ю.А. Подсистема расчета нормативной урожайности зерновых культур в Информационной системе ПГБД РФ. Свидетельство № 23214 от 02.11.2017.

4. Голозубов О.М. – Принципы создания почвенно-географического электронного атласа Ростовской области как многофункциональной справочно-аналитической системы; диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.13 - Почвоведение, 2013

5. Литвинов Ю.А. – Инвентаризация, гармонизация и анализ разнородных почвенно-географических данных для целей агроэкологического мониторинга (на примере Ростовской области); диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.13 – Почвоведение, 2018.

УДК 631.47

ПОЧВЕННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМЕНИ Н.В. ЦИЦИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК НА БАЗЕ ГИС

И.Р. Мутыгуллин¹, Е.С. Югай², А.С. Мартыненко¹, Д.А. Малышев¹, В.С. Печёнкина¹,
А.А. Шумихина¹, А.А. Морозов¹

¹ – МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи

² – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

SOIL EXAMINATION MAIN BOTANICAL GARDEN NAMED AFTER N.V. TSITSIN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES ON THE BASIS OF GIS

I.R. Mutygullin¹, E.S. Yugai², A.S. Martynenko¹, D.A. Malyshev¹, V.S. Pechenkina¹,
A.A. Shumikhina¹, A.A. Morozov¹

¹ – Mytisch Branch of Bauman Moscow State Technical University

² – RSAU-MAA named after K. A. Timiryazev

Главный ботанический сад Российской академии наук им. Н.В. Цицина (ГБС РАН) расположен на северо-востоке Москвы. Официальной датой основания ГБС считается 14 апреля 1945 г. Однако еще задолго до этого в рамках общего градостроительного плана развития Москвы существовала программа создания ботанического сада, о чём свидетельствуют архивные документы – эскизные проекты 1940 и 1945 гг., разработанные архитектором И.М. Петровым. Проект современной планировки, т.е. новый генеральный план 1948–1950 гг., был разработан архитектором И.М. Петровым под руководством академика Н.В. Цицина и академика А.В. Щусева. В него вошли большая часть Останкинской дубравы (Ерденьевская роща), ограниченная с юга Шереметьевскими прудами, два из которых находятся на территории ГБС РАН, а остальные принадлежат ВДНХ, часть Леоновского леса на востоке в пойме реки Яузы и производственный участок по Владыкинскому шоссе (ныне Ботаническая улица), отведенный специально под питомник. Постановлением Президиума Академии наук СССР 2 декабря 1991 г. Главному ботаническому саду присвоено имя академика Н.В. Цицина.

Цель работы – создание электронной почвенной карты части территории ГБС РАН, картограммы живого напочвенного покрова, обеспеченности почвы элементами питания и кислотность на обследуемой территории на базе геоинформационной системы (ГИС).

По данным архивных материалов почвы Главного ботанического сада, в соответствии с его географическим положением в полосе хвойно-широколиственных лесов, относятся к типу дерново-подзолистых почв; мощность гумусового горизонта A_1 у них колеблется от 15 до 25 см, для суглинистых разновидностей, для супесчаных почв возрастает до 30 см. В горизонте A_1 идёт накопление поглощённых оснований. При этом содержание поглощённых Ca^{2+} и Mg^{2+} в гумусовом горизонте A_1 обычно, в 1,5...2,5 раза больше чем в подзолистом горизонте A_2 , что согласуется с данными Е.Н. Ивановой 0.

Дерново-подзолистые почвы ГБС РАН, по условиям увлажнения и положения в рельефе могут быть разделены на две группы:

1. Дерново-подзолистые почвы, развитые на положительных формах рельефа под хвойно-широколиственными лесами с хорошо развитым травяным покровом. Они характеризуются наличием довольно развитого гумусово-аккумулятивного горизонта и низко опущенного подзолистого горизонта.

2. Дерново-подзолистые глееватые и дерново-подзолистые глеевые почвы. Они характеризуются «повышенным увлажнением за счет увеличенного прихода атмосферных осадков в почву, обусловленного отсутствием поверхностного стока при слабой водопроницаемости почв или же дополнительным притоком влаги со стороны».

Кроме дерново-подзолистых почв, которые являются основными почвами сада на территории встречаются перегнойно-глеевые почвы, относящиеся к болотному типу почвообразования и аллювиально-луговые почвы.

Перегнойно-глеевые почвы формируются в краевой части поймы реки Лихоборки.

Они характеризуются насыщенным перегнойно-аккумулятивным горизонтом и интенсивным оглеением в нижней части почвенного профиля.

Аллювиально-луговые почвы занимают более дренированные части поймы реки Лихоборки и поймы реки Яузы. Они подвергаются ежегодному затоплению период паводков и характеризуются накоплением с поверхности нового большей или меньшей мощности аллювиального наноса.

По данным Е.Н. Ивановой были указаны на две основные причины, обуславливающие повышенное увлажнение в дерново-подзолистых глееватые и глеевых почвах Главного ботанического сада 0:

а) дополнительный приток поверхностных и внутрипочвенных вод с более высоких элементов рельефа;

б) малая водопроницаемость почвообразующих пород и нижних горизонтах почв, которая часто возникает за счёт подзолообразовательного процесса.

По гранулометрическому составу все дерново-подзолистые глееватые и глеевые почвы относятся преимущественно к средним суглинкам.

При проведении нами исследований, основная часть территории ГБС РАН была покрыта сетью прикопок и разрезов, при размещении которых ориентировались на растительность и рельеф 0.

Для решения поставленных задач по обследованию части территории ГБС РАН был проведён ряд полевых изысканий:

- Определение оптимального расположения точек на исследуемой территории.
- Привязка точек к географической системе координат и запись треков (маршрутов следования) (с помощью GPS-навигатора).
- Описание напочвенного покрова (проективное покрытие живого напочвенного покрова).
- Почвенные изыскания (полевое исследование почв территории с их полным морфологическим описанием, проведение исследований водно-физических свойств почв, отбор почвенных образцов для лабораторных исследований).

По результатам выполненного почвенного обследования выявлено, что преобладающими почвенными разностями являются дерново-слабо- и среднеподзолистые почвы легкосуглинистого гранулометрического состава. Основной материнской породой территории является морена. В отдельных почвенных разрезах отмечалось оглеение в иллювиальных горизонтах.

Результаты проведённого агрохимического исследования почв обследованной территории приведено в таблице 1.

Таблица 1. – Сводная таблица основных химических и физико-химических свойств изученных почв (усреднённые значения и доверительный интервал, $\alpha = 0,05$, $P \leq 5 \%$)

№ ПП	Индекс горизонта	Гумус, %	NO ₃ ⁻	K ₂ O	P ₂ O ₅	pH _{водный}	pH _{солевой}	N	S	E	V, %
			мг на 100 г почвы					мг-экв на 100г почвы			
1	A ₁	3,35	14,45	4,48	3,92	4,78	4,08	12,93	11,65	24,58	47,50
2	A ₁	1,20	3,23	4,64	3,56	4,68	4,00	5,71	5,37	11,08	48,37
3	A ₁	1,88	3,63	3,85	4,13	5,20	3,88	11,76	10,35	20,28	49,01

Исходя из полученных данных, почвы территории ГБС РАН относятся к кислым и сильнокислым. По степени насыщенности почв основаниями почвы относятся к ненасыщенным. Сравнивая между собой пробные площади по содержанию гумуса, можно сделать вывод, что максимальное значение отмечается под ПП1, на остальных пробных площадях содержание гумуса практически в два раза меньше. Содержание подвижных форм калия и фосфора соответствует зональным значениям территории 0.

Все результаты выполненного исследования объединены в геоинформационную систему, разработанную на базе свободного программного обеспечения. В созданную ГИС вошли следующие виды пространственно-распределённой информации: почвенный покров, растительность (по результатам оцифровки плана лесонасаждений), точки заложения почвенных разрезов с их полной морфологической характеристикой, описанием древесной и кустарниковой растительности, а также напочвенного покрова. Также в ГИС вошли результаты фотофиксации, для которых применялась геопривязка 0.

В результате проведённых исследований был собран, обобщён и систематизирован обширный опытный материал, который послужил основой для создания геоинформационной системы территории Главного ботанического сада Российской академии наук им. Н.В. Цицина.

Выявлено, что преобладающей почвенной разностью является дерново-слабоподзолистая почва. Наиболее распространённым с точки зрения гранулометрического состава являются легкие суглинки. Основной почвообразующей породой является морена.

ГИС может использоваться в качестве системы мониторинга насаждений на территории объекта исследования и состояния почв, которая позволит вести учёт всех хозяйственных и научных мероприятий 0, а также обеспечить информационную поддержку принятия решений. По запросу администрации функционал системы сада может быть расширен.

Все геоинформационные разработки войдут в состав единой геоинформационной системы ботанического сада, совместно разрабатываемой последние годы специалистами ГБС РАН и МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Литература

1. Карминов, В.Н. Цифровое картографирование лесных почв / В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, П.В. Онтиков, А.А. Бараненкова, Н.М. Минаков // в сборнике: Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В.С. Аношко. – 2018. – С. 162–167.

2. Максимова, А.Н. Возможности ГИС-технологий для рационального использования лесных почв / А.Н. Максимова, О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, П.В. Онтиков, Н.М. Минаков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. № 1. С. 112–117.

3. Мартыненко, О.В. Зависимость продуктивности сосновых насаждений от почвенно-грунтовых условий в Московском учебно-опытном лесничестве / О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, Д.Г. Щепашенко, П.В. Онтиков // Лесоведение. – 2017. – № 6. – С. 411–417.

4. Отчёт по ГБС им. Н.В. Цицина РАН за 1946 год.

5. Щепашенко, Д.Г. Опыт совместного анализа материалов полевой почвенной съёмки и данных лесоустройства на примере Щелковского УОЛХ / Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, М.В. Щепашенко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2007. – № 7. – С. 47–49.

Классификация – это и язык науки, и необходимая основа для инвентаризации почв. По мере развития науки меняются и принципы классификаций. При этом наличие большого количества классификаций не является показателем их несовершенства, скорее показателем сложности классифицируемого объекта (почвы). В нашей стране из всех почвенных классификаций доведены до низших таксонов и конкретной диагностики лишь два вида почвенных классификаций: утилитарно-факторно-генетическая и субстантивно-генетическая. Принципы классификации определяют «центральный образ» таксономической группы почв, однако количественные критерии классификационных границ в рамках каждой классификации очень условны и зависят от региональных условий почвообразования. Именно поэтому И.А. Соколов [2] указывал на необходимость разработки в рамках базовой классификации целевых численных региональных классификаций.

Целью настоящей работы являлась разработка математических моделей региональных эталонов почв 12 почвенного района - чернозёмов обыкновенных малогумусных маломощных чернозёмов карбонатных и смытых умеренно засушливой и колючей степи. В структуре почвенного покрова исследуемой территории преобладают чернозёмы выщелоченные и обыкновенные, тёмно-серые и серые лесные почвы, лугово-чернозёмные, чернозёмно-луговые и луговые типы и подтипы почв. Для разработки модели использованы результаты лабораторных исследований крупномасштабного почвенного картирования, проведенного АлтайНИИГипрозем в 1980-90 гг. Методологической основой явился информационно-логический анализ [1]. Основными параметрами информационного анализа являются коэффициент эффективности передачи информации Кэфф, показывающий тесноту связи между фактором (диагностические признаки почв) и явлением (таксономическая группа почв) и специфичные (наиболее вероятные) состояния функции для каждого конкретного состояния фактора. Для составления количественных моделей рассматриваемых почв, необходимо было представить тип или подтип почвы как некую функцию, зависящую от определённых диагностических признаков почв (рН, сумма поглощённых оснований и т.д.). Так как диагностические признаки почв имеют численные значения, то их можно разбить по рангам. При помощи информационного анализа были выявлены специфичные (наиболее вероятные) значения диагностических признаков для каждого подтипа почв.

Величина коэффициентов эффективности передачи информации позволяет судить о значимости диагностического признака в классификации почв, т.е. его «таксономическом весе» [2]. Полученные результаты свидетельствуют (табл. 1) о том, что наибольший таксономический вес имеют такой диагностический признак как рН в горизонте Апах и (А+АВ). Это обусловлено тем, что различия между сопряженными почвами колючей степи обусловлены проявлением второстепенных почвообразовательных процессов, таких как подзолистый в серых лесных и процесс выщелачивания карбонатов в обыкновенных и выщелоченных черноземах. Таксономический вес признака сумма поглощённых оснований наиболее высокий в горизонте (А+АВ), нежели в Апах, возможно это обусловлено гомогенизацией пахотного горизонта, в то время как генетические различия по степени проявления дернового процесса сохранились в подпахотном горизонте АВ (или А+АВ). Таксономические различия, обусловленные степенью проявления дернового процесса,

отражаются на величине таксономического веса такого признака как содержание гумуса в горизонте Апах.

Таблица 1 – Коэффициенты эффективности передачи информации диагностических признаков по горизонтам

Свойства	Горизонт Апах (А _{1пах})	Горизонт (А+АВ) (А ₁ А ₂)
Содержание физической глины, %	0,0587	0,0685
Валовой азот, %	0,0964	0,0951
Поглощённый кальций, мг-экв/100 г	0,1225	0,1429
Поглощённый магний, мг-экв/100 г	0,1046	0,1256
Подвижный калий, мг-экв/100 г	0,0479	0,0697
Подвижный фосфор, мг-экв/100 г	0,0511	0,0819
pH _{вод} и pH _{сол} у С ₂ и С ₃	0,2425	0,2858
Содержание гумуса, %	0,1408	0,0779
Содержание ила, %	0,0814	0,0902
Сумма поглощённых оснований, мг-экв/100 г	0,0766	0,1734
Мощность гумусового горизонта, см	0,0766	

Набор специфичных состояний диагностических признаков для каждой таксономической группы почв представляет собой количественную модель регионального эталона (табл. 2). Количественные закономерности изменения диагностических признаков зонального эталона в профиле почв может служить показателем агрогенной трансформации почв. Так, в черноземах выщелоченных отмечается снижение содержания подвижного фосфора на 3 ранга в пахотном горизонте, по сравнению с подпахотным, что может служить показателем агроистощения по фосфору. Облегчение грансостава в Апах по содержанию физической глины на 1 ранг по сравнению с подпахотным горизонтом возможно связано с проявлением процессов эрозии и дефляции.

Таблица 2 - Характеристика зонального эталона – чернозема выщелоченного 12 почвенного района умеренно засушливой степи

Таксономический признак	Специфичное состояние, метрическое значение (ранг)	
	Апах	А+АВ
S, мг.экв/100г	25-30 (5)	20-25 (4)
Гумус, %	4-5 (4)	<2 (1)
pH _в	6,5-7,0 (3)	7,0-7,5 (4)
Мощность, А+АВ, см	35-40 (4)	
P ₂ O ₅ , мг/100 г	10-15 (3)	>25 (6)
K ₂ O, мг/100 г	12-16 (4)	4-8 (2)
Физическая глина, %	<20 (1)	20-25 (2)
Ил, %	>40 (8)	>40 (8)

Однако в реальных почвах различные количественные признаки могут соответствовать различным эталонам. Для принятия корректного решения необходимо учитывать таксономический вес признаков. Это можно сделать с помощью качественной модели регионального эталона, полученной с помощью информационно-логической модели. Для этого результаты информационного анализа обобщают с использованием функций многозначной логики [1]. Информационно-логическая модель для определения типов и подтипов почв 12 почвенного района Алтайского края имеет вид:

$$ТП_{\text{в}} = pH_{\text{АВ}} \times pH_{\text{А}} \times (S \times \Gamma_{\text{А}} \times (N_{\text{А}} \times N_{\text{АВ}})),$$

где ТП – ранг подтипа почвы; рН – ранг водородного показателя; S – ранг суммы поглощённых оснований; Г – ранг содержания гумуса; N – ранг содержания валового азота, \square - знак функции нелинейного произведения.

Используя специфичные состояния признаков, производится перевод метрических значений признака в ранговые, подставляются в формулу, результат округляется до целого ранга, который и определяет принадлежности реальной почвы к той или иной таксономической группе (табл. 3).

Таблица 3 – Пример определения типа почвы (чернозёма выщелоченного)

Горизонт	Фактор								Расчетный ранг	Тип почвы соответствующий рангу
	рН		S		Г		N _B			
		ранг	мг-экв/100 г	ранг	%	ранг	%	ранг		
A	6,8	3	22,50		3,10	3	0,17	3	3	Чернозём выщелоченный
AB	6,6	4	18,75	4	2,35		0,15	3		

$ТП = 4 \square 3 \square (4 \square 3 \square (3 \square 3)) = 3,44 \approx 3$ - ранг соответствует чернозёму выщелоченному.

Полученная качественная модель протестирована на 30 различных почвах и в 40% случаев даёт абсолютно точный результат (ранг в ранг), а в 80% случаев возможна ошибка в один ранг. Коэффициент корреляции между расчётным рангом и фактическим при тестировании качественной модели составил 0,5392, что соответствует средней степени точности.

Таким образом, полученные модели могут быть использованы для обоснования региональных эталонов в рамках «центрального образа» почв, для диагностики почв и мониторинга за их состоянием в условиях агрогенного использования.

Литература

1. Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // В кн.: Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М.: Наука, 1970. С. 103-121.

2. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск, 2004. 296 с.

РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ
ДЕТАЛЬНОГО УЧЕТА ИСТОРИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
(НА КЛЮЧЕВОМ УЧАСТКЕ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Д.В. Фомичева*, А.П. Жидкин*,**

*МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва,

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

RETROSPECTIVE DIGITAL MODELING OF SOIL EROSION, BASED ON DETAILED
ANALYSIS OF LAND USE HISTORY

D.V. Fomicheva*, A.P. Zhidkin*,**

*Lomonosov Moscow State University

**Dokuchaev Soil Science Institute

Антропогенно-индуцированная эрозия почв, возникающая на распахиваемых землях, является одним из ведущих факторов трансформации почвенного покрова. При анализе эрозионно-аккумулятивных процессов в районах с длительной историей землепользования возникает проблема учета исторических изменений границ пашни и состава севооборотов. Особенно это актуально в регионах со сложной этапной историей сельскохозяйственного освоения, где отдельные участки земель в разные периоды времени то распахивались, то забрасывались. В частности, значительные изменения границ пашни отмечаются в южно-таежной зоне Европейской территории России. Для изучения данной проблемы был выбран ключевой участок, расположенный в Пушкинском районе Московской области в районе села Ельдигино. Общая площадь территории составила около 100 км². Почвенный покров территории представлен дерново-подзолистыми почвами разной степени оподзоленности, оглеенности и эродированности, сформированных на покровных суглинках, подстилаемых мореной [2].

На данном участке был проведен анализ исторических карт, характеризующих наиболее значимые периоды землепользования. Вручную были оцифрованы границы пахотных земель по картам 1797, 1861, 1871, 1931, 1954, 1985, 2000, 2018 гг. Границы пахотных земель на 1797 год были получены по трем планам генерального межевания Московской губернии. Западная и северная части участка исследования, селе Алешино и его окрестности в западной части и село Балабаново в северной части, представлены на «ПГМ Московского уезда Московской губернии. Верстовка» и «ПГМ Дмитровского уезда Московской губернии. Верстовка», где схематично отмечены села, дороги, леса, реки и безлесные территории. «План генерального межевания Богородского уезда Московской области» на центральную и юго-восточную часть участка (сёла: Ельдигино, Степаньково, Семеновское) имеет другие схематические обозначения, границы пашни на эту часть были уточнены по «планам дач» масштаба 1:8400, взятых из фондов почвенного института имени В.В. Докучаева, собранных за период многолетних исследований данной территории сотрудниками института под руководством Сорокиной Н.П. Таким образом, центральная и восточная части полигона имеют более точные границы пахотных областей, для западной и северной части за пахотные ландшафты были приняты безлесные территории кроме рек и залуженных участков. Границы пахотных земель на 1861 год были получены по карте Шуберта, масштабом 2 версты в английском дюйме т.е. 1:84000, на данной карте показаны леса, дороги села и безлесные территории. За пахотные ландшафты были приняты безлесные территории, за исключением крутых склонов и залуженных или болотистых участков. Данная структура землепользования была характерна для участка исследования с 1797 года до отмены крепостного права. Границы пахотных земель на 1871 год были получены по карте Стрельбицкого масштабом в 1 дюйме - 10 верст, что в метрической системе составляет примерно в 1 см. - 4.2 км. На данной карте показаны леса, дороги и безлесные территории. За пахотные ландшафты были приняты безлесные территории, за

исключением крутых склонов и залуженных или болотистых участков. Данная карта имеет более мелкий масштаб, границы мелких пашен сильно генерализованы. В целом для этого периода характерна тенденция к увеличению площадей распашки, что связано с отменой крепостного права и активным использованием крестьянами полученных земель. Границы пахотных земель на 1931 год были получены то топографической карте масштаба 1:10000. На карте показаны распахиваемые участки. В данном случае границы пашен в большей степени соответствуют действительности. Аналогично для 1985 и 2000 годов информация бралась с топографических карт. Границы пахотных земель на 1954 год использовалась американская карта масштаба 1:250000, где границы небольших полей в значительной степени генерализованы. Границы пахотных земель на 2018 год были преобразованы из OSM Московской области: обрезана в пределах экстенда участка исследования. Дополнительное уточнение границ проводилось по космическому снимку. Данная трудоемкая работа позволила смоделировать динамику проявлений эрозионно-аккумулятивных процессов во времени в связи с изменением границ пашни.

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 1797 году).

Цифровое моделирование эрозионно-аккумулятивных процессов проведено на основе применения математических моделей WATEM/SEDEM (для ливневого смыва) и ГГИ в модификации Г.А. Ларионова (для талого смыва). Алгоритмы расчёта использованных моделей базируются на системе эмпирических уравнений USLE и RUSLE и имеют сходные входные параметры (рельеф, эродируемость почв, эрозионный потенциал дождевых или снеговых осадков, почвозащитная роль растительности). Учет рельефа проводился на основе цифровой модели рельефа, построенной с рекомендуемыми для модели WATEM/SEDEM размерами ячейки 20x20 метров на основе оцифрованных горизонталей топокарты 1:10000 масштаба. Значения эродируемости почв рассчитаны по формуле [5] на основе собственных аналитических данных. Проведено опробование почвенного покрова в 37 точках, проанализированы содержание гумуса и гранулометрический состав почв. Эрозионный потенциал дождевых осадков был получен благодаря доступу к электронной базе данных “Global Rainfall Erosivity” [4], на участке исследования он составил около $0,032 \text{ МДж*мм*м}^{-2}\text{час}^{-1}\text{год}^{-1}$. Почвозащитная роль растительности учитывалась по эмпирическим коэффициентам, опубликованным в работах [1], [3]. Для максимально возможной детализации данного параметра проведено изучение истории севооборотов.

В конце XVIII в. в нечерноземных губерниях центральной культурой являлась озимая рожь. Её доля от всех возделываемых культур составляла около 50%. Среди яровых культур преобладал овес, на втором месте был ячмень. Яровая пшеница, гречиха и горох занимали очень незначительные площади. Доминирующая позиция озимой ржи сохранилась и в XIX и начале XX. Следующей по значению зерновой культурой был овес. 10-16% посевной площади были под картофелем, вклад остальных культур минимален. С середины XX века все больше площадей занимает картофель, озимая рожь также занимает первое место, однако процент площадей под ней становится меньше. Ко второй половине XX, началу XXI в. На озимые приходится уже 10-15%. На сегодняшний день немногочисленные сохранившиеся поля засажены в основном многолетними травами.

На основе цифрового моделирования установлено, что средние по участку темпы эрозии почв варьировали двух-кратно в разные периоды времени (рис. 1). Наибольшие объемы смыва вещества почв приходятся на период первого десятилетия после отмены крепостного права, когда повсеместно распахивались крутые склоны. В то время, как площадь пашни для данного периода занимает второе место. Наименьшие объемы смыва вещества характерны для наименьшей площади пашни на современном этапе сельскохозяйственного освоения территории.

Помимо пространственной структуры распаханых площадей немаловажную роль сыграл состав севооборотов. В частности, в начале XX века за счет увеличения доли пропашных культур отмечался существенный рост темпов и объемов эрозии почв несмотря на умеренную площадь пашен (~2200 га). Для самых больших площадей пашни на рубеже XVIII и XIX веков характерны средние темпы смыва и общие объемы незначительно превышающие средние значения. В данный исторический период на территории преобладало трехпольное земледелье.

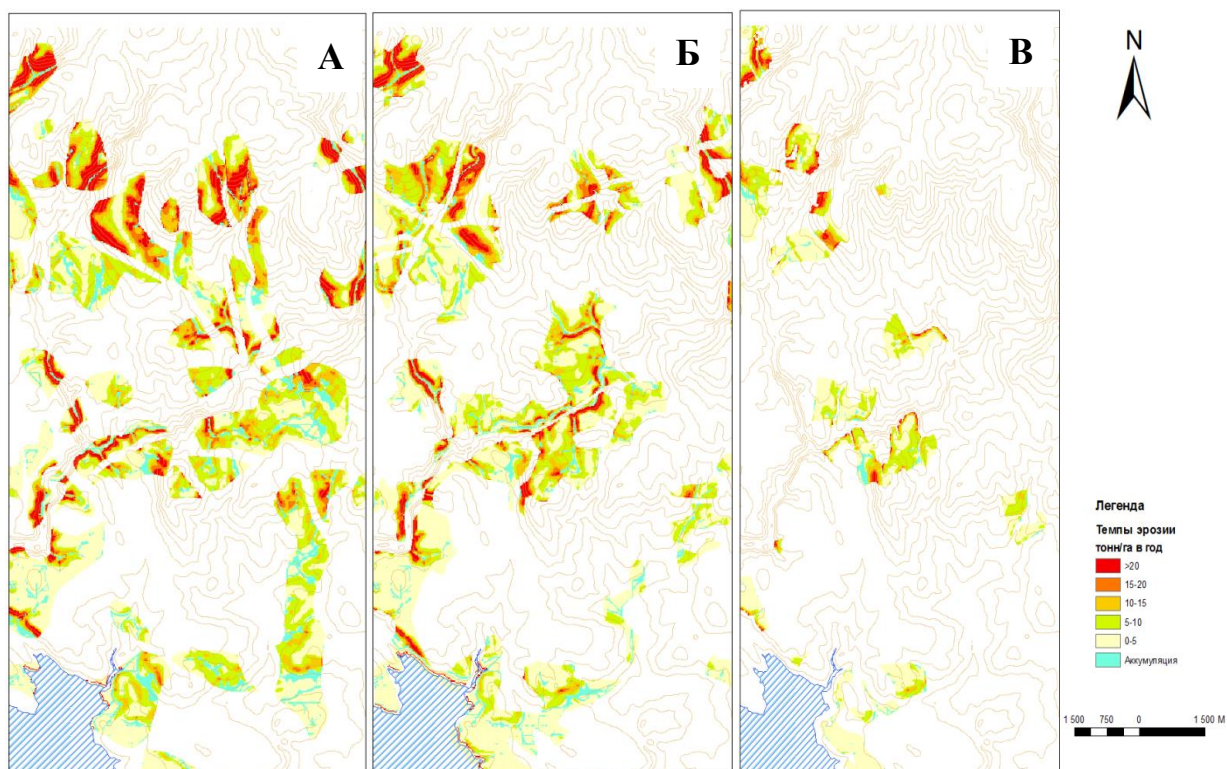


Рисунок 1. Темпы эрозионно-аккумулятивных процессов на участке «Ельдидино»: А - в 1871 году; Б – в 1954 году; В – в 2018 году.

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

Литература

1. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993. 200 с.
2. 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.
3. Сурмач Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия. Волгоград, 1992. 176 с.
4. Panagos P, Borrelli P, Meusburger K, et al. (2017) Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. Sci Rep.; 7(1):4175. doi:10.1038/s41598-017-04282-8
5. Renard K., Foster G., Weesies G., McCool D., Yoder D. (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook №703, 384 p.

Секция «Лесное почвоведение»

УДК 631.472.5: 631.445.2

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ И ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ
САЛТЫКОВСКОГО ЛЕСОПАРКА ГОРОДА БАЛАШИХИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н.Деревенец

МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва

MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS AND FOREST LITTER OF SALTYKOVSKY
FOREST PARK IN THE CITY OF BALASHIKHA OF MOSCOW REGION

E.N.Derevenets

Lomonosov Moscow State University

Актуальной проблемой урбэкологии является контроль состояния лесопарковых зон и получение информации о городских лесных территориях, служащих в целях организации отдыха населения, сохранения санитарно-гигиенической, оздоровительной функций и эстетической ценности природных ландшафтов [5]. В условиях города генетические процессы, характерные для лесных почв, подвергаются антропогенным изменениям, которые можно зафиксировать в лесопарковых зонах. Лесопарки часто используются в исследованиях загрязнения городской среды в качестве фоновых территорий, однако при этом не всегда учитываются особенности строения и свойств их почвенного покрова.

Объектом исследования выбран Салтыковский лесопарк, являющийся одной из рекреационных зон столицы. Крупный лесопарк площадью 1036 га расположен на границе с районами Новокосино и Косино-Ухтомским Восточного административного округа г. Москвы и относится к городскому округу Балашиха. Несмотря на удаленность от центра Москвы, данный лесопарк является излюбленным местом отдыха населения. Салтыковский лесопарк испытывает значительную рекреационную нагрузку, которая может наносить ущерб его почвенному покрову. Аэротехногенные выпадения, обусловленные выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, также оказывают негативное влияние на свойства почв Салтыковского лесопарка.

Цель исследования – описание морфологических свойств почв и лесной подстилки Салтыковского лесопарка.

В ходе полевых исследований были заложены три точки по трансекте вдоль склона к реке Банная канава. Абсолютные высоты точек следующие: точка 3 – 161 м, точка 2 – 158 м, точка 1 – 157 м. В каждой точке с помощью бура были отобраны пробы в слоях почвы по 10 см до глубины 70 и 100 см. В каждой точке отобрана лесная подстилка.

Территория Салтыковского лесопарка расположена в западной части Мещёрской низменности со слабоволнистым плоским рельефом, на песчано-галечной равнине ледникового происхождения [7]. Растительность лесопарка представлена, в основном, смешанными фитоценозами, характерными для естественных условий произрастания в зоне южной тайги. Сообщества в трех исследуемых точках представлены березовыми лесами с участием сосны, ели, липы и дуба: точка 1 – березняк живучковый (8Б1С1Е), точка 2 – березово-сосновый лес осоковый (5С4Б1Д), точка 3 – березняк зеленчуковый (9Б1Л).

Лесная подстилка является важным барьером, реагирующим на антропогенное воздействие в лесных экосистемах. Подстилка отбиралась с помощью рамки 50x50 см. Была выделена подстилка деструктивного и деструктивно-ферментативного типа (согласно классификации подстилок Л.Г. Богатырева) [1]. Полноценного горизонта F обнаружено не было, он либо отсутствовал (т. 1), либо проявлялся фрагментарно (т. 2 и т. 3). Наличие разных фракций и их соотношение определяется в большей степени типом фитоценоза. Деструктивный тип подстилки в точке 1 объясняется большой долей активной фракции (в

первую очередь, листьев) и, соответственно, большей скоростью биологического круговорота. Преобладание активной фракции листьев над ветками в точках 1 и 3 объясняется значительным участием лиственных деревьев в фитоценозе. Второе место в долевом участии занимает фракция веток лиственных и хвойных деревьев (по всем точкам отбора). В исследованных подстилках можно отметить разный размер веток: увеличение размера веток наблюдается при продвижении от 1 к 3 точке. Можно предположить, что увеличение вклада веток в точке 3 объясняется участием липы в фитоценозе. Запасы подстилки, составившие в Салтыковском лесопарке 0,29–0,36 кг/м², на порядок ниже таковых в естественных лесных массивах зоны южной тайги [3]. Уменьшение запасов подстилки в лесопарковых фитоценозах по сравнению с лесами связано с рекреационной нагрузкой и изменением параметров биологического круговорота. Антропогенный фактор в городских лесопарках проявляется в уплотнении почвы и изменении сложения подстилки за счет измельчения и разрушения ее компонент [6].

На основе полученных описаний проб почвы, можно выделить следующие горизонты в почвенном профиле: подстилка O (мощностью 1 см), гумусово-аккумулятивный горизонт AY (от 9 до 17 см), два переходных горизонта AEL (от 5 до 10 см) и BEL (от 5 до 8 см), глинисто-иллювиальный горизонт BT (от 10 до 23 см), переход к породе BC и породе C (вскрыта только в точке 1) (см. таблицу). Согласно классификации почв России (2004) данный тип почв относится к постлитогенным текстурно-дифференцированным дерново-подзолистым типичным мелким неглубокоосветленным легко- и среднесуглинистым со слабо развитым профилем на флювиогляциальных отложениях [4]. Профиль O-AY-AEL-BEL-BT-BC-C характеризуется наличием переходного осветленного элювиального горизонта и текстурного BT. По международной классификации WRB данные почвы можно отнести к Albeluvisols Umbric[8].

Таблица 1. Строение профилей дерново-подзолистой почвы в исследованных точках Салтыковского лесопарка

Номер точки отбора проб	Абс. высота точки, м	Фитоценоз	Морфологическое строение профиля, горизонты (см)
1	157	березняк живучковый (8Б1С1Е)	O(0-1)-AY(1-18)- AEL(18-25)- BEL(25-32)- BT(32-55)- BC(55-75)- C(75-100)
2	158	березово-сосновый лес осоковый (5С4Б1Д)	O(0-1)-AY(1-10(15))- AEL(10(15)-22(25))- BEL(22(25)-30)- BT(30-40)- BC(40-70)
3	161	березняк зеленчуковый (9Б1Л)	O(0-1)-AY(1-18)-AEL(18-22)- BEL(22-30)- BT(30-50)-BC(50-70)

Изменение окраски в профиле соответствует таковому для природных дерново-подзолистых почв (описание проводилось визуально и по шкале Манселла). Горизонт AY характеризуется серой и серо-бурой окраской, в горизонте AEL следует осветление до белесо-палевой и палево-серой, а в нижележащих горизонтах BT, BC, C окраска сменяется на рыже-бурю и серо-палевую, что говорит о протекании элювиально-иллювиальных процессов, характерных для дерново-подзолистых почв. Это подтверждается также наличием ожелезнения, проявляющегося в горизонте BT и глубже. По шкале Манселла горизонт AY характеризовался значениями 10YR 5/2 и 5/3, AEL – 10YR 5/3 и 6/3, BEL – 10YR 5/3 и 5/4 или 6/3 и 6/4, BT – 10YR 5/4 и 6/4, BC – 10YR 6/4, 7/3 и 7/4 или 2,5YR 7/3, C – 2,5YR 7/4.

Гумусово-аккумулятивный горизонт AY по гранулометрическому составу относится к легко- и среднесуглинистому. Вниз по профилю суглинок сменяется супесью,

которая в почвообразующей породе переходит в песок. По всему профилю можно обнаружить включения отмытых зерен кварца. В горизонте АУ отмечено наличие средних и мелких корней, структура агрегатов близка к понятию «бусы по корням»; в точке 2 отмечено большое количество муравьев, что связано с большей гумусированностью почвы в верхней части профиля. В переходных горизонтах АЕL и ВЕL отмечена белесая присыпка по граням структурных отдельностей, копролиты, потеки гумуса в виде примазок, комбинация белесой и палевой окраски. Для горизонта ВТ характерно наличие ожелезнения, бурые пятна в виде кутан, встречаются железо-марганцовые конкреции и дресва, горизонт более плотный по сложению. В точке 1 глубже 50 см отмечен мелкозернистый песок с отмытыми зернами кварца и темноокрашенных минералов. В горизонтах ВС и С отмечена каменистость, степень ее выраженности составляет 5-10%. Для почвенного профиля характерно облегчение гранулометрического состава с глубиной, что обусловлено подстилающими аллювиально-флювиогляциальными отложениями третьей надпойменной (зодынской) террасы [2].

Варьирование описанных морфологических свойств в трех исследуемых точках незначительно. Можно отметить относительное утяжеление гранулометрического состава верхних горизонтов в точке 1, расположенной ниже других точек в рельефе. Также в профиле точки 1 горизонт ВЕL относительно смещен вниз. Гумусово-аккумулятивный горизонт в профиле 2 меньше, чем у остальных, а переход к горизонтам В и ВС в профиле 2 залегает выше на 10-15 см, что может быть связано с влиянием положения в рельефе.

Таким образом, почвы территории Салтыковского лесопарка города Балашихи Московской области характеризуются дерново-подзолистым типом со слаборазвитым элювиально-иллювиальным процессом. Данный тип почв является зональным для Московского региона и соответствует протеканию естественных процессов почвообразования. Отмеченный деструктивный и деструктивно-ферментативный тип подстилки в лесопарке обусловлен более низкой интенсивностью биологического круговорота относительно естественных лесов и наличием рекреационной нагрузки на растительный и почвенный покров.

Литература

1. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1999. №3. С.118-127.
2. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Изд.2. Моск.серия. Карта четвертичных отложений N-37-11 (Москва), 2001г.
3. Гульбе А.Я., Дерюгин А.А. Комплексные стационарные исследования в лесах южной тайги. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 348с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с
5. Лесной кодекс Российской Федерации. Статья 114. Леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов (введена Федеральным законом от 27.12.2018 N 538-ФЗ).
6. Семенюк О.В., Богатырев Л.Г., Ваганова М.А. Характеристика подстилок парковых насаждений исторических ландшафтов на примере музея-усадьбы «Архангельское» // Бюл.Моск.о-ва.испытателей природы. отд. биол. 2017. Т. 122. Вып. 5. С. 37-49.
7. Экологический паспорт городского округа Балашиха [Электронный ресурс] URL: <http://ecopassmo.mosreg.ru/> (дата обращения 14.11.2019).
8. IUSS Working Group WRB. 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Word Soil Resources Report 106. FAO. Rome.

РОЛЬ ПОЧВ В БИОГЕОХИМИЧЕСКОМ КРУГОВОРОТЕ УГЛЕРОДА

А.А. Морозов¹, И.С. Илюшкин¹, Д.А. Малышев¹, В.С. Печёнкина¹, А.А. Шумихина¹,
Е.С. Югай², И.Р. Мутыгуллин¹, А.С. Мартыненко¹

¹ – МФ МГТУ имени Н.Э. Баумана, город Мытищи

² – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

ROLE OF SOILS ON THE BIOGEOCHEMICAL CARBON TURN

A.A. Morozov¹, I.S. Ilyushkin¹, D.A. Malyshev¹, V.S. Pechenkina¹, A.A. Shumikhina¹,
E.S. Yugai², I.R. Mutygullin¹, A.S. Martynenko¹

¹ – Mytisch Branch of Bauman Moscow State Technical University

² – RSAU-MAA named after K. A. Timiryazev

В настоящее время становится очевидным, что одним из главных факторов потепления климата на Земле является увеличивающаяся концентрация в атмосфере парниковых газов, среди которых CO₂ играет главную роль. В связи с этим мировое сообщество предпринимает определенные шаги к регулированию выбросов CO₂ (Киотский протокол). Согласно ему, уровень промышленных выбросов CO₂ странами в 1990 г. принимается за ту отправную точку, выше которой наступают экономические санкции к государствам, превысившим этот уровень, если не предъявляются соответствующие доказательства увеличения стока CO₂ в долговременные резервуары, например, в виде посадок леса на территориях этих государств. При этом совершенно не учитывается общий региональный баланс CO₂, то есть насколько территория отдельно взятого государства в настоящее время является абсолютным поглотителем (стоком) или источником CO₂. О том, насколько важна оценка региональных балансов CO₂, свидетельствуют данные по сравнению природных и антропогенных источников углекислоты в мировом масштабе. На смену Киотскому протоколу в 2016 году пришло Парижское соглашение. Данное соглашение объединило множество стран и включило в себя ряд основных положений:

- Не позволять средней температуре на планете расти выше 2 °С по отношению к показателям доиндустриальной эпохи, а по возможности снизить её до 1,5 °С.
- В период с 2050–2100 гг. начать ограничивать выброс парниковых газов, получаемых в результате промышленной деятельности человека, до уровня, который деревья, почва и Мировой океан могут переработать естественным образом.
- Каждые пять лет пересматривать в сторону увеличения вклад каждой отдельной страны по снижению вредных выбросов в атмосферу.
- Развитые страны должны выделять средства в специальный климатический фонд для помощи более бедным государствам на борьбу с последствиями климатических изменений и переход на использование возобновляемых источников энергии.

Отличительной особенностью Парижского соглашения являлось включение долгосрочного плана по скорейшему снижению выбросов парниковых газов и достижение баланса между возникающими в результате деятельности человека парниковыми газами и их поглощением морями и лесами – ко второй половине XXI века.

Углерод непрерывно циркулирует в биосфере Земли под влиянием химических и прочих процессов, является основой всего живого на земле. Все молекулы живых организмов основаны на углеродном скелете. Атомы углерода циркулируют в разных частях биосферы друг в друга. Большая часть углерода на Земле содержится в виде углекислого газа. Растения поглощают молекулы углекислого газа из атмосферы, затем в процессе фотосинтеза атом углерода включается в структуру растений. Далее углерод может пройти через несколько этапов преобразования:

- углерод содержится в растительных тканях до гибели самого растения. Тогда их молекулы пойдут в пищу редуцентам (грибы и термиты). В итоге углерод в виде CO₂ возвращается в атмосферу;

- растения могут быть съедены травоядными животными. Далее существует два варианта развития событий: первое, углерод возвращается в атмосферу, второе, травоядные животные будут съедены хищниками;

- растения погибают и оказываются под землей. Следовательно, они преобразуются в ископаемое топливо, такое как уголь.

При растворении молекулы углерода в морской воде CO_2 возвращается в атмосферу или может войти в ткани морских растений или животных. Тогда он будет постепенно аккумулироваться на дне Мирового океана, в результате чего образуется известняк.

Запасы «живого» углерода в составе организмов суши и океана составляют, по разным данным, 550...750 Гт (1 Гт равна 1 млрд т), причем 99,5 % этого количества сосредоточено на суше, остальное – в океане. Кроме того, в океане содержится до 700 Гт в составе растворенного органического вещества O .

Если углерод вошёл в состав осадочных отложений или ископаемого топлива, он изымается из атмосферы. На протяжении существования Земли изъятый таким образом углерод замещался углекислым газом, попадавшим в атмосферу при извержении вулканов и других геотермальных явлениях. На данный момент к этим природным факторам относят выбросы при сжигании человеком ископаемого топлива. В связи с прямым влиянием CO_2 на парниковый эффект исследование круговорота углерода стало важной задачей для ученых, занимающихся изучением атмосферы.

Роль почвы в деструкционном звене углеродного цикла является определяющей. В почве формируется основная часть потока CO_2 в атмосферу в результате трансформации отмирающей биомассы, содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ в поверхностном горизонте почв колеблется от 0,11 до 5,99 %; вниз по почвенному профилю оно снижается. Благодаря своему положению на границе различных сфер почвенный покров выступает в роли узловой точки, являясь местом пересечения геологического и биологического круговорота веществ O .

Основным источником накопления органического углерода в почве является деятельность низших и высших растений. Также он образуется в результате разложения органического вещества и при сжигании биомассы. Это накопление, как правило, наблюдается в виде перегноя или гумуса. Так как органический углерод является одним из основных факторов плодородия, определение содержания его в верхних корнеобитаемых горизонтах почвы проводят при всех почвенных исследованиях. Содержание органического углерода в почве обычно принято пересчитывать на содержание гумуса (перегноя), т. е. на общее содержание органических веществ в почве.

Так же следует учитывать, что содержание CO_2 в почве на открытых пространствах и территории с наличием древесной и травянистой растительностью различаются. К примеру баланс органического вещества в лесной экосистеме представляет собой разность интенсивностей двух групп процессов: ассимиляции углерода атмосферы в чистой первичной продукции и его возврата в атмосферу при деструкции органического вещества. К тому же леса являются наиболее мощным резервуаром углерода O .

Потенциально возможное максимальное закрепление органического углерода связано, в первую очередь, с травяными и лесорастительными экосистемами. Большая часть территорий с низким и минимальным потенциально возможным закреплением углерода принадлежит хвойным экосистемам. На эти же биомы, а также тундровые экосистемы, приходится и значительная часть площадей с ограниченным вертикальным перемещением углерода, что обусловлено их частой приуроченностью к горным ландшафтам с плотными породами. Высокая доля варьирования в уровне закрепления углерода, связанная с разнообразием гранулометрического состава пород и почв, приходится на смешанные леса. Значительно меньшая доля приходится на травяные экосистемы, хвойные и широколиственные леса.

Древесная растительность (леса) – наиболее часто встречаемые экосистемы, которые принимают непосредственное участие в регулировании циклов углерода. Согласно основным принципам, которые лежат в основе научных представлений о

биогеохимическом круговороте, стоком углерода служат молодые лесные насаждения, в то время как леса внушительного возраста отличаются снижением накопления углерода или даже становятся в «углерод-нейтральными».

Содержание CO_2 в почве обуславливает содержание гумуса в почве, тем самым по содержанию гумуса мы можем определить потенциальное качество плодородия, которое немаловажно при ведении сельского и лесного хозяйства. При этом имеется возможность оценить степень влияния почв на биогеохимический круговорот углерода, это необходимо для вопросов, касающихся глобального потепления вследствие накопления парниковых газов; степень накопления CO_2 в почве, что прямо и косвенно влияет как на уровень жизнедеятельности живых организмов, чья жизненная форма связана с почвенной средой, их организацию и физиологию, так и на составляющую ландшафта в целом, породный и растительный состав, внешний облик почвы, видовой состав животных и т.д.

Ю.Г. Пузаченко с коллегами получили данные, которые подтверждают высокое влияние почв на биогеохимический цикл углерода: «запас углерода в почве есть функция ежегодного поступления мертвого органического вещества и вероятностей его перехода в углекислый газ и в разлагающееся органическое вещество, сохраняющее на следующий год» 0.

В конечном итоге интенсивность дыхания почв имеет очень большое значение в биогеохимическом круговороте углерода, но в свою очередь зависит от режима увлажнения [66]. Это говорит нам о варьировании запасов на локальном уровне и подтверждается приведенными выше данными об общей изменчивости количества углерода в почвах. Вместе с тем около 40 % варьирования мы наблюдаем без учёта свойств опада, структуры почв и свойств почвообразующих пород. По оценкам О.В. Честных 0, содержание углерода в метровом слое лесных почв под сосновыми насаждениями в европейской части России составляет 161 ± 38 т/га, под елью это значение увеличивается до 192 ± 20 т/га, тогда как под берёзовыми насаждениями снижается до 125 ± 17 т/га. При этом для болотных экосистем приводятся значения 633 ± 111 т/га.

Литература

1. Бобкова К.С. Динамика содержания углерода органического вещества в среднетаежных ельниках на автоморфных почвах / К.С. Бобкова, А.В. Машика, А.Н. Смагин. – СПб.: Наука, 2014. – 270 с.
2. Ведрова, Э.Ф. Деструкционные процессы в углеродном цикле лесных экосистем Енисейского меридиана: автореф. дис... д-ра биол. наук: / Ведрова Эстелла Федоровна. – Красноярск, – 2005. – 60 с.
3. Карминов, В.Н. Цифровое картографирование лесных почв / В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, П.В. Онтиков, А.А. Бараненкова, Н.М. Минаков // в сборнике: Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В.С. Аношко. – Минск: БГУ, 2018. – С. 162–167.
4. Мартыненко, О.В. Зависимость продуктивности сосновых насаждений от почвенно-грунтовых условий в Московском учебно-опытном лесничестве / О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, Д.Г. Щепашенко, П.В. Онтиков // Лесоведение. – 2017. – № 6. – С. 411–417.
5. Миркин Б.М. Основы общей экологии: учебное пособие / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – М.: Университетская книга 2003. – 239 с
6. Пузаченко, Ю.Г. Оценка запасов органического вещества в почвах мира / Ю.Г. Пузаченко, Д.Н. Козлов, Е.В. Сиунова А.Г., Санковский // Почвоведение. – 2006 – № 12. – С. 1413–1529.

7. Честных, О.В. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России / О.В. Честных, Д.Г. Замолодчиков, А.И. Уткин // Лесоведение. – 2004. – № 4. – С. 42.

УДК 579.26

ВЫДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ АНТИБИОТИКОВ ИЗ ДРЕВЕСНОГО ОПАДА И КИШЕЧНИКА ДИПЛОПОД ДЖУНГЛЕЙ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

М. А. Кочнева*, М. К. Рубец**

*МГУ имени М. В. Ломоносова, факультет почвоведения, г. Москва

**ГБОУ №1467, г. Москва,

ISOLATION OF BACTERIA POTENTIAL PRODUCERS OF ANTIBIOTICS FROM WOOD LITTER AND DIPLOPOD'S GUT IN JUNGLE OF SOUTH VIETNAM

M. A. Kochneva*, M. K. Rubets

*Moscow State University

**SBEI №1467

Известно, что доля микроорганизмов-продуцентов антибиотиков выше в тропиках, чем в умеренно-климатической зоне. Разнообразие почвенных животных также выше в коренных тропических лесах (джунглях), чем в более северных регионах. Поэтому представляется актуальным исследовать продуцентов антибиотиков в кишечнике тропических почвенных животных, так как большое разнообразие животных может приводить и к большому разнообразию кишечных микроорганизмов. Работы по поиску продуцентов антибиотиков в кишечнике животных проводились и ранее [1] Б. А. Бызов «Зоомикробные взаимодействия в почве». Поэтому целью данного исследования было сравнить долю активных штаммов продуцентов антибиотиков в корме (опаде) и кишечнике двупароногих многоножек, населяющих джунгли южного Вьетнама в национальном парке Кат Тьен. В качестве объектов исследования были выбраны сапроксилофаг *Nedyopus davidofia* и сапротроф-полифаг *Orthomorpha sp.*. Содержимое кишечника получали посредством вскрытия путем вивисекции посредством декопитации. Содержимое кишечника замораживалось и хранилось до микробиологического исследования. Микробиологический посев осуществлялся высевом суспензии на разбавленную агаризованную среду Гауза-1 с концентрацией крахмала сниженной до 1 г/л. Подобное разбавление питательной среды позволило увеличить долю выделяемых на питательной среде мицелиальных бактерий – актиномицетов. Антибиотическая активность выделенных штаммов одноклеточных и мицелиальных бактерий определяли методом лунок, в которые закапывалась культуральная жидкость исследуемых штаммов. После этого проводился посев – тест культур микроорганизмов, на которых проверялась антибиотическая активность штаммов. В ходе исследования из каждого объекта исследования: опад, кишечник *Nedyopus davidofia*, кишечник *Orthomorpha sp.*, гнилая древесина, было выделено несколько десятков штаммов бактерий. Более 80% штаммов проявляли антибиотическую активность против грам+ и грам- бактерий. Однако, доля штаммов-продуцентов антибиотиков существенно не различалась между кормом и кишечником животных. Таким образом можно предполагать, что кишечник диплопод не является особым местообитанием, в аспекте встречаемости в нем, продуцентов антибиотиков. Однако, на территории исследуемого национального парка обитает более 40 видов диплопод, и поэтому утверждать, что полученные результаты относятся ко всему комплексу диплопод южного Вьетнама мы не можем, нужны дальнейшие исследования.

Литература

1. Бызов Б.А. «Зоомикробные взаимодействия в почве».

ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ
ДАЧИ

А.И. Лосев, В.Д. Наумов, Н.Л. Каменных
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
HUMUS STATE OF SOD-PODZOLY SOILS OF LOD

A.I. Losev, V.D. Naumov, N.L. Kamennyh
RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev

Лесная опытная дача является уникальной научной природной лабораторией под открытым небом. Это старейший в Европе опытный участок, который в настоящий момент содержит 152 пробные площади, расположенные на 14-ти кварталах, на которых проводятся, как длительные стационарные исследования и наблюдения, так и менее масштабные опыты и эксперименты.

С точки зрения почвенно-географического районирования ЛОД находится в бореальном почвенно-биоклиматическом поясе, в Европейско-Западно-Сибирской таежно-лесной почвенно-биоклиматической области, в зоне дерново-подзолистых почв южной тайги, относится к фации умеренных промерзающих почв и к среднерусской провинции (по данным Атласа СССР, 1983). Помимо природных особенностей, уникальной территорию ЛОД делает то, что она расположена в центре мегаполиса.

Стремление к пониманию взаимосвязи почвы и лесной растительности породило массу монографий, публикаций и прочих материалов, посвященных изучению древостоев, почв и взаимосвязи протекающих в лесу процессов. Исследованиями в этой области занимались такие ученые как Сукачев В.Н., Карпачевский Л.О., Березин Л.В. и другие. Однако, не так много работ состоянию органического вещества почв леса. Этим и был вызван интерес к исследованию почвенного покрова ЛОД на предмет его гумусового состояния.

Исследования проводились на пробных площадях «Е, Ъ, Э» третьего и четвертого кварталов. Отбор образцов гумусовых горизонтов проводился в трех точках на каждой пробной площади. Точки отбора выбирались по периферии кроны доминирующего в древостое пробной площади растения. Образцы были отобраны в мае, июле и октябре для наблюдения сезонных изменений динамических показателей.

Пробная площадь «Е» 3-го квартала представляет собой двухъярусный разнотравный сосняк первого класса бонитета. Состав древостоя: первый ярус 10С+Б, второй ярус 7ДЗКл ед. Ли, В. Пробная площадь «Э» 4-го квартала – одноярусный разнотравный сосняк третьего класса бонитета. Форма древостоя простая, состав: 7С2Д1Б+Кл ед. В, Лп. Пробная площадь «Ъ» 4-го квартала - одноярусный листвяг-кисличник первого класса бонитета. Форма древостоя простая, состав: 10л+Б ед. Д, Ли, Кл, В. Пробная площадь «Е» 4-го квартала представляет собой двухъярусный разнотравный сосняк второго класса бонитета, второй ярус которого представлен кленом. Состав древостоя: 9С1Кл, Лп ед. Б, Д, В первый ярус, 10Кл второй ярус.

Лабораторные анализы гумусовых горизонтов проводились в лабораториях кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения.

В ходе анализа проб были получены следующие результаты.

1) Исследование гумусовых горизонтов дерново-подзолистых почв показало высокую горизонтальную и вертикальную анизотропность почвенного покрова ЛОД. Это проявляется в изменении в пределах изучаемых пробных площадей мощности гумусовых горизонтов на 11 сантиметров, содержания в них гумуса на 5,1%, их гидролитической кислотности на 10 мг-экв/100г, соотношения Сгк:Сфк на 0,3 единицы. При чем перечисленные показатели существенно варьируют даже в пределах одной пробной площади.

2) Гумусовое состояние дерново-подзолистых почв ЛОД в целом характеризуется большой мощностью гумусовых горизонтов (от 18 до 29 сантиметров), высоким содержанием гумуса (от 2,1 до 7,2%) и фульватным типом гумуса (соотношение Сгк:Сфк изменяется в пределах от 0,5 до 0,8). Помимо этого, почвы обладают высокой влажностью (21-42%), сильнокислой реакцией среды (pH_{KCl} 3,7-4,1 и pH_{H_2O} 4,2-4,7) и высокой гидролитической кислотностью (от 7 до 17 мг-экв/100г).

3) Выявлены следующие зависимости характеристик от состава древостоя:

Чем больше участие в древостое лиственных пород – тем более мощный в почве гумусовый горизонт (пробные площади в порядке увеличения мощности гумусового горизонта - III E, IV Ъ, IV E, IV Э).

Чем больше участие сосны в древостое (пробные площади III E и IV E) – тем ниже уровень pH_{H_2O} , в случае pH_{KCl} зависимость менее выражена (на границе с НСР), но в июле и октябре довольно существенна.

Наиболее высокие значения гидролитической кислотности наблюдаются на пробных площадях III E и IV E, покрытых древостоями с наибольшим участием сосны среди исследуемых. Ниже значения на территории пробной площади IV Ъ, которую занимает чистое насаждение лиственницы. Наименьшая гидролитическая кислотность зафиксирована на пробной площади IV Э, в составе древостоя которой наибольшее участие лиственных пород.

Самые высокие значения гумуса фиксируются на пробной площади IV E с сосняком, второй ярус и 10% первого представлены кленами. Далее на втором месте идет пробная площадь III E, второй ярус которой так же состоит из лиственных пород, однако он более плотный и представлен в основном дубами. Еще меньше гумуса содержат горизонты A1 пробной площади IV Ъ, где древостой представлен чистым лиственничным насаждением. Наименьшее содержание гумуса зафиксировано на пробной площади IV Э, занятой смешанным с дубом сосновым насаждением.

Наиболее высокие содержания углерода фульвокислот приходятся на почвы с пробных площадей III E и IV Ъ, самые высокие содержания гуминовых кислот и гумина приходятся на оставшиеся пробные площади.

4) Сезонная динамика наиболее ярко выражена в отношении Сгк:Сфк – в осенних образцах оно на 0,3 единицы ниже, чем в летних и весенних.

Также четко дифференцирована по сезонам полевая влажность образцов - в мае влажность горизонтов A1 составляет порядка 26-27%, в июле 22-24%, в октябре 36-39%.

Сезонная динамика гидролитической кислотности в горизонтах A1 выражена только на пробной площади «Э» IV квартала, занятой смешанным с дубом сосновым насаждением. Наибольшее среднее по трем точкам значение 13,02 мг-экв/100г наблюдается в мае.

5) Значения кислотности и гидролитической кислотности лесной подстилки коррелируют с кислотностью гумусовых горизонтов, за редким исключением.

Литература

1. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы / Л.О. Карпачевский // М.: Лесная промышленность, 1981 – 264 с.
2. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л.О. Карпачевский // М.: Издательство МГУ, 1977 – 312 с.
3. Мамонтов В.Г. Особенности органического вещества почв (на примере САО и СЗАО г. Москвы) / В.Г. Мамонтов, Ю.А. Озеров // Ж. Плодородие – 2011 - №5. – С. 36-37.
4. Наумов В.Д., Поляков А.Н. 150 лет лесной опытной даче РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: Монография - М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. 345 с.
5. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации - М.: Наука, 1996. - 256с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИК ГИЛ ПРИ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В
РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОЕКТА FORESTGEO

Д.А. Малышев¹, В.С. Печёнкина¹, Е.С. Югай², И.Р. Мутыгуллин¹, А.А. Шумихина¹,
А.А. Морозов¹, А.С. Мартыненко¹

¹ – МФ МГТУ имени Н.Э. Баумана, город Мытищи

² – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

USE OF PIC GIL FOR FORESTRY RESEARCH WITHIN THE FORESTGEO
INTERNATIONAL PROJECT

D.A. Malyshev¹, V.S. Pechenkina¹, E.S. Yugai², I.R. Mutygullin¹, A.A. Shumikhina¹,
A.A. Morozov¹, A.S. Martynenko¹

¹ – Mytisch Branch of Bauman Moscow State Technical University

² – RSAU-MAA named after K. A. Timiryazev

Справедливо считается, что середина XX века в Советском Союзе была «золотым веком» природных биогеоценотических исследований. Различные институты, лаборатории и экспедиции закладывали огромное количество пробных площадей, на которых изучались взаимосвязи в лесных экосистемах. Часть этих пробных площадей сохранилась и на них продолжают научные работы. Как правило, это пробные площади различных стационаров и опытных станций. В тоже время, значительное количество пробных площадей, заложенных научными коллективами, безвозвратно теряется. Это связано с тем, что поколение учёных советской школы уходит, а достаточный уровень преемственности, позволяющий сохранить накопленные данные, зачастую отсутствует.

Вообще, занятие биогеоценологией требует большого вложения сил на протяжении долгого времени. При этом должны быть сформированы единые стратегии, методы и способы исследований предмета, что требует формирования определённой системы. Однако до настоящего времени такой системы не было. Активная информатизация и глобализация научных исследований позволила подступиться к решению этой задачи.

Международный проект ForestGEO был создан как с целью сбора и систематизации уже накопленных данных, так и для обеспечения единства подходов и измерений в дальнейших исследованиях. Данный проект является актуальным, инновационным, охватывающим значительное количество заинтересованной аудитории по всему миру. Он имеет множество направлений для принятия участия (от мобильных приложений до трудоёмкой специализированной работы), несёт в себе ряд новшеств, необходимых для развития биогеоценологии, как науки. Именно поэтому нами было принято решение присоединиться к проекту ForestGEO, так и появилась данная работа.

Цель данной работы – создание постоянной пробной площади, соответствующей требованиям международного проекта ForestGEO, с проведением на её территории лесоводственных исследований. Данные были получены на основе непосредственного использования технологии в полевых условиях, а также накоплении фактов, их отборе и сопоставлении связи между ними при изучении процесса работы с данной технологией 0, 0.

Выполняемые нами лесоводственные исследования находятся в рамках международного проекта ForestGEO (The Forest Global Earth Observatory). Проект представляет собой изучение лесов мира в долгосрочной перспективе, при котором создаётся сеть постоянных пробных площадей, на которых каждые 5 лет измеряются параметры живых и выпавших деревьев. Также в проекте учитываются исследования организаций в мониторинге климата, потока углерода, позвоночных животных, насекомых, почвенных микроорганизмов и многого другого 0.

Начало данного международного проекта было положено в 1980 году, когда экологам из Смитсоновского Института Тропических Исследований (STRI, республика Панама) удалось применить уникальный метод долговременного перечёта деревьев с

созданием небольшой сети постоянных пробных площадей, исследовательский объект для которого был сформирован на острове Барро-Колорадо посреди Панамского канала. Данное исследование носило инновационный характер, поскольку являлось первым в своём роде, до этого никто в мире не производил попыток предпринять что-либо подобное. Детально ознакомившись с результатами исследования и разобрав схему работы данного метода перечёта деревьев, учёные по всему миру начали активно его применять, создав поначалу Центр Исследований Тропических Лесов, а затем и ForestGEO 0.

Для присоединения к проекту существуют достаточно жёсткие требования к дендрометрическим измерениям. К примеру, измерениям подлежит весь древостой, включая подрост и подлесок, который имеет диаметр ствола на уровне груди от 1 сантиметра. Необходимо учитывать сухостой, присваивая ему категорию состояния.

Также проект предполагает координатную привязку каждого измеренного дерева, так как каждые 5 лет необходимо производить повторные измерения основных показателей уже измеренного ранее древостоя. Ещё одним ключевым условием присоединения к проекту ForestGEO является значительный размер выбранных пробных площадей (> 16 гектар).

В рамках проекта ForestGEO нами была заложена постоянная пробная площадь в 14 квартале Свердловского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества, которое расположено в северо-восточной части Московской области на территории Щелковского административного района.

Рельеф территории лесничества в основном равнинный с общим уклоном с северо-запада на юго-восток. Наиболее распространённым типом почв являются дерново-подзолистые (81,8 %). Общая площадь лесничества составляет 34171 га, в том числе лесная – 31706 га (92,8 %). Основными лесобразующими породами являются: сосна – 36 %, ель – 33,6 %, береза – 23,2 %, осина – 6,1 %. Наиболее распространенная группа типов леса – ельники сложные и их производные – занимает 71,2 % покрытой лесом площади.

Для проведения лесоводственных исследований нами была выбрана чешская технология Field Map, разработанная в Институте исследования лесных экосистем (IFER, Чешская республика). Field Map – это передовая мобильная технология для сбора данных в лесном и садово-парковом хозяйстве, которая объединяет переносные электронные измерительные приборы и программные средства (ГИС) в единую мобильную технологию, нацеленную на сбор, анализ и хранение данных, собранных в полевых условиях. Данная технология представляет собой эффективный инструмент, при помощи которого появляется возможность непосредственно в полевых условиях изучать или актуализировать лесоводственные данные.

Процесс работы данной технологии основан на работе совместно с другими приборами. Для работы в поле программное обеспечение Field Map устанавливают на переносной компьютер, при этом данные вводятся непосредственно с клавиатуры компьютера, при условии, что работы ведутся без использования подключенных измерительных приборов, также приём данных возможен непосредственно от подключённых к компьютеру через кабель или по беспроводной связи измерительных приборов. К компьютеру могут быть подключены различные измерительные приборы, в нашем случае это были: лазерный дальномер-высотометр, электронный компас. Данные приборы позволяли технологии самостоятельно осуществлять координатную привязку каждого отдельного взятого измеренного дерева и составлять на основе полученных данных карту исследуемого квадрата местности. Однако диаметр измерялся мерной лентой и вводился вручную 0, 0, 0.

Технология Field Map успешно используется в Российской Федерации и находит своё применение в рамках государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) под название программно-измерительных комплексов государственной инвентаризации лесов (ПИК ГИЛ). ГИЛ подразумевает создание постоянных пробных площадей на территории Российской Федерации, на которых регулярно на основе выборочного метода наблюдений в

соответствии с взаимосвязями между таксационными показателями лесных насаждений и методами математической статистики определяются количественные и качественные характеристики леса, периодичность повторных наблюдений которых составляет 10...15 лет 0, 0, 0, 0.

Таким образом, выбранная технология ПИК ГИЛ существенно упрощает работу в полевых условиях, являясь мобильной переносной технологией и предотвращая процесс накопления ошибок при работе со стандартными непрогрессивными инструментами 0. Также технология значительно сокращает затраты сил и времени, потраченные на камеральную работу, поскольку создание баз данных идёт автоматически при использовании программы, что несомненно, является ещё её одним достоинством. Исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что применение технологии ПИК ГИЛ при лесоводственных исследованиях в рамках международного проекта ForestGEO является целесообразным, а доступ к этой технологии обеспечивается широким распространением ПИК ГИЛ в проектных организациях и учебных заведениях.

Литература

1. Алейников, А.А. Опыт использования технологии Field-map в исследовании структуры лесных экосистем / А.А. Алейников // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: докл. V Всерос. конф. (с междунар. участием). – М.: Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 2013. – С. 237–241.

2. Антонов, О.И. Применение ГИС-технологии Field-Map при инвентаризации зелёных насаждений / О.И. Антонов, С.И. Соколов // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. Материалы II международной научно-практической конференции, 06–07 февраля 2012 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ», 2012. – С. 44–49.

3. Черны М. Field-Map (Полевая Карта) – передовая измерительная технология для лесного хозяйства, охраны природы и ландшафтоведения / М. Черны, М.И. Букша // М-ли міжнародної ювілейної наукової конференції, присвяченої 75–75-річчю із дня заснування УКРНДІЛГА (30–31 березня 2005 р., м. Харків. – Харків: УКРНДІЛГА, 2005. С. 84–85.

4. ForestGEO Global Earth Observatory Network [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <https://forestgeo.si.edu/>, свободный – (14.10.2019).

5. Карминов, В.Н. Цифровое картографирование лесных почв / В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, П.В. Онтиков, А.А. Бараненкова, Н.М. Минаков // в сборнике: Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В.С. Аношко. – Минск: БГУ, 2018. – С. 162–167.

6. Максимова, А.Н. Возможности ГИС-технологий для рационального использования лесных почв / А.Н. Максимова, О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, П.В. Онтиков, Н.М. Минаков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2016. – Т. 20. – № 1. – С. 112–117.

7. Мартыненко, О.В. Зависимость продуктивности сосновых насаждений от почвенно-грунтовых условий в Московском учебно-опытном лесничестве / О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, Д.Г. Щепашенко, П.В. Онтиков // Лесоведение. – 2017. – № 6. С. – 411–417.

8. Онтиков, П.В. Динамика площадей древесных насаждений Московского региона за 2000–2013 годы / П.В. Онтиков, Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, М. Дюрауер, О.В. Мартыненко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20. – № 1. – С. 184–188.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ МУОЛ

В.С. Печёнкина¹, А.А. Шумихина¹, Д.А. Малышев¹, А.А. Морозов¹, Е.С. Югай²,
И.Р. Мутыгуллин¹, А.С. Мартыненко¹

¹ – МФ МГТУ имени Н.Э. Баумана, город Мытищи

² – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

DETERMINATION OF ORGANIC CARBON STOCKS IN SOD-PODZOLIC SOILS OF MUOL

V.S. Pechenkina¹, A.A. Shumikhina¹, D.A. Malyshev¹, A.A. Morozov¹, E.S. Yugai²,
I.R. Mutygullin¹, A.S. Martynenko¹

¹ – Mytisch Branch of Bauman Moscow State Technical University

² – RSAU-MAA named after K. A. Timiryazev

Запасы органического углерода характеризуют состояние почв и общее содержание в них гумуса – одного из важнейших элементов почвенного плодородия. Растения получают из атмосферы углерод, а затем, используя энергию Солнца и углекислый газ из атмосферы, преобразуют CO₂ в органический углерод. В результате жизненного цикла и разложения растительной ткани производится значительное количество почвенного органического углерода.

В почвенном покрове России, по оценкам экспертов, сосредоточена почти пятая часть углерода. Запасы органического углерода в почвах оценивались почвоведом и ранее на основании параметров типичных почвенных профилей или усреднённых значений из баз данных всех показателей 0. Для примера, мы рассмотрим вопрос актуальности таких исследований на основе научных работ Щепашенко 0, 0, 0. За исходные данные были взяты различные почвенные карты и таблицы (почвенная карта РФ и база типичных почвенных профилей, карта преобладающих типов растительности, карта природных зон РФ, база данных натуральных измерений содержания органического углерода в почвах). Используя все эти базовые данные, командой ученых было рассчитано количество минимальных запасов органического углерода по определённой формуле, также приведенной в статье Щепашенко 0. Но так как на почву и ее состояние влияют многие факторы, авторами было принято решение рассчитать количество углерода более детально, применяя различные коэффициенты и учитывая погрешности. Исходя из всех вычислений был сделан вывод: общий запас углерода в подстилке составляет 14,4 Пг С. Суммарные же запасы углерода в подстилке и в нижележащем метровом слое составляют 317,1 Пг С 0.

Также, для примера, мы рассмотрим исследования О.В. Честных 0, который изучал пулы различных почв (лесные/нелесные) и их соотношение.

Честных сразу указал, что оценки запасов углерода варьируют от существенно различных способов исследования. Базой для их расчетов служила информация государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) 0. Производя расчеты пулов на разных категориях земель, было выявлено множество «расхождений» по таблицам средних запасов углерода на непокрытых лесом и нелесных землях, на землях лесного фонда, что заранее сулит невысокую точность итоговых оценок. Исходя из полученных результатов был сделан вывод, что для России отношение углеродной емкости в слое 0...30 см нелесных земель к землям лесов равно 1,4. В европейской части страны и в Западной Сибири, где основные массивы болот, это соотношение возрастает от 1,7 до 2,0, а к востоку понижается до 1,3 и 1,2 раза 0.

Как мы можем видеть из литературных данных, оценки запасов органического углерода базируются на различных источниках и используют разнообразные подходы. Но в основе этих оценок лежит натурное определение запасов углерода в конкретных почвах. Его можно учитывать несколькими методами:

1. Бихроматный метод Тюрина и его модификации. Метод основан на окислении углерода органического вещества сернокислым раствором дихромата калия, избыток которого оттитровывается раствором соли Мора 0. Метод не пригоден для проб с массовой долей хлорида более 0,6 % и проб с массовой долей органического вещества более 15 %.

2. Гравиметрический метод определения массовой доли органического вещества в торфяных и оторфованных почв. Метод основан на определении потери массы пробы после прокаливании при температуре 525 °С 0.

Указанные методы позволяют нам узнать значения органического углерода в процентах от массы почвы, а для определения запаса в почвенном слое нам нужно знать содержание углерода в каждом горизонте и их плотность. В том случае, если имеется почвенная карта, можно для каждой почвенной разности определить среднее значение содержания органического вещества и плотности, далее выполнить расчеты для определения запаса органического вещества.

К сожалению, для всей территории Московского учебно-опытного лесничества (МУОЛ), которая является объектом нашего исследования, почвенная карта крупного масштаба пока не составлена. В данных условиях мы предлагаем отталкиваться от имеющихся производственных материалов (план лесонасаждений, выделенная база данных). Вышеуказанные материалы основываются на имеющейся растительности и проводимых хозяйственных мероприятиях, однако содержат важную информацию о лесорастительных условиях. Прежде всего, они заключены в таких показателях, как тип леса и тип лесорастительных условий (ТЛУ). Поскольку преобладающая часть территории МУОЛ занята дерново-подзолистыми (автоморфными) почвами, в своей работе мы сконцентрируемся на оценке запаса углерода именно в этом типе почв.

В условиях гидроморфизма усиливаются процессы торфообразования, поэтому оценки запасов в таких почвах будут отличаться высокой степенью неопределенности 0, 0. По данным, полученным из научной литературы, можно сделать вывод, что, исключив из исследования территории, которые по степени увлажнения по классификации ТЛУ относятся к 4 и 5 градации мы сможем исключить из выборки практически все полугидроморфные и гидроморфные почвы. На следующем этапе оставшиеся участки могут быть рассмотрены с точки зрения типов леса, чтобы дополнительно проконтролировать качество разделения по ТЛУ. Окончательное разделение может быть осуществлено по главной породе и группам возраста. Подобный подход связан с тем, что в лесных почвах основным источником органического вещества для гумусообразования является подстилка. Она образуется на поверхности почвы из отмирающих органических остатков, в основном растений. Количество опада определяется условиями произрастания, возрастом, составом древостоя и величиной первичной биологической продуктивности фитоценоза 0.

Для уменьшения объёма выборки можно убрать из нее (или присоединить к близким группам) редкие по встречаемости или малые по площади участки. Выполнение выше рассмотренной стратификация проще всего осуществить средствами ГИС. После чего, используя его функционал необходимо отметить точки для натурного исследования, которые бы охватывали выделенные группы пропорционально их площади.

На выделенных точках необходимо выполнить почвенное обследование с уточнением таксационных и лесоводственных показателей насаждения и отбор почвенных образцов для определения органического вещества и плотности почвы в ненарушенном сложении. Статистические повторности отбора образцов определяются исходя из вариации исследуемых показателей. Основываясь на результатах предыдущих исследований, можно сделать вывод, что подготовленный исследователь может обеспечить допустимую точность выполнения опыта при отборе образцов и аналитических определениях при повторности в пределах 5...7.

Таким образом, предложенный подход обеспечивает статистически обоснованный подход при оценках запасов органического углерода автоморфных почв в лесном фонде

зоны хвойно-широколиственных лесов европейской части России при отсутствии данных детальной или крупномасштабной почвенной съёмки.

Литература

1. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества // Государственный стандарт Союза СССР. – 1992. – 9 с.
2. Казеев, К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков // Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет" в г. Таганроге – Рост. ун-та. – 2003. – С. 204.
3. Карминов, В.Н. Цифровое картографирование лесных почв / В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, П.В. Онтиков, А.А. Бараненкова, Н.М. Минаков // в сборнике: Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В.С. Аношко. – Минск: БГУ, 2018. – С. 162–167.
4. Лесной фонд России (по учету на 1 января 1998 года). Справочник // ВНИИЦ лесресурс. – 1999. – 649 с.
5. Онтиков, П.В. Динамика площадей древесных насаждений Московского региона за 2000–2013 годы / П.В. Онтиков, Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, М. Дюрауер, О.В. Мартыненко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2016. – Т. 20. – № 1. С. – 184–188.
6. Мартыненко, О.В. Зависимость продуктивности сосновых насаждений от почвенно-грунтовых условий в Московском учебно-опытном лесничестве / О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, Д.Г. Щепашенко, П.В. Онтиков // Лесоведение. – 2017. – № 6. – С. 411–417.
7. Родин, Л.Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности Земного шара / Н.И. Базилевич // Наука. – 1965. – 264 с.
8. Честных, О.В. / Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Д.Г. Замолотчиков, А.И. Уткин // Лесоведение. – 2004. – № 4. – С. 30–42.
9. Щепашенко Д.Г. Запасы органического углерода в почвах России / Л.В. Мухортова, А.З. Швиденко, Э.Ф. Ведрова // Почвоведение. – 2013. – №2. – С. 123.
10. Щепашенко, Д.Г. Биологическая продуктивность и бюджет углерода листовничных лесов северо-востока России / Д.Г. Щепашенко, А.З. Швиденко, В.С. Шалаев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2008. – С. 47.
11. Щепашенко, Д.Г. Опыт совместного анализа материалов полевой почвенной съёмки и данных лесоустройства на примере Щелковского УОЛХ / Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, М.В. Щепашенко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2007. – № 7. – С. 47–49.

УДК 631.43

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ВОДООХРАННЫХ ПОЛОС
УЧИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ХАРАКТЕРИСТИКА ИХ ПОЧВЕННЫХ
СВОЙСТВ

И.А. Савельев

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи

PECULIARITIES OF FORMATION OF FOREST WATER PROTECTION STRIPS
UCHINSKAYA RESERVOIR AND CHARACTERIZATION OF SOIL PROPERTIES

I.A. Savelev

Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University

Цель работы: Изучение особенностей формирования лесных водоохраных полос Учинского водохранилища и определение их основных почвенных свойств.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Изучение истории создания и выделение в натуре лесных культур, созданных в 1939 г;
2. Изучение современного состояния лесных полос;
3. Изучение морфологических, физических, химических свойств почв под лесными культурами Учинского водохранилища.

Учинское или Акуловское водохранилище расположено в Московской области в восточной части канала имени Москвы и является отстойным резервуаром (очистки от органических и минеральных взвесей) для воды, поступающей из реки Волга в г. Москва. С целью закрепления береговой полосы водохранилища от размывов, предотвращения заиления его стекающими с берегов водами, а также для придания декоративности было произведено облесение всей прибрежной зоны водохранилища лесными культурами. Лесные водоохраные полосы были созданы в 1939-1940 гг. под руководством профессора Н.Н. Степанова. На основании предварительных исследований по изучению химического состава опада различных древесных и кустарниковых пород и динамики его минерализации [3] проф. Н.Н. Степанов разработал 19 новых типов лесных культур [2]. В состав культур входили хвойные, лиственные древесные породы и кустарники, которые, по его мнению, должны были способствовать улучшению почвенных свойств, а также способствовать образованию лесной подстилки, переводящей поверхностный сток воды во внутрпочвенный. Культуры подбирались со строгим учётом рельефа, почвенно-грунтовых и лесорастительных условий. Лесные культуры создавались на агрогенных почвах.

Для исследования были взяты две пробные площади (ПП1 и ПП2) заложенные в одинаковых схемах посадки лесных культур. А также две контрольные пробные площади в естественном лесу (ельник-разнотравный), преобладающем на данной территории и на залежных землях (Рис.1).

Схема посадки на обеих пробных площадях – это елово-берёзо-липовые культуры с кустарниками (Б-Ак-Е-Буз-Лп-Буз-Е-Ак-Б). Древесные и кустарниковые породы смешивались чистыми рядами. Размещение растений 1,25x0,8, а в некоторых случаях 1,0м x1,0м (Рис.2).

В настоящее время на исследуемых пробных площадях при одинаковых схемах посадки культур сформировались разные 80-и летние 2-х ярусные насаждения с хорошо определяемыми рядами посадок.

ПП1 - это 2-х ярусное насаждение с преобладанием берёзы и липы в первом ярусе и сильно угнетённой елью во втором. Состав 1-го яруса: 6Б3Лп1Е, состав 2-го яруса 6Е2Кл1Лп1Б. В подросте встречается единично ель, клён, вяз, липа. Кустарники, посаженные между древесными породами, практически отсутствуют. В редком подлеске: дерён, черёмуха, лещина. Напочвенный покров развит слабо и представляет собой отдельно растущие растения: щитовник мужской, кочедыжник женский, подмаренник душистый, вороний глаз, живучка ползучая, василистник душистый. Липа и береза в данном

насаждении растет по первому классу бонитета, а ель во втором ярусе по третьему бонитету. Лесная подстилка практически отсутствует. Листовой опад полностью разлагается за год.

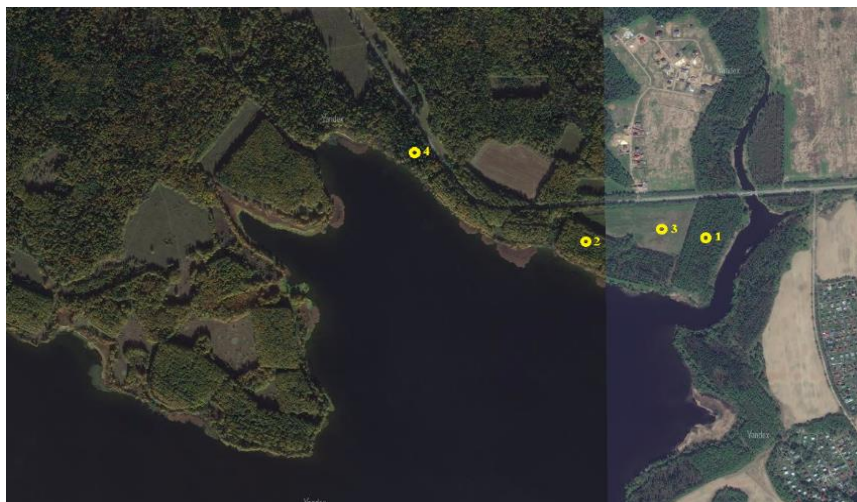


Рисунок 1. Расположение пробных площадей: 1 - ПП1; 2 – ПП2; 3 – Залежь, 4 – Ельник-разнотравный.



Рисунок 2. Схема посадки лесных культур [1].

ПП2 - также 2-х ярусное насаждение с существенным преобладанием ели в обоих ярусах. Состав 1-го яруса 6Лп2Е2Б, состав 2-го яруса 6Е3Лп1Б. На данной пробной площади в первом ярусе также преобладает липа, но присутствуют две единицы ели европейской. Во втором ярусе преобладает ель. На данной пробной площади наблюдается большое количество выпавших еловых деревьев из первого яруса, что объясняется засухой 2010 года и последующим поражением деревьев короедом–типографом. Кустарники, посаженные между древесными породами, сохранились лишь единично. Подрост состоит из ели, липы и клёна. В подлеске: дёрн, черёмуха, лещина, крушина, жимолость, малина. Напочвенный покров развит хорошо. В его составе зелёные мхи, щитовник мужской, кочедыжник женский, копытень европейский, подмаренник душистый, вороний глаз, кислица, живучка ползучая, василистник, чистотел и недотрога. Лесная подстилка имеет небольшую мощность 1см.

Залежь, возраста примерно 5-7 лет, расположена недалеко от водохранилища, рядом с ПП1 и ПП2, постепенно зарастает лиственными породами: берёзой, ивой, вязом, также наблюдается единичный еловый и сосновый подрост в возрасте 1-2 лет. В напочвенном покрове залежи преобладают злаки и сорная растительность. Слаборазвитая дернина имеет мощность не более 1 см.

Лес – контроль (ельник разнотравный) возраст около 100 лет Состав: 7Е2С1Б. В подросте присутствует - ель. Подлесок состоит из рябины, лещины, черёмухи, бузины красной, жимолости, крушины, дёрена и малины. В напочвенном покрове преобладают

зелёные мхи, кислица, копытень европейский, щитовник мужской, кочедыжник женский, костяника, недотрога, чистотел.

Все исследуемые объекты находятся в одинаковых геоморфологических условиях, граничат друг с другом, а изучаемые почвы под ними дерново-подзолистые на суглинистой морене, подстилаемые флювиогляциальными отложениями и (кроме естественного леса) имеют общую агрогенную историю.

На каждой пробной площади и контроле было сделано лесоводственное описание объектов исследований, заложены почвенные разрезы и необходимое количество прикопок с подробным морфологическим описанием почв и взятием почвенных образцов для анализов. Для изучения физических свойств был проанализирован агрегатный анализ почв (методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову), а также в выделенных фракциях определяли водопрочность почвенных агрегатов (по методу П.И. Андрианова в модификации Н.А. Качинского), были взяты на плотность почвы – методом буриков Качинского. Из химических свойств определяли: рН (водной и солевой суспензии) потенциметрически; гидролитическую кислотность (по Каппену); сумму обменных оснований (по Каппену-Гильковицу); подвижный фосфор (по Кирсанову), подвижный калий (по Кирсанову) на пламенном фотометре; углерод органических соединений (по И.В. Тюрину).

В результате исследований было выявлено, что через 80 лет в лесополосах с одинаковыми схемами посадки на пробных площадях (ПП1 и ПП2) сформировались два разных насаждения с различными почвенными свойствами, что показывает морфологическое описание и анализ физико-химических свойств почв. Так на ПП1 в составе преобладают лиственные породы (липа и береза), а ель находится в угнетенном состоянии во втором ярусе. Состав опада преобладающих лиственных пород оказывает влияние на почвенные свойства на данной пробной площади. На ПП2 ель европейская (с учетом выпавших деревьев) вышла в первый ярус и долгое время преобладала в насаждении, тем самым также оказала влияние и на морфологические и физико-химические почвенные свойства. На ПП1 отмечается полное отсутствие лесной подстилки на поверхности почвы, высокое и повышенное содержание подвижных форм калия и фосфора, невысокая обменная и гидролитическая кислотность и повышенное содержание гумуса. На ПП2 реакция среды-слабокислая, более низкое чем на ПП1 содержание подвижных соединений калия и фосфора и среднее содержание гумуса.

Выводы:

1) Под влиянием лесной среды бывший пахотный горизонт претерпевает изменения морфологических, физических и химических свойств, при этом начинает дифференцироваться на гумусовый и элювиальный горизонты;

2) Агрегатный анализ показал, что для всех почв под лесными культурами, как с преобладанием ели обыкновенной, так и с преобладанием лиственных пород характерно более равномерное распределение фракций агрегатов по размерам, без преобладания крупных и мелких фракций;

3) Анализ почв на плотность показал, что под влиянием лесной растительности (лесных культур) постагрогенные почвы имеют тенденцию к разуплотнению верхних почвенных горизонтов;

4) Существенное влияние на изменения свойств постагрогенных почв оказывает породный состав насаждений;

5) Старопахотные почвы под лесными культурами через 80 лет, еще не проявляют характерных для зональных почв свойств, но имеют тенденцию к их восстановлению.

Литература

1. Родин А.Р. Исследование лесных культур по берегам Учинского водохранилища// МЛТИ, 1957. –С.6-47.

2. Степанов Н.Н. Типы лесных культур // В защиту леса.- 1937.-№2.-С.7-17; №4.- С.9-20.
3. Степанов Н.Н. Процесс минерализации опадающей листвы и хвои деревьев и кустарников// Почвоведение.-1939.- №9.-С.15-34.

УДК 574.42:631.412

ТРАНСФОРМАЦИЯ БАЗОВЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ БАЙРАЧНЫХ ЛЕСОВ ПРИ СМЕНЕ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

Г.И. Смицкая, Н.П. Неведров, Е.П. Проценко

ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», г. Курск

THE TRANSFORMATION OF BASIC PROPERTIES OF SOILS OF BAYRACHNY WOODS AT CHANGE OF FOREST-FORMING BREEDS

G.I. Smitskaya, N.P. Nevedrov, E.P. Protsenko

Kursk state University, Kursk

Роль лесных экосистем в пространственно-временных процессах изменения объектов окружающей среды исключительно многогранна [1]. Байрачные леса широко распространены в Курской области и ЦЧР. Они представлены небольшими кластерными лесными биогеоценозами площадью не более 100 га [2]. Основной лесообразующей породой байрачных лесов Курской области является дуб черешчатый (*Quercus robur*). Байрачные дубравы Курской области наделены множеством экосистемных сервисов, прежде всего они снижают темпы водной эрозии и дефляции почвы, регулируют потоки парниковых газов, депонируя значительное количество углерода в древесине и почве. Проблема усиления углерододепонирующей функции байрачных дубрав может быть решена путем внедрения в практику лесного хозяйства научно обоснованных мероприятий по повышению продуктивности лесов [3].

В настоящее время в Курской области применяют искусственное восстановление байрачных дубрав и содействие их естественному возобновлению. Искусственное восстановление проводится, в зависимости от крутизны склона, в следующих вариантах: посадкой по бороздам; посадкой по полосам; посадкой в площадки; посевом в площадки. Наиболее распространен способ искусственного восстановления посадкой двухлетних сеянцев дуба и сопутствующих пород по бороздам, поскольку большая часть лесокультурного фонда представлена свежими вырубками на склонах крутизной 8 - 150 [4].

На территориях байрачных лесов Курской области отмечаются участки, на которых после рубок дуба черешчатого происходило естественное формирование осинников. Подобные участки встречаются достаточно часто и могут служить индикаторами пространственно-временной динамики свойств почв в условиях чередования пород при долгосрочных лесовосстановительных мероприятиях.

Цель работы состояла в диагностике трансформационных особенностей почвенного покрова байрачных лесов с различным породным составом.

Исследовался почвенный покров двух участков байрачных дубрав, расположенных на территории Щигровского участкового лесничества, Щигровского района Курской области, в урочище Озерки квартал 64 выдела 12 и 13. Оба участка представлены склонами северо-западной экспозиции с крутизной 9-10°. В 2016 году в данных выделах производилась рубка ухода в виде чересполосной рубки спелых и перестойных насаждений и посадка дуба черешчатого. На участке 12-го выдела до рубки функционировала порослевая дубрава. Средний возраст древостоя 110 лет. Исходный состав до рубки 8 Дбн1Ос1Б, полнота 0,6, запас на 1 га 200 м³, тип леса Дбсв, тип лесорастительных условий Е2. Участок 13-го выдела до рубки был представлен естественным сукцессионным осинником со средним возрастом древостоя около 70 лет. Состав до рубки 7Ос2Б1Б, полнота 0,7, запас на 1 га 260 м³, тип леса – дубрава свежая, тип лесорастительных условий

Е2. В период 110-летнего функционирования лесных сообществ на обоих участках проводились рубки ухода.

Для исследования трансформационных изменений почвенного покрова в условиях разных типов лесных экосистем использовался профильный метод. На каждом исследуемом участке в трансаккумулятивных геоморфологических элементах склонов закладывались почвенные разрезы.

Пробы отбирались из каждого генетического горизонта. Для горизонтов, имеющих мощность более 45 см, отбиралось две пробы по слоям. Физико-химические свойства почв определялись по стандартным общепринятым методикам. Количественный анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов (вытяжка ААБ рН=4,8) проводился с применением атомно-абсорбционной спектрометрии. Статистическая обработка эмпирических данных проводилась с использованием средств пакета Microsoft Office Excel.

В ходе полевого описания морфологии почвенных разрезов отметили, что почвенный профиль разреза 2-17 значительно мощнее профиля разреза 1-17, что, может быть обусловлено исходным различием литологии выбранных участков. В почвах гумусово-аккумулятивного горизонта вырубленного осинника содержание гумуса заметно больше (на 0,5%), чем в почвах участка вырубленной дубравы (табл. 1). Это может объясняться меньшей кислотностью гумусово-аккумулятивного горизонта почв под вырубленным осинником (разрез 1-17), что создает более благоприятные условия для гумусонакопления. К тому же меньшее содержание гумуса в А₁ горизонте разреза 2-17, по всей вероятности обусловлено качественным составом гумуса. То есть, большим содержанием мобильных фракций, которые мигрируют вниз по профилю, что подтверждает значительная мощность профиля разреза 2-17. Характер распределения гумуса по профилям обоих разрезов – постепенно убывающий.

Содержание органического вещества в горизонтах ВС практически одинаково - 0,5±0,2%.

Таблица 1. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного под различными типами леса

Горизонт	Гумус, %	P ₂ O ₅ ,	K ₂ O,	рН	N _{ш.г.} , мг/кг	S, ммоль/100 г	H _г , моль/100 г
		мг/кг	мг/кг				
По Чирикову							
Чернозем выщелоченный под вырубленным осинником (разрез 1-17)							
A ₁	6,3±0,2	119±9,5	205±11,4	4,9±0,1	172±8,8	30,4±1,7	6,2±0,8
A ₁ B	3,6±0,2	48±4,3	65±4,8	4,6±0,1	106±6,3	24±1,1	6,4±0,5
Bt	1,7±0,1	78±4,8	75±3,5	4,6±0,2	42±5,2	20±1,2	4,7±0,7
Btg	0,8±0,1	68±3,1	85±5,4	4,5±0,1	34±3,1	20,4±1,1	3,1±0,1
BC	0,58±0,2	90±4,7	79±3,2	4,5±0,3	32±4,8	23,2±1,4	2,7±0,4
Чернозем выщелоченный под вырубленной дубравой (разрез 2-17)							
A ₁ (1)	5,8±0,1	41±3,2	296±11,4	4,6±0,1	165±7,5	27,6±1,4	8,1±0,6
A ₁ (2)	3,5±0,3	74±4,6	76±4,6	4,5±0,2	77±4,2	20,4±1,0	7,4±0,8
A ₁ B(1)	2,9±0,2	126±6,8	94±5,3	4,6±0,1	67±3,3	19,2±0,9	6,4±0,6
A ₁ B(2)	1,4±0,1	52±5,5	82±4,1	4,2±0,2	32±2,0	12,8±1,3	5,8±0,3
Bt	0,5±0,2	17±1,7	55±2,6	4,3±0,3	28±1,5	10,6±0,9	2,2±0,5

Характер распределения подвижного фосфора в профилях резко отличается. Для почв участка под вырубленным осинником характерно гумусово-аккумулятивное распределение, в почвах под вырубленной дубравой – эллювиально-иллювиальное. Гумусово-аккумулятивный горизонт чернозема выщелоченного в 13 выделе имеет повышенную обеспеченность подвижным фосфором (119 мг/кг), в 12 выделе – низкую (41 мг/кг) (табл. 1). Исследуемые почвы имеют очень высокую обеспеченность подвижным

калийем. Его содержание в слое 0-30 см гумусово-аккумулятивного горизонта разреза 2-17 на 30,8% выше, чем в горизонте А₁ разреза 1-17. Данное явление связано с особенностями корневой системы дуба черешчатого, которая позволяет усваивать растворенные в воде элементы минерального питания из более глубоких слоев материнских пород.

По обеспеченности азотом почвы двух изученных участков относятся к группе очень высоко обеспеченных. Количество щелочногидролизующего азота резко снижается вниз по профилю. Такой характер распределения азота по почвенному профилю отмечен на двух исследованных объектах. Реакция почвенного раствора на обоих участках имеет среднекислые значения в поверхностных горизонтах и сильнокислые - в нижних. Высокий уровень обеспеченности макроэлементами и повышенная кислотность в гумусово-аккумулятивных горизонтах обусловлены так же расположением сельскохозяйственных угодий в автономных элементах рельефа, которые непосредственно прилегают к изучаемым объектам и воздействуют на них в ходе поверхностного и внутрипочвенного стока. Применяемые на сопредельных пахотных угодьях минеральные удобрения в ходе эрозионных процессов достигают подчиненных элементов рельефа и частично депонируются в них.

Сумма поглощенных оснований в черноземе вырубленного осинника практически во всех горизонтах заметно выше, чем черноземе вырубленного дубняка. В нижних (Bt, BC) горизонтах разреза 1-17 этот показатель на 37,3 - 44,3% выше, чем в черноземе выщелоченном разреза 2-17, что указывает на более высокую интенсивность процесса выщелачивания оснований в осинниках (табл. 1). На участке вырубленной дубравы выщелачивание оснований менее интенсивно, ввиду более высокого запаса органического вещества и сверхмощного профиля (табл. 2). Показатель гидролитической кислотности выше в почвах вырубленной дубравы (табл. 1).

Таблица 2. Емкость поглощения, степень насыщенности основаниями и запасы гумуса в генетических горизонтах черноземов выщелоченных на вырубленных участках байрачных лесов

Чернозем выщелоченный под вырубленным осинником (разрез 1-17)		Чернозем выщелоченный под вырубленной дубравой (разрез 2-17)	
Горизонт (границы)	Запас гумуса т/га	Горизонт (границы)	Запас гумуса т/га
А ₁ (0-22)	152,46	А ₁ (1) (0-30)	191,4
А ₁ В (22-43)	90,72	А ₁ (2) (30-60)	126
Вt (43-68)	55,25	А ₁ В(1) (60-80)	69,6
Вtg (68-106)	45,6	А ₁ В(2) (80-105)	45,5
BC (106-135)	28,594	Вt (105-140)	26,25

По запасам гумуса в метровой почвенной толще почвы вырубленной дубравы явно преобладают. Здесь этот показатель достигает значения 432,5 т/га, когда в почвах вырубленного осинника – лишь 344,1 т/га. Подобная разница может достигаться за счет формирования дубовыми лесами большей массы поступающего на поверхность почвы органического вещества (опада).

В целом почвы изучаемых участков имеют явные отличительные особенности, которые вызваны трансформирующим воздействием различных типов леса.

Гумусово-аккумулятивный горизонт вырубленного осинника содержит заметно больше гумуса (на 0,5%), чем в почвах участка вырубленной дубравы. Дубравы, по сравнению с осинниками, позволяют формировать почвы с более мощным профилем, который лучше обеспечен микроэлементами, богаче по запасам гумуса (на 20,4% больше, чем в осиннике) и имеет меньшую интенсивность выщелачивания оснований.

Литература

1. Казьмина Е.С., Агафонов В.А. Об охраняемых и некоторых редких видах растений байрачных дубрав Воронежской области // Лесотехнический журнал. 2014. N 1. С. 10-21
2. Лесной план Курской области. Утвержден постановлением Губернатора Курской области от 18 февраля 2014 г. N 70-пг. - 210 с.
3. Терехов В.И. Влияние экспозиции склона на углеродный и кислородный баланс в байрачных дубравах Курской области [Текст] / В.И. Терехов, В.И. Таранков // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2011. N 1. С. 100-106.
4. Терехов В. И. Эколого-лесоводственные основы повышения углерододепонирующей функции байрачных дубрав Курской области: автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук. - Воронеж, 2012. - 19 с.

УДК 631.4

МИКРОБИОМ ЛЕСНЫХ ПОСЛЕПОЖАРНЫХ ПОЧВ ТОЛЬЯТТИНСКОГО СОСНОВОГО БОРА

Е.Ю. Чебыкина, Е.В. Абакумов, Г.В. Гладков, А.К. Кимеклис, Е.В. Першина,
Е.Е. Андронов, А.А. Кичко, Е.А. Иванова

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

MICROBIOM OF POST-FIRE SOILS IN TOGLIATTI PINE FOREST

E. Chebykina, E. Abakumov, G. Gladkov, A. Kimeklis, E. Pershina,

E. Andronov, A. Kichko, E. Ivanova

Saint-Petersburg State University

Лесные пожары оказывают сильнейшее комплексное воздействие на экосистему. Пожар оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на почву. После пожара резко изменяется химический состав почвы — уменьшается количество доступного азота и углерода вследствие его прямого выгорания. В почве после пиролиза образуется слой золы, что в свою очередь влияет на pH (почва закисляется) и степень доступности азота. Гибель растительного покрова в свою очередь не может не оказывать влияние на ризосферную микробиоту. По некоторым данным, пожар значительно снижает биоразнообразие почвенного микробиома, при этом сдвиг разнообразия наблюдается в первую очередь в верхнем слое почвы, напрямую подверженный нагреванию.

Почвенный микробиом играет заметную роль в восстановлении послепожарной экосистемы. Особенно выделяется роль фила *Actinobacteria* — показана роль некоторых ее представителей из родов *Arthrobacter* и *Streptomyces* в восстановлении баланса азота в постпирогенных почвах. Кроме участия в цикле азота, многие представители *Actinobacteria* являются активной частью ризосферы и могут стимулировать рост растений. Изучены почвы постпирогенных сукцессий, развивающихся после катастрофических пожаров 2010 г в островном сосновом бору г. Тольятти. Было показано, что лесные пожары вызывают сильный сдвиг физико-химических характеристик в верхнем слое почвы, происходят изменения в микроморфологической структуре верхних почвенных горизонтов и накопления продуктов горения в пирогенных горизонтах. При этом параметры, характеризующие восстановление микробиоты (базальное дыхание, длина мицелия грибов и актиномицетов), уже спустя два года после лесного пожара приходят к показателям, близким к контролю. Наше исследование сосредоточено на анализе лесных пожаров под Тольятти с помощью филотипирования по 16S рPHK при помощи технологий NGS Illumina. Обработку просеквенированных последовательностей гена 16S рPHK производили с использованием пакетов в программной среде R и QIIME2. Для первоначальной обработки сырых последовательностей был использован пакет *dada2*, позволяющий получить более воспроизводимые и точные результаты из-за использования алгоритмов деноезинга, а не

кластеризации филоотипов, в отличие от более классических подходов. Определение таксономической принадлежности филоотипов было проведено при помощи классификатора RPP по базе Silva 132. Филогенетическое дерево было построено в программной среде QIIME2 в пакете SEPP.

В 36-ти пробах из 587362 последовательностей было получено 8096 филоотипов. Из них было идентифицировано до семейства 79.4%, а до рода 47.1% от общего числа филоотипов. Из исследованных филоотипов ~15% встречаются в 2х и более пробах. Стоит отметить, что именно этими филоотипами представлена большая часть амплификационной библиотеки (77% от общего числа просеквенированных нуклетидных последовательностей). Количество общих филоотипов для контрольной площадки и низового пожара значительно меньше, чем для контроля и верхового пожара. При этом в микробиоме нижнего горизонта коровая часть больше как по количеству, так и по представленности общих филоотипов. Из представленных результатов заметно, что при воздействии стрессовых условий на микробиом существенно уменьшается как относительная – с 40.1% для контроля до 13.9% для низового пожара – так и абсолютное количество филоотипов (116 OTU — 33 OTU) коровых микроорганизмов.

При анализе альфа-разнообразия различными методами оценки видового богатства (общее количество филоотипов, индекс Фейта — филогенетическое разнообразие) и равномерности (обратный индекс Симсона, индекс Шеннона, индекс Фейта) было показано снижение разнообразия в горизонте АС низового пожара (за исключением филогенетического разнообразия). Кроме того, стоит отметить увеличение разнообразия в верхних горизонтах почвы после верхового пожара.

Также для горизонта АС при низовом пожаре было показано уменьшение минорного компонента (доля филоотипов с относительной долей менее 0.01% уменьшилась с 49% до 35%). В том числе для среднего горизонта АС характерно резкое изменение частот представленности минорных филоотипов при сравнении их распределения в контрольной точке и образцах низового пожара. Ввиду того, что в сообществах наблюдалась существенная флуктуация частот миноров, был проведен анализ этого компонента в отдельности. Для получения дополнительной информации об изменении минорного компонента была выделена подгруппа минорных филоотипов CRT (филоотипы, доля которых не превышает 1% и коэффициент биномиальности распределения по образцам больше 0.9) для каждого из горизонтов почвы. Для горизонта С было получено 429, для АС – 523, для АУ – 1144 CRT. При анализе тестом Мантеля построенных дистанций Брея-Кёртиса, полученных для CRT и неCRT филоотипов, была получена сильная корреляция для всех исследуемых горизонтов (АУ – $R^2 = 0.7$, p-value – 0.001, АС – $R^2 = 0.8$, p-value – 0.001, С – АС – $R^2 = 0.82$, p-value – 0.001).

Для доминирующих систематических групп также был проведен тест Мантеля для наиболее сильно влияющих на микробиом геохимических показателей. Наиболее значительные отличия между исследуемыми группами были показаны по корреляции микробного сообщества и рН, а также по корреляции к уровню нитрита в почве. В отличие от мажорных бактериальных фил, бета-разнообразие архей не коррелирует с уровнем нитратов в почве и показывает сильную достоверную корреляцию только с уровнем субстрат-индуцированного дыхания в почве.

Преобладающими филами в исследуемых образцах для верхнего горизонта АУ были филы *Proteobacteria* (40%), *Acidobacteria* (13.7%), *Actinobacteria* (13.6%) и *Bacteroidetes* (11.9%). Для горизонта АС – *Proteobacteria* (36.5%), *Acidobacteria* (18.8%), *Actinobacteria* (12.3%) и *Bacteroidetes* (11.3%). В горизонте АУ при верховом пожаре достоверно уменьшаются представители *Acidobacteria* (padj – 0.004), *Alphaproteobacteria* (padj – 0.026), *Thaumarchaeota* (padj – $8.4 \cdot 10^{-8}$), *Bacteroidetes* (padj – 0.044), резко выросла доля *Actinobacteria* (padj – 0.0028) с 7.2% до 22.2%, увеличилась доля филы *Gemmatimonadetes* (padj – $3.6 \cdot 10^{-4}$). В горизонте АС уменьшилась доля *Bacteroidetes* (padj – 0.025), *Thaumarchaeota* (padj – $7.6 \cdot 10^{-11}$), выросла доля *Acidobacteria* (padj – 0.005) и

Planctomycetes (padj – $2.2 \cdot 10^{-4}$), *Deltaproteobacteria* (padj – 0.003), *Gemmatimonadetes* (padj – $3.4 \cdot 10^{-9}$).

Для низового пожара в горизонте АУ снизилась доля представителей филы *Alphaproteobacteria* (padj – 0.006), *Thaumarchaeota* (padj – 0.07), *Bacteroidetes* (padj – 0.02), выросла доля *Cyanobacteria* (padj – 0.006), *Gemmatimonadetes* (padj – 0.04). В среднем горизонте АС при низовом пожаре уменьшилась доля *Thaumarchaeota* (padj – 0.014), *Patescibacteria*, *Firmicutes*, *Chloroflexi*, выросла доля *Alphaproteobacteria* (padj – 0.047), *Deltaproteobacteria* (padj – 0.001), *Actinobacteria* (padj – $2.1 \cdot 10^{-8}$), *Planctomycetes* (padj – 0.018), *Nitrospirae* (padj – 0.003).

Было показано, что в среднем горизонте АС в точке низового пожара, по сравнению с точкой контроля, достоверно увеличилась численность 152 филоотипов, преимущественно относящихся к филам *Proteobacteria* (31.6%), *Acidobacteria* (17.7%), *Actinobacteria* (16.8%), *Bacteroides* (15.8%). Уменьшилось 267 филоотипов из фил *Proteobacteria* (30.1%), *Acidobacteria* (21.8%), *Actinobacteria* (10.9%), *Bacteroidetes* (10.9%). В верхнем горизонте достоверно увеличилось 337 филоотипов из фил *Proteobacteria* (29.5%), *Acidobacteria* (16.5%), *Actinobacteria* (14%), *Bacteroidetes* (11.2%). Уменьшилось 156 филоотипов из фил *Proteobacteria* (32.3%), *Acidobacteria* (23.2%), *Bacteroidetes* (14.8%) и *Actinobacteria* (7%).

При верховом пожаре наблюдалось изменение меньшего числа филоотипов, чем при низовом пожаре. В среднем горизонте увеличилось 77 филоотипов, уменьшилось 100. В верхнем горизонте АУ после верхового пожара, увеличилось достоверно 77 филоотипов; уменьшилось 100 филоотипов. При этом наблюдалась сильная асимметрия в распределении по представителям актинобактерий – количество актинобактерий, увеличивающих свое количество в верхнем горизонте после верхового пожара, более чем в два раза превышало число уменьшающихся актинобактерий. Из данных приведенных выше можно наблюдать, что при низовом пожаре наблюдается такая же тенденция для верхнего горизонта почвы.

Несмотря на кажущуюся схожесть изменения бактериального сообщества при верховом пожаре и низовом пожаре, при анализе отдельных филоотипов выявляются существенные отличия. По результатам сравнения контроля и участка после пожара при помощи алгоритма *random forest* по результатам работы пакета *Deseq2* были выявлены наиболее значимо изменяющиеся семейства.

Таким образом, при анализе общей структуры микробного сообщества, его биоразнообразия и коровой структуры пирогенной почвы, были показаны следующие ее особенности. В почве после лесного пожара происходит уменьшение коровой составляющей за счет увеличения разнообразия минорного компонента микробиома, характерных для постпирогенных горизонтов. Особенно это резко проявляется в горизонте АС, наименее это заметно в горизонте С. Уменьшается как абсолютное количество коровых филоотипов, так и их относительная представленность. При анализе бета-разнообразия было показано сильное различие в результатах для взвешенных (взвешенный UNIFRAC, дистанция Брея-Кёртиса) и метода, не учитывающего представленность отдельных филоотипов (невзвешенный UNIFRAC), особенно сильно выраженное в среднем горизонте низового пожара. Возможно, это связано с уменьшением минорного компонента в этих образцах.

Наши данные показывают схожие с литературными данными тенденции в изменении таксономической структуры почвенного микробиома после лесного пожара. Показано увеличение доли таксонов, ассоциированных с деградацией веществ, образующихся после горения. Из нашей работы следует, что верховой пожар оказывает меньшее влияние на почвенный микробиом, чем низовой. Кроме того, была показана большая зависимость полученных данных от исследуемого почвенного горизонта. Особенно сильно изменилось сообщество при низовом пожаре в промежуточном слое АС по сравнению с верхним и нижними горизонтами, как в представленности отдельных групп микроорганизмов, так и в качественном изменении структуры почвенного микробиома.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-16-01030.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ПРИ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ ГРЕБНЕВСКОГО
ПИТОМНИКА МУОЛ

Е.С. Югай*, И.Р. Мутыгуллин**, А.С. Мартыненко**, Д.А. Малышев**,
В.С. Печёнкина**, А.А. Шумихина**, А.А. Морозов**

*РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

**МФ МГТУ имени Н.Э. Баумана, город Мытищи,

THE USE OF GIS IN MAPPING THE TERRITORY OF THE NURSERY

E.S. Yugai*, I.R. Mutygullin**, A.S. Martynenko**, D.A. Malyshev**, V.S. Pechenkina**,
A.A. Shumikhina**, A.A. Morozov**

*RSAU-MAA named after K. A. Timiryazev

**Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University

ГИС (географическая информационная система) позволяет картографировать объекты окружающего мира, а затем анализировать их по огромному количеству параметров, визуализировать их и на основе этих данных прогнозировать самые различные события и явления. Столь мощная технология позволяет решать при помощи ГИС огромное количество задач, как глобальных, так и частных.

Цель работы – изучить основные свойства почв полей Гребневского питомника Московского учебно-опытного лесничества и создать геоинформационную систему питомника для обеспечения информационной поддержки его деятельности.

Для достижения поставленной цели была намечена программа работ, включившая в себя почвенное обследование территории Гребневского питомника (морфологическое описание почв, напочвенного покрова, отбор образцов для последующего лабораторного анализа физических, физико-химических и химических свойств почвы), оценку засоренности полей питомника и создание ГИС питомника.

Обследование проводилось с применением современных ГИС технологий, таких как Quantum GIS, NextGIS mobile и SAS.Планета.

Сбор полевой информации проводился на основе стандартных методов 0. Во время работ на этапе почвенного обследования было заложено 29 почвенных разрезов на 29 полях питомника, отобрано 145 почвенных образцов 0, на каждом поле было заложено по 5 пробных площадок для описания напочвенного покрова и оценки засоренности полей 0, 0. Далее все полученные в ходе обследования данные были оцифрованы. Разрабатываемая ГИС включает в себя треки натурного обследования и местоположение точек опробования, важнейшие агрохимические показатели почв, поля питомника, растровые изображения (космоснимки, топографические карты), почвенную карту.

Гребневский питомник (заложен в 1945 г.) расположен на территории Свердловского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества. В питомнике выращивают сеянцы, саженцы хвойных пород и новогодние елки. Работы в питомнике ведутся механизированным способом.

Лесничество расположено в северо-восточной части Московской области, граничит на севере с Дмитровским и Сергиево-Посадским лесничествами, на востоке с Владимирской областью и Ногинским лесничеством, на западе с Дмитровским лесничеством, на юге и юго-востоке с Ногинским лесничеством, на юго-западе – с Балашихинским городским округом.

Наиболее распространенными видами почв на территории лесничества являются: дерново-среднеподзолистые – 46,2 %, дерново-сильноподзолистые – 20,1 % и дерново-слабоподзолистые – 15,5 % от общей площади. Вся территорию лесничества можно отнести к 3 группам почв: дерново-подзолистые – 81,8 %, болотно-подзолистые – 15,5 % и болотные почвы – 2,4 % от общей площади. Наиболее распространенными по гранулометрическому составу являются среднесуглинистые – 53,2 % от общей площади 0.

Для создания ГИС Гребневского питомника были использованы следующие программы: SAS.Планета, с помощью которой была получена геопривязанная топооснова, NextGIS mobile – для привязывания точек обследования к географической системе координат. Непосредственно сама работа по созданию и наполнению геоинформационной системы осуществлялась в программе Quantum GIS. Quantum GIS (QGIS) – это бесплатная кроссплатформенная система с открытым кодом. Она поддерживает широкий спектр векторных и растровых форматов, отличается удобным, русифицированным интерфейсом, наличием большого количества доступных методических материалов.

Для того чтобы начать работу по созданию различных тематических карт необходимо было получить топоснову к которой привязывались бы все точки обследования. Такую топооснову мы получили из программы SAS.Планета в виде космоснимка с заданной системой координат. К данному космоснимку был привязан и векторизован отсканированный план питомника.

Создание различных тематических карт питомника начиналось с того, что нам необходимо было перенести точки обследования из NextGIS в Quantum GIS, что не составило никаких проблем поскольку, программы являются родственными.

В качестве формата представления ГИС-данных был выбран формат shape-файлов. Это один из наиболее распространённых форматов представления геопривязанных векторных данных, имеющий самую широкую поддержку среди соответствующего программного обеспечения.

Для того чтобы у нас появилась возможность окрашивать и давать обозначения различным частям питомника в соответствии с полученными данными по его обследованию необходимо создать слой с типом геометрии “полигон”, в котором мы непосредственно работали дальше, а именно очерчивали границы обследуемой территории с помощью функции “добавить полигон”, делили эту территорию на необходимые для нас части с помощью функции “разбить объекты”, определяли этим частям соответствующие цвета и обозначения и выводили на них необходимую информацию.

Далее создавалась таблица атрибутов в которую можно вносить неограниченное количество информации, любые данные прекрасно экспортируются в таблицу атрибутов Quantum GIS из продукта Microsoft Excel, который мы использовали для оцифровки данных обследования.

Непосредственно построение почвенного плана осуществлялось методом интерполяции в зависимости от генезиса и морфологии почв, гранулометрического состава и рельефа местности 0. И для этого информация из таблицы атрибутов была выведена на экран рядом с каждой точкой обследования, чтобы можно было определить границы почвенных разностей и дать им соответствующие условные обозначения.

Построение различных картограмм осуществлялось на основании атрибутивной информации, занесенной в таблицу атрибутов по каждому полю.

Штатный функционал QGIS позволяет окрашивать объекты векторных слоёв в зависимости от параметров, содержащихся в атрибутивной базе данных. Эта возможность предоставляет пользователям широкий инструментарий при создании картограмм полей в зависимости от интересующих показателей. Можно использовать обычные или градиентные цветовые заливки, геометрические фигуры, элементы шрифтового оформления и др.

Основными преимуществами системы Quantum GIS при создании различных тематических карт являются:

- Полная русификация.
- Программа находится в свободном доступе.
- Обширность территории не имеет никакого значения. Различные тематические карты могут создаваться как для малых, так и для крупных территорий.
- Атрибутивная база данных может иметь достаточно большой размер и ограничивается пределами, которыми на неё накладывает использование формата dBase II.

- Возможность экспортирования большого количества данных из Excel в таблицу атрибутов Quantum GIS.
- Широкий функционал визуализации полученных данных.
- При необходимости ГИС может расширяться и дорабатываться под конкретные запросы производства и науки.

В результате проведенных исследований был собран, обобщён и систематизирован обширный опытный материал, послуживший основой для создания геоинформационной системы Гребневского лесного питомника.

Созданы различные тематические карты и картограммы питомника.

На основе разработанной ГИС может осуществляться мониторинг состояния почв питомника и выполняться автоматизация учёта и проведения всех хозяйственных мероприятий на территории питомника. Также она может использоваться в качестве информационной системы поддержки принятия решений. Данная разработка может служить геоинформационной основой для систем точного земледелия.

Использование программных средств из класса свободного программного обеспечения позволит минимизировать расходы на внедрение данной системы в производство.

Литература

1. Интернет журнал "Подмосковный краевед" – Электрон. Дан. – М., Интернет журнал "Подмосковный краевед" 2017. – Режим доступа: <http://trojza.blogspot.com>, свободный.
2. Карминов, В.Н. Почвоведение: учебно-методическое пособие к проведению летней учебной практики / В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, Д.Г. Щепашенко, О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 29 с.
3. Карминов, В.Н. Цифровое картографирование лесных почв / В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, П.В. Онтиков, А.А. Бараненкова, Н.М. Минаков // в сборнике: Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В.С. Аношко. – 2018. – С. 162–167.
4. Максимова, А.Н. Возможности ГИС-технологий для рационального использования лесных почв / А.Н. Максимова, О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, П.В. Онтиков, Н.М. Минаков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20. – № 1. – С. 112–117.
5. Мазиров, М.А. Учебное пособие по дисциплине "Сорные растения и меры борьбы с ними" (учебная полевая практика) / М.А. Мазиров, А.А. Корчагин; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 28 с.
6. Мартыненко, О.В. Почвенные факторы устойчивости ельников / О.В. Мартыненко, Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, А.А. Бараненкова, П.В. Онтиков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. № 6. С. 184–188.
7. Онтиков, П.В. Динамика площадей древесных насаждений Московского региона за 2000–2013 годы / П.В. Онтиков, Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, М. Дюрауер, О.В. Мартыненко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20. – № 1. – С. 184–188.
8. Шанцер, И.А. Растения средней полосы Европейской России. Полевой атлас. 2-е изд. М.: Т-во научных изданий КМК. 2007. – 470 с.: ил. 760.
9. Щепашенко, Д.Г. Опыт совместного анализа материалов полевой почвенной съёмки и данных лесоустройства на примере Щелковского УОЛХ / Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, М.В. Щепашенко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2007. – № 7. – С. 47–49.

Секция «Мелиорация и охрана почв»

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКА «УТРИШ»

В.В. Вилкова, В.В. Шабунина

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии имени
Д.И. Ивановского, г. Ростов-на-Дону

IMPACT OF THE PYRO-FACTOR ON THE ECOLOGICAL CONDITION OF SOILS OF THE UTRISH RESERVE

Vilkova V.V., Shabunina V.V.

Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology named after
D.I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, Russia

Территория государственного природного заповедника «Утриш» относится к самой западной части Севера Черноморской провинции Большого Кавказа, характеризующейся преобладанием предгорных, низкогорных ландшафтов лесного типа. Уникальные экосистемы Абраусского полуострова, единственно хорошо сохранившиеся в заповеднике «Утриш», представляют собой сухие восточно-средиземноморские субтропики. На территории заповедника ярко выражена оригинальная средиземноморская флора, которая представлена такими эндемиками, как можжевельники высокий и вонючий, фисташка туполистная, пицундская сосна и скумпия кожевенная. На большей части полуострова, включая заповедник «Утриш», распространены редкие для России коричневые почвы. Особенность почв обусловлена низкогорным рассеченным рельефом территории. В результате исследований 2012-2015 гг. на территории заповедника «Утриш» было выявлено наличие всех подтипов коричневых и дерново-карбонатных, луговато-коричневых и луговой глеевой почв. Их разнообразие увеличивается вследствие разнообразия климата, растительного покрова и почвообразующих пород, различной степени проявления эрозионных процессов, каменистости и щебенчатости. Большинство почв государственного природного заповедника «Утриш» относят к неполно развитым родам коричневых почв, по причине их формирования на плотных породах разного состава [1, 2].

Большинство почв юга России лишены целинных эталонов сравнения, что сильно затрудняет проведение исследований почвенного покрова и его мониторинга. По этой причине почвенный покров территории заповедника представляет собой объект охраны и вызывает большой интерес для организации биологической диагностики восточно-средиземноморских ландшафтов.

Цель работы заключается в исследовании эколого-биологических показателей почв, ранее подвергшихся пирогенному воздействию. Объектом исследования является участок в окрестностях Водопадной щели заповедника «Утриш», расположенный на постпирогенной территории можжевелевого редколесья.

Осенью 2019 г были проведены полевые исследования почвенного покрова государственного природного заповедника «Утриш», были взяты почвенные образцы нескольких территорий, подвергшихся пирогенному воздействию в результате пожара 2009 г.

В качестве контрольного участка была взята часть фоновой территории леса, не затронутая пожаром. По общепринятым в биологии и почвоведении методам в лабораториях кафедры экологии и природопользования Южного федерального университета были исследованы: ферментативная активность (каталаза, инвертаза, пероксидаза), содержание органического углерода, реакция почвенной среды и другие показатели [3].



Рисунок 1. Постпирогенный участок в заповеднике «Утриш», 2019 г.

Использование методов биологической диагностики качества и состояния почв широко практикуется в научных исследованиях [3]. На изучаемом участке было установлено ингибирующее действие пожара на активность почвенной инвертазы. Активность инвертазы в постпирогенных почвенных образцах оказалась практически в 2 раза ниже по сравнению с контрольным участком. Содержание гумуса в почвах постпирогенного участка, в целом, было ниже, чем на контрольном участке. Результаты проведенных исследований согласуются с литературными данными о существенном изменении экологического состояния почв при пирогенном воздействии и длительности их восстановления [6], в том числе на юге России [7,8].

Таким образом, пожары 2009 г оказало сильное негативное воздействие на природные экосистемы государственного природного заповедника «Утриш». В ходе работы было установлено существенное влияние пожаров на эколого-биологические свойства субтропических почв, значительно различающихся по сравнению с контрольными участками можжевельного редколесья.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного контракта № 68-2019 от 7 июня 2019 г.

Литература

1. Казеев К.Ш. Почвенный покров заповедника «Утриш» / Казеев, К.Ш., Черникова М.П., Колесников С.И., Быхалова О.Н. / Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, – 2015. – 104 с.
2. Казеев К.Ш., Черникова М.П., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Козунь Ю.С., Полуянова В.С., Быхалова О.Н. Биологическая диагностика экологического состояния почв мониторинговых площадок заповедника «Утриш». Естественные науки, 2016, №1. С61-64.

3. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – 356 с.

4. Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв // Поволжский экологический журнал. 2013. № 4. С. 385-393.

5. Ritz K., Black H.I.J., Campbell C.D., Harris J.A., Wood C. Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development // Ecological Indicators. 2009. V.9, PP. 1212–1221.

6. Kong Jian-jian, Yang Jian, Bai Edith. Long-term effects of wildfire on available soil nutrient composition and stoichiometry in a Chinese boreal forest/ Science of The Total Environment. 2019. Vol. 642. P. 1353-1361.

7. Kazeev K.Sh., Poltoratskaya T.A., Yakimova A.S., Odobashyan M.Yu., Shkhatpatsev A.K., Kolesnikov S.I. Post-fire changes in the biological properties Of the brown soils in the Utrish state nature reserve (Russia) // Nature Conservation Research. Заповедная наука 2019. 4(Suppl.1): 93–104.

8. Odobashyan M.Y., Trushkov A.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Impact of Wildfire on Biological Activity of Sandy Soil in The South of Russia // Indian Journal of Ecology (2019) 46(3): P. 648-653.

УДК 631.412:631.67

ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

С.Л. Добрянская

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

THE TRANSFORMATION PROPERTIES OF THE LEACHED CHERNOZEM IN CONDITIONS OF IRRIGATION

S. L. Dobryanskaya

Novosibirsk State Agrarian University

Проблема выявления влияния орошения чернозёмов на их состав и свойства - ключевая в ирригационном земледелии лесостепной и степной зон Сибири. Наиболее характерные и важные в агромелиоративном отношении региональные особенности сибирских чернозёмов – их глубокое и длительное сезонное промерзание и ограниченные тепловые ресурсы, обусловленные климатом Сибири [3]. Поэтому для обоснования эффективных путей и приемов регулирования и охраны свойств, режимов и плодородия сибирских чернозёмов при орошении важно, прежде всего, выявить и оценить характер воздействия на них оросительной мелиорации. Всё чаще обнаруживаемые в последнее время деградационные явления в орошаемых чернозёмах определяют приоритетность изучения закономерностей их трансформации. Деградационные процессы в орошаемых чернозёмах развиваются в большинстве случаев постепенно, не всегда чётко диагностируются, поэтому на ранних стадиях не обнаруживаются. К тому же морфологические, химические, физико-химические признаки, на основе которых строится диагностика орошаемых почв, консервативны, и отражают изменения свойств почв, накопившиеся при длительных и сильных негативных воздействиях, когда они становятся заметными, а некоторые даже необратимыми. Для своевременного предотвращения развития деградационных процессов необходимо выявлять опасные тенденции на ранних стадиях.

Целью наших исследований было выявить изменения основных свойств чернозёма выщелоченного в условиях орошения, что даст возможность целенаправленно управлять эффективным плодородием.

Нами изучались чернозёмы выщелоченные среднегумусные среднemosные среднесуглинистые иловато-крупнопылеватые учебно-опытного хозяйства «Практик» Новосибирского государственного аграрного университета, представленные целинным, пахотным с начала двадцатого столетия (зерно-пропашной севооборот) и орошаемым (овощной севооборот) аналогами. Учебно-опытное хозяйство расположено в лесостепной дренированной зоне Западно-Сибирской провинции Приобского района выщелоченных чернозёмов.

Для выполнения поставленной цели использовали сравнительно-аналитический подход. Определение содержания гумуса проводили по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова, обменных кальция и магния комплексометрическим, рН – потенциометрическим методом.

Одним из главных критериев оценки почвенного плодородия является содержание в почвах органического вещества, которое в последнее время рассматривается и с точки зрения экологической устойчивости почвы как компонента агроландшафта [1]. Длительное сельскохозяйственное использование чернозёмов в пашню привело к значительным изменениям их свойств, затрагивающих основу почвенного плодородия – органическое вещество. Анализ проведенных исследований показал заметное уменьшение содержания гумуса в пахотных вариантах в сравнении с целинным, что свидетельствует о деградиационном характере развития при сельскохозяйственном использовании почв. Размеры потерь варьируют в зависимости от характера антропогенной нагрузки. Наиболее значимые изменения гумусового состояния отмечены в овощном севообороте, где содержание гумуса по сравнению с естественным аналогом в пахотном слое уменьшилось на 43 %. Высокие темпы снижения органического вещества отмечены по всему гумусовому профилю. Существенное уменьшение запасов гумуса (на 42,5 %) можно объяснить более интенсивной минерализацией органического вещества при длительном регулярном орошении овощных культур нормой 1500 м³/га и развитием водной эрозии, в том числе и ирригационной. Периодическое внесение органических удобрений 40-50 т/га не позволило компенсировать такие расходы. Несколько меньше произошла убыль гумуса в полевом севообороте. Пахотный слой потерял около 15 % гумуса, так как растительные остатки возделываемых культур в севообороте и эпизодически вносимые органические удобрения являются источником образования гумусовых веществ, хотя их количество недостаточно даже для простого воспроизводства гумуса. В условиях естественного ценоза вся биомасса разнотравно-злаковой ассоциации долгие годы возвращается в почву с опадом, что придаёт ей относительно стабильное динамическое равновесие и большее содержание гумуса [2].

Между содержанием гумуса и суммой поглощенных катионов прослеживается прямая зависимость. Известно, что гумус в значительной мере определяет ёмкость поглощения почвы. При недостаточном поступлении органических остатков, имеющиеся в почве гумусовые кислоты превращаются в инертный углеродосодержащий материал с весьма слабой катионообменной способностью [1]. На основании полученных данных было установлено, что в чернозёме овощного севооборота значительно уменьшилась сумма кальция и магния в пахотном горизонте на 35 %, в зерно-пропашном на 14 %, что связано и с более интенсивным выносом кальция овощными культурами. Вместе с тем, содержание кальция и магния в почве полевого севооборота остаётся довольно высоким (до 35,6 мг-экв/100 г), что свидетельствует о достаточной устойчивости коллоидного комплекса чернозёма выщелоченного. В составе поглощенных катионов преобладает кальций. Значительное содержание гумуса и фракции ила (27-33 %) определяет высокую степень насыщенности его основаниями (до 96%). Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, то есть оптимальная для большинства сельскохозяйственных культур. При орошении реакция среды в чернозёмах сохраняется в пределах, свойственных типу почвообразования. Функционирование изучаемых чернозёмов не сопровождается продуцированием кислотных или щелочных соединений, способных сменить реакцию в ту или иную сторону. Некоторые изменения показателей рН_{Н20} отражают активизацию

бикарбонатов и их внутрпочвенной вертикальной и боковой миграции. Умеренное многолетнее орошение привело к некоторому подщелачиванию почвенного раствора.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о негативных последствиях интенсивного орошения чернозёма выщелоченного, приведших к значительному снижению содержания гумуса, уменьшению содержания обменных катионов кальция и магния, подщелачиванию почвенного раствора. Поэтому необходим поиск оптимальных соотношений между получением высоких урожаев сельскохозяйственных культур и сохранением плодородия чернозёмов.

Литература

1. Клёнов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 176 с.
2. Сиухина М.С., Быкова С.Л. Изменение свойств чернозема выщелоченного за 33 года сельскохозяйственного использования // Плодородие 3(96) 2017, С.20-22
3. Чернозёмы: свойства и особенности орошения / Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1988. – 256 с.

УДК 631.42:581.526.52

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РИСОВЫХ ПОЧВ ПРИСИВАШЬЯ

О.С. Запоточная, А.А. Титков

Академия биоресурсов и природопользования

ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

THE CURRENT CONDITION OF PRISIVASH RICE-GROWING SOILS

O.S. Zapotochnaya, A.A. Titkov

Academy of Bioresources and Environmental Management,

Academic Unit of V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Рисосеяние в Присивашье прекратилось в 2014 году из-за остановки подачи воды Украиной. Рис возделывался методом постоянного затопления ввиду того, что был размещен на засоленных и солонцеватых малопродуктивных земельных угодьях [4]. Общая площадь рисовых оросительных систем около 31 тыс. га при общей площади засоленных и солонцеватых почв 180 тыс. га. Рисовые оросительные системы размещены на отметках от 1,5 до 12 м. над уровнем моря вдоль побережий Черного и Азовского морей, или в зоне Крымского Присивашья [2].

Территория Присивашья покрыта толщей молодых рыхлых четвертичных отложений мощностью 25-40 м. По гранулометрическому составу четвертичные лессовидные глины и суглинки являются легкими и средними глинами (частицы $\leq 0,01$ мм -77-79 %) морского происхождения [1].

Для Присивашья каштановый тип почв является зональным поэтому встречающиеся темно-каштановые средне- и сильносолонцеватые почвы с содержанием гумуса до 3 %, сумма поглощенных оснований составляет 32-35 мг/экв на 100 г почвы, доля натрия 3-10 % и лугово-каштановые почвы, это полугидроморфные аналоги почв каштанового типа. До начала орошения они интенсивно использовались в сельскохозяйственном производстве. Под рисом таких почв оказалось около 12 %, на повышенных элементах рельефа 8-12 м. над уровнем моря и 10% в древней пойме Салгира [3].

Остальная площадь размещена на отметках от 8 до 1,5 м. над уровнем моря или на солонцах, солончаках и лугово-каштановых солонцеватых почвах с очень низкой естественной биопродуктивностью водораздельных степных пространствах, что является главной особенностью этих почв.

Рисосеяние не привело к заметным отрицательным явлениям в мелиоративном отношении, но в сильной степени зависело от погодных условий текущего года, что также

стало причиной колебаний в урожайности основной культуры риса, которая колеблется от 5,5 до 6,5 т/га.

Рисосеяние в течение 50 лет способствовало рассолению, рассолонцеванию таких типов почв как лугово-каштановые сильно и слабо солонцеватых солонцов луговых и естественно каштановых почв. В рисовых севооборотах с многолетними травами стало возможным возделывание всех сельскохозяйственных культур данного региона, это: соя, кукуруза на зерно и силос, озимую и яровую пшеницу, ячмень, рапс и др.

После прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу рисосеющие хозяйства различной степени собственности отказались от культур, требующих интенсивного орошения, это рис, многолетние травы, соя, кукуруза. Это привело не только к изменению структуры посевных площадей, но и к изменению технологии возделывания тех культур, которые стало возможно возделывать, это озимые и яровые ячмень, пшеница и однолетние культуры такие как горчица, горох и др.

Прекращение орошения привело к улучшению мелиоративного состояния оросительных систем, в частности, существенно снизился уровень грунтовых вод до 3-4 метров от поверхности, что привело к изменению водного режима почв, промывной режим сменился на атмосферно-увлажнительный.

Поэтому рисосеющие хозяйства стали возделывать культуры, которые могут использовать осеннее - зимнюю влагу, а технологические операции сместились в сторону мелких обработок и прямого сева с оставлением пожнивных остатков.

Литература

1. Кизяков Ю.Е., Титков А.А., Тронза Г.Е. и др. Почвенно-генетические и мелиоративные аспекты экологических проблем рисосеяния в Крыму // Вісник Харківського ДАУ імені В.В. Докучаєва. 2001. № 3. с. 127-133.
2. Лысогоров С.Д., Ушкаренко В.А. Орошаемое земледелие. М.: «Колос», 1981.- 382 с.
3. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: «Таврия», 1987.-152 с.
4. Титков А.А., Кольцов А.В. Эволюция рисовых ландшафтно-мелиоративных систем Украины. – Симферополь: СОНАТ, 2007.- 308 с.

УДК 624.131.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОТЛОВАННЫХ ГРУНТОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ

Е.А. Именная

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

USE OF CROWDED SOILS AT RECLIVING AGROLANDSCAPES

Е.А. Imennaya

RSAU – MAA named after K. A. Timiryazev

Вследствие проведения строительных земляных работ образуется большое количество котлованных грунтов (КГ), которые являются остаточным материалом. Проведенные исследования ряда авторов подтверждают, что котлованные грунты экономически целесообразно применять для формирования вторичного рельефа природно-антропогенных ландшафтов, в промышленности и строительстве в качестве компонентного материала, а также в сельском хозяйстве для получения почвогрунтов с удовлетворяющими агрохимическими, агрофизическими и санитарно-эпидемиологическими свойствами [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10].

Необходимо отметить, что котлованные грунты не обладают высокими показателями трофности, а физические свойства определяются свойствами слагаемых

горных пород и геологическим строением. Улучшение свойств котлованных грунтов, а также создание почвогрунтов с заданными свойствами грунтов методом составления «оптимальных смесей» заключается в том, что грунт определенного гранулометрического состава смешивается с органоминеральными компонентами, полученными на основе компостирования органического вещества и торфа [3, 8, 9].

Целью исследования является изучение агрохимических свойств котлованных почвогрунтов при рекультивации земель сельскохозяйственного назначения.

Объектом исследования является место, находящееся по адресу: Балаамская ул., Лиственничная аллея, Верхняя аллея, где с 1 августа 2019 г по 30 мая 2020 года ведется прокладка инженерных сетей и сооружений к строящимся (реконструируемым) объектам.

Котлованные грунты оцениваются по показателям плодородия, загрязнения тяжелыми металлами и включениями, утвержденным в Постановлении Правительства Москвы от 27 июля 2004 г. № 514-ПП «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве» [8].

Для комплексной оценки грунта, позволяющей судить о его пригодности, для приготовления почвогрунтов была предложена классификация, в основе которой лежат три группы показателей, расположенных по степени их влияния на пригодность котлованных грунтов для приготовления почвогрунтов:

- а) наличие загрязнений различной природы;
- б) морфология грунтов (наличие включений – строительного и бытового мусора и пр.);
- в) исходное («стартовое») плодородие грунтов [7].

По степени загрязненности котлованных грунтов применяется отдельная классификация. Для оценки котлованных грунтов в целях их применения для производства почвенных смесей применяется балльная система оценки каждого показателя. Балльная оценка установлена с учетом ориентировочных трудовых и финансовых затрат, необходимых для оптимизации тех или иных показателей. После балльной оценки каждого показателя рассчитывается средний балл, а по нему определяется класс грунта [3].

Из показателей агрохимического анализа котлованного грунта видно, что он имеет большую плотность сложения ($1,85 \text{ г/см}^3$), как следствие, переуплотненная почва оказывает большое сопротивление развитию корневой системы растений. При уплотненной почве сокращается количество капилляров, в результате этого ухудшается газообмен, возрастает содержание влаги (10,5%), недоступной для растений. Исследуемый котлованный грунт обладает рН сол. реакции среды близкой к нейтральной (6,88), что является благоприятной средой для выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Данный грунт имеет очень низкое содержание подвижного фосфора (1,4 мг/кг) и калия (25,2 мг/кг), что соответствует первому классу обеспеченности почвы данными элементами питания. Удельная электрическая проводимость составляет 0,09 мСм/см, что свидетельствует о небольшом содержании в почве растворимых солей, в том числе солей питательных элементов. Котлованный грунт имеет низкое содержание органического вещества (1,12%), подвижные формы аммонийного (10,7%) и нитратного (2,25%) азота также соответствуют низким значениям.

Для получения почвогрунтов на основе котлованных грунтов необходимо скорректировать ряд показателей таких, как плотность, содержание подвижных форм азота, фосфора, обменного калия и органического вещества.

Проведены исследования по моделированию почвосмеси, полученные на основе торфонавозного компоста (К), смешанные в определенных пропорциях с котлованными грунтами. Исследуемые почвогрунты содержали разные пропорции минерального грунта и органического компоста. Проанализированы почвосмеси, состоящие из КГ90% и К10%; КГ70% и К30%; КГ50% и К50%. Проведенные исследования агрохимических и агрофизических свойств модельных почвосмесей свидетельствуют о том, что при величине органического компоста более 50% в почвосмеси, они не соответствуют требованиям

нормативным показателям многокомпонентных искусственных почвогрунтов заводского изготовления, применяемых при проведении работ по рекультивации почв, благоустройству, озеленению и цветочному оформлению в городе Москве (Постановление Правительства Москвы от 25 октября 2011 года N 507-ПП).

Результаты исследования установили, что котлованный грунт не обладает благоприятными физико-химическими свойствами для возделывания сельскохозяйственных культур. Котлованные грунты обладают высокой плотностью, тяжелым гранулометрическим составом, низкой трофностью. Котлованные грунты обладают достаточно низким содержанием тяжелых металлов (ТМ), что дает потенциальную возможность использовать компосты, полученные на основе органического материала с повышенным содержанием ТМ, также для снижения концентрации ТМ в горизонтах почв на рекультивируемых территориях. Использование котлованных грунтов в сельскохозяйственном производстве и для озеленения городских территорий возможно только в смеси с органическими компостами.

Литература

1. Байбеков Р.Ф., Колтыхов Д.Ю., Евтушенко А.Д., Петрофанов В.Л. Почвогрунты на основе котлованных грунтов и биокомпостов // Агрехимический вестник, 2005, №6, - С 31-32.
2. Войтюк М.М. Рекультивация на землях сельскохозяйственного назначения: проблемы и перспективы, 2012, С. -144.
3. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф., Ефимов О.Е., Злобина М.В., Сабитова Е.В. Агрэкологические требования к почвам и грунтам крупных городов, 2012г, С.-34.
4. Ефимов О.Е., Ефимова Л.А. // Биоконверсия в обеспечении экологической безопасности сферы деятельности человека, 2017, №3, -С. 129-131
5. Кобзаренко В.И. Агрехимические методы исследований: учебник/В.И. Кобзаренко [и др.]. –М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015, С. 309.
6. Олейник С.П., Соломин И.А., Харитонов С.Е. Использование котлованных грунтов при выполнении работ по благоустройству и озеленению городских территорий. // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 5. – С. 60-61.
7. Олейник С.П., Соломин И.А., Харитонов С.Е. Анализ объемов, качества и структуры котлованных грунтов и направления их использования. // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 4. – С. 64-65.
8. Постановление Правительства Москвы № 514-ПП от 27.07.2004 г. «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/3654347> . – Загл. с экрана.
9. Постановление Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. N 743-ПП «Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docplan.ru/Data1/59/59104/index.htm> – Загл. с экрана.
10. Соломин И.А. Использование строительных котлованных грунтов для благоустройства городских территорий // Природообустройство, 2018, № 5, - С. 63-67.

УДК 336.211.1

ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА КАДАСТРОВУЮ СТОИМОСТЬ ПОЧВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Клеутина, П.М. Сапожников

Факультет почвоведения МГУ, 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.12

THE EFFECT OF RADIOACTIVE CONTAMINATION ON THE CADASTRAL VALUE OF SOILS THE BRYANSK REGION

Kleutina E.A.* Sapozhnikov P.M.**

Faculty of Soil Science, Moscow State University, 119991, Moscow, Leninskie gory, 1, p.12

26 апреля 1986 года произошла авария на Чернобыльской атомной электростанции. В окружающую среду было выброшено большое количество радиоактивных веществ. В Российской Федерации больше всего пострадала Брянская область, в частности ее западная часть (Красногорский, Гордеевский, Клинцовский, Стародубский (часть), Климовский, Злынковский, Новозыбковский, Дятьковский (часть) районы).

Для расчета кадастровой стоимости земель было произведено разделение Брянской области на районы, в зависимости от уровня загрязнения. Разделение производилось на основе прогнозного загрязнения территории по картам из «Атласа современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси [1]. На карте Брянской области за 2016 год были найдены районы с разными уровнями загрязнения.

Территория Брянской области разделена на 3 зоны, в зависимости от загрязнения радионуклидами. 1 зона - загрязнение цезием-137 менее 3,7-10 кБк/м² (менее 0,1-0,2 Ки/км²) – минимальное загрязнение, площадь - 10016 км². 2 зона - загрязнение цезием-137 10-37 кБк/м² (0,2-1 Ки/км²) – соответствует норме допустимого значения, площадь - 13024 км². 3 зона - загрязнение цезием-137 более 37 кБк/м² (более 1 Ки/км²) – выше нормы допустимого значения, площадь – 11820 км². Это представлено на рисунке 1. Для них выбраны почвы: дерново-подзолистая, серая лесная, торфяно-глебовая болотная низинная (осушенная) и аллювиальная дерновая кислая [4].

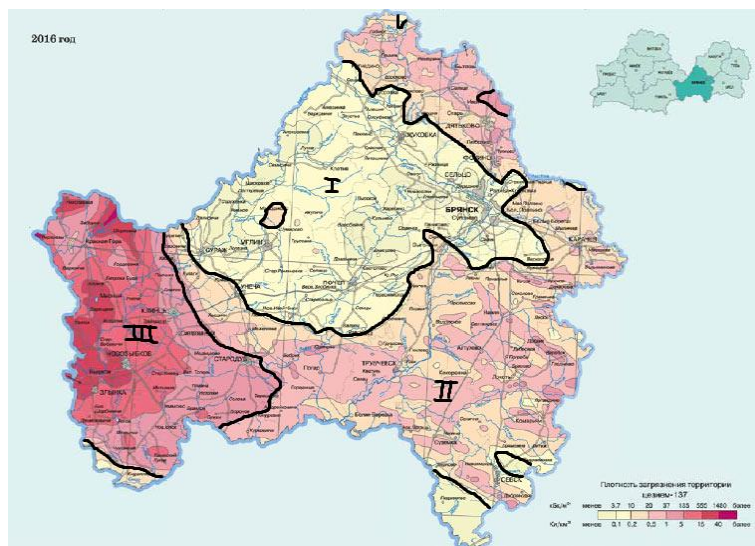




Рисунок 1. Карта, разделенная на районы

Легенда к карте:

-  - 1 район загрязнения (минимальное)
-  - 2 район загрязнения (норма)

 - 3 район загрязнения (выше нормы)

С помощью специальной программы в Microsoft Access была посчитана нормативная урожайность сельскохозяйственных культур и удельные показатели кадастровой стоимости (УПКС) [2]. Для этого были внесены в нее все необходимые данные. На первом этапе расчета была получена нормативная урожайность сельскохозяйственных культур. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Нормативная урожайность с/х культур Брянской области

Почвы	Нормативная урожайность с/х культур, ц/га					
	зерновые	картофель	многолетние травы	однолетние травы	улучшенные сенокосы	пастбища
Дерново-подзолистые	18,3	110,7	35,6	31,2	28,5	9,1
Серые лесные	28,7	145,7	52,5	45,9	42,0	13,4
Торфяно-глеевые болотные низинные (осушенные)	20,0	101,4	36,5	31,9	29,2	23,4
Аллювиальные дерновые кислые	22,1	83,7	60,3	47,4	48,2	15,4

После расчета нормативной урожайности были посчитаны УПКС. Они вычисляются путем вычитания из удельного валового дохода затрат на поддержание плодородия почвы и на возделывание с/х культур, а также затрат на реабилитационные мероприятия. За реабилитационные мероприятия были взяты внесение известковых и калийных удобрений, которые снижают поступление Cs^{137} в растения. В зависимости от уровня загрязнения вносили следующие дозы известки: минимальное загрязнение – 3 т/га, соответствует норме допустимого значения – 5 т/га, выше нормы загрязнения – 7 т/га [3].

После внесения всех данных были рассчитаны удельные показатели кадастровой стоимости почв земель Брянской области в трех районах, имеющих разные уровни загрязнения радионуклидами. Результаты представлены в таблице 2.

На основе полученных данных наблюдается зависимость изменения показателей нормативной урожайности от свойств почвы (содержания гумуса, физической глины, мощности гумусового горизонта, присутствия дополнительных свойств, а также уклона) и произрастания различных культур.

УПКС на территориях, имеющих разный уровень загрязнения радионуклидами не одинаков. С увеличением затрат на реабилитационные мероприятия уменьшается кадастровая стоимость почв.

На территории с минимальным загрязнением (менее 3,7-10 кБк/м²) наибольшая кадастровая стоимость у серых лесных -5,66 р./кв.м, а наименьшая у дерново-подзолистых – 1,68 р./кв.м. На территории с нормой допустимого значения загрязнения (10-37 кБк/м²): наибольшая у аллювиальных дерновых кислых – 4,47 р./кв.м., а наименьшая у дерново-подзолистых – 1,28 р./кв.м. В зоне, соответствующей сильно загрязненным районам (более 37 кБк/м²) прослеживается аналогичная зависимость соответственно: 3,82 р./кв.м. и 0,63 р./кв.м.

На дерново-подзолистых почвах процент снижения кадастровой стоимости на территории с высоких уровнем загрязнения составил – 62,5 %; на серых лесных – 51,9 %;

на торфяно-глеевых болотных низинных – 68,9 %, что соответствует максимальному проценту снижения кадастровой стоимости по почвам; на аллювиальных дерновых кислых отмечен самый низкий процент– 21,4%.

Таблица 2. УПКС на почвах Брянской области, загрязненных радионуклидами

УПКС, Рубль/Квадратный метр				
Почвы	минимальное загрязнение	соответствует норме допустимого значения	выше нормы допустимого значения	На сколько процентов снизилась стоимость, %
Дерново-подзолистые	1,68	1,28	0,63	62,5
Серые лесные	5,66	3,37	2,72	51,9
Торфяно- глеевые болотные низинные (осушенные)	2,51	1,33	0,78	68,9
Аллювиальные дерновые кислые	4,86	4,47	3,82	21,4

Литература

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь). Москва-Минск: МЧС России, МЧС Республики Беларусь, 2009. 139 с.
2. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации (под общей редакцией: Сапожникова П.М., Носова С.И.). Москва: ООО «НИПКЦ Восход - А», 2012. 160 с.
3. Методические указания по оценке кадастровой стоимости радиоактивно загрязненных земель сельскохозяйственного назначения. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2013, 31 с.
4. Шкалы классификации земель сельскохозяйственного назначения (сельскохозяйственных угодий) по их пригодности для использования в сельском хозяйстве (Шкалы, 2005 г.) Брянской области.

УДК 631.453

ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВ: ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЁННЫХ
НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РОСТА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ

В.С. Кондрашина, А.В. Ланкин

ФГБУН ФИЦ ПНЦБИ Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, г. Пущино

PHYTOTESTING OF SOILS: EVALUATION OF THE STATE OF OIL-CONTAMINATED
SOILS BY INDICATORS OF GROWTH AND PHYSIOLOGICAL CONDITION OF PLANTS

V.S. Kondrashina, A.V. Lankin

Institute of Physico-chemical and Biological Problems in Soil Science RAS

В настоящее время углеводороды нефти (УВН) являются приоритетными загрязнителями окружающей среды по объёмам поступления и по степени вредного влияния на экосистемы [5; 8; 9; 12]. Как известно из статистических источников, по величине нанесённого ущерба народному хозяйству России, загрязнение нефтью и нефтепродуктами выходит на первое место, поэтому в настоящее время в России уделяется большое внимание проблеме мониторинга загрязнения объектов окружающей среды углеводородами нефти. При высоких концентрациях углеводородов в почве происходит снижение скорости прорастания семян, замедление роста, смещение фаз развития, нарушается фотосинтез и дыхание, изменяется структура хлоропластов, страдают все органы растений [2; 4; 5]. Наибольшее влияние на степень фитотоксичности оказывают лёгкие фракции нефти, которые подавляют рост и развитие растений. Некоторые компоненты нефти могут поглощаться растениями. Особую опасность с этой точки зрения представляет накопление полиароматических углеводородов (ПАУ) в растениях, которые обладают канцерогенностью и передаются по пищевым цепям, попадая в итоге в организм человека [7]. Доказано, что с ростом концентрации нефти в почве увеличивается содержание бенз(а)пирена в тканях растения, при этом определенные виды способны к гипераккумуляции ПАУ [3; 4]. В растениях под действием солнечного света ПАУ могут трансформироваться в окисленные производные, которые более токсичны, чем исходные вещества. Они способны проникать в листья и ингибировать фотосинтез [10].

Одним из наиболее быстрых и менее затратных методов диагностики нефтезагрязнённых почв является использование фитотестов. Фитотестирование, за короткий срок (4 – 8 дней) и без затрат на химические анализы, позволяет определить уровень токсической нагрузки на почву. Соответственно, появляется возможность быстрого принятия решения по дальнейшей рекультивации данной территории.

Нами были проведены исследования по подбору растений в качестве тест-объекта [11]. Почвы загрязняли зимним дизельным топливом, которое обладает повышенной фитотоксичностью. Исследования проводились с кресс-салатом (*Lepidium sativum*), пшеницей (*Triticum*), ячменём обыкновенным (*Hordéum vulgáre*) и клевером белым (*Trifolium repens*). Установлено, что наиболее отзывчивым на УВН-загрязнение тест-объектом оказался клевер белый. Прорастание семян клевера в присутствии даже минимальной дозы загрязнителя снижалось на порядок и более по сравнению с чистой почвой. А в присутствии 5 – 10% загрязнителя растения почти полностью погибали. Через сутки после поверхностного загрязнения лёгкая фракция дизельного топлива, которая составляет около 50%, улетучивалась. После чего фитотоксичность почвы заметно снижалась. Следует отметить, что неочищенная почва, с которой не проводили рекультивационные работы, ещё длительное время (от полугода и более) остаётся высокотоксичной для растений.

В дальнейшем данный экспресс-метод был проверен и на других УВН-загрязнителях: отработанном моторном масле и лёгкой нефти. Во всех случаях клевер

белый хорошо зарекомендовал себя в качестве тест-объекта. Полученные результаты по фитотоксичности хорошо коррелировали с концентрацией УВН в почвах.

При сравнении экспресс-метода с сертифицированным методом определения фитотоксичности по длине корней пшеницы, было установлено, что коэффициент корреляции между этими двумя методами был достаточно высок. Так, при сравнении всхожести клевера с длиной корней пшеницы был получен $R^2 = 0,76$.

Кроме фитотестов перспективными методами изучения влияния УВН (в частности ПАУ) на растения могут выступать флуоресцентные методы оценки состояния фотосинтетического аппарата [6]. На основе анализа кривых индукции флуоресценции высчитывается ряд параметров (уровень начальной флуоресценции, максимальный и реальный квантовый выход флуоресценции хлорофилла *a*, скорость, индекс производительности фотосинтетического аппарата, нефотохимическое тушение, скорость линейного переноса электронов и другие), которые позволяют оценить передачу энергии в светособирающей антенне, состояние пластохинонового пула, эффективность преобразования поглощённой энергии света в запасённую энергию сахаров, состояние O_2 выделяющего комплекса и другие важные характеристики. Дальнейший анализ вышеперечисленных параметров и их сочетаний может дать ответ на вопрос, находится ли растение в состоянии стресса или нет.

Фотосистема 2 (ФС2), как известно – один из наиболее уязвимых компонентов растения к действию внешних негативных факторов. Все ПАУ гидрофобны, однако некоторые из них (например, нафталин) имеют заметную водную растворимость, что позволяет им проникать в клеточные органеллы и приводит к накоплению в липидных мембранах. Ранее на выделенных препаратах мембран фотосистемы 2 было показано ингибирование ФС2 нафталином [6]. Показано, что действие ПАУ на фотосинтетический аппарат растений может иметь несколько причин: изменение свойств тилакоидной мембраны (например, её текучести и проницаемости для различных ионов и молекул), образование активных форм кислорода, нарушение структуры хлоропластов. Также действие ПАУ может усиливаться и при взаимодействии с другими стрессовыми факторами, например при освещении светом видимого и УФ диапазона.

Нафталин, как и другие ПАУ, обладает высоким квантовым выходом флуоресценции, что позволяет проводить эффективный мониторинг его содержания спектрофлуориметрическим методом. В перспективе данный метод можно использовать как экспресс-анализ для оценки отрицательного воздействия ПАУ на растения, выросшие в нефтезагрязнённой почве. Преимущество флуоресцентного метода в возможности проводить измерения в естественных условиях, неинвазивности, сравнительно невысокой стоимости, чрезвычайно высокой информативности, что позволит оперативно и качественно определять наличие нафталина и других флуоресцирующих ПАУ в почве [1].

Полученные в результате исследований данные позволяют рекомендовать экспресс-метод по всхожести клевера белого (*Trifolium repens*) и флуоресцентные методы оценки состояния фотосинтетического аппарата для оперативной и качественной оценки фитотоксичности нефтезагрязнённых почв.

Работа была поддержана грантом РФФИ № 18-34-00613 мол_а.

Литература

1. Гольцев В.Н., Кузманова М.А., Каладжи Х.М., Аллахвердиев С.И. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла *a* – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. Ижевск–Москва: Институт компьютерных исследований, 2014. – 220 с.

2. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П., Корнейкова М.В., Ахтулова Е.М., Михайлова И.В. Воздействие загрязнения почв дизельным топливом на растения и ризосферную микробиоту // Агрохимия. – 2007. – № 12. – С. 49-55.

3. Квеситадзе Г.И., Хатисашвили Г.А., Садунишвили Т.А., Евстигнеева З.Г. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях. М.: Наука, 2005. – 199 с.
4. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Салахова Г.М. Рост и развитие растений яровой пшеницы на нефтезагрязненных почвах и при биоремедиации // Агрехимия. – 2006. – № 1. – С. 85-90.
5. Кураков А.В., Ильинский В.В., Котелевцев С.В., Садчиков А.П. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях, М.: Графикон, 2006. – 336 с.
6. Ланкин А.В., Креславский В.Д., Худякова А.Ю., Жармухамедов С.К., Аллахвердиев С.И.. Влияние нафталина на фотохимическую активность фотосистемы 2 // Биохимия. – 2014. - Т. 79. - вып. 11. - С. 1493 – 1504.
7. Майстренко В.Н., Ключев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 323с.
8. Середина В.П., Андреева Т.А., Алексеева Т.И., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 270 с.
9. Huang X.-D., El-Alawi Y., Gurska J., Glick B., Greenberg B. A multi-process phytoremediation system for decontamination of persistent total petroleum hydrocarbons (TPHs) from soils // Microchem. J. - 2005. - V. 81. - P. 139-147.
10. Jajoo A., Rao M.N., Tomar R.S., Grieco M., Tikkanen M., Aro E.M. Inhibitory effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on photosynthetic performance are not related to their aromaticity // J. Photochem. Photobiol. - 2014. - V. 135. - P. 151–155.
11. Kondrashina V., Strijakova E., Zinnatshina L., Bocharnikova E., Vasilyeva G. Influence of activated carbon and other additives on bioremediation rate and characteristics of petroleum-contaminated soils // Soil Science. - 2018 – V.138. - №4. – P.150-159.
12. Wang Q., Zhang S., Li Y., Klassen W. Potential Approaches to Improving Biodegradation of Hydrocarbons for Bioremediation of Crude Oil Pollution // Journal of Environmental Protection. - 2011. - №2. - P. 47-55.

УДК 631.45

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЧАРА С ЗАДАННОЙ
ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ**

И.П. Лобзенко*, Т.В. Бауэр**, Т.М. Хассан*, С.С. Манджиева*, С.Н. Сушкова*,
А.В. Барахов, Т.М. Минкина

*ФБГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону,

**Федеральный исследовательский центр «Южный научный центр», г. Ростов-на-Дону,

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR PRODUCING A BIOCHAR WITH A
PRESENT POROUS STRUCTURE**

I.P. Lobzenko*, T.V. Bauer*, T.M. Hassan*, S.S. Mandjieva*, S.N. Sushkova*, T.M. Minkina

*FSEI HE «Southern federal university»

**Federal Research Center «Southern Scientific Center»

Одним из широко используемых органогенных мелиорантов, повышающих урожайность и биологическую активность почв, является биочар. Кроме того, биочар широко применяется для восстановления загрязнённых почв. Для производства биоугля используют отходы разного рода: древесины, стеблей, листьев, шелухи сельскохозяйственных растений, при этом качество биочара зависит от исходного сырья. Значительное внимание исследователей уделено изменению свойств биоугля в зависимости от температурного режима пиролиза [2,4]. Использование древесины в качестве исходного сырья для получения биочара сопряжено с рядом трудностей, обусловленных ее высокой влажностью в исходном состоянии в отличие от отходов растениеводства, которые имеют невысокую исходную влажность (ниже 20%). При использовании бытовых отходов

(например, осадки сточных вод) и отходов животноводства существует риск, связанный с содержанием токсических веществ [3,2].

Следует отметить, что в каждом регионе, специализирующемся в выращивании и производстве того или иного сельскохозяйственного продукта, накапливается большое количество отходов его переработки, требующих рационального применения [1]. Для Ростовской области (РО) таким отходом является шелуха подсолнечника. Подсолнечник занимает 1/3 посевных площадей РО, отходы в виде шелухи очень мало используются, что приводит к их накоплению в огромных масштабах – до 300 тыс. тонн в год [3].

Целью данной работы была разработка технологии получения биочара с заданным балансом микро- и мезопор и высокой удельной площадью поверхности для использования в качестве сорбента.

Объектами данного исследования являются шелуха подсолнечника, используемая в качестве сырья, и биочар, изготовленный при разных условиях пиролиза.

Образцы биочара были получены в результате термического разложения шелухи подсолнечника путем варьирования температуры (300°C, 500°C, 700°C, 900°C), скорости нагрева (от 5 до 30 °C/мин) и времени выдержки (от 10 до 30 минут). Для этого исходное сырье загружали в стальную реторту, которую герметично закрывали крышкой с приваренным штуцером для отвода парогазов и помещали в муфельную печь. В несколько этапов реторту нагревали с определенной скоростью подъема температуры и выдерживали при температуре желаемого нагрева в течение 10-30 минут. После завершения процесса прокаливания реторту охлаждали до комнатной температуры, выгружали полученный биоуголь и определяли его сорбционные характеристики. Определение площади удельной поверхности и пористости образцов, полученных при разной температуре, скорости нагрева и времени выдержки, выполнено на волюметрическом анализаторе «ASAP 2020», Micromeritics по методу низкотемпературной адсорбции азота. Расчет поверхности и параметров пористости осуществлен методом БЭТ по N₂ в диапазоне равновесных значений P/P₀=0,05-0,33. Визуальная оценка площади поверхности исследованных образцов проводилась с помощью электронно-сканирующего микроскопа Karl Zeiss EVO 40 XVP, а также лазерного конфокального микроскопа VK-9700. Все анализы проводились в ЦКП «Современная микроскопия».

Результаты. Условия пиролиза оказали существенное влияние на структуру и свойства полученных сорбентов. Рассчитанные из величин адсорбции азота по методу БЭТ значения удельной поверхности образцов биочара имеют невысокие значения во всем исследованном диапазоне скорости нагрева и времени выдержки от 10 до 45 минут при конечной температуре нагрева 300°C: 5-40 м²/г. Увеличение конечной температуры до 700°C приводит к значительному росту удельной поверхности до 660-1920 м²/г в зависимости от скорости нагрева и времени выдержки. Суммарный объем пор сорбентов изменяется от 0,47 см³/г до 2,45 см³/г.

При нагревании до 900°C происходило снижение общей площади поверхности получаемого биочара и увеличение размера пор. Визуальный анализ структуры данных образцов показал, что с увеличением температуры и времени выдержки происходит нарушение структуры пор: разрыв поверхности на отдельные микроблоки, поры между которыми достигают 38 Å. Образцы имеют существенные поверхностные изменения, которые снижают сорбционные свойства биоугля.

Выполненный анализ структурных характеристик полученных образцов биочара позволил установить, что оптимальными условиями их создания с заданным балансом микро- и мезопор и высокой удельной площадью поверхности является трехступенчатый пиролиз с временем выдержки образца от 10 до 30 минут при конечной температуре 700°C и скорости нагрева 15°C/мин (с 0 до 700°C). Процесс пиролиза при температуре 900°C представляется менее экономичным по сравнению с нагревом до 700°C.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ 19-34-60041, РФФИ 19-34-90185, грант президента, МК-2973.2019.4.

Литература

1. Копцик Г.Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами (обзор литературы) // Почвоведение, 2014, № 7, с. 851-868
2. Мухин В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов // М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 308 с.
3. Gorovtsov A., Rajput V., Minkina T., Mandzhieva S., Sushkova S., Kornienko I., Grigoryeva T., Chokheli V., Aleshukina I., Zinchenko V., Fedorenko E., Movsesyan H. The role of biochar microbe interaction in alleviating heavy metal toxicity in *Hordeum vulgare* L grown in highly polluted soils // Applied Geochemistry. – 2019. – V 104. – P 93-101.
4. Mukhin V.M., Burakov A.Ye., Burakova I.V. Active carbon as nanoporous material for solving environmental problems. Advanced materials and technologies – 2017. – No. 2. – P. 50-56.

УДК 631.45

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПОДВИЖНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ СТАРООСКОЛЬСКОГО РАЙОНА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Прохоров

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF LAND USE ON THE MOBILITY OF HEAVY METALS ON THE EXAMPLE OF SOILS OF THE STAROOSKOL DISTRICT OF THE RYAZAN REGION

A.A. Prokhorov

RSAU – MAA named after K. A. Timiryazev

Подвижность тяжелых металлов (ТМ) в почве определяется комплексом факторов, к которым, прежде всего, следует отнести: кислотнo-щелочные условия, содержание органического вещества, минералогический и гранулометрический состав, а также характер землепользования. [1,2]

Все химические элементы циркулируют в биосфере по характерным для них биогеохимическим циклам. В ходе антропогенного воздействия на естественные биоценозы происходит нарушение естественных процессов и в том числе преобразование обменного фонда элементов осадочного цикла. [3,5] Если рассматривать общую схему преобразований при смене землепользования, то стоит отметить следующие тенденции:

1. Происходит преобразование резервного фонда, мобилизация химических элементов, относящихся к классу токсикантов

2. Химические элементы, поступившие в обменный фонд, встраиваются в геохимические циклы, мигрируют и перераспределяются в биосфере

Большой вклад в такое перераспределение тяжелых металлов вносит система биогеохимических барьеров, формирование которой связано, в частности, с деятельностью человека [3,4,2].

Характерной особенностью лабильных химических элементов является их способность поглощаться корневой системой. Таким образом, происходит их перераспределение внутри закрытых экосистем, а также их миграция и аккумуляция, выходящая за рамки естественного биогеохимического цикла. [4,6]

Так как характер землепользования напрямую влияет на степень интеграции антропогенного воздействия, были выбраны следующие приуроченные к территории Старооскольского района Рязанской области объекты:

1. Чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый, содержание органического вещества 4,6% глубина отбора проб 5-40 см
2. Агрозем глинисто-иллювиальный, тяжелосуглинистый содержание органического вещества 4,9% глубина отбора проб 5-40 см
3. ТПО (урбиквазизём), легкосуглинистый, содержание органического вещества 3,9% глубина отбора проб 5-40 см

Методика исследований заключалась в оценке содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов методом атомной адсорбции вытяжки полученной в ходе экстракции амонийно-ацетатным буфером ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$ pH=4,8), и раствора полученного вследствие мокрого озоления с концентрированной азотной кислотой, и оценке повышения степени подвижности отдельных химических элементов, в зависимости от характера использования земель.

Таблица 1. Содержание ТМ в пробах исследуемых образцов, мг/кг

Тип землепользования	Pb _(вал)	Cu _(вал)	Zn _(вал)	Cr _(вал)	Ni _(вал)	Cd _(вал)
	Pb _(подв)	Cu _(подв)	Zn _(подв)	Cr _(подв)	Ni _(подв)	Cd _(подв)
Земли запаса	28,6	53,7	76,4	13,2	7,9	1,8
	3,6	3,7	10,8	1,7	2,8	0,1
Земли с-х назначения	48,2	87,6	176,4	13,1	12,6	2,0
	5,1	8,3	14,3	1,2	2,9	0,1
Земли нас. пунктов	17,1	32,3	56,2	6,3	9,2	1,7
	2,3	2,2	8,2	1,1	1,7	0,2

Таким образом, хозяйственная деятельность человека напрямую влияет на перераспределение данных химических элементов в природе. Наблюдается закономерное увеличение содержания ТМ на землях с-х назначения, что может являться следствием: смены кислотно-щелочного режима, внесения органических и физиологически-кислых минеральных удобрений, многократных обработок, что в следствии приводит к разрушению макроагрегатов и повышению степени подвижности отдельных химических элементов в силу ослабления сорбционных сил и межмолекулярных взаимодействий. Подвижность различных ТМ неодинакова и обуславливается комплексом факторов, однако, как правило, существует зависимость, обуславливающая увеличение содержания подвижного пула ТМ за счет повышения общего содержания данных химических элементов. На землях, вовлеченных в с-х пользование, наблюдается частичное повышение содержания ряда подвижных форм ТМ, а именно: $\text{Pb}^{+1,8}$, $\text{Cu}^{+4,6}$, $\text{Zn}^{+3,5}$, на фоне увеличения их валового содержания.

Повышение содержания ТМ в почве, как правило, ведет к их накоплению в растительном материале. При этом наиболее токсичное воздействие оказывают именно лабильные ТМ способные переходить в почвенный раствор и поглощаться корневой системой. Концентрация именно подвижных ТМ является важной экологической характеристикой, которая и будет определять их способность к миграции и накоплению, а характер антропогенного воздействия, как правило, для агроландшафтов, будет играть ключевую роль в трансформации процессов естественного круговорота химических элементов.

Литература

1. Дубовик В. А. Приемы и механизм снижения загрязнения почв // Садоводство и виноградарство. 2011. № 6. С. 11–12.
2. Дубина А. А., Цветкова Н. Н. Уровень содержания и особенности распределения меди в почвах лесных биогеоценозов Присамарского стационара // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2009. № 17. С. 57–64.

3. Ларионов Г. А. Система мероприятий по снижению содержания тяжелых металлов в цепи: почва-растение-животное-продукция: дис. ... д-ра биол. наук. Чебоксары, 2005. 338 с.

4. Маркина Е. О., Григорьев В. В., Сырчина Н. В. Влияние различных добавок на подвижность тяжелых металлов в почвах // Экология родного края: проблемы и пути решения: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2016. С. 87–90.

5. Минкина Т. М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: дис. ... д-ра биол. наук. Ростов н/Д, 2008. 483 с.

6. Семенов А. А. Влияние гуминовых кислот на устойчивость растений и микроорганизмов к воздействию тяжелых металлов: дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 132 с.

УДК 57.08

ОЧИСТКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA VULGARIS И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВЫ

О.А. Стрижников

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва

Purification of water bodies with the help of microalgae *Chlorella Vulgaris* and further use of purified water for soil reclamation

О.А. Strizhnikov

All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation

Хлорелла — род одноклеточных зелёных водорослей, относимый к отделу Chlorophyta. Имеет форму сферы, размер от 2 до 10 микрон в диаметре не имеют жгутиков. В клетках хлореллы содержится хлорофилл-а и хлорофилл-б. Для процесса фотосинтеза хлорелле требуются только H₂O, CO₂, солнечный или искусственный свет, а также небольшое количество минералов для размножения.

Особенности штамма VIN с которым ведётся научная работа.

- Возможность держаться на периодически освещаемой поверхности водоема или резервуара и не погружаясь на дно;

- При концентрации более 3 млн клеток *Chlorella vulgaris* VIN на миллилитр воды в суспензии происходит уничтожение бактерий и патогенной микрофлоры.

- Выработку клетками *Chlorella vulgaris* VIN ферментов и кислорода, разлагающих крупные органические молекулы, расположенные в перерабатываемой водной среде.

- Кратное (в 1,5-3 раза, в зависимости от питательной среды) увеличение роста биомассы при оптимальной (для данного штамма) температуре в фотобиореакторе в 28-30°C.

- Кратно большая (в 1,5-5 раз) возможность поглощения в процессе фотосинтеза фотосинтетически активной радиации по сравнению с растениями открытого грунта.

С 2019 года методы альголизации (очистке) водоемов совместно разрабатываются – ООО «Альготек» и Институтом мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова (входящим, в качестве структурного подразделения, в Тимирязевскую Академию).

18 февраля 2019 года начались работы по биологической очистке (альголизации) и восстановлению экологического состояния Нижнего фермского пруда (расположенного на территории ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева).

Биологическая очистка Нижнего фермского пруда проводится по разработанной специалистами ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, методике, включающей использование выделенного для работы с водоемами планктонного одноклеточного штамма микроводоросли хлореллы (*Chlorella vulgaris* BIN), размерами 6-10 микрон. В процессе очистки водоема хлорелла становится доминирующей микроводорослью в поверхностном слое воды, насыщая данный слой кислородом, и удаляя из него излишки углекислого газа, различные органические и неорганические загрязнения. Важным и полезным результатом жизнедеятельности хлореллы является комплексное восстановление экосистемы водоема и эффективное подавление роста сине-зеленых водорослей (способствующих цветению и загрязняющих водоем). В отличие от сине-зеленых водорослей (цианобактерий) клетки хлореллы не образуют связанных колоний и не слипаются между собой. В воде не образуются видимых хлопьев или поверхностной плёнки. Сама хлорелла и выделяемые ею в процессе жизнедеятельности вещества являются хорошим кормом для зоопланктона (рачков, дафний и других полезных микроорганизмов), что создает оптимальные условия для роста популяции рыб, питающихся зоопланктоном. Рост численности микроводорослей хлореллы при этом также регулируется естественным путем, без негативных последствий для экосистемы водоема. Необходимо отметить, что альголизантом – биосредой производимой ООО «Альготек» уже очищено более 21 тыс. гектаров поверхностной площади водоемов. На сегодняшний день накоплен положительный опыт эффективного применения микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* BIN при очистке искусственных водоемов (водохранилищ, прудов), в том числе при очистке - приплотинного плеса Цимлянского водохранилища, прудов охладителей Курской и Ростовской атомных станций, большого количества частных прудов.

Очистка Нижнего фермского пруда является первым этапом развития сотрудничества Тимирязевской академии и предприятия ООО «Альготек». В рамках дальнейшего стратегического взаимодействия запланировано проведение совместных научно-технических работ по следующим направлениям:

- разработка комплексных методов альголизации водоемов;
- совершенствование методик и технологий биологической очистки водных объектов;
- создание конкурентоспособных компактных технологических комплексов по очистке и переработке жидких сельскохозяйственных стоков с помощью микроводорослей хлореллы;
- совместная реализация взаимовыгодных научных проектов;
- организация производственной практики для, заинтересованных в приобретении ценного практического опыта, студентов Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова.

Хлорелла помогает снизить расходы на традиционные агропрепараты, в том числе на удобрения, благодаря заметному сокращению вымывания их из почвы [7].

Суспензия хлореллы обогащает почву органическими веществами, улучшающими ее структуру, стимулирует рост полезных почвенных микроорганизмов, способствует накоплению гумусовых веществ, повышает подвижность микроэлементов и содержание свободных аминокислот, улучшает ферментативную активность почвы и коэффициент использования азотных удобрений, утилизирует окислы тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды, сокращает расход воды для полива, снижает заболеваемость растений [7].

Введение суспензии хлореллы в почву ускоряет сроки созревания на 7-10 дней, способствует повышению урожайности. Отмечено, что внесение суспензии хлореллы в почву способствует увеличению количества полезных микроорганизмов до 400 млн. клеток и более в 1 гр. гумуса. Число азотфиксаторов возрастает в 2-2,5 раза. Главный показатель повышения биологической активности почв – высокая активность ферментов. Содержание гумусовых веществ в почве повышается на 47-60% [7].

Хлорелла активно синтезирует природный антибиотик «хлореллин», который уничтожает патогенные микроорганизмы, водоросли и бактерии, оказавшиеся в питательном растворе. Микробы, имеющие паратрофный тип питания (патогены), в высококонцентрированной живой биомассе хлореллы погибают [7].

Литература

1. Кузнецов, С. И. Определение интенсивности процесса самоочищения воды в водохранилищах / С. И. Кузнецов, Н. М. Казаровец, Г. Л. Марголина // Материалы по биологии и гидрологии Волжских водохранилищ: сборник. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. — С. 3-6.
2. Король Т.С., Мартынов Д.Ю., Новиченко А.И., Новиков А.В., Сумарукова О.В., Лапидовский М.В., Исследование возможности использования микроводоросли *Chlorella vulgaris* в технологических процессах обеззараживания и доочистки сточных вод / М: журнал: Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. №2017/4 С. 24-30, 2017.
3. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоемов. 3 издание, дополненное и переработанное. Пенза: РИО ПГСХА, 2008. 152 с.
4. Желонкина Е.Э. и др. Экология и природопользование: Сборник образовательных программ и учебно-методических материалов. -Ханты-Мансийский ГУИПП «Полиграфист», 1999. Вып. 1-272с.
5. Богданов Н. И. Биологические основы предотвращения «цветения» Пензенского водохранилища синезелеными водорослями / Н. И. Богданов — 2-е издание, дополненное и исправленное. Пенза: РИО ПГСХА, 2007. — 75 с.
6. Сайт компании ООО «Альготек» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://algotec.ru/>
7. Использование суспензии хлореллы в растениеводстве [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://semenairk.ru/news/detail/725-ispolzovanie-suspenzii-hlorelly-v-rastenievodstve/>.

УДК: 631.095

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ПОЙМЫ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

Е.С. Федоренко, В.В. Зинченко, А.В. Горовцов, Т.М. Минкина
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

INFLUENCE OF HEAVY METALS ON THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS OF THE SEVERSKY DONETS RIVER FLOOD

E.S. Fedorenko, V.V. Zinchenko, A.V. Gorovtsov, T.M. Minkina
Southern Federal University

Биологические показатели - важнейшие агроэкологические характеристики почв. Деятельность почвенных микроорганизмов обуславливает процессы разложения растительных остатков, синтез и минерализацию гумуса, превращение труднодоступных форм питательных веществ в усвояемые для растений формы и многое другое [7,8].

Ввод в эксплуатацию и расширение номенклатуры предприятий любого вида промышленности влечет за собой увеличение антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе и почву. Одним из приоритетных поллютантов вызывающих деградацию почв являются тяжелые металлы. Загрязнение тяжелыми металлами отрицательно влияет как на естественное разнообразие, так и на активность почвенной биоты [3].

Целью данной работы было оценить влияние полиметаллического загрязнения на микробиологическую активность почв поймы реки Северский Донец.

Объектом исследования были почвы поймы реки Северский Донец, отобранные на территории высохшего оз. Атаманское, Каменский район Ростовской области. Более 50 лет

назад в это озеро сбрасывались отходы промышленного предприятия, расположенного вблизи озера. Вследствие чего в донных отложениях были накоплены высокие концентрации загрязнителей.

Для достижения цели были выбраны 14 экспериментальных площадок, расположенных в центре и на периферии озера Атаманское, а также в 2 км от озера. Площадки выбирались на основании предварительных исследований, в ходе которых определялся уровень загрязнения почв. Отбор проводился по критерию уровня загрязнения почв.

Образцы почвы собирали с глубины от 0 до 20 см по ГОСТ 17.4.4.02-84. На каждой площадке были взяты пять точечных образцов, которые затем были смешаны для получения среднего образца. Пробу почвы просеивали через сито 2 мм. Образцы почвы хранили в закрытых пластиковых пакетах при 4 ° С не более 24 часов после отбора проб, в течение которой проводили определение микробиологические параметры.

В этом исследовании обилие культивируемых бактерий определяли путем посева на плотной среде [4]. Определяли численность аэробных спорообразующих бактерий, копитрофных бактерий, использующих органические формы азота, бактерий, использующих минеральные формы азота, и актиномицетов. Количество аэробных спорообразующих бактерий определяли на МПА с 50% суслу после пастеризации почвенной суспензии при 80 ° С в течение 20 мин [6]. Почвенные бактерии, не нуждающиеся в экзогенных аминокислотах и способные использовать минеральный аммонийный азот, были подсчитаны на крахмало-аммиачном агаре. Эта среда также использовалась для подсчета актиномицетов по морфологии колоний и образованию воздушного мицелия.

Высокий уровень загрязнения тяжелыми металлами в почвах оказал заметное негативное влияние на почвенную микробиоту. Количество культивируемых микроорганизмов в исследуемых почвах варьировало от 83,91 до 0,09 млн. КОЕ/г абс. сухой почвы для аммонификаторов и от 120,39 до 0,04 млн. КОЕ/г абс. сухой почвы для аминокислототрофов. Аналогичные результаты наблюдались для спорообразующих бактерий и актиномицетов.

Наиболее значительное снижение численности бактерий отмечено в почвах участков 1, 2, 11 и 14, характеризующихся высоким уровнем загрязнения. Однако не было выявлено прямой корреляции между уровнем загрязнения и численностью изученных бактериальных групп. Подсчет аммонификаторов и аминокислототрофов показал значительное сходство в их распределении на контрольном участке. Спорообразующие бактерии и актиномицеты продемонстрировали более высокий разброс численности среди участков, чем другие изученные группы бактерий. Уменьшение их численности наблюдалось на наиболее загрязненных почвах.

Для актиномицетов выявлены достоверные корреляции с медью ($r=-0,56$), кобальтом ($r=-0,59$), а также с валовой ($r=-0,60$) и подвижной ($r=-0,63$) формой цинка. Показательная зависимость количества актиномицетов от общего коэффициента загрязнения (рис 1.). Интересно было обнаружить, что, несмотря на доминирование цинка среди загрязняющих веществ, его токсическое воздействие на микробное сообщество было ниже, чем оказывал кобальт. Скорее всего, это связано с разницей в потенциале адаптации микробного сообщества к этим загрязнителям. Кобальт относится к числу наиболее токсичных для почвенных бактерий [2].

Обилие актиномицетов является наиболее перспективным параметром среди культивируемых микроорганизмов, поэтому этот показатель успешно используется при экологической оценке состояния почв [1]. Высокая устойчивость к загрязнению была показана для некоторых видов актиномицетов, что позволяет использовать их в биоремедиации [5]. Была также отмечена чувствительность всего сообщества актиномицетов к негативным антропогенным воздействиям. Значительное снижение

обилия актиномицетов на твердой питательной среде было показано в аналогичном исследовании для загрязненных цинком почв в городе Кирове [9].

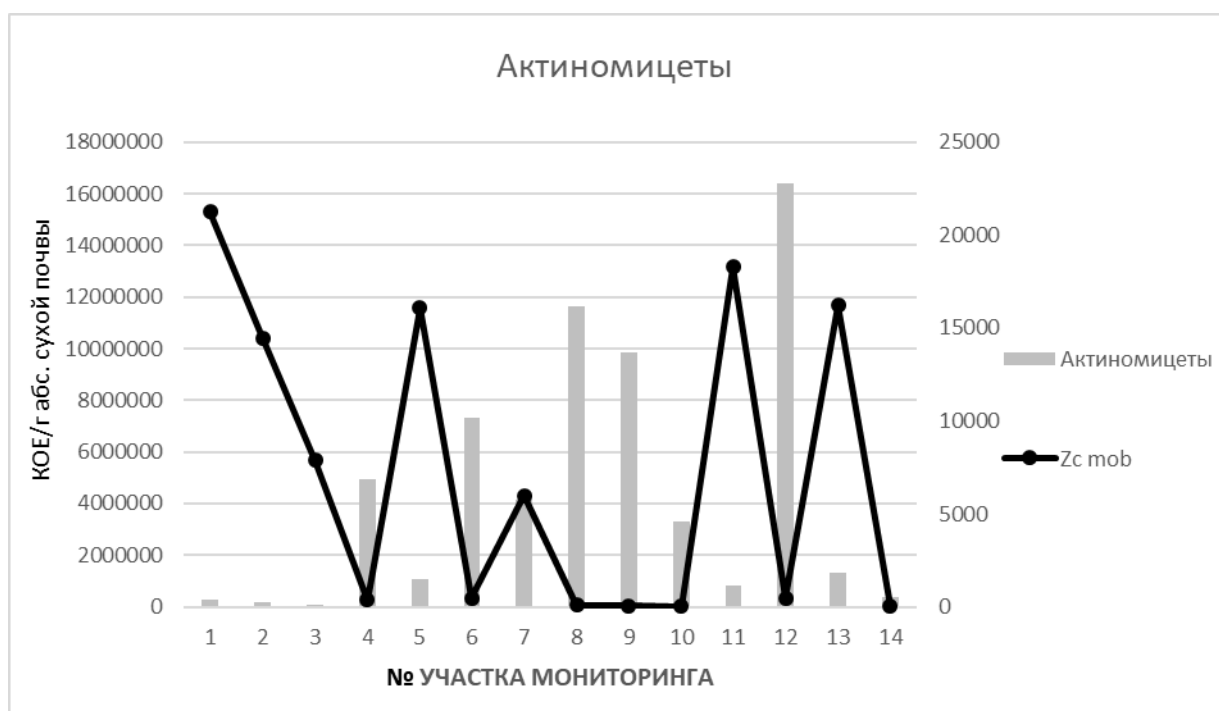


Рисунок 1. Зависимость количества актиномицетов от общего коэффициента загрязнения

Полученные результаты показали, что при длительном полиметаллическом загрязнении происходит адаптация микробных сообществ к токсическому действию загрязняющих веществ. Численность многих бактериальных групп восстанавливается и в этом случае становится сопоставимой с незагрязненными почвами. Отмечена низкая чувствительность аммонификаторов и спорообразующих бактерий к воздействию тяжелых металлов. Это связано с высокой скоростью роста аммонификаторов и способностью спорообразующих бактерий избегать воздействия неблагоприятных факторов. Актиномицеты реагируют на присутствие меди, кобальта и цинка в почве, уменьшая свою численность, что делает их показательной группой бактерий для биоиндикации.

Использование чувствительных групп культивируемых микроорганизмов для целей биоиндикации является методом, который может обеспечить дешевый и достаточно надежный инструмент для крупномасштабных мониторинговых исследований почвы.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № №19-74-00085.

Литература

1. Donkova R, Kaloyanova N (2008) The impact of soil pollutants on soil microbial activity. In: Soil chemical pollution, risk assessment, remediation and security. Springer, Dordrecht, pp 73–93
2. Hassen A, Saidi N, Cherif M, Boudabous A (1998) Resistance of environmental bacteria to heavy metals. *Bioresour Technol* 64(1):7–15
3. Klimek B, Sitarz A, Choczyński M, Niklińska M (2016) The effects of heavy metals and total petroleum hydrocarbons on soil bacterial activity and functional diversity in the upper Silesia industrial region (Poland). *Water Air Soil Pollut* 227(8):1–9
4. Margesin R, Plaza GA, Kasenbacher S (2011) Characterization of bacterial communities at heavy-metal-contaminated sites. *Chemosphere* 82:583–1588
5. Schütze E, Klose M, Merten D, Nietzsche S, Senftleben D, Roth M, Kothe E (2014) Growth of streptomycetes in soil and their impact on bioremediation. *J Hazard Mat* 267:128–135

6. Siala A, Hill IR, Gray TRG (1974) Populations of spore-forming bacteria in an acid forest soil, with special reference to *Bacillus subtilis*. *Microbiology* 81(1):183–190
7. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биология почв Юга России. Ростов н/Д: Изд-во «Центры валеологии вузов России». 2004. 350 с.
8. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука. 1990. 189 с.,
9. Широких И.Г., Соловьева Е.С., Ашихмина Т.Ю. (2013) Актиномицеты в садовых почвах города Кирова. *Eur Soil Sci* 46 (5): 565–571

УДК 631.4

МЕТОДЫ РЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ СОРБЕНТОВ И МИКРООРГАНИЗМОВ

Н.П. Черникова, В.А. Чаплыгин, Т.М. Минкина, В.В. Зинченко

Академия биологии и биотехнологии ЮФУ, г.Ростов-на-Дону

METHODS OF REMEDIATION OF SOILS ON THE BASIS OF THE ADSORBENTS AND MICROORGANISMS

N.P. Chernikova, V.A. Chaplygin, T.M. Minkina, V.V. Zinchenko

Academy of biology and biotechnology of the Southern Federal University, Rostov

Увеличивающееся использование тяжелых металлов в промышленном производстве приводит к их аккумуляции в почве, в количестве, превышающем фоновые значения. В этом случае почва служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха, вод и растений. Возникает потребность в изучении последствий загрязнения и разработке различных приемов и методов ремедиации почвы.

Целью исследования является изучение ремедиации почвы с использованием бактерий и биочара на примере тест-культуры *Hordeum sativum distichum*.

Объектом исследования послужила тест-культура яровой ячмень, выращенная в тепличных условиях на загрязнённой почве озера Атаманское Каменского района Ростовской области, которое использовалось как шламонакопитель выбросов химических предприятий г. Каменска-Шахтинский, а также почва в различных вариантах опыта. Валовое содержание тяжелых металлов в исследуемых почвах представлено в таблице 1.

Таблица 1. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Варианты опыта	Mn	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni
Почва без загрязнения (Контроль)	709	107	52	118	30	0.3	56
Техногенно-нарушенная почва	426	154	147	62032	1591	11	81
<i>Кларк литосферы</i> (Виноградов, 1957)	1000	83	47	83	16	0.13	58
<i>ПДК</i> (ГН 2.1.7.2041-06, 2006)	1500	90	55	100	32	0.5	85

Эксперимент проводился в пластиковых емкостях с дренажной системой, каждая из которых была заполнена 2 кг почвы. Схема опыта представляла собой: 1. контрольный образец – лугово-черноземная почва, отобранная с глубины 0-20 см; 2. техногенно-нарушенная почва с оз. Атаманское (0-20см); 3. техногенно-нарушенная почва с добавлением аэробных спорообразующих бактерии рода *Bacillales*; 4. техногенно-нарушенная почва + 2,5 % от общего объёма почвы берёзового биочара крупной фракции 3-5 мм; 5. техногенно-нарушенная почва + бактерии + 2,5 % биочара. В каждом варианте опыта произрастало 20 растений, отбор образцов для измерения морфометрических параметров происходил на 40 день с момента прорастания растений. Опыт заложен в 3-кратной повторности.

Результаты. Высокое полиэлементное загрязнение почвы оказало влияние на замедление роста ячменя. По сравнению с ячменем, отобранным на незагрязненном варианте (контроль), в загрязнённом и экспериментальных вариантах с добавлением бактерий и 2,5 % биочара было зафиксировано уменьшение длины корня, снижение его

биомассы, в надземной части уменьшение высоты побега и длины листа. Отмеченные изменения в корневой системе приводят к снижению поглощения питательных веществ и воды, что негативно отражается на росте и развитии всего растения. Угнетение надземной части растения является одной из причин снижения интенсивности процесса фотосинтеза. В варианте опыта с совместным использованием бактерий и биочара биометрические показатели несущественно варьируют относительно контрольного варианта (таблица 2). По степени улучшения биометрических показателей в вариантах опыта, можно составить следующий ряд методов ремедиации: метод биоаугментации (внесение металлоустойчивых бактерий - деструкторов) < сорбционный метод (2,5% биочара) < комплексный метод (совместное использование бактерий и биочара).

Таблица 2. Биометрические показатели растений ячменя

№	Вариант	Высота стебля, см	Длина корня, см	Длина листьев, см	Масса сухого растения, г
1	Контроль	37,16	8,18	22,59	0,15
2	Загрязнение	14,8	4,2	9,41	0,05
3	Загрязнение + бактерии	21,47	5,41	10,6	0,07
	Загрязнение + 2,5% биочар	28,29	7,53	17,35	0,12
5	Загрязнение + бактерии + 2,5% биочар	32,5	8,5	23,33	0,15

По степени уменьшения обменных форм тяжелых металлов в вариантах опыта, можно составить ряд методов ремедиации аналогичный ряду методов на основе морфометрических показателей: метод биоаугментации < сорбционный метод < комплексный метод (таблица 3). Биоремедиация загрязненной среды происходит под действием биологических процессов, а использование сорбентов связывает поллютанты в основном за счет физических взаимодействий.

Таблица 3. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах модельного опыта, мг/кг

№	Вариант	Mn	Zn	Cr	Cu	Pb	Ni	Cd
1	Контроль	4,71	7,1	0,94	0,61	1,03	0,55	0,004
2	Загрязнение	74,8	7874,41	10,76	10,1	74,48	8,50	0,84
3	Загрязнение + бактерии	51,46	3706,24	4,23	4,8	43,57	3,52	0,457
4	Загрязнение +2,5% биочар	51,75	4391,93	5,13	7	39,33	6,28	0,481
5	Загрязнение + бактерии + 2,5% биочар	52,05	3227,27	3,71	4,6	27,68	3,95	0,319
ПДК (ГН 2.1.7.2041-06, 2006)		140	23	6	3	6	4	5

Вывод. Наиболее эффективным методом рекультивации из рассмотренных в данной работе является комплексный метод. Совместное использование биосорбента и аэробных спорообразующих бактерии обеспечивает сорбцию подвижных форм ТМ и, тем самым, уменьшает их поступление в растения.

УДК 631.4; 574.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НАРУШЕННЫХ ТУРИСТАМИ ПОЧВ
ЗАПОВЕДНИКА «УТРИШ»

В.В. Шабунина, В.В. Вилкова

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии имени Д.И.
Ивановского, г. Ростов-на-Дону

ECOLOGICAL CONDITION OF THE SOILS RESERVED BY TOURISTS OF THE UTRISH
RESERVE

V.V. Shabunina, V.V. Vilkova

Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology named after
D.I. Ivanovsky, Rostov-on-Don

Заповедник «Утриш» расположен на полуострове Абрау – исключительная по ландшафтам, уникальности флоры и фауны природная территория. Здесь распространены скудно исследованные до последнего времени уникальные экосистемы, представленные сухими восточно-средиземноморскими субтропиками с большим числом эндемиков и реликтов, сохранившихся с третичного периода. Неповторимая растительность является одной из основных причин, определяющих особенности почвенного покрова, который характеризуется особой сложностью. Это заключается в эрозионных процессах и особенностях почвообразующих пород, являющихся преимущественно элювиальными и делювиальными каменистыми отложениями. По этой причине почвы обычно имеют достаточно небольшую мощность. Главное их различие заключается в степени выветренности и карбонатности.

Многие типы почв на юге России вовсе не имеют целинных эталонов сравнения. Это обстоятельство в значительной мере затрудняет осуществление мониторинга почв и почвенного покрова. Поэтому почвы заповедника представляют наибольшую ценность, так как именно они являются идеалом сравнения при проведении исследований. Однако Черноморское побережье Кавказа испытывает регулярную высокую антропогенную нагрузку. Сюда ежегодно приезжает достаточно большое количество туристов, отдыхающих преимущественно самостоятельно. Помимо вытаптывания они активно используют древесную растительность для розжига костров и приготовления пищи, загрязняя при этом территорию бытовыми отходами. В связи с этим данная природная экосистема нуждается в регулярном наблюдении для контроля их благополучия и повышенной охране [1].

Целью работы является исследования воздействия рекреационной нагрузки на эколого-биологические свойства почв гемиксерофитных экосистем Северного Средиземноморья, находящихся на территории государственного природного заповедника «Утриш». Объектом исследования являются стоянка туристов в окрестностях Водопадной щели, которая с момента создания заповедника перестала подвергаться антропогенному воздействию, и территория, до сих пор испытывающая активную рекреационную нагрузку.

Осенью 2019 года были реализованы полевые исследования почв и почвенного покрова заповедника «Утриш», в ходе которых были взяты образцы исследуемых почв.

При получении аналитических данных, используемых в данной работе, применялась разработанная и апробированная методология исследования с использованием общепринятых в почвоведении и биологии методов [2]. На полученных образцах были проведены комплексные исследования биологических и химических показателей. Содержание общего гумуса было установлено методом И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина по окисляемости хромовой смесью с фотокolorиметрическим окончанием. Реакцию почвенной среды (pH) определялась потенциометрическим методом в почвенной суспензии, содержание легкорастворимых солей – кондуктометрическим. Содержание карбонатов было установлено газометрическим методом, определение биологической активности почв базировалось на учете количества переработанного в ходе реакции

субстрата или образования продукта реакции в оптимальных условиях. Функциональная роль ферментов как катализаторов в почвенных процессах огромна, так как ферментативная активность затрагивает наиболее важные повторяющиеся превращения в биохимических циклах углерода, азота, фосфора, серы и других соединений [3]. Ферментативная активность была исследована на примере каталазы, инвертазы и пероксидазы по общепринятым методам.



Рисунок 1. Нарушенный рекреационным воздействием участок палаточной стоянки

Контрольным участком послужило место, слабо затронутое антропогенным воздействием, в верхней части покатого юго-восточного склона. Растительность контрольного участка представляет собой фисташково-можжевеловое редколесье, в котором 30-50% от общего объема растительности приходится на самшит и мох.

Важнейшими показателями экологического состояния являются ферментативная активность и содержание гумуса [3,4]. Выявлена существенные различия. Содержание гумуса в поверхностных горизонтах исследуемых почв достигают высоких значений – около 16%. Участки с нарушенным рекреационным воздействием почвенным покровом, отличаются несколько меньшим содержанием гумуса, чем в почвах контрольных участков с минимальным антропогенным воздействием. Несколько большая разница между вариантами почв была отмечена для активности каталазы.

В результате проведенных исследований были установлены различия эколого-биологических показателей изучаемых участков. Таким образом, было выявлено отрицательное воздействие, оказанное туристами на почвенный покров территории заповедника «Утриш». Процесс восстановления нарушенных почв не закончен и спустя много лет после прекращения воздействия.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного контракта № 68-2019 от 7 июня 2019 г.

Литература

1. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Быхалова О.Н. Влияние рекреационной нагрузки на почвенный покров заповедника “Утриш” // Научный журнал КубГАУ, № 93(09), 2013. С.1-10.

2. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – 356 с.
3. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во “Эверест”, 2008. 276 с.
4. Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв // Поволжский экологический журнал. 2013. № 4. С. 385-393.
5. Griffiths B.S., Römbke J., Schmelz R.M., et al. Selecting cost effective and policy-relevant biological indicators for European monitoring of soil biodiversity and ecosystem function // Ecological Indicators. 2016. V.69. PP. 213–223.

Секция «Физика и химия почв»

УДК 631.42

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А.М. Ахмедова, Н.Г. Гумматов

Научно-исследовательский институт земледелия, г. Баку, Азербайджан
INFLUENCE OF FERTILIZERS AND METHODS OF SOIL TILLAGE ON
AGROPHYSICAL PROPERTIES AND YIELD OF WINTER WHEAT

A.M. Ahmadova, N.G. Hummatov
Research Institute of Crop Husbandry

Обработка почвы с применением минеральных удобрений – важное звено системы земледелия. Известно, что антропогенное воздействие на почву оказывает существенное влияние на ее агрофизические и структурные состояния [2, 4]. Обработка почвы, так же способствует повышению эффективности земледелия и устойчивости производства сельскохозяйственной продукции. При этом она определяет эффективность удобрений, продуктивность растений, качество продукции и т.д. А научно обоснованная и правильно подобранная обработка позволяет регулировать почвенно-физические условия и почвенное питание растений [5-9]. В этой связи исследования влияния способов обработки почвы в сочетании с минеральными удобрениями и влияния их на физические показатели почвенного плодородия, урожайность и качество урожая сельскохозяйственных культур является актуальной задачей.

Цель исследований заключалась в том, чтобы изучить различные способы обработки почвы в сочетании с минеральными удобрениями и установить их влияние на агрофизические свойства почвы, урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы.

Исследования проводились в 2015-2016 гг. в агроценозе озимой мягкой пшеницы сорта «Гобустан» в богарных условиях Горного Ширвана на Гобустанской зонально-опытной станции НИИ Земледелия МСХ Азербайджанской Республики. Почвенный покров территории исследования представлен, в основном, светло-каштановой почвой легкого и средне-глинистого гранулометрического состава. Среднемноголетнее количество осадков в районе составляет 399 мм, а высотное положение – 700-800 м над у.м. По данным Гобустанской гидрометеостанции, на территории исследования в 2015-2016 вегетационном году выпало 392 мм осадков.

Изучались три способа обработки почвы: отвальная – вспашка на глубину 20-22 см + предпосевная культивация на глубину 6-7 см (контроль), минимальная – дискование на глубину 10-12 см + предпосевная культивация на глубину 6-7 см и нулевая обработка – No Till. Минеральные удобрения вносились следующим образом: $N_{30}P_{60}K_{60}$ – как основное и N_{90} в качестве подкормки.

Образцы почвы для агрофизических анализов отбирали 2 раза – в начале и конце вегетационного периода 5-кратной повторности с двух глубин (10-15 см и 35-40 см). Агрофизические свойства почвы, количественные и качественные показатели урожая озимой пшеницы были определены общепринятыми методами [1, 3, 4].

Некоторые исследованные агрофизические свойства почвы приведены в таблице 1. Как видно из таблицы, объемная влажность почвы (θ) была относительно высокой в нулевом варианте обработки, хотя она слабо зависела от способа обработки почвы. В период исследования было установлено, что θ в значительной степени зависит от количества осадков и времени их выпадения. Таким образом, его высокие значения приходят на период начала исследования, когда количество осадков было больше, а

наиболее низкие значения приходят на конец вегетационного периода, когда осадков практически не было. Высокие значения влажности наблюдаются в начале вегетации в пахотном слое, а в конце вегетации в подпахотном слое, что связано с временем выпадения осадков и с различием эвапотранспирации.

Таблица 1. Средние значения агрофизических свойств светло-каштановой почвы

Свойства почвы	Глубина, см	Способы обработки почвы					
		Т _С		Т _М		Т _О	
		F ₀	F ₁	F ₀	F ₁	F ₀	F ₁
24.11.2015 (после посева озимой пшеницы)							
θ, %	10-15	29.96	26.65	31.05	31.96	32.75	35.37
	35-40	26.36	22.98	25.99	27.64	24.48	24.02
ρ _б , г/см ³	10-15	1.185	1.066	1.287	1.279	1.388	1.341
	35-40	1.260	1.369	1.436	1.487	1.406	1.364
D _w , мм	10-15	0.36	0.36	0.29	0.26	0.30	0.30
	35-40	0.46	0.41	0.44	0.43	0.50	0.59
D _d , мм	10-15	4.90	5.24	5.02	5.06	6.64	6.54
	35-40	4.42	4.88	4.26	5.28	5.62	4.90
14.07.2016 (в фазе полной спелости растений)							
θ, %	10-15	13.12	13.72	14.39	14.75	15.29	15.95
	35-40	23.43	19.27	21.43	18.85	23.29	20.74
ρ _б , г/см ³	10-15	1.300	1.368	1.412	1.479	1.433	1.529
	35-40	1.380	1.408	1.338	1.442	1.393	1.354
D _w , мм	10-15	0.43	0.37	0.36	0.31	0.31	0.36
	35-40	0.49	0.44	0.40	0.32	0.52	0.41
D _d , мм	10-15	3.94	4.14	3.84	3.98	4.10	4.60
	35-40	3.42	3.10	2.80	3.24	4.02	3.66

Примечание. θ, ρ_б, D_w и D_d – объемная влажность, плотность сложения, средневзвешенный диаметр водопрочных и структурных агрегатов, соответственно. Т_С – вспашка (20-22 см), Т_М – минимальная обработка (10-12 см), Т_О – нулевая обработка (No-Till), F₀ – N₀P₀K₀, F₁ – N₁₂₀P₆₀K₆₀.

Максимальное значение плотности сложения (ρ_б), которое является основным показателем уплотнения почвы на обеих глубинах во всех вариантах опыта, наблюдается в нулевом варианте обработки без удобрений (1,529 г/см³), а наименьшее значение в традиционном варианте обработки (1,066 г/см³) с внесением удобрений. В большинстве случаев плотность почвы в подпахотном слое выше, чем в пахотном.

Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов (D_w) в течение исследования характеризовался более высокими значениями в подпахотном слое, что может быть связано с количеством карбонатов. Не смотря на то, что этот параметр по всем вариантам обработки почвы на фоне минерального удобрения варьировался слабо, его самые высокие значения наблюдались в подпахотном слое в варианте с нулевой обработкой (0,41–0,59 мм). Согласно существующему градацию D_w, - в исследуемом участке почвы можно оценить как слабым и очень слабым [10].

Средневзвешенный диаметр структурных агрегатов (D_d) колеблется в интервале 2,80-6,64 мм и характеризуется более высокими значениями в подпахотном слое почвы после посева. Самые высокие значения этого параметра получены в варианте нулевой обработки. Результаты исследования показывают, что минеральные удобрения оказывают слабое влияние на агрофизические свойства почвы. На фоне минеральных удобрений вспашка (Т_С) и нулевая обработка (Т_О) сильно различаются. Минимальная обработка (Т_М) характеризуется промежуточным положением.

Количественные и качественные показатели озимой пшеницы представлены в таблице 2. Как видно из таблицы, по вариантам обработки на фоне минеральных удобрений показатели сухой биомассы, урожайности и качества зерна значительно различаются.

Таблица 2. Урожайность и качественные показатели урожая озимой пшеницы

Варианты		Урожайность, ц/га		Качественные показатели					
обра-ботки	удоб-рений	сухая биомасса	зерно	масса 1000 зер., г	стек-ловид-ность, %	клей-кови-на, %	ИДК	седи-мента-ция, мл	белок, %
Т _С	F ₀	84.0	23.1	30.0	49.7	18.5	111.4	21.0	10.1
	F ₁	125.3	37.8	30.8	88.0	23.6	115.5	25.0	11.2
Т _М	F ₀	60.0	21.1	30.4	26.0	16.2	100.5	16.0	9.0
	F ₁	86.7	24.3	29.5	84.0	22.9	110.6	24.5	11.7
Т _О	F ₀	68.0	20.1	28.8	51.0	16.0	112.7	18.5	9.3
	F ₁	114.7	35.4	28.9	66.3	12.8	116.3	23.5	10.2

Так, наибольшая сухая биомасса (125,3 ц/га) и урожайность зерна (37,8 ц/га) были получены в варианте Т_С(F₁). Наблюдается также и воздействие способов обработки и минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы. Как видно, качественные характеристики зерна слабо зависят от способов обработки и относительно сильно зависят от минеральных удобрений.

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Матюк Н.С. Беленков А.И., Мазиров М.А. и др. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии. СПб.: Изд-во «Лань», 2014. – 224 с.
3. Методические рекомендации по оценке качества зерна. М.: ВАСХНИЛ, 1977. – 168 с.
4. Шейн Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
5. Aikins S.H.M., Afuakwa J.J. 2010. Effect of four different tillage practices on cowpea performance // World J. Agric. Sci. 2010, 6: 644-651.
6. Boogar A.M., Jahansouz M.R., Mehravar M.R. Soil aggregate size distribution and stability following conventional-till, minimum-till and no-till systems / Int. J. Farm & Alli Sci. 2014, 3(5): 512-517.
7. Ferreras L.A., Costa J.L., Garcia F.O., Pecorari C. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded petrocalcic paleudoll of the southern Pampa of Argentina // Soil Till. Res. 2000, 54: 31-39.
8. Gholami A., Asgari H.R., Zeinali E. Effects of different tillage systems on soil properties and yield of wheat // Int. J. Adv. Biol. Biom. Res. 2014, 2(5): 1539-1552.
9. Jabro J.D., Stevens W.B., Evans R.G., Iversen W.M. Tillage effects on physical properties in two soil of the Northern Great Plains // Appl. Eng. Agric. 2009, 25 (3): 377-382.
10. Paluszek J. Air-dry and water-stable soil aggregate distribution of Polish Chernozems classified in various complexes of agricultural suitability // Pol. J. Envir. Stud. 2014, 23: 813-821.

Черноземная зона является важнейшим сельскохозяйственным регионом России. Главная задача сельскохозяйственного производства заключается в том, чтобы не допустить снижения плодородия черноземов.

В последние десятилетия проблема ухудшения свойств и режимов пахотных черноземов обострилась. Связано это с отказом сельхозпроизводителей от севооборотов и ориентацией на узкую специализацию, длительное бесменное возделывание одной культуры, низкая культура земледелия и ненормированное использование тяжелой сельскохозяйственной техники. Усугубляет ситуацию ограниченное (или полное отсутствие) применение удобрений. В конце прошлого века значительные площади пахотных земель России были переведены в залежь и представляют собой территории, которые являются важным резервом увеличения площади пахотных земель. Поэтому оценка особенностей изменения свойств черноземов при длительном экстенсивном сельскохозяйственном использовании и при нахождении в залежи в течение четко установленного периода имеет важное практическое и научное значение.

Объектом исследования служил чернозем типичный тяжелосуглинистый. Почвенные образцы отбирались в Центрально-Черноземном государственном биосферном заповеднике им. А.А. Алехина. Образцы пахотного чернозема типичного были отобраны на стационарном полевом опыте Петринского опорного пункта Курского НИИ АПП заложенном в 1964 г. Изучались следующие варианты опыта: бесменная озимая пшеница без удобрений, бесменная кукуруза без удобрений, бесменный пар, залежь. В почвенных образцах определяли содержание общего гумуса по методу Тюрина, рН_{Н2О}, гидrolитическую кислотность по методу Каппена, сумму обменных оснований по методу Каппена-Гильковица, содержание подвижных К₂О и Р₂О₅ по методу Чирикова [1], содержание органофосфатов.

Длительное сельскохозяйственное использование чернозема типичного оказало заметное влияние на его свойства.

Больше всего гумуса – 8,13% содержится в целинном типичном черноземе. В пахотных почвах содержание гумуса заметно ниже. В варианте с бесменной озимой пшеницей его количество составило 6,18%, в варианте с бесменной кукурузой 5,54%, а в варианте с бесменным паром только 4,22%. В целом под влиянием длительного экстенсивного сельскохозяйственного использования типичный чернозем при бесменном возделывании озимой пшеницы потерял 24% гумуса, при бесменном возделывании кукурузы 32% и в условиях бесменного пара 48%.

В результате перевода пара в залежь содержания гумуса в черноземе типичном за 20 лет увеличилось на 0,78%. Темпы прироста гумуса составили 0,039% в год.

Значения рН_{Н2О} исследуемых почв лежат в нейтральной области. Самое низкое значение рН_{Н2О} – 6,20 присуще целинному чернозему, самое высокое – 6,77 варианту с бесменной кукурузой. При переводе бесменного пара в залежь величина рН_{Н2О} уменьшилась до 6,22.

Схожим образом изменилась и величина гидrolитической кислотности. В целинном черноземе она составила 5,52 мг-экв/100 г почвы. Самая низкая величина гидrolитической кислотности – 3,35 мг-экв/100 г почвы отмечается в варианте с бесменной кукурузой. Замена бесменного пара залежью сопровождается увеличением гидrolитической кислотности, значение которой достигает 5,41 мг-экв.

Важнейшим компонентом почвенного раствора черноземов является ион кальция. Количество его изменяется от 0,69 мг-экв в черноземе бессменного пара и залежи до 1,0 мг-экв в варианте с бессменной озимой пшеницей.

В целинном черноземе содержание органофосфатов самое высокое и составляет 360,0 мг/кг почвы. Использование чернозема в пашне, сопровождается минерализацией гумуса, в результате чего содержание органофосфатов снижается до 263,3-325,5 мг/кг почвы. Это способствует высвобождению фосфора органофосфатов и увеличению содержания его подвижных форм. Больше всего подвижных фосфатов содержится в черноземе бессменного пара, а в черноземе под бессменной кукурузой подвижного фосфора меньше, чем в варианте с бессменной озимой пшеницей.

Среди пахотных почв самое высокое содержание подвижного K_2O наблюдается в варианте с бессменным паром и составляет 217,0 мг/кг. Максимальное содержание K_2O - 249,3 мг/кг почвы присуще целинному чернозему.

Свойства чернозема типичного находятся в тесной зависимости от способа его использования. Так в пахотных почвах гумуса значительно ниже, чем в целинном черноземе. В результате перевода пара в залежь наблюдается увеличение гумуса. Величина гидролитической кислотности, содержание подвижного K_2O и органофосфатов в целинном черноземе больше, чем в пахотных почвах. Однако, при оценке содержания подвижного P_2O_5 наблюдается обратная зависимость – максимум в варианте с бессменным паром. Значения pH_{H_2O} исследуемых почв лежат в нейтральной области. Количество водорастворимого иона кальция изменяется незначительно.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 489 с.

УДК 631.417.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ЗОНАЛЬНОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРБАНОЗЕМОВ Г. МОСКВЫ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ СЕВЕРНОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ОКРУГА)

Н.А. Василенко

РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF HUMIC ACIDS OF THE ZONAL SOD-PODZOLIC SOIL AND URBANOZEMS OF MOSCOW (FOR EXAMPLE, THE SOILS OF THE NORTHERN ADMINISTRATIVE DISTRICT)

N. A. Vasilenko

RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev

К настоящему времени получен большой объем информации, касающийся оптических свойств гумусовых кислот целинных почв и почв агроценозов. Этого нельзя сказать о гумусовых кислотах городских почв, информация о которых имеется лишь в единичных работах [1], что явно недостаточно для контроля за состоянием почвенного покрова мегаполисов.

Объектами наших исследований служили почвы природных и искусственных ценозов в пределах северного административного округа г. Москвы: дерново-подзолистая почва Лесной опытной дачи (ЛЮД) и урбаноземы парка Дубки (Парк), сквера на Большой Академической улице (Сквер), газонов междомовой территории (МДТ), Тимирязевской улицы (Улица) и Коптевского бульвара (Бульвар). Свойства зональной дерново-подзолистой почвы и урбаноземов существенно различаются.

Препараты гуминовых кислот получали путем исчерпывающего экстрагирования 0,1 н. раствором NaOH после предварительного декальцинирования навески почвы [5].

Электронные спектры поглощения снимали на спектрофотометре СФ-2000. Значения оптической плотности приводили к концентрации 0,001%, E-величины, коэффициенты Q4/6 и ΔK находили согласно имеющимся рекомендациям [5,6].

Согласно полученным данным в интервале 400-700 нм электронные спектры поглощения ГК городских почв в общем виде аналогичны спектрам поглощения ГК почв естественных и агроландшафтов. В большинстве случаев они представляют собой пологие спектрофотометрические кривые с постепенным уменьшением значений оптической плотности по мере увеличения длины волны без видимых максимумов поглощения. Исключение составляют лишь ГК дерново-подзолистой почвы, на спектрофотометрической кривой которых отчетливо проявляются два максимума поглощения при 450 и 620 нм, относимых к фракции P_g [5,6]. В составе ГК урбаноземов эта фракция не обнаруживается. Следует отметить, что порядок расположения спектрофотометрических кривых ГК некоторых почв на графике не остается постоянным и их положение меняется по мере увеличения длин волн.

В соответствии с абсолютными значениями оптической плотности спектрофотометрические кривые ГК исследуемых почв по положению на графике образуют три группы.

Самые высокие значения оптической плотности в пределах всего электронного спектра поглощения присущи ГК урбаноэма газона Бульвара. Их спектрофотометрическая кривая занимает самое верхнее положение, причем на значительном удалении от электронных спектров поглощения ГК остальных почв.

Ниже расположена спектрофотометрическая кривая ГК урбаноэма газона Улицы. В пределах большинства длин волн она довольно далеко отстоит от спектрофотометрической кривой ГК урбаноэма газона Бульвара, поскольку присущие ей значения оптической плотности в интервале 400-600 нм в 1,4 раза меньше значений оптической плотности ГК урбаноэма газона Бульвара.

Следующую группу образуют ГК урбаноземов Парка, Сквера, газона МДТ и дерново-подзолистой почвы ЛОД, причем спектрофотометрические кривые ГК дерново-подзолистой почвы и урбаноэма газона МДТ меняют свое местоположение.

На начальном участке электронного спектра поглощения (400-420 нм) самые высокие значения оптической плотности имеют ГК урбаноэма газона МДТ, далее идут ГК урбаноэма Парка и дерново-подзолистой почвы ЛОД. Самые низкие значения оптической плотности присущи ГК урбаноэма Сквера, которые остаются таковыми на протяжении всего участка спектра. Начиная с длины волны 420 нм, оптическая плотность ГК дерново-подзолистой почвы, благодаря присутствию в их составе фракции P_g, возрастает и остается более высокой, нежели оптическая плотность ГК урбаноземов газона МДТ, Парка и Сквера. Особенно это касается интервала 545-645 нм.

Положение спектрофотометрической кривой ГК урбаноэма газона МДТ в пределах большей части спектра не меняется, и только начиная с длины волны 610 нм, она практически сливается со спектрофотометрической кривой ГК урбаноэма Парка.

Таким образом, по абсолютным значениям оптической плотности на протяжении большей части электронного спектра поглощения исследуемые ГК образуют следующий ряд: ГК урбаноэма газона Бульвара > ГК урбаноэма газона Улицы > ГК дерново-подзолистой почвы ЛОД > ГК урбаноэма газона МДТ > ГК урбаноэма Парка > ГК урбаноэма Сквера. Полученные данные показывают, что ГК урбаноземов могут заметно отличаться оптическими свойствами от ГК зональной дерново-подзолистой почвы, что обусловлено особенностями их компонентного состава, благодаря чему они в большей или меньшей степени поглощают в той или иной области спектра.

Считается, что чем быстрее уменьшается оптическая плотность в области 400-500 нм, тем круче падает спектрофотометрическая кривая и менее темную окраску имеет раствор гумусовой кислоты. Наряду с этим для характеристики оптических свойств гумусовых кислот в видимой части спектра используются различные показатели: E-

величины и коэффициенты Q4/6 и ΔK [5,6,]. Эти показатели используют для условной оценки степени конденсированности молекул гумусовых кислот. Считается, что чем больше значения E-величин, тем более высокий вклад в формирование молекул вносят циклические компоненты. Увеличение значений коэффициентов Q4/6 и ΔK наоборот свидетельствует о возрастании роли алифатических структур в составе молекул гумусовых кислот [5,6].

Согласно полученным данным, в интервале 400-500 нм значения оптической плотности в большей мере уменьшаются у группы, в которую входят ГК урбаноземов Парка, Сквера и газона МДТ у которых величина оптической плотности уменьшилась на 62-64% . Вторую группу составляют ГК дерново-подзолистой почвы ЛОД, урбаноземов газонов Бульвара и Улицы у которых оптическая плотность уменьшилась на 53-54%.

По значениям E-величин исследуемые ГК разделились на 4 группы. Самые высокие значения этого показателя – 0,078 отмечаются у урбанозема газона Бульвара. Далее идут ГК урбанозема газона Улицы, E-величина которых равна 0,055. Следующую группу составили ГК урбанозема газона МДТ и дерново-подзолистой почвы ЛОД, имеющих значения E-величины 0,041 и 0,044 соответственно. Самые низкие значения E-величин – 0,030 и 0,036 отмечаются у ГК урбаноземов Сквера и Парка.

Согласно литературным данным для ГК дерново-подзолистых почв характерны значения E-величин порядка 0,05. E-величины на уровне 0,07 характерны для ГК серых лесных и каштановых почв, на уровне 0,03 – тундровых почв [3,4].

Если исходить из значений коэффициента Q4/6, то исследуемые ГК также можно разделить на 4 группы. Одну группу составляют ГК урбаноземов газонов Улицы с Q4/6 равным 3,63 и Бульвара, у которых Q4/6 составил 3,94. Согласно существующим критериям ГК этих почв, характеризуются самой высокой конденсированностью молекул. Судя по коэффициенту Q4/6 равному 4,79, меньшая степень конденсированности молекул присуща ГК дерново-подзолистой почвы ЛОД. Заметную роль играют алифатические компоненты в формировании молекул ГК урбаноземов Сквера и Парка, о чем можно судить по значениям коэффициентов Q4/6 равным 5,15 и 5,44 соответственно. Наиболее развитой алифатической частью молекулы характеризуются ГК урбанозема газона МДТ, у которых коэффициент Q4/6 равен 6,44.

По литературным данным у ГК почв подзолистого типа величина Q4/6 имеет значения около 5, значения Q4/6 в пределах 3-4 характерны для ГК черноземов и каштановых почв, а более 6 присущи фульвокислотам [2].

Если исходить из значений коэффициента ΔK, то все исследованные ГК разделяются на две группы.

В одну группу входят ГК урбаноземов газонов Улицы и Бульвара, а также дерново-подзолистая почва ЛОД. Свойственные им коэффициенты ΔK находятся в пределах 0,62-0,64. Другая группа представлена ГК урбаноземов Сквера, Парка и газона МДТ, они имеют коэффициенты ΔK в пределах 0,79-0,80 и характеризуются меньшей конденсированностью молекул.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что если исходить из значений E-величин и коэффициента Q4/6, то ГК урбаноземов могут заметно отличаться от ГК дерново-подзолистой почвы, а особенности их компонентного состава не соответствуют зональному типу почвообразования.

Таким образом, резюмируя вышеизложенное, можно утверждать, что:

1. Гуминовые кислоты урбаноземов имеют типичные электронные спектры поглощения, без каких-либо максимумов на спектрофотометрической кривой. Они отличаются от гуминовых кислот зональной дерново-подзолистой почвы как более высокими, так и более низкими значениями оптической плотности растворов, приведенных к одинаковой концентрации и отсутствием в их составе фракции P_g.

2. Судя по значениям E-величин и коэффициентов Q4/6, гуминовые кислоты урбаноземов по сравнению с гуминовыми кислотами дерново-подзолистой почвы, могут

быть в большей мере обогащены циклическими компонентами или же содержать более развитую периферическую часть молекулы.

Литература

1. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Свойства гуминовых кислот черноземов урбанизированных территорий (на примере Ростова-на-Дону) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2013. № 2 (10). С. 104-117.
2. Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. Издательство: АН СССР, 1963 г. 315 с.
3. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: МГУ. 1981. 271 с.
4. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. 558 с
5. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почвы и общая теория гумификации. //М.:МГУ. 1990. С.325.
6. Kumada K., Miyara E. Sephadex gel fructionation of humic acids. // Soil Science and Plant Nutrition. 1973. Vol. 19. № 4. p. 255-263.

УДК 631.422

НАКОПЛЕНИЕ ПАУ В ПОЧВАХ ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Т.С. Дудникова, С.Н. Сушкова, Т.М. Минкина, Е.М. Антоненко, Н.А. Дорохова,
И.Г. Шпоргун, А.И. Барбашев

ФГАОУВО ЮФУ Академия биологии и биотехнологии имени Д.И. Ивановского,
г. Ростов-на-Дону

ACCUMULATION OF PAHS IN THE SOILS OF THE IMPACT ZONE OF AN ENERGY-GENERATING ENTERPRISE

T.S. Dudnikova, S.N. Sushkova, T.M. Minkina, E.M. Antonenko, N.A. Dorokhova,
I.G. Sporgun, A.I. Barbashev

FSAEI of HE SFU Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Rostov-
on-Don

Ростовская область – регион России, доля производства с/х продукции (растениеводства в большей степени) которого непременно занимает топовое положение среди других субъектов Российской Федерации. По состоянию на 2018 г., доля земель, занятых под с/х производство составила 87,6 % от общей площади земельного фонда Ростовской области [6]. В тоже время, выбросы крупных промышленных предприятий, расположенных в Ростовской области, могут нанести ущерб почве и с/х продукции, а также здоровью граждан. Одними их наиболее опасных поллютантов являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) [4]. Группа ПАУ представлена высокомолекулярными соединениями элементарной единицей которых является бензольное кольцо. ПАУ образуются в результате пиролиза углеродсодержащих материалов в условиях недостатка кислорода [5]. Некоторые ПАУ проявляют канцерогенную активность и приняты к нормированию в различных странах. В России нормам подлежат: аценофтен, пирен, фенантрен, бенз(а)пирен (БаП). Предельно допустимые концентрации БаП для почвы составляют 20 нг/г [1]. Источниками антропогенных ПАУ являются: энергогенерирующие предприятия на сырьевой основе газа или угля [4]. С выбросами промышленных предприятий, через атмосферу ПАУ попадают на поверхность почвы, где почва с одной стороны выступает депонирующим элементом среды, а с другой стороны может являться источником вторичного загрязнения, что недопустимо в условиях активного использования земель под сельское хозяйство. Поэтому исследования, направленные на изучение процессов миграции и аккумуляции ПАУ, являются приоритетными.

Целью данной работы являлось изучить содержание ПАУ в почвах импактной зоны энергегенирующего предприятия.

Объектом исследования выступила ПАО «ОГК-2» - Новочеркасская ГРЭС (НчГРЭС). Мониторинговые площадки зоны влияния НчГРЭС, заложены вокруг предприятия на расстоянии до 3 км и по линии преобладающей розы ветров (до 20 км) (Табл. 1).

Таблица 1. Свойства почв мониторинговых площадках импактной зоны НчГРЭС

№	Направление и расстояние от НчГРЭС	Тип почвы	Физическая глина, %	Ил, %	Гумус, %	pH
1	1св	ЧО	52	27	4,3	7,6
2	1,2в	ЧО	52	31	4,0	7,4
3	2,7юз	ЛЧ	67	37	4,6	7,3
4	1,6сз	ЧО	55	29	4,6	7,5
5	3юз	АЛ	7	3	3,1	7,5
6	2с	ЛЧ	55	30	4,1	7,7
7	1,5с	ЧО	51	27	4,1	7,6
8	5сз	ЛЧ	60	32	5,0	7,4
9	15сз	ЧО	52	30	4,2	7,6
10	20сз	ЧО	53	28	4,6	7,6
11	1,7 юз	ЧО	53	30	3,5	7,6

Почвы мониторинговых площадок представлены в основном черноземами обыкновенными (ЧО), но также встречаются аллювиальные (АЛ) и лугово-черноземные (ЛЧ) почвы. Образцы почв были отобраны в июне месяце 2018 г. на глубину 0-20 см.

Методы исследования. Извлечение ПАУ из почвенных образцов проводили методом омыления, посредством кипячения образца в 2-х % спиртовом растворе щелочи КОН с последующей 3-х кратной экстракцией гексаном [2]. Количественно определяли ПАУ в экстракте методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1260. Повторность 3-х кратная. Суммарное содержание ПАУ в почве состоит из содержания отдельных ПАУ таких как: нафталин, бифенил, антрацен, аценофтен, аценофтилен, фенантрен, флуорен, пирен, хризен, бенз(а)антрацен, флуорантен, БаП, бенз(к)флуорантен, бенз(б)флуорантен, дибенз(а,h)антрацен, бенз(g,h,i)перилен.

Результаты. С удалением от НчГРЭС в СЗ направлении (по линии преобладающего ветра) суммарное содержание ПАУ в почвах мониторинговых площадок уменьшается с расстоянием согласно следующей схеме: площадка №4 (1,6СЗ) – 3696,6 ± 180,0 нг/г > №8 (5СЗ) – 1420,1 ± 66,7 нг/г > №9 (15СЗ) – 1291,8 ± 58,2 нг/г > №10 (20СЗ) – 1157,1 ± 44,9 нг/г. Содержание БаП в почвах мониторинговых площадок расположенных по линии преобладающей розы ветров также уменьшается с расстоянием: №4 (1,6СЗ) – 347,8 ± 17,2 нг/г > №8 (5СЗ) – 90,2 ± 4,3 нг/г > №9 (15СЗ) – 75,2 ± 3,3 нг/г > №10 (20СЗ) – 68,4 ± 2,9 нг/г (Рис. 1). ПДК БаП превышена в почвах всех мониторинговых площадок, где максимальное превышение норм зафиксировано в почвах площадки № 4 – 17,4 ПДК.

Суммарно в почвах мониторинговых площадок, расположенных вокруг предприятия ПАУ накапливаются в почве в меньшей степени, чем в почвах мониторинговых площадок по линии преобладающего ветра, где суммарное содержание поллютантов варьирует в пределах 716,6 ± 34,4 нг/г (почва площадки № 5 (1,2В)) до 1083,7 ± 45,5 нг/г (почва площадки № 3 (2,7 ЮЗ)). Содержание БаП в почвах мониторинговых площадок находится в пределах 46,4 ± 2,2 нг/г (почва площадки № 11 (1,7 ЮЗ)) – 107,7 ± 4,9 нг/г (почва площадки №1 (1 СВ)). ПДК БаП превышена в почвах всех мониторинговых площадок: от 2,5 ПДК в почвах площадки № 2 до 5,4 ПДК в почвах площадки № 1 (Рис. 2).

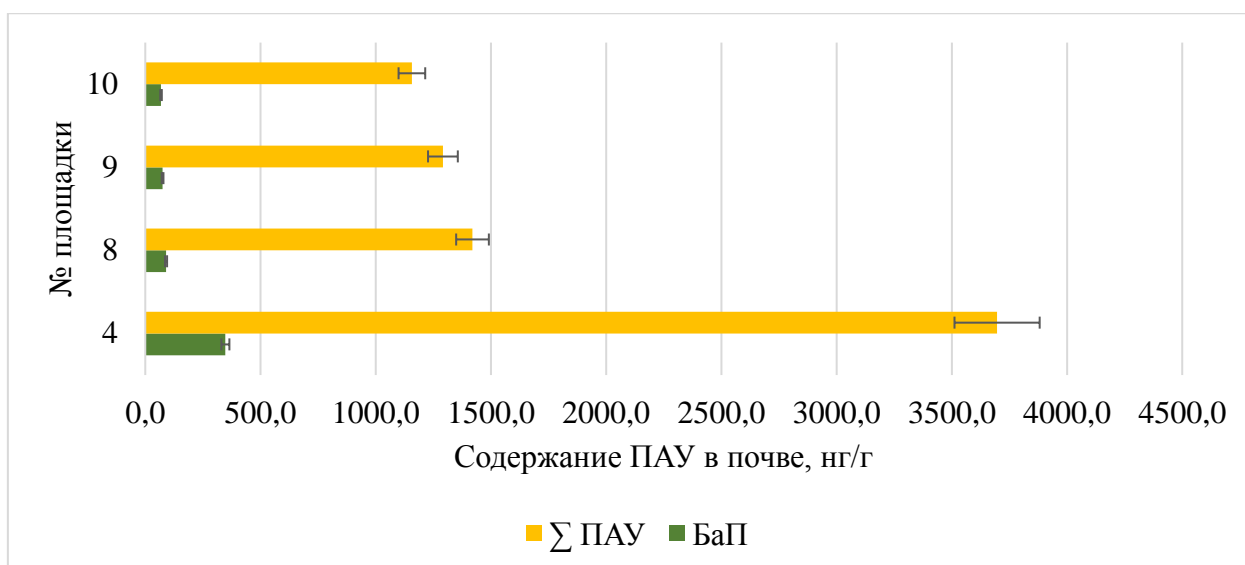


Рисунок 1. Суммарное содержание ПАУ, а также содержание БаП в почвах мониторинговых площадок, расположенных по линии преобладающих ветров

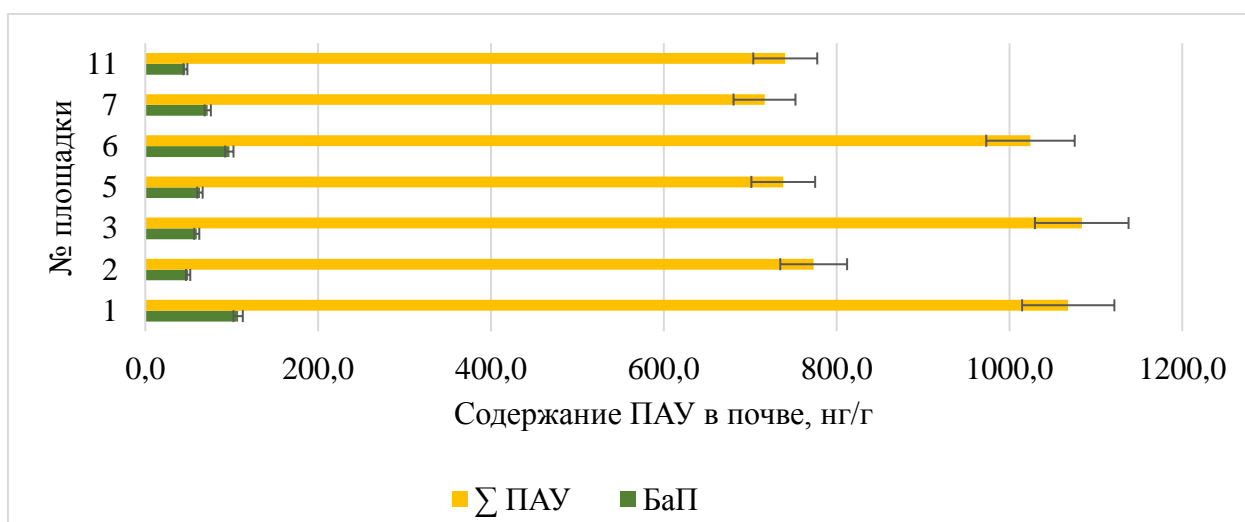


Рисунок 2. Суммарное содержание ПАУ, а также содержание БаП в почвах мониторинговых площадок, расположенных вокруг НчГРЭС

Выводы. Исследование показало высокий уровень содержания ПАУ в почвах зоны влияния предприятия энергетического комплекса. Установлено, что по линии преобладающей розы ветров суммарное содержание ПАУ и содержание БаП в почвах зависит от расстояния до НчГРЭС. Почвы мониторинговых площадок, расположенные вокруг предприятия, испытывают меньшую техногенную нагрузку, по сравнению с почвами мониторинговых площадок, расположенных по линии преобладающего ветра. При этом, в наиболее удаленных от НчГРЭС почвах мониторинговой площадки, расположенной по линии преобладающего ветра № 10 (20 км СВ) суммарное содержание ПАУ выше, чем в наиболее загрязненной почве площадки № 3 (2,7 км ЮЗ), расположенной в области предполагаемого диффузного переноса выбросов предприятия. И в целом, суммарное содержание ПАУ, а также содержание БаП в почвах, расположенных вокруг предприятия существенно зависит от содержания физической глины в почвах, т. к. минимальное суммарное содержание ПАУ зафиксировано в АЛ почвах площадки № 5, а максимальное в ЛЧ почве площадки № 3. ПДК БаП превышена в почвах всех мониторинговых площадок и согласно требованиям к качеству почвы [3] относит почвы исследуемой территории к категории первого класса загрязнения.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 19-74-10046.

Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
2. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.62-09 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовых долей полициклических ароматических углеводородов в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах производства и потребления методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. 2009. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293788/4293788763.pdf>
3. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.7.1287-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы"
4. Ghosal D., Ghosh S., Dutta T. K., Ahn Y. Current state of knowledge in microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review.// *Frontiers in microbiology* – 2016. № 7.1369-1379. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01369>
5. Lamichhane S., Krishna K. B., Sarukkalige R. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal by sorption: a review.// *Chemosphere* – 2016. № 148 С. 336-353. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.036>
6. <https://rosreestr.ru> Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации. 13.10.2019

УДК 631.4

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА—РАСТЕНИЕ» В ЗОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТВАЛОВ КАРЬЕРОВ МЕДНО-КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ХАЙБУЛЛИНСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

И. Ш. Игизбаев, Р. Ф. Хасанова

«Сибайский институт (филиал) Башкирского Государственного Университета», Сибай
HEAVY METALS IN THE "SOIL-PLANT" SYSTEM IN THE PLACEMENT ZONE OF COPPER QUARRY DEPOSITS IN THE KHAIBULLIN DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

I.S. Igizbaev, R. F. Khasanova

«Sibay Institute of Bashkir State University», Sibay,

На территории юго-восточного региона Республики Башкортостан расположено большое количество медноколчеданных месторождений. Это способствовало бурному развитию горнодобывающей и рудоперерабатывающей промышленности на протяжении нескольких десятков лет. В результате интенсивной работы горнорудных предприятий образовалось большое количество карьеров, отвалов и хвостохранилищ, которые загрязняют окружающую среду тяжелыми металлами (ТМ), включающимися в пищевые цепи [3]. На сегодняшний день ТМ являются одними из основных загрязнителей в мире [3].

Целью исследования являлась оценка экологического качества зерновых культур в Хайбуллинском районе Республики Башкортостан по содержанию ТМ. Для достижения цели решались следующие задачи: определить уровни концентрации Cd в почвах и зерновых культурах, оценить их соответствие предельно допустимым концентрациям. Объектами исследования являлись *Triticum vulgare* L. и *Triticum durum* Desf.

Исследования проводились на территории карьера «Юбилейный» Хайбуллинского района в условиях Зауралья Республики Башкортостан. Полевые исследования проводились в летнее время 2019 г. Пробные площадки были заложены на пахотном поле, расположенном в северном направлении от карьера месторождения «Юбилейное», с посевом яровой пшеницы мягкой *Triticum vulgare* L. и яровой пшеницы твердой *Triticum durum* Desf, на удалении от карьера в северном направлении на 200 м, 500 м и 1000 м.

Почвенные образцы отбирались из слоя 0–10 см методом «конверта». Транспортировка и хранение пробных образцов проведены в соответствии с общепринятой методикой отбора по ГОСТ17.4.3.01–83. Содержание ТМ (валовое и подвижные формы, извлекаемые из почвы аммонийно-ацетатным буфером при рН 4,8,) определялись методом атомной абсорбции. При оценки степени загрязнения почв ТМ использовали общепринятые в экологии значения предельно допустимых концентраций (ПДК) и регионального геохимического фона (РГФ) [1].

Концентрация валовых форм Cd на изучаемой участках пашни в зоне карьера Юбилейное изменялась в пределах от 2,75 до 3,75 мг/кг, его содержание во всех почвенных образцах превышало значение ПДК и уменьшалась по мере удаления от источника загрязнения.

Содержание подвижных форм Cd в исследуемых почвах варьировало от 0,125 до 1,525 мг/кг. Содержание подвижных форм кадмия на удалении 500 и 1000м превышало уровень ПДК.

Таблица 1. Содержание кадмия в почве, мг/кг

Удаленность	Валовая форма	Подвижная форма
200 м	3,5	0,175
500 м	3,75	0,125
1000 м	2,75	1,525
ПДК	2	0,22
РГФ	1,5	

Кадмий для растительного организма очень токсичен. Он легко всасывается из почвы через корневую систему, а также из атмосферы [2].

В наших исследованиях повышенное содержание кадмия от МДУ (0,6 мг/кг) выявлено во всех органах на всем удалении (от 200 м до 1000 м) от карьера. Высокие показатели (выше 2,0 мг/кг) выявлены на удалении 1000 м. Содержание кадмия в органах яровой пшеницы мягкой и твердой ниже токсичного уровня. Содержание кадмия в яровой пшенице мягкой не образует закономерностей для построения ряда убывания. В яровой пшенице твердой концентрация кадмия уменьшается в ряду: зерно → солома → корень (рис. 1).

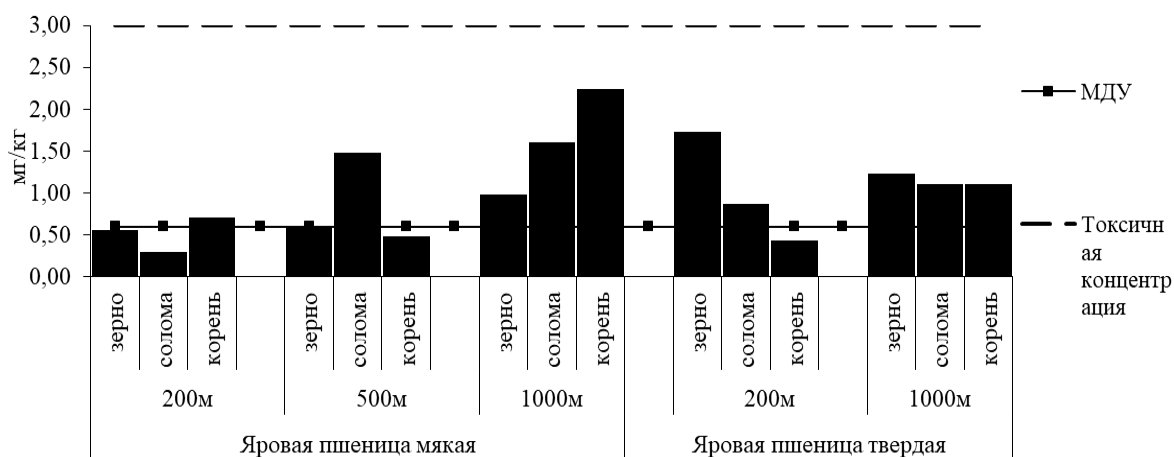


Рисунок 1. Содержание кадмия в органах яровой пшеницы

Таким образом, в пахотных почвах, прилегающих к зоне воздействия карьера «Юбилейный» выявлены высокие концентрации подвижных и валовых форм кадмия.

Содержание кадмия в различных органах яровой пшеницы мягкой (*Triticum vulgare* L.) и яровой пшеницы твердой (*Triticum durum* Desf.) превышает допустимые уровни.

Литература

1. Опекунова А.Ю., Опекунов М.Г. Геохимия техногенеза в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения // Записки Горного института. - Т.203. - Санкт-Петербург, 2013. - С. 196-204.

2. Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т., Севрякова О.А. Экологическая оценка почв в зоне размещения отвалов карьеров медно-колчеданных месторождений (на примере г.Сибай). – Уфа: Гилем, 2013. - 125 с.

3. Хазиев Ф.Х., Багаутдинов Ф, Я., Сахабутдинова А.З. Экотоксиканты в почвах Башкортостана. - Уфа: Гилем, 2000. - 61с.

УДК 631.41

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА ПОЧВ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Кочанов

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FRACTIONAL-GROUP COMPOSITION OF HUMUS SOILS OF THE KALUGA REGION

М.А. Kochanov

RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev

Гумусное состояние почв является отражением экологических условий их функционирования и трансформации под влиянием внешних и внутренних сил. При этом надежным показателем устойчивости почвенной системы является не только количественное содержание гумуса, но его и качественный состав. Соотношение групп и фракций гумусовых веществ закономерно изменяется в зонально-генетическом ряду почв, а также в результате сельскохозяйственного использования почв. В ответ на агрогенную нагрузку органическое вещество почв отвечает изменением соотношения входящих в него компонентов, то есть групп и фракций гумуса. Таким образом, использование почв в составе пахотных угодий приводит к трансформации структуры и качества гумусовых веществ почв [3,6,15].

Основными факторами, определяющими содержание, запасы и состав гумуса в почвах, являются: количество, состав и характер поступления источников гумуса, гидротермические условия трансформации органических веществ, биологическая активность, вещественный состав, физические и физико-химические свойства почв [8].

Из всего вышесказанного следует, что для правильного дальнейшего сельскохозяйственного использования почв необходимо изучать фракционно-групповой состав гумуса, который характеризуется количественным соотношением групп и фракций, формирующих его основные компоненты [9,14].

Качественный состав органического вещества почв очень разнообразен, он зависит от разнообразия растительных и животных остатков, ежегодно поступающих в почву, условий их трансформации и взаимодействия с минеральной частью почв, и характеризуются количественным соотношением групп и фракций, входящих в него основных компонентов [5,14].

Групповой и фракционный состав гумуса позволяет характеризовать особенности тех или иных почв, но прямо не позволяет идентифицировать агрономическую ценность различных компонентов гумуса. Считается, что разделение всех органических соединений почвы на две большие группы: группу консервативных веществ и группы лабильных

соединений, является целесообразным подходом к определению агрономической ценности гумуса и его составляющих [8].

Территория Калужской области характеризуется весьма неоднородным почвенным покровом, при анализе почвенной карты области, можно заметить закономерное изменение типа почв, с дерново-подзолистых на серые лесные, эта закономерность отчетливо проявляется при движении в юго-восточном направлении.

В ходе подготовительных работ, по изучению теоретических материалов выяснилось, что подробная информация о гумусном состоянии почв области устарела или вообще отсутствует, в результате чего было принято решение о проведении фракционно-группового анализа почв Калужской области, вблизи Калужского Филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Почвенное обследование проводилось дважды, в 2018 и 2019 годах. Во время полевой практики в 2018 году было заложено 12 почвенных выработок, а в 2019 – 47 (1 разрез и 46 прикопок), подавляющее большинство почв имело легкий (песчаный и супесчаный) гранулометрический состав из них 14 почвенных выработок можно отнести к типу серых лесных почв, 39 к дерново-подзолистым, а оставшиеся 6 почвенных выработок отнесены к аллювиальным почвам.

Так как на территории опытных полей Калужского Филиала РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева наблюдаются дерново-подзолистые почвы, различной степени окультуренности, а на участках, покрытых лесом наблюдается тип целинных серых лесных почв, было принято решение об ознакомительном фракционно-групповом анализе почв смежных территорий, в результате чего выбор пал на 3 типа почв. Выбранные почвы относятся к разным типам, и представлены аллювиальной дерновой слоистой, целинной светло-серой лесной и дерново-подзолистой (старопахотной) почвами.

Аллювиальная дерновая слоистая почва содержит 1,9% гумуса в верхнем горизонте (А_д) с постепенным его снижением до 0,9% к нижележащему горизонту (А₁), и практически полному его отсутствию (0,3%) в горизонте В. Такое снижение гумуса вниз по профилю обусловлено ее слоистостью и легким (супесчаным) гранулометрическим составом по всему почвенному профилю.

Светло-серая лесная почва содержит в верхнем горизонте 2,81% гумуса, с постепенным его снижением до 1,39% в нижележащем горизонте (А₁А₂), и резким снижением до 0,28% в горизонте (А₂В), вплоть до практически полного отсутствия (0,21%) в горизонте ВС. Такое изменение содержания гумуса в почвенном профиле связано с изменением ее гранулометрического состава, таким образом в верхних горизонтах наблюдается супесь, а в нижележащих преобладает средний суглинок.

Дерново-подзолистая (старопахотная) почва содержит в верхнем горизонте 1,03%, постепенным ее снижением до 0,66% в нижележащем горизонте (А₂) и резким ее снижением до 0,21% в горизонте С_г. Такое изменение содержания гумуса в почвенном профиле, так же связано с изменением гранулометрического состава почвы – от более легких, к более тяжелым. Таким образом в верхнем горизонте (А₁) наблюдается супесь, в нижележащем горизонте (А₂) – легкий суглинок, а начиная от горизонта А₂В и заканчивая горизонтом С_г наблюдается средний суглинок.

Таблица №1 Фракционно-групповой состав аллювиальной дерновой слоистой почвы

Горизонт	Общий углерод (С _{общ})	0,1н. NaOH вытяжка		Пирофосфатная вытяжка					Из общего количества ГК	
		С _{выт}	С _{ГК}	С _{выт}	С _{ГК}	С _{ФК}	гумин	С _{ГК} :С _{ФК}	Свободные	Связанные с Са
А _д	1,1	0,5	0,3	0,5	0,17	0,33	0,6	0,52	0,3	-
А ₁	0,52	0,2	0,11	0,14	0,05	0,09	0,38	0,56	0,11	-
В	0,17	0,13	0,06	0,14	0,04	0,1	0,03	0,4	0,06	-

Из таблицы видно, что тип гумуса в верхних горизонтах данной почвы гуматно-фульватный, а в нижнем горизонте – фульватный.

Таблица №2 Фракционно-групповой состав светло-серой лесной почвы

Горизонт	Общий углерод (С _{общ})	0,1н. NaOH вытяжка		Пирофосфатная вытяжка					Из общего количества ГК	
		С _{выт}	С _{ГК}	С _{выт}	С _{ГК}	С _{Фк}	гумин	С _{ГК} :С _{Фк}	Свободные	Связанные с Са
A ₁	1,63	0,6	0,15	0,61	0,44	0,17	1,02	2,59	0,15	0,29
A ₁ A ₂	0,81	0,16	0,03	0,14	0,08	0,06	0,67	1,33	0,03	0,05
A ₂ B	0,16	0,11	0,03	0,1	0,05	0,05	0,06	1,0	0,03	0,02
B ₁	0,24	0,08	0,03	0,07	0,03	0,04	0,17	0,75	0,03	-
B ₂	0,18	0,07	0,01	0,05	0,02	0,03	0,13	0,67	0,01	0,01
BC	0,12	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,1	1,0	0,02	-

Из таблицы видно, что тип гумуса в верхних горизонтах данной почвы фульватно-гуматный, в горизонтах B₁ и B₂ – гуматно-фульватный, а в нижнем горизонте, также как и в верхних – фульватно-гуматный.

Таблица №3 Фракционно-групповой состав дерново-подзолистой почвы

Горизонт	Общий углерод (С _{общ})	0,1н. NaOH вытяжка		Пирофосфатная вытяжка					Из общего количества ГК	
		С _{выт}	С _{ГК}	С _{выт}	С _{ГК}	С _{Фк}	гумин	С _{ГК} :С _{Фк}	Свободные	Связанные с Са
A ₁	0,6	0,27	0,23	0,22	0,08	0,14	0,38	0,57	0,23	-
A ₂	0,35	0,26	0,14	0,18	0,06	0,12	0,17	0,5	0,14	-
A ₂ B	0,27	0,24	0,14	0,14	0,045	0,095	0,13	0,47	0,14	-
B	0,19	0,15	0,12	0,08	0,02	0,06	0,11	0,33	0,12	-
BC	0,19	0,11	0,05	0,06	0,01	0,05	0,13	0,2	0,05	-
C _г	0,12	0,09	0,02	0,07	0,01	0,06	0,05	0,17	0,02	-

Из таблицы видно, что тип гумуса в верхних горизонтах данной почвы гуматно-фульватный, а начиная с горизонта A₂B он переходит в фульватный.

Литература

1. Агрочвоведение/Под ред. В.Д.Мухи. — М.: КолосС, 2003. — 528 с.: ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Атлас почв РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://soilatlas.ru/kaluzhskaya-oblast> - Калужская область. – (Дата обращения: 28.10.2019).
3. Бирюкова, О. Н. Содержание и состав гумуса в основных типах почв России / О. Н. Бирюкова, Д. С. Орлов// Почвоведение. — 2004. — № 2. — С. 171–188.
4. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А. Почвоведение: Учебник/ Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов. М.:, 2018, 323 с.
5. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение: учебник / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева. - Москва: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2019. - 257 с.
6. Девятова, Т. А. Антропогенная трансформация черноземов центра Русской равнины / Т. А. Девятова, Д. И. Щеглов, А. П. Щербаков, В. Г. Артюхов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2004. — № 2. — С. 128–134.
7. Единый Государственный реестр почвенных ресурсов России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://egrpr.esoil.ru/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 12.11.2019).

8. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. М.: Изд-во МСХА, 1993, с. 99.
9. Мамонтов В.Г. Химический анализ почв и использование аналитических данных. Лабораторный практикум: Учебное пособие. – СПб.: Издательство – «Лань», 2019. – 328 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература)
10. Наумов В.Д. География и экология почв: Учебное пособие / В.Д. Наумов. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 260 с.
11. Наумов В.Д. Классификация почв: Учебник / В.Д. Наумов. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 212 с.
12. Наумов В. Д. География почв. Почвы России: учебник. – Москва: Проспект, 2016. – 344с.
13. Наумов В.Д. География почв. Общая часть: Учебное пособие/ В.Д. Наумов. М.: Из-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. 342с
14. Общее почвоведение: учебник / В.Г. Мамонтов, Н.П. Панов, Н.Н. Игнатьев. – Москва : КНОРУС, 2017. – 538с. – (Бакалавриат)
15. Орлов Д.С. Химия почв: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
16. Почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kokm.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 05.11.2019).

УДК 631.41

ФОРМЫ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПРИБРЕЖНЫХ ПОЧВАХ
БАРЕНЦЕВА МОРЯ

О.С. Кубик

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН ФГБУН ФИЦ “Коми НЦ УрО РАН”,
г. Сыктывкар,

THE FORMS OF CARBON AND NITROGEN IN COASTAL SOILS
THE BARENTS SEA

O.S. Kubik

Federal State Institution of Science, Institute of Biology, Komi Science Center, Ural Branch,
Russian Academy of Sciences

Современный всплеск интереса к исследованию циклов углерода и азота почв экосистем Крайнего Севера вызван наглядными в них изменениями в ответ на глобальное потепление климата: ускоренное таяние льдов, перемещение береговой линии, деградация мерзлоты, резкая интенсификация почвенных процессов [2, 4, 11-13]. На сегодняшний день наименее изученными остаются почвы прибрежной арктической зоны, а в частности – побережья Баренцева моря [1, 5-8].

Неоднозначность факторов педогенеза определяет специфику, уникальность и разнообразие прибрежных почв. Почвы приливно-отливной зоны формируются в гидроаккумулятивных условиях и испытывают наибольшее влияние моря (маршевые почвы) [5, 7, 8]. На более высоких позициях рельефа, не подверженных воздействию морских вод, развиваются почвы с доминированием зональных факторов почвообразования [1, 6, 9].

Целью работы было установить закономерности распределения содержания органических и неорганических форм углерода и азота в прибрежных почвах Хайпудырской губы Баренцева моря.

В качестве объектов исследования выбраны прибрежные маршевые почвы и зональные тундровые. Названия зональных почв даны в соответствии с классификацией и диагностикой почв России [3], маршевых – согласно опубликованной ранее схем с учетом

специфики объекта [7-10]. Химический состав почв определен следующими физико-химическими методами: газовая хроматография (общий углерод ($C_{\text{общ}}$) и азот ($N_{\text{общ}}$) почв), объемно-метрический метод (неорганический углерод ($C_{\text{неорг}}$) почв), фотометрический метод (неорганический азот ($N_{\text{NH}_4^+}$) и ($N_{\text{NO}_3^-}$) почв). Содержание органических форм углерода и азота находили по разности значений общих и неорганических форм. Аналогичные характеристики состава водных вытяжек из этих почв были определены методом высокотемпературного каталитического окисления (органический углерод ($C_{\text{орг}}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$ и азот ($N_{\text{общ}}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$), титриметрическим методом (неорганический углерод ($C_{\text{неорг}}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$), фотометрический метод (неорганический азот ($N_{\text{NH}_4^+}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$ и ($N_{\text{NO}_3^-}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$)).

Различные формы углерода и азота в прибрежных почвах Хайнудырской губы Баренцева моря. В засоленных маршевых почвах, формирующихся в условиях периодического затопления приливными и нагонными морскими водами, содержание $C_{\text{орг}}$ варьирует по горизонтам от 5 до 75, $N_{\text{орг}}$ – от 0.5 до 5 г/кг, $C/N = 10-18$, количество элементов взаимосвязаны уравнением $\omega(N_{\text{орг}}) = 0.07 \cdot \omega(C_{\text{орг}}) + 0.12$ ($r = 0.99$).

В почвах тундровых экосистем, подверженных влиянию моря опосредованно – за счет выпадения морских аэрозолей, содержание $C_{\text{орг}}$ составляет 4-470, $N_{\text{орг}}$ – от 0.3 до 14 г/кг, C/N в поверхностных торфяных горизонтах равно 27-95, с глубиной уменьшается в 3-7 раз, элементы минеральных горизонтов взаимосвязаны уравнением $\omega(N_{\text{орг}}) = 0.04 \cdot \omega(C_{\text{орг}}) + 0.17$ ($r = 0.95$). Надмерзлотная толща (ее твердая и жидкая фазы) характеризуется аккумуляцией элементов (до 1.6 раза) по сравнению с нижележащим мерзлотным горизонтом.

Содержание углерода неорганических соединений в почвах варьирует в пределах 0.4-1.8 г/кг, что соответствует 4-20% от общего содержания элемента. Главными источниками неорганического углерода являются карбонатные отложения, приносимые морем.

Доля азота неорганических соединений почв не превышает 3% общего азотного фонда. Содержание $N_{\text{NH}_4^+}$ в засоленных почвах колеблется в диапазоне 4-18, тундровых – 3-80 мг/кг. Нитратный азот обнаружен в поверхностных горизонтах только маршевых почв в количестве 0.4-4.6 мг/кг.

Различные формы углерода и азота в водных вытяжках из прибрежных почв Хайнудырской губы Баренцева моря. В засоленных маршевых почвах содержание водорастворимого органического углерода ($C_{\text{орг}}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$ варьирует от 0.1 до 0.8, ($N_{\text{орг}}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$ – от 0.01 до 0.05 г/кг, $(C/N)_{\text{H}_2\text{O}} = 7-21$, уравнение взаимосвязи элементов имеет вид $\omega(N_{\text{орг}})_{\text{H}_2\text{O}} = 0.06 \cdot \omega(C_{\text{орг}})_{\text{H}_2\text{O}} + 0.01$ ($r = 0.67$).

В торфяной толще почв тундровых экосистем $\omega(C_{\text{орг}})_{\text{H}_2\text{O}} = 4-10$, $\omega(N_{\text{орг}})_{\text{H}_2\text{O}} \sim 0.2$ г/кг, $(C/N)_{\text{H}_2\text{O}} = 25-56$, взаимосвязь элементов отсутствует. Установлена аккумуляция ($C_{\text{орг}}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$ и ($N_{\text{NH}_4^+}$) $_{\text{H}_2\text{O}}$ в надмерзлотной толще, по сравнению с нижележащим мерзлотным грунтом (в 1.6 и 3 раза соответственно).

Углерод в составе гидрокарбонат-иона присутствует только в водных вытяжках из маршевых почв $\omega(C_{\text{неорг}})_{\text{H}_2\text{O}} = 0.02-0.11$ г/кг, что составляет менее 10% от общего неорганического углерода почв.

Водноэкстрагируемый азот неорганических соединений в маршевых почвах находится в форме NH_4^+ и достигает 12 мг/кг, в органогенных горизонтах торфяных почв – от 27 до 55, в минеральных – до 3 мг/кг. Азот в составе N нитрат-иона находится ниже предела обнаружения в водных вытяжках всех исследуемых почв.

Отношения различных форм элементов в почвах и водных вытяжках из них Хайнудырской губы Баренцева моря. В почвах выражено софракционирование соединений C и N . В органогенных субстратах повышенная растворимость N -органических соединений по сравнению с соответствующими безазотистыми обеспечивает превышение C/N почв над C/N вытяжек. В минеральных горизонтах отмечено обратное соотношение, поскольку водная экстракция N -содержащих соединений ограничена их фиксацией илистой фракцией

почв. В органо-минеральных горизонтах в зависимости от количества и природы соединений N, специфики гранулометрического и минералогического состава возможна разная соотносительность C/N почв и вытяжек.

Таким образом, исследование параметров круговорота углерода и азота в тундровых биогеоценозах арктической зоны может дать ценную информацию о направлении продукционных и деструкционных процессов при возможных климатических изменениях, что позволит проводить сравнительный анализ и определять основные тренды их развития в меняющихся условиях.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН № 18-9-4-13 «Междисциплинарный синтез – ключ к познанию функционирования приморских арктических экосистем России в свете нарастающих угроз современности (на примере Баренцева моря)».

Литература

1. Бахмет О.Н. Особенности почв скальных ландшафтов Карельского побережья Белого моря // Уч. зап. Петрозаводского гос. ун-та. Сер. Сельскохозяйственные науки. 2013. № 6. С. 55–59.
2. Касимов Н. С., Лычагин М. Ю., Крооненберг С. Б. Геохимическая индикация циклических колебаний уровня Каспия // Вестник Моск. ун-та. Сер. География. 2011. № 2. С. 72–77.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Маслов М.Н. Углерод, азот и фосфор микробной биомассы в тундровых почвах северной Фенноскандии // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». 2014. № 2. С. 46–51.
5. Орешникова Н.В., Красильников П.В., Шоба С.А. Маршевые почвы Карельского берега Белого моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер.17, почвоведение. 2012. № 4. С. 13–20.
6. Сидорова В.А., Святова Е.Н., Цейц М.А. Пространственное варьирование свойств маршевых почв и их влияние на растительность (Кандалакшский залив) // Почвоведение. 2015. № 3. С. 259–267. doi: 10.7868/S0032180X15030119
7. Цейц М.А., Добрынин Д.В. Морфогенетическая диагностика и систематика маршевых почв Карельского Беломорья // Почвоведение. 1997. № 4. С. 411–416.
8. Черноусенко Г.И., Орешникова Н.В., Украинцева Н.Г. Засоление почв побережья северных и восточных морей России // Почвоведение. 2001. № 10. С. 1192–1206.
9. Шамрикова Е.В. Денева С.В., Панюков А.Н., Кубик О.С. Свойства почв и характер растительности побережья Хайпудырской губы Баренцева моря // Почвоведение. 2018. № 4. С. 401–412. doi: 10.7868/S0032180X18040020
10. Шляхов С.А. Классификация почв морских побережий. Владивосток, 1996. 35 с.
11. Bai J., Ouyang H., Deng W., Zhu Y., Zhang X., Wang Q. Spatial distribution characteristics of organic matter and total nitrogen of marsh soils in river marginal wet-lands // Geoderma. 2005. V. 124. P. 181–192. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.04.012
12. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change. Geneva, Switzerland. 2007. 18 p.
13. Ríos I., Bouza P. J., Bortolus A., Alvarez M. del P. Soil-geomorphology relationships and landscape evolution in a southwestern Atlantic tidal salt marsh in Patagonia, Argentina // J. South American Earth Sciences. 2018. V. 84. P. 385–398. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.04.015>

Г.А. Плахов, В.А. Иволгина

ЮФУ, г. Ростов-на-Дону,

G.A. Plakhov, V.A. Ivolgina

South Federal University, Rostov-on-Don,

Антропогенно-преобразованные почвы городских территорий долгое время не исследовались, так как основное внимание ученых было направлено на естественные почвы сельскохозяйственных угодий. Между тем почвенный покров является важным фактором, определяющим экологическое состояние городов, а повышенное содержание в почвенном профиле таких опасных поллютантов, как тяжелые металлы, ведет к дестабилизации экологического равновесия, что подчеркивает возрастающую необходимость изучения городских почв [2;4;7].

Ростовская агломерация представляет особый интерес с точки зрения изучения городских почв черноземной зоны на предмет их загрязнения тяжелыми металлами, поскольку большинство ранее проведенных исследований, приурочено к городам, расположенным в лесной зоне: г. Москва [6], Архангельск [5], Мурманск [3].

Объектами исследования являются миграционно-сегрегационные черноземы под древесной и травянистой растительностью, а также экранированные и неэкранированные антропогенно-преобразованные почвы. Почвенные пробы были отобраны из полнопрофильных разрезов, заложенных в селитебных и рекреационных зонах города. Для определения подвижных форм тяжелых металлов в почве в качестве экстрагента использовался ацетатно-аммонийный буфер с $pH=4,8$. Соотношение почва: раствор составляет 1:10. Определение подвижных форм тяжелых металлов проводилось на атомно-адсорбционном спектрометре МГА-915.

В ходе исследования были получены результаты по накоплению и распределению в почвенном профиле свинца, меди и цинка. Выбор данных поллютантов был обусловлен тем, что они находятся в первом и втором классе опасности соответственно. Кроме того, содержание валовых форм свинца и меди в почвах Ростовской агломерации выше фоновых значений, а иногда и ОДК, и являются приоритетными загрязнителями [4].

Аккумуляция свинца характерна, прежде всего, для поверхностных горизонтов, в том числе – горизонтов урбик. Далее по профилю содержание подвижных форм металла снижается, что связано с переходом элемента из подвижного в труднодоступное состояние в зоне карбонатного барьера. Такое распределение может указывать на то, что металл поступает в почву с транспортными выбросами выхлопных газов, либо с атмосферными осадками.

Схожие закономерности наблюдаются и по подвижным формам меди. Максимумы накопления не превышают ПДК (3 мг/кг) и приходятся на горизонты урбик. В естественных же горизонтах максимумы накопления меди так же приходятся на поверхностные горизонты.

Подвижные формы цинка демонстрируют иное поведение. Концентрация металла увеличивается в горизонтах скопления белоглазки. Это свидетельствует о роли карбонатного барьера в накоплении на этих глубинах мигрирующих металлов из верхних горизонтов. Вносит свой вклад и материнская порода, так как часть металлов наследуется почвой из материнской породы, что соответствует литературным данным [8;10].

Профиль городских почв Ростовской агломерации характеризуется весьма неоднородным распределением подвижных форм тяжелых металлов. Тем не менее, приведенные графики отчетливо указывают, что генезис горизонтов урбик сопряжен с

накоплением подвижных форм свинца, меди и цинка. Так же прослеживаются некоторые закономерности миграции вниз по профилю подвижных форм изученных тяжелых металлов, связанные с физико-химическими характеристиками антропогенной и нативной толщи урбостратоземов, что совпадает с полученными ранее данными [1;4;8;9].

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.6222.2017/8.9) «Разработка стратегии, методов и технологий сохранения и рационального использования биологического разнообразия в условиях урбанизированных и природных территорий степной зоны европейской части России» с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП "Высокие технологии" Южного федерального университета

Литература

1. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Морозов И.В., Приваленко В.В. Почвенный покров Ростова-на-Дону // Эколого-географический вестник юга России. 2002. №2. с.104-109.
2. Безуглова О. С., Тагивердиев С. С., Горбов С. Н. Физические характеристики городских почв Ростовской агломерации // Почвоведение. 2018. № 9. с. 1153-1159.
3. Вихман М.И., Кислых Е.Е., Моисеева М.М., Нефедова Е.С. Агрохимическая оценка урбаноземов некоторых городов Мурманской области // Агрохимический вестник. 2008. № 4. с. 17-18.
4. Горбов С.Н. Генезис, классификация и экологическая роль городских почв Европейской части Юга России (на примере Ростовской агломерации) // дис. докт. биол. наук. Москва. 2018. с. 48.
5. Наквасина Е.Н., Пермогорская Ю.М., Попова Л.Ф. Почвы Архангельска. Структурно-функциональные особенности, свойства, экологическая оценка // АГТУ. 2006. с. 122.
5. Прокофьева Т.В., Розанова М.С. Особенности органического вещества антропогенно-трансформированных почв и почвоподобных тел г. Москва // Материалы VI съезда Общества почвоведов им. В.В.Докучаева. Том 1. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2012. с. 410-412.
6. Тагивердиев С.С., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Котик М.В. Дегградация физических свойств почв черноземной зоны в условиях города // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. том 18. №2. с. 226-229.
7. Olga S. Bezuglova, Sergey N. Gorbov, Svetlana A. Tischenko, Alexandra S. Aleksikova, Suleiman S. Tagiverdiev, Aleksey K. Sherstnev, Marina N. Dubinina. Accumulation and migration of heavy metals in soils of the Rostov region, south of Russia // Journal of Soils and Sediments. 2016. p. 1203-1213.
8. Gorbov S.N., Bezuglova O.S., Abrosimov K.N., Skvortsova E.B., Tagiverdiev S.S., Morozov I.V. Physical Properties of Soils in Rostov Agglomeration // Eurasian Soil Science, 2016, Vol. 49, No. 8, pp. 898–907. ISSN 1064-2293.
9. Nevedrov N. P., Protsenko E. P., Glebova I. V. The Relationship between Bulk and Mobile Forms of Heavy Metals in Soils of Kursk // Eurasian Soil Science, 2018. Volume 51, Issue 1. – P. 112-119

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ БЕЛОРЕЦКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Н.С Родионова, Г.А. Ягафарова

«Сибайский институт (филиал) Башкирского Государственного Университета», Сибай

CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS OF BELORETSK DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

N.S. Rodionova, G. A. Yagafarova

«Sibay Institute of Bashkir State University», Sibay

На территории Белорецкого района Республики Башкортостан (РБ) находятся основные запасы железных руд, месторождения свинцово-цинковых, хромовых и марганцевых руд. ОАО «Белорецкий металлургический комбинат» (БМК) является единственным в республике предприятием отрасли черной металлургии, производящим две трети российского объема стальной и легированной проволоки, стальных тросов и холоднокатаной ленты.

Основной вклад в загрязнение атмосферы Белорецка, возможно, вносит названный металлургический комбинат, причем выбросы рассеиваются в направлении господствующих ветров.

Объектами наших исследований послужили почвы Белорецкого района. Образцы почв отбирали методом «конверта» из верхнего слоя, тщательно перемешивали и методом квартования готовили среднюю пробу для анализа [4].

В почвенных образцах определяли валовое и подвижное содержание меди, цинка, железа и никеля согласно международным стандартным методам в центральной лаборатории СФ АО «УГОК» Республики Башкортостан г. Сибай.

Для определения степени загрязнения почв тяжелыми металлами использовали предельно допустимую концентрацию (ПДК) химических веществ по их валовым и подвижным формам и величину почвенного кларка для железа.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов валовой формы (мг/кг) в почвах Белорецкого района Республики Башкортостан

ТМ	Точки отбора					ПДК	Кларк
	I	II	III	IV	V		
Cu	121	85	75	86	69	55	
Fe	20423	19408	15788	17413	13880		47000
Zn	803	1103	911	1003	1098	100	
Ni	9	26	16	28	19	85	

Содержание валовой формы меди в почвах Белорецкого района колеблется от 69 мг/кг до 121 мг/кг. Наибольшее количество данного элемента в почве наблюдалось на пробной площадке № 1 в 5 км от населенного пункта с. Тирлянский, где концентрация меди превышает ПДК примерно в 2,2 раза, а наименьшее – на территории бывшего металлургического завода с. Тирлянский. Превышение ПДК по валовому содержанию Cu отмечено во всех пробных площадках (табл. 1). В.Н Майстеренко (2000г) утверждает, что около 75 % поступающей в почву меди имеет антропогенное происхождение [1]. Возможно, и на наших точках отбора, превышение данного элемента связано с антропогенной нагрузкой на ландшафт.

Концентрация валовой формы железа в почвах района достаточно высокое и варьирует в пределах 13880 – 20423 мг/кг. Среднее значение железа составляет 17383 мг/кг, что ниже кларкового значения (табл. 1).

Содержание валовой формы цинка в почвах Белорецкого района лежит в диапазоне от 803 мг/кг до 1103 мг/кг. Как видно из таблицы 1, что во всех точках отбора наблюдается

превышение ПДК элемента. Особенно отличается пробная площадка № 2, которая находилась вблизи Белорецкого металлургического комбината. На данном участке наблюдается максимальный уровень цинка, равный 11,03 ПДК. Региональный фон для валовых форм цинка установлен 223 мг/кг. Во всех точках исследования наблюдается превышение РГФ в 3,6 - 4,9 раза. Содержание цинка в почвах определяется наличием этого элемента в почвообразующих породах. Повышение содержания цинка в почве тесно связано с увеличением органического вещества в ней, что говорит о биологической аккумуляции данного элемента [2]. Результаты исследований свидетельствуют о загрязненности почв данным металлом.

Как видно из таблицы 1, во всех точках отбора не наблюдается превышение никеля по ПДК. Необходимо отметить, что его содержание варьирует от 9 мг/кг до до 28 мг/кг. Самая наибольшая концентрация Ni выявлено в точке отбора № 4, которая расположена вблизи Пугачевского карьера с. Ломовка. Как указывают литературные данные, одним из основных источников антропогенного поступления в почву никеля является цветная и черная металлургия [3].

По степени загрязнения почв валовые формы изученных металлов образуют ряд: цинк > медь. Из изученных металлов железо и никель не загрязняют почвенный покров Белорецкого района РБ.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов подвижной формы (мг/кг) в почвах Белорецкого района Республики Башкортостан

ТМ	Точки отбора					ПДК	Кларк
	I	II	III	IV	V		
Cu	9	7	6	5	3	3	
Fe	801	554	1308	1520	1585		47000
Zn	138	151	99	113	175	23	
Ni	2	3	4	6	4	4	

Концентрация подвижной формы меди в почвах Белорецкого района варьирует в пределах от 3 мг/кг до 9 мг/кг. Во всех исследуемых точках отбора наблюдается превышение ПДК в 2 - 3 раза, исключением является точка № 5, где данный показатель оставался в пределах нормы. Максимальное содержание Cu было выявлено в точке №1, где концентрация меди превышает ПДК в 3 раза (табл. 2).

Анализ данных показал, что содержание подвижных форм Fe в почвах исследуемого объекта незначительно и находится в диапазоне 801 -1585 мг/кг. Следует отметить, что количество железа ниже кларкового значения в 29,6 - 58,6 раза. Максимальное содержание подвижной формы железа (1585 мг/кг) наблюдается в точке отбора № 5. Это видимо, объясняется тем, что данная территория находится на месте старого, нефункционирующего листопрокатного (железоделательного) завода, а минимальное – в точке отбора № 1 (табл. 2).

Содержание подвижной формы цинка в почвах Белорецкого района изменяется в широком диапазоне от 99 до 175 мг/кг, составляя в среднем 135,2 мг/кг. В результате проведенных исследований установлено о высоком содержании Zn во всех точках отбора, где превышение ПДК составляет от 4,3 до 7,6 раза (табл. 2).

В точках отбора № 1, 2 концентрация никеля находилась ниже уровня предельно допустимых концентраций, а на участках № 3 и 5 - в пределах нормы, исключением является точка отбора № 4 (вблизи Пугачевского карьера с. Ломовка), где наблюдается превышение ПДК в 1,5 раза.

Результатами установлено максимальное содержание валовых форм меди, железа, цинка и никеля: 121; 20423; 1103; 28 мг/кг, подвижных форм составило 9,0; 15,85; 175; 6 мг/кг соответственно.

Таким образом, нами установлено, что основными загрязнителями почвы Белорецкого района являются медь и цинк. Возможно, это связано с промышленными предприятиями, находящиеся в Белорецком районе (БМК, ООО «Пугачевский карьер»).

Литература

1. Арустамов Э. А. и др. Природопользование: Учебник. - 7 -е изд. перераб. и доп. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2005.- 261 с.
2. Катыльков М.В. Микроэлементы и микроудобрения. – М.: Издательство Химия, 1965. – 332 с.
3. Лукин С.В. Мониторинг содержания никеля в почвах, 2011.
4. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами: Нормативные материалы. – М., 1993. -30 с.

УДК 631.41

СОДЕРЖАНИЕ И ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ РОСТОВА-НА-ДОНУ

П.Н. Скрипников, С.Н. Горбов, О.С. Безуглова
ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

Антропогенная трансформация городской среды, направленная на оптимизацию условий проживания городского населения, накладывает достаточно сильный отпечаток на почвенный покров, как следствие городские почвы заняли особую классификационную нишу в классификации почв России. Это послужило мощным толчком к их изучению учеными-почвоведом, которые еще несколько десятилетий назад оставляли почвы города без должного внимания [2].

Изучение органического вещества почв городских территорий обусловлен рядом его специфических свойств, а также выполняемых им экологических функций и задач. В частности, водорастворимое органическое вещество почв представляет собой наиболее динамичную и наименее стабильную составную часть гумуса. Оно принимает непосредственное участие, как в ведущих почвенных процессах, так и в формировании эффективного плодородия почвы. Входящие в его состав компоненты участвуют в создании водопрочной структуры, проявляют физиологическую активность, служат непосредственным источником элементов питания для растений и энергетическим материалом для микроорганизмов [4].

Если говорить об органическом веществе в целом, то его содержание в почвах города варьирует в широких пределах. Некоторые факторы городской среды способствуют как увеличению (загрязнение почв ПАУ и другими углеродсодержащими поллютантами), так и уменьшению его содержания (нарушение генетической связи между растительностью и погребенной почвой; снижение микробиологической активности почв, ввиду их переуплотнения; эрозийные процессы) [1, 2]. Многолетние исследования почв лесопарковых зон Ростовской агломерации позволили прийти к выводу об увеличении содержания органического углерода в почвах под древесной растительностью в силу изменения условий микроклимата и связанного с ним более продолжительного периода вегетации травянистой растительности, а также наличия дополнительного источника углерода в виде опавшей листвы [3, 5].

В данной работе рассмотрено содержание и профильное распределение водорастворимого ОВ городских почв. Метод основан на холодной и горячей экстракции растворимого и легко растворимого ОВ соответственно. Почвенную суспензию, приготовленную в соотношении почва : вода = 1 : 10, встряхивают в течение 30 мин при комнатной температуре. Далее суспензию центрифугируют в течение 20 минут на скорости 3500 об/мин и фильтруют надосадочный раствор, в котором в дальнейшем определяется

концентрация растворимого ОБ на анализаторе углерода TOC-L CPN Shimadzu. К оставшейся почве вновь приливают то же количество воды и нагревают на водяной бане при 80°C в течение 16 часов. После охлаждения образец около 10 сек. встряхивают вручную, центрифугируют и, отфильтровав надосадочный раствор, измеряют концентрацию легкорастворимого ОБ [6].

Большую роль при формировании генезиса и физико-химических свойств городских почв играет принадлежность почвы к определенной функциональной зоне города [7], отсюда разная степень антропогенной преобразованности почвенного профиля. В результате длительных изысканий и большого массива исследованных объектов внутри Ростовской агломерации были выделены 2 обширные группы почв в зависимости от уровня трансформации их морфологических признаков:

- Естественные почвы – черноземы обыкновенные (мицеллярно-карбонатные);
- Антропогенно-преобразованные почвы – урбостратоземы и урби-стратифицированные черноземы [3].

В данной работе мы рассмотрим результаты исследования наиболее типичных представителей, указанных выше групп, где:

1601, 1607 и 1609 – черноземы миграционно-сегрегационные;

1501 и 1604 – урбостратоземы на погребенных черноземах миграционно-сегрегационных;

1503 – чернозем урби-стратифицированный (реплантозем) скальпированный.

Содержание водорастворимого ОБ, полученного суммированием холодной и горячей экстракцией, в естественных почвах с глубиной постепенно уменьшается, в целом, повторяя профильную динамику содержания органического углерода (рис. 1). Поверхностные горизонты разрезов 1601 и 1607 имеют наибольшее содержание водорастворимого ОБ. Данные разрезы были заложены на территории лесопарка и целинного участка с большим количеством ежегодно отмирающей растительности. Можно сделать вывод, что пул водорастворимого органического вещества прямо пропорционально зависит от запасов поступающих растительных остатков.

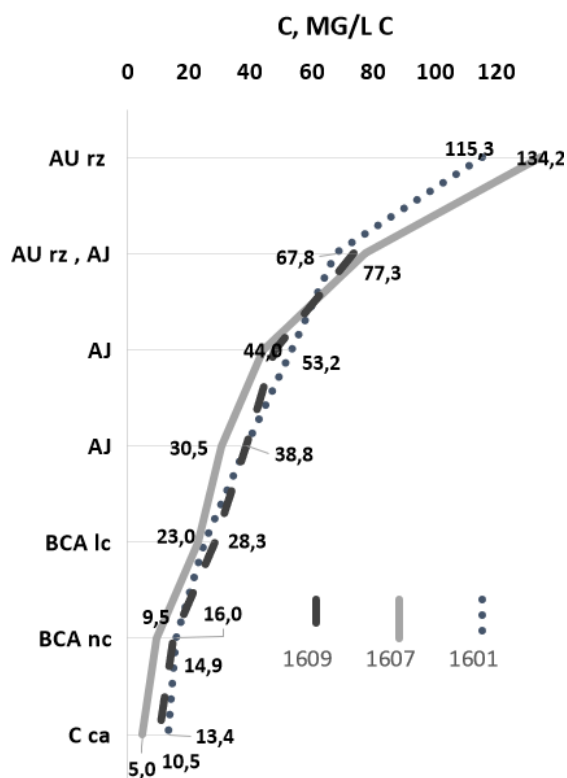


Рисунок 1 Содержание водорастворимого ОБ в естественных почвах Ростовской агломерации

Для антропогенно-преобразованных почв профильное распределение водорастворимого ОВ, указывает на своеобразную двучленность профиля. Верхние, трансформированные горизонты урбик демонстрируют отсутствие каких-либо закономерностей в его распределении. Если рассмотреть погребенные горизонты таких почв, то мы можем увидеть фактически те же профильные тенденции и те же абсолютные величины содержания органического углерода, что и в рассмотренных ранее естественных почвах (рис. 2).

Несмотря на высокое содержание гумуса в естественных почвах (5-7 %) большая его часть прочно связана с ионами кальция, как следствие, водорастворимое ОВ имеет значения, не превышающие 0,14 % от почвы в целом, или 4 % в пересчете на органический углерод. Для урбиковых горизонтов антропогенно-преобразованных почв эти значения на порядок ниже и составляют 0,04 % к почве или около 2 % в пересчете на С орг.

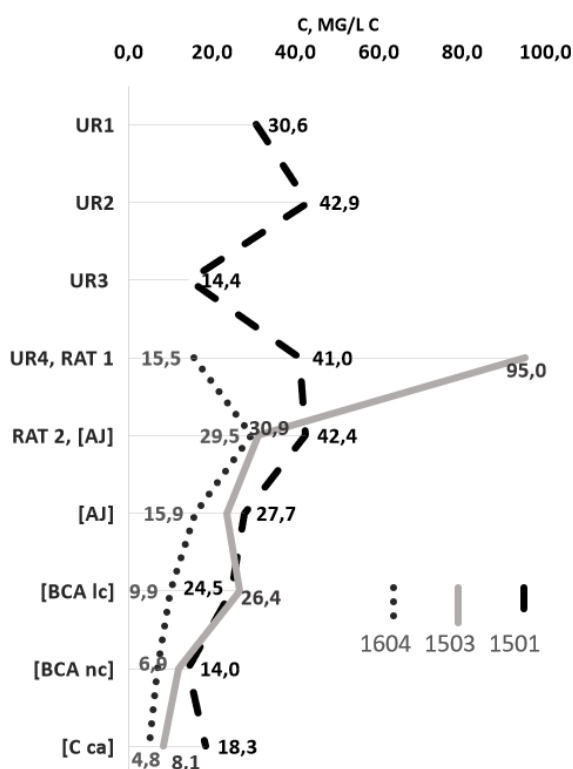


Рисунок 2 Содержание водорастворимого ОВ в антропогенно-преобразованных почвах Ростовской агломерации

Исследование выполнено в рамках Инициативного научного проекта базовой части государственного задания Минобрнауки России (шифр 6.6222.2017/8.9) и при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-3464.2018.11) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» Южного федерального университета.

Литература

1. Водяницкий Ю.Н. Органическое вещество в городских почвах (обзор литературы) / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение, 2015. № 8. с. 921–931
2. Горбов С.Н. Генезис, классификация и экологическая роль городских почв Европейской части Юга России (на примере Ростовской агломерации). Дис. ... докт. биол. н. Москва. 2018. 488 с.
3. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону // Почвоведение, 2014. – № 8, с. 953-962.

4. Мамонтов В. Г., Моргунов А. В., Бруевич О. М. Влияние С. -Х. Использования на состав и свойства водорастворимого органического вещества дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. – 2008. №3. – С. 24 – 32.

5. Скрипников П.Н., Горбов С.Н., Безуглова О.С. Димитрова Н.А. Содержание органического вещества в почвах Ростова-на-Дону под древесной растительностью // Современное состояние черноземов: Материалы международной научной конференции. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2018. – С. 294–297.

6. Gregorich, E.G., M.H. Beareb, U. Stoklasa, P. St-Georges (2003). Biodegradability of soluble organic matter in maize-cropped soils. Geoderma. 113, 237–252.

УДК 631.41

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ВАЛОВЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СТРУКТУРНЫХ ФРАКЦИЯХ УРБОСТРАТОЗЕМОВ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ
С.С. Тагивердиев, О.С. Безуглова, С.Н. Горбов, А.К. Шерстнев, В.С. Титаренко

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

ANALYSIS OF THE CONTENT OF TOTAL FORMS OF HEAVY METALS IN DIFFERENT URBOSOILS STRUCTURAL FRACTIONS OF ROSTOV-ON-DON.

S.S. Tagiverdiev, O.S. Bezuglova, S.N. Gorbov, A.K. Sherstnev, V.S. Titarenko
Southern Federal University, Rostov-on-Don, 2s-t@mail.ru

Важным направлением современного почвоведения стало изучение городских почв. В первую очередь это связано с глобальной урбанизацией и пониманием того, что от «здоровья почвы» зависит здоровье людей, проживающих в городах [3—5].

Однако современное урбопочвоведение сталкивается с рядом проблем. Нередко урботолща либо изучается как набор отдельных горизонтов, либо вовсе не учитывается, и исследователи ограничиваются анализом поверхностного слоя урбик, не заглядывая глубже. Обусловлено это тем, что антропогенное воздействие разнообразно по своей природе в каждый конкретный отрезок времени формирования урбопрофиля. В связи с этим он может быть очень разнообразным, даже в пределах одного разреза. И единых подходов к этому разнообразию нет, весьма сложно горизонты разделить на группы для их статистического обобщения. Нами было предложено деление на легкие и тяжелые горизонты по соотношению групп физического песка и физической глины, что позволило выявить некоторые закономерности при изучении физических свойств почв [1]. Но насколько универсален такой подход, применим ли он при изучении химических свойств почв, еще предстоит изучить. Имеются также проблемы методического характера [3].

Структура почвы играет важную роль в поддержании экологического равновесия. Ее параметры (форма структурных отдельностей, их размеры, механическая прочность и водоустойчивость) определяют физическую возможность микроорганизмов, корневых систем растений использовать элементы питания, вовлекая их в биогеохимические циклы. В результате биогенеза происходит также формирование структуры и частичное закрепление токсических элементов и веществ [3, 4]. Таким образом, структура почв отражает экологическое состояние биогеоценоза и одновременно формирует его. Наше исследование строится на предположении того, что структурные фракции имеют различный валовой состав, и в целом могут иметь различную буферность. В связи с этим цель исследования - изучить распределение валовых форм элементов по отдельным структурным фракциям.

Исследовали экранированный урбостратозем на погребенном черноземе миграционно-сегрегационном на лессовидном суглинке. Разрез заложен в центральной части города Ростова-на-Дону и имеет следующий профиль: UR1 (5-50) – UR2 (50-70) – UR3 (70-88) – UR4 (88-100) – [AJ ur] (100-140) – [AJ] (140-170) – [BCA] (170-200) – [BCA lc] (200-230) – [C] (230-250). В воздушно-сухих образцах почвы определяли структурное

состояние по Савинову [2]. После сухого просеивания отбирали фракции < 0.25; 1-2; 3-5; 5-7; > 10 мм. Выбор именно этих фракций связан с особенностями агрегирования черноземов, для которых характерна комковато-зернистая структура агрономически ценной размерности, а преобладание агрегатов < 0.25; 5-7 мм, чаще всего, является следствием урбопедогенеза. Затем проводили специальную пробоподготовку и анализировали валовой состав на спектроскане МАКС-GV.

В качестве подхода к изучению урбогоризонтов использовали упоминавшийся выше приём [1], суть которого сводится к разделению горизонтов урбик на тяжелые и легкие в соответствии с содержанием физического песка. Так в нативных городских почвах, черноземах миграционно-сегрегационных, содержится до 60% физического песка, поэтому горизонты UR с содержанием физического песка от 0-60 % имеют генетическую связь с нативной почвой и условно названы нами тяжелыми «URт». Легкие горизонты урбик «URл» содержат от 60 до 100% физического песка.

В целом нужно отметить, что распределение тяжелых металлов по фракциям происходит довольно равномерно, изменения находятся в пределах ошибки. Однако в загрязненных горизонтах происходит достоверное концентрирование элементов в отдельных фракциях (таблица 1). Так горизонт UR3 л выбивается из общей картины. Обнаружено достоверное концентрирование Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb во фракции < 0.25 мм, в остальных фракциях изменение содержания элементов не превышают ошибку определения, но в целом можно отметить наличие обратной корреляции.

Рассматривая распределение по структурным фракциям тяжелых металлов в горизонтах с низкой степенью загрязненности, можно отметить следующие закономерности. Во всех горизонтах обнаружена обратная корреляция распределения валового цинка с размерностью фракций (таблица 1), т.е. чем мельче агрегаты, тем больше в них содержание цинка. Распределение меди по фракциям происходит нелинейно, наблюдается концентрация этого металла во фракциях 3-5 и 5-7 мм. Для свинца характерна аккумуляция в еще более крупных агрегатах. Возможно, это объясняется адсорбцией свинца на слаборазложившихся остатках (клетчатке) корней в крупных и средних порах структурной фракции > 10 мм.

Таблица 1. Коэффициент корреляции между валовым содержанием элемента и размерностью структурной фракции

Горизонт, глубина, см	Zn	Pb	As	Cu	Ni	Co	Sr	Cr	V
UR1 л 5-50	-0,6	-0,3	-0,2	0,5	0,5	-0,2	0,7	-0,1	0,4
UR2 л 50-70	-0,7	0,9	0,9	0,4	0,4	0,4	0,7	-0,1	0,7
UR3 л 70-88	-0,8	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,9	-0,3
UR4 т 88-100	-0,7	0,8	0,8	0,1	0,1	0,4	-0,3	0,2	0,5
[AJ ur] 100-140	-0,7	0,8	0,8	0,5	0,5	0,4	0,2	0,5	0,6
[AJ] 140-170	-0,9	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	-0,9	-0,8	0,6

Распределение мышьяка по структурным фракциям похоже на распределение свинца, а никеля на распределение меди. Анализ распределения кобальта по фракциям в профиле почвы, показал, что антропогенный фактор вносит хаотичность. Чаще кобальт накапливается во фракциях 1-2; 3-5; 5-7 мм. Распределение стронция также хаотично, минимумы содержания чаще приурочены к фракциям 1-2; 3-5 мм, максимумы – в верхней части профиля концентрируются в крупных фракциях, в нижней части профиля – в мелких. Минимальное содержание ванадия приурочено к фракции < 0.25 мм, максимальные значения характерны для фракций 5-7; > 10 мм.

Содержание макроэлементов в структурных фракциях также подчиняется некоторым закономерностям. Картина распределения по фракциям оксидов калия, магния, титана и марганца примерно похожа: в легких урбогоризонтах минимальное содержание этих металлов приурочено к фракции < 0.25 мм.

Содержание Fe₂O₃ минимально во фракциях < 0.25 мм, в более крупных агрегатах наблюдается повышение содержания оксидов железа, максимумы в основном приурочены к фракциям 1-2; 3-5 мм, горизонт UR3л – исключение. Чаще всего минимумы содержания Al₂O₃ также приурочены к фракции < 0.25 мм, во всех горизонтах кроме [AJ]. Также видна прямая корреляция между содержанием данного металла и размером структурной фракции.

Таблица 2. Коэффициент корреляции между валовым содержанием оксидов и размерностью структурной фракции

Горизонт, глубина, см	K ₂ O	MgO	TiO ₂	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅
UR1 л 5-50	0,7	0,9	0,6	0,4	0,7	0,4	0,6	-0,3	-0,6
UR2 л 50-70	0,7	0,7	0,6	0,6	0,3	0,7	0,7	0,6	0,3
UR3 л 70-88	0,9	0,8	0,8	0,0	0,7	-0,6	0,9	0,8	-0,7
UR4 т 88-100	0,5	0,9	0,5	0,3	-0,4	0,4	0,5	-0,6	-0,6
[AJ ur] 100-140	0,4	0,9	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,3	0,5
[AJ] 140-170	0,5	0,0	0,1	0,6	0,1	0,3	-0,4	-0,8	0,6

Таким образом можно сделать выводы:

1. Содержание большинства элементов в структурных фракциях незагрязненных почв характеризуется равномерностью и мало меняется от фракции к фракции. Достоверные различия в содержании тяжелых металлов между структурными фракциями не обнаружены, так как различия не превышают ошибку определения.

2. Чаще всего в незагрязненных почвах минимальные значения приурочены к фракции < 0.25 мм, а в горизонтах с сильным загрязнением, наоборот, в этой фракции наблюдается концентрирование металлов. Таким образом структурная фракция < 0.25 мм в наибольшей степени проявляет буферные свойства по отношению к металлам.

3. Цинк для Ростова-на-Дону является приоритетным загрязнителем. Его распределение по структурным фракциям характеризуется наличием явной обратной корреляции, на которую не влияет степень загрязнения: чем мельче агрегаты, тем больше в них содержание цинка.

4. Имеются группы элементов (свинец и мышьяк; медь и никель; оксиды калия, магния, титана и марганца), распределение которых по структурным фракциям схоже.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.6222.2017/8.9) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП "Высокие технологии" Южного федерального университета.

Литература

1. Безуглова О. С., Тагивердиев С. С., Горбов С. Н. Физические характеристики городских почв Ростовской агломерации // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1153-1159.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. Горбов С.Н., Безуглова О.С., Абросимов К.Н., Скворцова Е.Б., Тагивердиев С.С., Морозов И.В. Физические свойства почв Ростовской агломерации // Почвоведение, 2016, № 8, с. 964–974.

4. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 261 с.

5. Тагивердиев С.С., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Котик М.В. Деградация физических свойств почв черноземной зоны в условиях города // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 18, №2, 2016, с. 226-229.

УДК 631.4

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ» В ЗОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ
ОТВАЛОВ КАРЬЕРОВ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В
УЧАЛИНСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Г.В. Цуркан, И. Н. Семенова

«Сибайский институт (филиал) Башкирского Государственного Университета», Сибай
HEAVY METALS IN THE "SOIL-PLANT" SYSTEM IN THE PLACEMENT ZONE OF
COPPER QUARRY DEPOSITS IN THE UCHALIN DISTRICT OF THE REPUBLIC OF
BASHKORTOSTAN

G.V. Tsurkan, I. N. Semenova

Sibay Institute of Bashkir State University, Sibay

В горнодобывающей промышленности добыча полезных ископаемых открытым способом является наиболее эффективной, однако в результате рассеивания рудогенных элементов формируются полиэлементные техногенные аномалии, охватывающие все компоненты биосферы [1]. Попадая на поверхность почвы, техногенно рассеянные металлы включаются в процесс почвообразования, поглощаются растениями и поступают в пищевые цепи, создавая при этом серьезную опасность для здоровья населения [3].

Изучение экологического состояния пахотных почв в условиях Зауралья Республики Башкортостан (РБ) весьма актуально, так как для региона характерны большие площади сельскохозяйственных земель, некоторые из которых находятся в зоне загрязнения выбросами промышленных предприятий. Для получения экологически безопасной продукции необходимо иметь достоверные данные о концентрации тяжелых металлов (ТМ) в почвах, которые могут накапливаться в растениях, а затем по трофическим цепям поступать в организм животных и человека.

В связи с этим **целью** исследования было изучить содержание кадмия в органах овса посевного *Avena sativa* L. в условиях техногенно загрязненных пахотных почв.

Исследования проводились на пахотных угодьях д. Абзаково Учалинского района в условиях Зауралья Республики Башкортостан. Учалинский район расположен в восточной части Республики Башкортостан, на севере башкирского Зауралья. Граничит на северо-западе и северо-востоке с Челябинской областью, на западе с Белорецким и на юге с Абзелиловским районами РБ. Образован 30 августа 1930 г. в составе Тунгатаровской, Кубеляк-Телевской и Учалинской волостей Тамьян-Катайского кантона с административным центром в с. Учалы. С 1 февраля 1963 г. по 13 января 1965 г. входил в состав Белорецкого сельского районов. Площадь района 455300 га. Территория вытянута в субмеридиональном направлении, протяженность с юго-запада на северо-восток составляет 138 км, с запада на восток 57 км. Общая протяженность границ примерно 430 км. Административным центром является г. Учалы, находящийся в 376 км юго-восточнее г. Уфы и в 10 км южнее одноименной железнодорожной станции. Город основан в связи со строительством Учалинского горно-обогатительного комбината (1955 г.) на месте слияния н. п. Мало-Учалинский и Новые Учалы. В районе находится 1 городской и 87 сельских населенных пунктов, расположенных на территории 23 сельских муниципальных образований.

Полевые исследования носили характер экспедиционных работ и были проведены в летний период 2019 г. Пробные площадки были отобраны на пахотных полях, засеянных *Avena sativa* L.

Почвенные образцы отбирались из слоя 0–10 см методом «конверта». Транспортировка и хранение пробных образцов проведены в соответствии с общепринятой методикой отбора по ГОСТ17.4.3.01–83. Содержание Cd (валовое и подвижные формы, извлекаемые из почвы аммонийно-ацетатным буфером при pH 4,8.) определялись методом атомной абсорбции. При оценке степени загрязнения почв Cd использовали общепринятые в экологии значения предельно допустимых концентраций (ПДК) и регионального геохимического фона (РГФ) [2].

Концентрация валовых форм Cd на изучаемых участках пашни изменялась в пределах от 4,75 до 7,75 мг/кг, его содержание во всех почвенных образцах превышало значение ПДК и РГФ. Содержание подвижных форм Cd в исследуемых почвах варьировало от 0,95 до 1,5 мг/кг, что также значительно выше уровня РГФ.

Таблица 1. Содержание в почве кадмия, мг/кг

Пробные площадки	Валовая форма	Подвижная форма
1	4,75	0,95
2	7,75	1,35
3	5,25	1,45
ПДК	2,0	0,22
РГФ	0,15	

В проведенных исследованиях повышенное содержание кадмия относительно МДУ (0,6 мг/кг) выявлено во всех органах овса на всех пробных площадках (рис.1.) В особенности высокие показатели (выше 2,0 мг/кг) выявлены в листьях и в соломе.

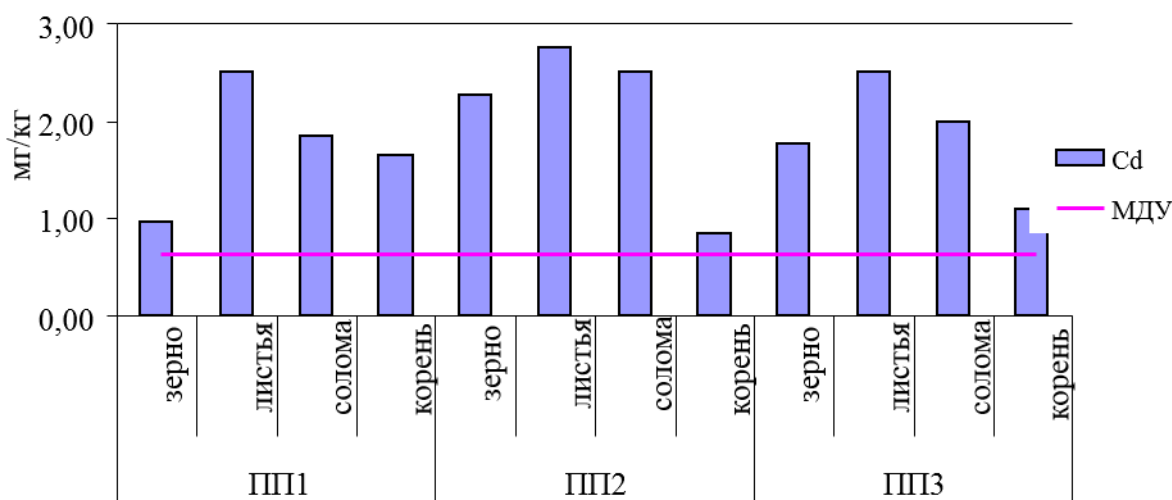


Рисунок 1. Содержание Cd в органах овса посевного

Таким образом, содержание кадмия (Cd) в различных органах овса посевного *Avena sativa* L., возделываемых на пахотных почвах д. Абзаково Учалинского района превышают допустимые уровни.

В связи с полученными данными в ходе работы были сделаны следующие выводы:

1. Изучение содержания ТМ в пахотных почвах д. Абзаково Учалинского района Республики Башкортостан выявило повышенные концентрации подвижных и валовых форм кадмия.

2. Содержание тяжелых металлов в различных органах овса посевного *Avena sativa*

Л. превышает допустимые уровни.

Литература

1. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1991. 151 с.
2. Опекунова А.Ю., Опекунов М.Г. Геохимия техногенеза в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения // Записки Горного института. - Т.203. - Санкт-Петербург, 2013. - С. 196-204.
3. Хазиев Ф.Х., Багаутдинов Ф.Я., Сахабутдинова А.З. Экотоксиканты в почвах Башкортостана. - Уфа: Гилем, 2000. - 61с.

УДК 504.53.052 (470.324)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВГУ ИМ. ПРОФ. Б.М. КОЗО-ПОЛЯНСКОГО КАНАЛИЗАЦИОННЫМИ СТОКАМИ

О.О. Шаповалова

Воронежский государственный университет, Воронеж

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC DAMAGE FROM SOIL POLLUTION OF THE BOTANICAL GARDEN OF VSU. PROF. B.M. KOZO-POLYANSKY DRAINAGE

O.O. Shapovalova

Voronezh State University, Voronezh

На территории Ботанического сада ВГУ весной 2017 года произошла экологическая катастрофа. Из канализационной насосной станции, расположенной чуть выше территории Ботанического сада ВГУ им. проф. Б.М. Козо-Полянского, с 5 апреля 2017 года регулярно происходил сброс хозяйственно-фекальных сточных вод. В общей сумме загрязнению подверглось порядка 5 га территории. Данная ситуация не могла не сказаться на почвенном покрове Ботанического сада.

Целью работы является расчет эколого-экономического ущерба от загрязнений почв Ботанического сада ВГУ им. проф. Б.М. Козо-Полянского канализационными стоками ЖК «Ботанический сад».

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. исследовать физико-химические свойства почвы Ботанического сада ВГУ в зоне загрязнения канализационными водами;
2. исследовать химические свойства чернозема выщелоченного, расположенного в зоне загрязнения канализационными стоками;
3. определить каталазную активность почвы в зоне загрязнения канализационными стоками;
4. произвести расчет эколого-экономического ущерба от загрязнения почв Ботанического сада ВГУ им. проф. Козо-Полянского.

Объектом исследования является чернозем выщелоченный малогумусный слабосмытый среднесуглинистый. Образцы были отобраны в 2 периода: 1) май 2017 г.; 2) июль 2017 г.

В почвенных образцах определялись основные химические свойства по общепринятым методикам.

Во всех отобранных образцах были определены: содержание гумуса методом Тюрина в модификации Симакова; актуальная кислотность; обменная кислотность; содержание азота легкогидролизуемых соединений в щелочной вытяжке по методу Корнфилда; содержание обменных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}) комплексометрическим методом в некарбонатных почвах методом Гедройца; гидrolитическая кислотность

методом Каппена; содержание подвижного фосфора в вытяжке Чирикова; содержание обменного калия методом пламенной фотометрии в вытяжке Чирикова; каталазная активность титрометрическим методом Джонсона и Темпле; фосфатазная активность методом А.Ш. Галстяна и Э.А. Арутюняна. [1, 2, 3]

Проанализировав полученные результаты исследований, было отмечено, что за указанный период времени (май-июль 2017 г.) в исследуемой почве изменились следующие показатели: азот легкогидролизующих соединений, легкорастворимый фосфор, обменный калий, каталазная активность.

Содержание легкогидролизующего азота в исследуемой почве представлено в таблице 1. По сравнению с маем 2017 года в июле существенное изменение содержания легкогидролизующего азота наблюдалось: в точке 1 на глубине 0-20 см - увеличилось на 67%, что составило 1,12 мг/100 г почвы, в точке 4 на глубине 0-20 см – увеличилось на 56%, что составило 1,64 мг/100 г почвы, в точке 6 на глубине 0-20 см – уменьшилось на 62%, что составило 1,36 мг/100 г почвы.

Таблица 1. Содержание легкогидролизующего азота в исследуемой почве в мае и июле 2017 г.

Название почвы	№ прикопки	Глубина взятия образца, см	Легкогидролизующий азот, мг/100 г почвы	
			Май 2017 г.	Июль 2017 г.
Чернозем выщелоченный малогумусный слабосмытый среднесуглинистый	1 (10 м от источника загрязнения)	0-20	1,68	2,80
		20-40	2,10	2,52
	2 (15 м от источника загрязнения)	0-20	2,24	2,66
		20-40	3,50	2,94
	3 (20 м от источника загрязнения)	0-20	2,31	2,32
		20-40	2,38	2,10
	4 (5 м от источника загрязнения)	0-20	2,10	3,74
		20-40	2,03	2,59
	5 (15 м от источника загрязнения)	0-20	3,42	3,85
		20-40	2,32	2,03
	6 (186 м от источника загрязнения)	0-20	3,60	2,24
		20-40	2,45	2,35

Содержание легкорастворимого фосфора исследуемой почве приведены в таблице 2. Сравнив полученные данные, было отмечено, что в точке 4 на глубине 0-20 см содержание фосфора увеличилось на 29 %, что составило 1,8 мг/100 г почвы.

Таблица 2. Содержание легкорастворимого фосфора в исследуемой почве в мае и июле 2017 г.

Название почвы	Номер прикопки	Глубина взятия образца, см	P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	
			Май 2017 г.	Июль 2017 г.
Чернозем выщелоченный малогумусный	1 (10 м от источника загрязнения)	0-20	6,8	6,6
		20-40	8,2	7,0
	2 (15 м от источника загрязнения)	0-20	6,9	7,5
		20-40	5,7	6,3

слабосмытый среднесуглини стый	3 (20 м от источника загрязнения)	0-20	6,7	7,7
		20-40	5,9	5,9
	4 (5 м от источника загрязнения)	0-20	6,3	8,1
		20-40	7,2	6,9
	5 (15 м от источника загрязнения)	0-20	6,5	5,8
		20-40	6,5	7,1
6 (186 м от источника загрязнения)	0-20	8,1	7,5	
	20-40	6,4	6,6	

Содержание обменного калия в исследуемой почве представлено в таблице 3. В точке 1 на глубине 0-20 см наблюдалось увеличение обменного калия на 11%, что составило 1,8 мг/100 г почвы, также в точке 4 на глубине 0-20 см содержание калия увеличилось на 9%, что составило 1,5 мг/100 г почвы.

Таблица 3. Содержание обменного калия в исследуемой почве в мае и июле 2017 г.

Название почвы	Номер прикопки	Глубина взятия образца, см	K ₂ O, мг/100 г почвы	
			Май 2017 г.	Июль 2017 г.
Чернозем выщелоченный малогумусный слабосмытый среднесуглинист ый	1 (10 м от источника загрязнения)	0-20	16,3	18,1
		20-40	16,2	15,8
	2 (15 м от источника загрязнения)	0-20	17,9	17,1
		20-40	16,0	17,3
	3 (20 м от источника загрязнения)	0-20	18,9	16,7
		20-40	18,2	18,3
	4 (5 м от источника загрязнения)	0-20	15,9	17,4
		20-40	17,4	18,5
	5 (15 м от источника загрязнения)	0-20	18,7	16,9
		20-40	18,1	17,3
	6 (186 м от источника загрязнения)	0-20	17,0	16,8
		20-40	16,6	16,8

Каталазная активность исследуемой почвы представлена в таблице 4. Проанализировав полученные данные за май 2017 г. и июль 2017 г., можно сделать вывод, что каталазная активность за этот период уменьшилась. Объяснением этому может служить то, что в июле биологическая активность почвы в целом снижается, уменьшается количество органических остатков, оставшихся с осени и т.д.

Таблица 4. Каталазная активность исследуемой почвы в мае и июле 2017 г.

Название почвы	Номер прикопки	Глубина взятия образца, см	Каталазная активность, мг KMnO ₄ за 20 мин на 1 г почвы	
			Май 2017 г.	Июль 2017 г.
Чернозем выщелоченный малогумусный слабосмытый	1 (10 м от источника загрязнения)	0-20	1,4	0,5
		20-40	1,2	0,5
	2 (15 м от источника загрязнения)	0-20	1,4	1,1
		20-40	1,3	1,0
		0-20	0,4	0,7

среднесуглинистый	3 (20 м от источника загрязнения)	20-40	0,8	0,6
	4 (5 м от источника загрязнения)	0-20	2,0	0,9
		20-40	1,6	0,4
	5 (15 м от источника загрязнения)	0-20	1,6	1,5
		20-40	1,0	0,7
	6 (186 м от источника загрязнения)	0-20	1,5	0,6
		20-40	0,8	1,6

После проведенных исследований и анализа полученных данных был произведен расчет эколого-экономического ущерба от загрязнения почв Ботанического сада ВГУ им. проф. Б.М. Козо-Полянского канализационными стоками. Удельный эколого-экономический ущерб вследствие нарушения земельных ресурсов Узем определяется по формуле:

$$\text{Узем} = \text{Нс} \cdot \text{S} \cdot \text{Кэ} \cdot \text{Кос}, (1)$$

где Нс - норматив стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий, тыс. руб./га;

S - площадь почв и земель, деградировавших в отчетном периоде времени, га;

Кэ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

Кос - коэффициент для особо охраняемых территорий.

Значения:

Нс = 206 тыс. руб./га;

S = 5 га;

Кэ = 2,0;

Кос = 2,0.

Подставив все значения в формулу 1, получим следующее:

Узем = 4.120.000 руб.

Загрязнению канализационными стоками подверглось 5 га территории Ботанического сада им. проф. Б.М. Козо-Полянского. Удельный эколого-экономический ущерб составил 4.120.000 руб.

В ходе исследования был рассчитан эколого-экономический ущерб от загрязнения земельных ресурсов Ботанического сада им. проф. Б.М. Козо-Полянского, который составил 4.120.000 руб. за загрязнение территории в 5 га.

Также можно сказать, что данная сумма не сможет покрыть тот ущерб, который был нанесен почвам Ботанического сада (черноземам).

Литература

1. Алаева Л.А. Техногенные системы и экологические риски: учебное пособие / Л.А. Алаева. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012. – 42 с.

2. Белик А.В., Алаева Л.А. Лабораторный практикум для курса «Учение о биосфере»: учебно-методическое пособие / А.В. Белик, Л.А. Алаева. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. – 20 с.

3. Девятова Т.А. Биодиагностика почв: учебное пособие / Т.А. Девятова, Т.Н. Крамарева. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. – 140 с.

4. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 256 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ЗОНАМ РИЗОСФЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА В АГРОЦЕНОЗАХ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

О.В. Шопина, И.Н. Семенов, Т.А. Парамонова

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

DISTRIBUTION OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE RHIZOPHERE IN AGROCENOSSES OF THE CHERNOZEM REGION

O.V. Shopina, I.N. Semenov, T.A. Paramonova

Lomonosov Moscow State University, Moscow

После выявления общих закономерностей биологического круговорота химических элементов (ХЭ) новым направлением в биогеохимии стало изучение распределения веществ по зонам ризосферного пространства с выделением ближней к корням (активной) и дальней (пассивной) зоны ризосферы, актуальное в контексте анализа способности растений менять химический состав почвы вблизи поверхности корней [Евдокимов, 2013; Соколова, 2015].

Цель работы: выявление особенностей распределения незаменимых питательных и токсичных ХЭ, а также ХЭ с неопределенными физиологическими свойствами по зонам ризосферного пространства при выращивании пшеницы, сои, костреца и козлятника.

Исследования проведены на трёх площадках с агрочерноземами глинисто-иллювиальными, занятых агроценозами пшеницы (*Triticum aestivum*), сои (*Glycine max*) и козлятниково-кострецовой (*Galega orientalis u Bromopsis inermis*) травосмеси, с отбором 35 образцов почвы. Почвенные образцы отбирали монолитами ненарушенного сложения с помощью кольцевого пробоотборника с площади 300 см² послойно с шагом по 10 см до глубины 30 см в трехкратной повторности, а также из ближней (остающейся на корнях извлеченного из почвы растения – так называемые бусы по корням) и дальней зон ризосферы (рис. 1). Образцы почв ризосферного пространства разделяли на фракции структурных агрегатов диаметром более 10 мм, 10-2 мм, 2-0,25 мм и 0,25 мм для дальнейшего отдельного анализа.

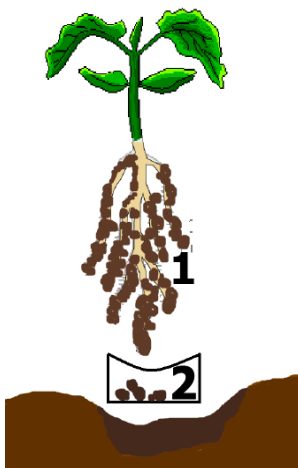


Рисунок 1. Опробование ризосферного пространства из: 1 – ближней зоны и 2 – дальней

В почвах определяли $pH_{\text{водн}}$ и содержание углерода органических веществ ($C_{\text{орг}}$) стандартными методами, гранулометрический состав – лазерно-дифрактометрически (прибор «Fritsch Analysette 22 MicroTec Plus», Германия), элементный состав – рентген-флуоресцентным методом (прибор «Спектроскан Макс-GV», Россия). Подвижные формы элементов определяли в 0,1 М ацетатно-аммонийной вытяжке методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой в ИПТМ РАН (прибор «iCAP-6500» фирмы «Thermo Scientific», США. Аналитические данные обработаны в

пакетах «Excel 2013» и «Statistica 10» с применением дисперсионного анализа, тестов Манна-Уитни и Уилкоксона и расчета критерия в 2σ .

Все изучаемые площадки расположены в схожих условиях элювиальных (пшеница, злаково-бобовая травосмесь) и трансэлювиальных (соя) ландшафтов. Значения $pH_{\text{водн}}$ верхних горизонтов и ризосферного пространства слабокислые-нейтральные и варьируют в пределах 5,6–6,9. Содержание $C_{\text{орг}}$ почв трех площадок не отличается больше, чем на 2%. Статистически различия не значимы ($p > 0,08$). Гранулометрический состав верхних 30 см всех изученных почв однороден ($p > 0,08$ для всех фракций), его структура схожа для всех площадок: максимальную долю (40-50%) имеет фракция крупной пыли, 20-30% - мелкая пыль и около 20% - средняя пыль. Вклад песчаных фракций и ила невелик.

По элементному составу верхние 30-см почв изученных площадок значимо не отличаются ($p\text{-value} > 0,08$ для всех ХЭ). Относительно верхней части земной коры изученные агрочерноземы обогащены (подстрочный индекс – кларк концентрации) $Co_{1,9}$, $P_{1,6}$, $Cu_{1,6}$, $Ti_{1,4}$, $Ni_{1,4}$, $Si_{1,3}$, $As_{1,3}$ и обеднены (подстрочный индекс – кларк рассеяния) $Ca_{4,1}$, $Mg_{3,6}$, $Sr_{1,6}$, $Fe_{1,3}$. По содержанию подвижных форм ХЭ почвы трех площадок также не имеют значимых различий ($p\text{-value} > 0,08$ для всех ХЭ). Наибольшее содержание подвижных форм характерно для Ca_{46} , Sr_{15} , Mn_8 и Mg_6 (подстрочный индекс – доля подвижных форм, %), содержание подвижных форм Zn_3 , P_2 , K_1 , Pb_1 , Ni_1 , $Co_{0,5}$ – близки. А подвижные формы $Co_{0,5}$, $Cr_{0,3}$, $Al_{0,08}$, $Cu_{0,08}$, $Fe_{0,02}$, $Si_{0,02}$ содержатся в почве в очень небольших количествах.

Таким образом, среднее содержание ХЭ в пахотных почвах территории на мезоуровне характеризуется однородным пространственным распределением. В то же время, на микроуровне распределения ХЭ в корнеобитаемом пространстве различных сельскохозяйственных растений, несмотря на их возделывание в качестве однолетних культур, в течение вегетационного сезона могут создаваться фитогенные поля обогащения или обеднения ближней зоны ризосферы рядом ХЭ. Так, различия превышающие 2σ между ближней и дальней зонами ризосферы обнаружены в исследованных агроценозах в 22% случаев (элемент-растение).

Общее содержание. Статистически значимые отличия между валовыми величинами содержания ХЭ в ризосферной зоне и в среднем в 30-см слое у пшеницы характерны только для V, которого меньше в ризосферной зоне, чем в 30-см слое, также в ризосфере пшеницы содержится меньше, чем на 2σ : Fe, Co, Cu, Mn (во фракциях агрегатов >10 , $10-2$, $<0,25$ мм), и больше Al, Mn, Ni ($2-0,25$ мм), в ризосфере сои значимо больше Al, Cu и Cr, а также больше чем на 2σ во всех фракциях $K > Si > P > Mg$, Mn , $Cr > Al$, Ni , $Sr > Fe$, $Ca > Ti$, Co , V . Для ризосферного пространства почв костреца и козлятника статистически значимые различия не выявлены. В ризосферном пространстве козлятника также наибольшие значения содержания Si, Mn, Cu, As, Ni, Zn и Sr характерны для фракции $2-0,25$ мм ближней зоны ризосферы.

Значимых различий элементного состава между ближней и дальней зонами ризосферы у всех растений не выявлено. В ближней зоне пшеницы существенно меньше $Mn < Fe$, Si , Zn , Co , Cu , $As < V$, Cr , Ni , Ti , Pb , чем в дальней зоне (особенно обеднена фракция $<0,25$ мм). В ближней зоне ризосферы костреца содержится меньше Ti. Ближняя и дальняя зоны ризосферы у сои практически не различаются. У козлятника в ближней зоне ризосферы содержится меньше Cr и Mg и больше K, во фракции агрегатов $2-0,25$ см ближней зоны также содержится больше $Zn > Si > Cu > Ti > Fe$, Ni , $Pb > Mn$, $As > V$, Sr , чем в дальней.

Подвижные формы. Подвижность соединений P и K в ближней зоне ризосферы пшеницы относительно дальней зоны больше, чем на 2σ (табл. 1), что может быть объяснено мобилизацией этих необходимых питательных элементов различными органическими экссудатами [Hinsiger, 1998].

У сои в ближней ризосфере выше содержания подвижных Fe, K и Mg, что может быть связано со способностью сои подкислять прикорневое пространство [Hinsinger, Plassard, Tang, 2003]. В ближней ризосфере костреца и козлятника одинаков набор ХЭ с

повышенным содержанием подвижных форм: P, K, Mg, что, вероятно, обусловлено совместным воздействием этих растений.

Таблица 1. Подвижность (%) ХЭ по зонам ризосферы

ХЭ	Злаковые				Бобовые			
	Пшеница		Кострец		Соя		Козлятник	
	Ближняя	Дальняя	Ближняя	Дальняя	Ближняя	Дальняя	Ближняя	Дальняя
Fe	0,04	0,04	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
Ca	45	45	50	50	45	50	48	50
Al	0,13	0,13	0,03	0,04	0,13	0,05	0,05	0,04
Si	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03
P	1,6	1,5	4,6	2,1	1,5	1,8	1,8	1,1
K	1,6	1,2	1,4	0,68	1,2	0,99	0,8	0,61
Mg	7,4	7,7	9,4	6,7	7,7	7,4	7,8	6,2
Mn	12	12	9,6	8,1	12	5,7	9,7	8,5
Co	0,86	0,7	<0,3	<0,3	0,7	<0,3	0,47	<0,3
Cr	0,29	0,53	0,21	0,18	0,5	0,22	0,23	0,15
Ni	1,1	1,2	0,61	0,61	1,2	0,77	0,68	0,69
Zn	2	2,3	2,2	1,7	2,3	1,9	<0,1	<0,1
Pb	<3	4,2	<3	<3	4,2	<3	<3	<3
Sr	18	18	17	18	18	13	17	17

% в ближней зоне больше на 2б, чем в дальней зоне

Степень преобразования элементного состава ризосферного пространства агрочерноземов Плавского плато уменьшается в ряду растений: соя>пшеница, козлятник>кострец. Различия по общему содержанию элементов в ближней и дальней зонах ризосферы не значимы, так как культуры произрастали на территории всего год. По общему содержанию ближняя зона почвы в ризосферном пространстве пшеницы обедняется во фракции агрегатов диаметром менее 0,25 мм Mn < Fe, Si, Zn, Co, Cu, As < V, Cr, Ni, Ti, Pb. В ближней зоне ризосферы козлятника увеличивается содержание Zn > Si > Cu > Ti > Fe, Ni, Pb > Mn, As > V, Sr во фракции агрегатов 2-0,25 мм. У сои и костреца различия между элементным составом почв ближней и дальней зон ризосферы незначительны. В ближней зоне ризосфере пшеницы содержится больше подвижных форм P, K, сои – Fe, K и Mg, у растений травосмеси – P, K, Mg.

Полевые работы выполнены в рамках исследований кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова «Биогеохимия радионуклидов и экотоксикантов»; элементный состав растений и содержание подвижных форм в почвах – проекта РФФИ № 17-77-20072. Авторы благодарны к.г.н. Л.А.Турыкину и студентам О.Л. Комисаровой, М.М. Годяевой и Е.С. Азаровой за участие в полевых и лабораторных исследованиях.

Литература

1. Hinsinger P. How Do Plant Roots Acquire Mineral Nutrients? Chemical Processes Involved in the rhizosphere // Adv. Agromomy. 1998. № 64. С. 225–265.
2. Hinsinger P., Plassard C., Tang C. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review // Plant Soil. 2003. № 248. С. 43–59.
3. Евдокимов И.В. Динамика ризосферного эффекта в почве // Почвоведение. 2013. № 6. С. 715–724.
4. Соколова Т.А. Специфика свойств почв в ризосфере: анализ литературы // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1097–1111.