

УДК 550.4:631.4

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОЛАНДШАФТОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Коханистая Н.В., Шишкина Д.Ю., Закруткин В.Е.

ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: nvkohanistaya@sfedu.ru

В последнее время наблюдается активное развитие всех отраслей промышленности, транспорта, сельского хозяйства в пределах юга России. На территории Ростовской области широко развит агропромышленный комплекс, занимающий более 84% ее территории и характеризующийся высокоэффективным растениеводством, производством зерна и подсолнечника. В статье исследованы почвенный покров и продуктивная часть сельскохозяйственных культур области. С целью изучения уровня преобразования почв агроландшафтов использованы региональные фоновые содержания тяжелых металлов (Cr, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, V). Выявлено изменение распределения микроэлементов в верхнем почвенном слое при применении различных сельскохозяйственных технологий, отличающихся объемами внесения удобрений, способами обработки почвы и т.д. Выявлено, что в почвах под рисовыми полями и виноградниками формируются наиболее благоприятные условия для накопления большинства исследуемых микроэлементов. В ходе исследований была изучена дифференциация основных культур по ряду тяжелых металлов. Анализ полученных данных указывает на существование тенденции роста средних содержаний микроэлементов от зерновых культур к кормовым травам, что связано с почвенными условиями, видовыми биологическими особенностями, а также тем, какая часть растения анализировалась. По содержанию элементов в почвах рассчитаны коэффициент биологического поглощения и биогеохимическая активность исследуемых культур, что позволило ранжировать их по способности к накоплению тяжелых металлов. Как показали результаты исследования, кормовые травы интенсивно накапливают все рассматриваемые микроэлементы. Среди овощей выделяются корнеплоды (свекла), характеризующиеся активным накоплением большинства тяжелых металлов. В меньшей степени в биогенную миграцию элементы вовлекает виноград.

Ключевые слова: тяжелые металлы, агроландшафт, коэффициент биологического поглощения, биогеохимическая активность, Ростовская область

BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE ROSTOV REGION

Kokhanistaya N.V., Shishkina D.Yu., Zakrutkin V.E.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: nvkohanistaya@sfedu.ru

Recently, there has been an active development of all industries, transport, agriculture within the south of Russia. On the territory of the Rostov region, the agro-industrial complex is widely developed, occupying more than 84% of its territory and characterized by highly efficient crop production, grain and sunflower production. The article examines the soil cover and the productive part of the agricultural crops of the region. Regional background contents of heavy metals (Cr, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, V) were used to study the level of soil transformation of agricultural landscapes. A change in the distribution of trace elements in the upper soil layer has been revealed with the use of various agricultural technologies differing in the amount of fertilizer application, methods of tillage, etc. It was revealed that the most favorable conditions for the accumulation of most of the studied trace elements are formed in the soils under rice fields and vineyards. In the course of the research, the differentiation of the main crops by a number of heavy metals was studied. The analysis of the data obtained indicates the existence of an increase trend in the average content of trace elements from grain crops to forage grasses, which is associated with soil conditions, species biological characteristics, as well as which part of the plant was analyzed. According to the content of elements in soils, the coefficient of biological absorption and biogeochemical activity of the studied crops were calculated, which made it possible to rank them according to their ability to accumulate heavy metals. As the results of the study showed, forage grasses intensively accumulate all the microelements under consideration. Among vegetables, root crops (beets) are distinguished, characterized by the active accumulation of most heavy metals. To a lesser extent, grapes are involved in the biogenic migration of elements.

Keywords: heavy metals, agricultural landscape, biological absorption coefficient, biogeochemical activity, Rostov region

Степи юга Европейской части России – зона интенсивного сельскохозяйственного производства, где выращивается около 80% земледельческой продукции страны. По стоимости произведенной в 2021 г. сельскохозяйственной продукции Ростовская область занимает 2 место в России, уступая только Краснодарскому краю – региону с гораздо более благоприятными природно-климатическими условиями [1]. Основная отрасль

сельского хозяйства области – растениеводство. В 2021 г. Донской край произвел 10,6% общероссийского урожая подсолнечника, 9,3% зерна, 4,0% овощей и 3,2% плодов и ягод.

Сельскохозяйственные угодья занимают более 80% общей площади области. На долю пашни приходится 57,9% всей ее территории [2]. Посевные площади, резко сократившиеся в 1990-х гг., с 2001 г. постоянно

увеличиваются. Одновременно повышается агротехногенная нагрузка на территорию, что проявляется в росте применяемых минеральных удобрений. За последние три года доза вносимых удобрений превысила 80 кг на 1 га посева [3]. Это максимальная величина за всю историю земледелия на Дону.

В соответствии с классификацией Н.С. Касимова [4] на территории Ростовской области выделены следующие отделы агроландшафтов: полевые, огородные (овощные), рисовые плантации и ландшафты с многолетними культурами (сады и виноградники). При дальнейшем разделении на классы, когда учитываются особенности водной миграции, выделяются неорошаемые (богарные) и орошаемые ландшафты, представленные овощными и рисовыми плантациями.

Полевые богарные ландшафты абсолютно доминируют на территории Ростовской области. Из-за дефицита водных ресурсов площадь орошаемых земель сократилась в 2 раза по сравнению с 1980-ми гг. и сейчас составляет около 3,6% от общей площади пашни. Сады и виноградники занимают еще меньшее пространство – менее 1%.

Почвенный покров агроландшафтов образован преимущественно черноземами и каштановыми почвами. Черноземы занимают основную часть Ростовской области; на засушливом востоке и юго-востоке развиты каштановые почвы. Среди почв черноземного ряда выделяют следующие подтипы: черноземы южные, обыкновенные, североприазовские и предкавказские, а также лугово-черноземные почвы. Каштановые почвы представлены темно-каштановыми, каштановыми и светло-каштановыми подтипами. Их отличительной чертой является солонцеватость, растущая в восточном направлении.

Внесение больших количеств минеральных удобрений приводит к нарушению биогеохимических циклов миграции элементов и накоплению тяжелых металлов (ТМ) во всех блоках агроэкогеосистем. Таким образом, целью исследования является исследование распределения ТМ в почвенно-растительном покрове различных агроландшафтов.

Материалы и методы исследования

В основу работы положены результаты эколого-геохимической съемки на территории 42 агропредприятий разной земледельческой специализации, расположенных

в различных природно-сельскохозяйственных зонах Ростовской области (рисунок). Опробование включало в себя отбор проб поверхностного (0–20 см) почвенного горизонта и сельскохозяйственных культур.

Эколого-геохимическая съемка проводилась в 2015–2018 гг. по сети $0,5 \times 0,5$ км. Отбор почвенных образцов выполнялся методом конверта с пробной площадки размером 10×10 м. В ходе проведенных работ было отобрано 477 проб.

На каждой площадке одновременно с почвой отбирали пробу продуктивной части сельскохозяйственной культуры. Опробование проводилось по достижению культурами товарной зрелости. В результате было отобрано 311 проб сельскохозяйственных растений, из них: 187 проб зерновых и зернобобовых культур, 74 – кормовых трав, 29 – фруктов, 21 – овощей.

В почвенных и растительных образцах методом атомно-абсорбционной спектроскопии определялось содержание ванадия, кадмия, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка. Для почвенных проб рассчитывались коэффициенты концентрации и рассеяния тяжелых металлов по отношению к местному геохимическому фону. Интенсивность накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах выражалась через коэффициент биологического поглощения (КБП), полученный делением содержания химического элемента в растении на его содержание в почве.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки уровня антропогенного преобразования сельскохозяйственных ландшафтов необходимо знать содержание химических элементов в ландшафтах фоновых территорий. Эталонные фоновые ландшафты должны располагаться вне зоны влияния промышленного и сельскохозяйственного загрязнения [4]. Интенсивное земледельческое освоение территории обусловило исчезновение естественных степей, поэтому в качестве фоновых величин многими учеными используются концентрации ТМ в почвах локальных охраняемых природных территорий [5]. В настоящей работе за природный геохимический фон приняты содержания ТМ в почвах пастбищ, наиболее отдаленных от основных источников загрязнения районов Ростовской области [6]. Региональные фоновые концентрации ТМ в почвах представлены в табл. 1.



Схема расположения агропредприятий

На схеме цифрами обозначены: 1 – ООО «Север»; 2 – СПК «Тихий Дон»; 3 – ТОО «Вешенское»; 4 – СПК «Киевский»; 5 – ПОО ТОО «Октябрь»; 6 – ООО «Партнер»; 7 – ООО «Слава»; 8 – СТ «Мичуринец»; 9 – ООО «Родина»; 10 – КФХ «Колос»; 11 – ООО «Стычное»; 12 – ООО «Винсовхоз Цимлянский»; 13 – ООО «Плодсовхоз»; 14 – СПК «Зори Волгодонска»; 15 – ООО «Мелиоратор»; 16 – ОАО «Янтарное»; 17 – АО «Бакланниковское»; 18 – ФЛ «Междуреченский»; 19 – СПК «Елkinsкий»; 20 – КФХ «Руно»; 21 – ООО «ССЦ «Макошь»; 22 – ООО «Центр-Агро»; 23 – СПК Колхоз «Приазовье»; 23 – ПСХК «Александровский»; 24 – СПК Колхоз «Краснокутский»; 25 – ООО «Степное»; 26 – Раздорское СКО; 27 – ООО «Винодельня Ведерниковъ»; 28 – ТНВ «Янтарное Природный»; 29 – ООО «Ольгинское»; 30 – ООО «Ключевое»; 31 – СКО «Целинская»; 32 – ООО «Агрофирма «Целина»; 33 – СПК «Лиманный»; 34 – ООО «Степь»; 35 – СПК «Зерновое»; 36 – ООО «Красноармейское»; 37 – СПК «Восток»; 38 – ООО «Зори Ставрополя»; 39 – ООО «Агрофирма Донагро-78»; 40 – СПК «Родина»; 41 – ООО «Алмаз»; 42 – СПК Племзавод «Подгорное»

Таблица 1

Фоновые содержания ТМ в почвах Ростовской области, мг/кг [6]

Показатель	Cr	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	V
Региональный природный фон	61,5	750,0	34,8	84,3	24,0	0,21	43,8	97,0

Таблица 2

Содержания ТМ в различных типах почв полевых неорошаемых ландшафтов Ростовской области [7, 8]

Химический элемент	Черноземы южные	Черноземы предкавказские	Черноземы обыкновенные	Черноземы приазовские	Лугово-черноземные	Каштановые
Cr	60	61	65	67	68	62
Mn	742	724	707	695	718	712
Cu	29,5	31,0	33,0	30,7	33,6	28,0
Zn	72,4	82,5	78,7	75,0	85,0	72,4
Cd	0,25	0,26	0,23	0,25	0,25	0,24
Pb	28,3	29,0	25,8	27,2	26,7	26,9
Ni	41	42	45	42	44	36
V	92	99	96	92	97	110

Как уже отмечалось, наиболее распространенными агроландшафтами в пределах Ростовской области являются неорошаемые (богарные) ландшафты, отличающиеся минимальным агрогенным преобразованием почвенной среды. На их примере возможно изучение распределения химических элементов в разных типах почв области (табл. 2).

Анализ содержаний элементов в почвах богарных ландшафтов выявил незначительные различия в концентрациях ТМ внутри разных типов почв. Это объясняется общей направленностью почвообразовательного процесса и слабой литогеохимической дифференциацией почвообразующих пород. По особенностям распределения в почвах выделяются следующие группы элементов:

1) Cr, Cu, Zn и Ni, для которых незначительное увеличение концентраций наблюдается в ряду: каштановые – подтипы черноземных – лугово-черноземные почвы;

2) V, накапливающийся в основном в каштановых почвах;

3) Mn, Cd и Pb, для которых установлена слабая дифференциация элементов в разных подтипах почв.

В целом среднее содержание микроэлементов в почвах неорошаемых ландшафтов близко к фоновым величинам. Исключение составляют кадмий и свинец, содержание которых превышает естественный педогеохимический фон в 1,1–1,2 раза, а также медь

и цинк, чьи концентрации в 1,1–1,25 раза меньше фона.

Мелиорируемые ландшафты и многолетние насаждения испытывают более мощное агротехногенное воздействие, обусловленное интенсивным внесением минеральных удобрений и пестицидов, глубокой вспашкой, привнесением химических элементов с оросительной водой и др. Так, орошаемое земледелие характеризуется значительным воздействием на протекающие процессы миграции вследствие изменения водного баланса в системе вода (оросительная, грунтовая, дренажная) – почва, дополнительного поступления химических элементов с удобрениями и пестицидами, а иногда и изменения структуры почвенного покрова. Эти факторы вызывают возникновение более значительной дифференциации содержания элементов в верхнем почвенном покрове агроландшафтов (табл. 3).

Средние содержания Cr, Cu, Cd, и Pb в почвах мелиорируемых типов ландшафтов превышают естественный педогеохимический фон в 1,1–2,6 раза; средние содержания Cu в рисовых чеках, Zn в почвах садов и V в почвах ландшафтов многолетних насаждений сопоставимы с фоновыми величинами. Концентрации Mn в почвах орошаемых ландшафтов и Ni в почвах овощных плантаций и рисовых чеков составляют 0,7–0,8 долей от фона.

Таблица 3

Содержания ТМ в почвах различных агроландшафтов, мг/кг [7, 8]

Химический элемент	Полевые пахотные	Ландшафты многолетних насаждений		Мелиорируемые	
	богарные	сады	виноградники	орошаемые	периодически заливаемые
				овощные плантации	рисовые чеки
Cr	64	77,1 (1,3)	86,0 (1,4)	84,1 (1,4)	94,2 (1,5)
Mn	716	592 (0,8)	508 (0,7)	583 (0,8)	411 (0,5)
Cu	31 (0,9)*	55,6 (1,6)	90,2 (2,6)	38,9 (1,1)	34,8
Zn	78 (0,9)	83,2	78,3(0,9)	77,9 (0,9)	78,4 (0,9)
Cd	0,25 (1,2)**	0,29 (1,4)	0,28 (1,3)	0,26 (1,2)	0,27 (1,3)
Pb	27,3 (1,1)	30,3 (1,3)	29,9 (1,2)	29,4 (1,2)	29,8 (1,2)
Ni	42	47 (1,1)	49 (1,1)	34 (0,8)	37 (0,8)
V	98	95	92	105 (1,1)	124 (1,3)

Пр и м е ч а н и е . * – коэффициент рассеяния (K_p); ** – коэффициент концентрации (K_k).

Периодически заливаемые ландшафты отличаются наиболее интенсивным внесением удобрений и пестицидов и длительным пребыванием почвенного покрова под водой, что обусловило специфику геохимических процессов. В почвах рисовых чеков изменчивы щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия среды, непостоянен гидродинамический режим [9]. За счет нестабильности почвенно-геохимической обстановки формируются как положительные, так и отрицательные аномалии ТМ, а выращенный на этих почвах рис часто обеднен микроэлементами.

Марганец, подвижный в восстановительной обстановке, выносится из рисовых чеков под влиянием периодических восстановительных процессов в почвах, что проявляется в снижении его концентраций в 1,8 раза по сравнению с природным фоном. Содержания хрома, не образующего водорастворимых соединений в ландшафте, и ванадия максимальны в почвах рисовых чеков по сравнению с другими агроландшафтами (табл. 3).

В ландшафтах многолетних насаждений наблюдается значительное повышение содержания Cu (в 2,6 раза выше фонового содержания), что связано с широким применением медьсодержащих фунгицидов – бордоской жидкости и хлорокиси меди [8]. Виноградники по сравнению с садами чаще обрабатываются медьсодержащими препаратами, поэтому концентрации элемента в почвах виноградников намного выше.

Сравнение содержаний ТМ в почвах различных сельскохозяйственных ландшафтов

выявляет отчетливую тенденцию выноса марганца и накопления хрома, меди, кадмия, свинца и ванадия в почвах орошаемых ландшафтов и многолетних насаждений.

Разная обеспеченность почв микроэлементами приводит к различному их накоплению в сельскохозяйственных культурах. Влияние на химический состав растений оказывают не только почвенно-геохимические особенности почв, но и видовая принадлежность растений, биоморфы, фазы вегетации, природные условия и другие факторы.

Содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственной растительности Ростовской области изменяются в широких пределах (табл. 4). Наибольшую вариабельность проявляет марганец. Его содержания колеблются от 7–11 мг/кг в плодовых культурах (вишня, яблоки) до 220 мг/кг в свекле. Большая изменчивость содержаний в разных культурах характерна для цинка, кадмия, свинца и никеля. В то же время концентрации хрома и меди находятся в узком диапазоне. Наименьшие содержания Cr наблюдаются в кукурузе (0,14 мг/кг), наибольшие – в эспарцете и капусте (0,28 мг/кг). Весьма равномерно распределение меди в сельскохозяйственных культурах, максимальными концентрациями отличается виноград (9,6 мг/кг).

На фоне широкого диапазона содержаний ТМ в пробах растительности была выявлена следующая тенденция роста средних концентраций Mn, Cu, Zn, Cd, Pb и V в последовательности: зерновые и зернобобовые культуры – овощи и фрукты – кормовые травы.

Таблица 4

Содержания ТМ в продуктивной части сельскохозяйственных культур, выращенных на территории Ростовской области, мг/кг сухого вещества [7, 8, 10]

Культура	Химический элемент							
	Cr	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	V
<i>Зерновые и зернобобовые культуры</i>								
Пшеница	0,16	44,3	4,3	20,7	0,065	0,63	0,35	0,046
Ячмень	0,17	42,7	4,6	22,7	0,068	0,64	0,34	0,039
Рожь	0,16	37,7	3,2	19,2	0,063	0,41	0,43	0,014
Кукуруза	0,14	29,1	–	–	0,080	0,77	0,30	0,039
Подсолнечник	0,15	30,2	–	–	0,080	0,77	0,24	0,052
Горох	–	–	6,8	30,7	–	0,10	2,09	0,020
<i>Кормовые культуры</i>								
Люцерна	0,25	92,0	8,9	24,7	0,130	1,60	0,59	0,341
Суданская трава	0,21	85,2	9,4	26,0	0,130	1,64	0,46	0,248
Эспарцет	0,28	102,3	5,9	20,9	0,120	1,70	0,66	0,365
<i>Овощи и фрукты</i>								
Томат	0,23	12	7,8	13,9	–	0,41	0,68	0,270
Капуста	0,28	48	3,5	11,9	–	2,6	0,77	0,243
Свекла	0,40	220	6,8	18,3	–	0,09	1,36	0,585
Виноград	0,19	12	9,6	3,6	–	0,16	0,16	0,158
Вишня	0,26	7	7,9	12	–	0,27	0,15	0,175
Яблоко	0,24	11	3,7	7,8	–	0,39	0,11	0,067

Увеличение средних содержаний никеля происходит несколько в ином порядке: овощи и фрукты – кормовые травы – зерновые и зернобобовые культуры. Этот порядок складывается благодаря естественной способности гороха к активному накоплению элемента, отмечаемой многими авторами [11, 12].

Полученная закономерность в накоплении микроэлементов растительностью также может быть объяснена тем, какую часть растения употребляют в пищу: корнеплоды, содержащие максимальное количество элементов (свекла), листья, занимающие по концентрации тяжелых металлов промежуточное положение за счет дополнительной аккумуляции элементов с пылью и атмосферными осадками (капуста) или плоды (вишня, виноград, томаты, яблоки, зерновые культуры). Тем не менее распределение Cr, Mn, Zn, Ni и V в овощах и фруктах подтверждает, что растения аккумулируют химические элементы в следующем порядке: корни > листья > плоды.

Для оценки уровней накопления тяжелых металлов в растениях были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (КБП). Как показали результаты исследо-

вания, сельскохозяйственные культуры вне зависимости от места произрастания склонны накапливать свинец (КБП 3,2–27,9), что происходит за счет высокой техногенной нагрузки. Также растения активно аккумулируют медь (КБП 1,14–7,53) и цинк (КБП 1,09–12,43), что объяснимо их важной биохимической функцией (табл. 5).

Известно, что цинк относится к элементам сильного биологического накопления (КБП превышает единицу); марганец, никель, медь и свинец являются элементами среднего биологического захвата (КБП = 0,1–1); ванадий, хром и кадмий относятся к элементам слабого и очень слабого захвата, КБП которых не превышает 0,1 [13]. В сельскохозяйственных культурах Ростовской области наблюдается увеличение значений КБП кадмия, свинца и меди и перемещение этих элементов на более высокий уровень. Переход хрома в группу среднего биологического захвата отмечается в пшенице (КБП = 0,115), а переход ванадия – в суданской траве (КБП = 0,233). Увеличение интенсивности накопления марганца отмечается в пшенице, кукурузе, суданской траве, эспарцете и свекле, цинка – в горохе и пшенице (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициенты биологического поглощения ТМ сельскохозяйственными культурами Ростовской области

Культура	Химический элемент								БХА*
	Cr	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	V	
Зерновые и зернобобовые культуры									
Пшеница	0,115	2,75	7,53	12,43	0,81	13,2	0,39	0,025	37,25
Ячмень	0,066	0,85	3,83	7,53	0,75	10,1	0,18	0,016	23,32
Рожь	0,052	0,91	3,54	8,53	0,77	8,3	0,27	0,010	22,38
Кукуруза	0,092	1,84	–	–	0,98	11,2	–	–	14,11
Подсолнечник	0,074	0,87	–	–	2,1	21,3	–	–	24,34
Горох	–	–	6,87	12,4	–	3,03	1,22	0,006	23,53
Кормовые культуры									
Люцерна	0,025	0,79	3,16	3,53	2,3	26,6	0,24	0,066	36,71
Суданская трава	0,045	1,12	3,33	3,70	1,46	27,9	0,26	0,233	38,05
Эспарцет	0,067	1,39	2,96	4,20	1,08	12,0	0,19	0,030	21,92
Овощи и фрукты									
Томат	0,025	0,43	2,95	2,63	–	7,0	0,29	0,038	13,36
Капуста	0,041	0,72	1,14	1,94	–	10,1	0,24	0,032	14,21
Свекла	0,065	2,19	2,71	3,65	–	5,1	0,37	0,069	14,15
Виноград	0,020	0,33	2,52	1,09	–	3,2	0,08	0,034	7,45
Вишня	0,021	0,23	3,03	3,07	–	7,6	0,08	0,035	14,07
Яблоко	0,031	1,43	3,40	4,78	–	14,2	0,11	0,036	23,99

Примечание: * БХА – биогеохимическая активность вида.

С помощью показателя биогеохимической активности вида (БХА), получаемой путем суммирования коэффициентов биологического поглощения отдельных элементов, можно оценить общую способность изучаемой культуры к концентрации различных микроэлементов. Наиболее интенсивное вовлечение тяжелых металлов в биогенную миграцию характерно для суданской травы, пшеницы и люцерны, величины БХА которых равны 38,05; 37,25 и 36,71 соответственно, наименее интенсивное – для винограда (БХА = 7,45).

На основании анализа полученных данных можно утверждать, что для кормовых трав характерно интенсивное накопление всех рассматриваемых элементов. Также для свеклы характерно интенсивное накопление 6 из 8 рассматриваемых химических элементов (Cr, Mn, Cu, Zn, Ni и V). Данное обстоятельство связано с тем, что были проанализированы корнеплоды свеклы, которые запасают питательные вещества и ассоциированы с корневой системой.

Заключение

Изучение распределения ТМ в различных генетических типах почв богарных агроландшафтов выявило пониженные содержания Zn и Cu, а также повышенные концентрации Pb и Cd по сравнению с естественным почвенно-геохимическим фоном. В то же время различия в содержаниях элементов между разными типами почв богарных ландшафтов незначительны, что объясняется общей направленностью почвообразовательного процесса и слабой литогеохимической дифференциацией почвообразующих пород.

В почвах мелиорируемых ландшафтов по сравнению с неорошаемыми видна отчетливая тенденция к выносу Mn из почв и накоплению Cr, Cu, Zn, Pb и V. Эта закономерность обусловлена уровнем агротехногенного воздействия, которое увеличивается от богарных агроландшафтов к рисовым чекам и виноградникам.

При изучении сельскохозяйственной продукции была выявлена следующая тен-

денция роста содержания тяжелых металлов: зерновые и зернобобовые культуры – овощи и фрукты – кормовые травы. Среди овощей особого внимания заслуживает свекла, для которой было отмечено повышенное накопление большинства элементов (Cr, Mn, Cu, Zn, Ni, V) относительно остальных рассматриваемых культур.

Список литературы

1. Регионы России. Социально-экономические показатели 2021. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 20.10.2022).
2. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2021 году». Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области: официальный сайт. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://минприродыро.рф/projects/current/19> (дата обращения: 20.10.2022).
3. Ростовская область в цифрах 2021: Статистический сборник. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Ростовской области: официальный сайт. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://rostov.gks.ru/folder/30195> (дата обращения: 14.10.2022).
4. Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов. М.: ИП Филимонов М.В., 2013. 208 с.
5. Чернова О.В., Безуглова О.С. Опыт использования данных фоновых концентраций тяжелых металлов при региональном мониторинге загрязнения почв // Почвоведение. 2019. № 8. С. 1015–1026.
6. Коханистая Н.В., Шишкина Д.Ю. Определение регионального педогеохимического фона (на примере Ростовской области) // Сотрудничество стран БРИКС для устойчивого развития: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых стран БРИКС (Ростов-на-Дону, 24–26 сентября 2015 г.). Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. С. 295–298.
7. Заболотная О.Н. Хром в почвах и сельскохозяйственной растительности Ростовской области // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа: материалы IV Международной научной конференции (Новочеркасск, 04–06 февраля 2004 г.). Т. 3. Новочеркасск: Темп, 2004. С. 178–184.
8. Закруткин В.Е., Шишкина Д.Ю., Коханистая Н.В. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове агроландшафтов степной зоны юга европейской части России (на примере Ростовской области) // Степи Северной Евразии: материалы IX международного симпозиума (Оренбург, 07–11 июня 2021 г.). Оренбург: Издательство Оренбургского государственного университета, 2021. С. 972–973.
9. Алексеенко В.А., Минкина Т.М., Швыдка Н.В., Невидомская Д.Г. Почвы геохимических ландшафтов Нижнего Дона и их экологическая характеристика: монография. Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. 158 с.
10. Kokhanistaya N.V. Nickel and vanadium in agricultural crops of the Rostov region. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018. Conf. proceedings (Albena, Bulgaria). 2018. Vol. 18. P. 581–588.
11. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2001. 228 с.
12. Сериккызы М.С., Кызыр К. Изучение пищевых и химических составов бобовых продуктов: горох, фасоль, соя // Инновации в науке. 2016. № 7 (59). С. 110–114.
13. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.