

Ванадий в агроландшафтах Ростовской области

© 2013. В. Е. Закруткин, д.г.-м.н, зав. кафедрой,
Н. В. Коханистая, ст. преподаватель,
Южный федеральный университет,
e-mail:geoeco@sfedu.ru

В статье приведены данные о содержании ванадия в почвенном покрове агроландшафтов Ростовской области, выявлены особенности его пространственного распределения. Установлена связь между концентрацией ванадия в почвах и составом почвообразующих пород. Изучено влияние сельскохозяйственного производства на содержание и поведение элемента в исследуемых почвах.

Data on vanadium content in the soil cover of the agrolandscapes of Rostov region are presented in the article, the characteristic properties of its spatial distribution are revealed. The connection between vanadium concentration in the soils and composition of soil-forming rocks is established. The effect of agricultural practice on the content and behavior of the element in the soils under investigation is studied.

Ключевые слова: ванадий, агроландшафты, почвенный покров,
сельскохозяйственное производство

Keywords: vanadium, agrolandscapes, soil cover, agricultural practice

Ростовская область является одним из крупнейших сельскохозяйственных регионов страны, поэтому агроландшафтами занята большая часть её территории. Все агроландшафты, исходя из особенностей техногенной геохимической миграции, разделены на полеводческие и животноводческие [1]. Первые из них, занимающие около 90% всех сельскохозяйственных угодий, практически целиком используются для выращивания зерновых культур. Отличительной чертой полеводческих ландшафтов является наличие и интенсивность искусственного обводнения, в связи с чем они подразделяются на мелиорируемые и немелиорируемые (богарные). Поскольку мелиорация в Ростовской области сводится, главным образом, к изменению водного режима почв, среди мелиорируемых ландшафтов выделяют орошаемые (овощные плантации, сады и виноградники) и периодически заливаемые (рисовые чеки) [1].

Животноводческие ландшафты занимают, как правило, неудобья, непригодные для земледелия и представленные пастбищами и сенокосами.

Почвенный покров агроландшафтов образован несколькими генетическими типами почв, главными из которых являются чернозёмы и каштановые почвы. Чернозёмами охвачены более увлажнённые северная, северо-западная, западная и южная части Ростовской области, каштановыми почвами – засушливая

восточная и юго-восточная её окраины. Среди чернозёмных почв выделяют несколько подтипов, в том числе чернозёмы южные и чернозёмы обыкновенные. Первые из них имеют наибольшее распространение на севере области. В южном и юго-западном направлении они сменяются чернозёмами обыкновенными. Каштановые почвы представлены тёмно-каштановыми, каштановыми и светло-каштановыми подтипами. Важной особенностью каштановых почв является их солонцеватость, степень которой увеличивается в восточном направлении. Одновременно изменяется и цвет почв – от тёмно-каштанового до светло-каштанового.

Необходимо отметить, что почвы агроландшафтов испытывают наибольшую антропогенную геохимическую нагрузку. Вместе с тем, как известно, они являются отправным пунктом, основным стартовым звеном пищевой цепи, где формируется поток химических элементов, поглощаемых в конечном счёте животными и человеком. Среди химических элементов особого внимания заслуживает группа микроэлементов. Последние, благодаря высокой биохимической активности играют важную роль в развитии живых организмов.

В группу микроэлементов входит и ванадий (V). В. И. Вернадский относил ванадий к элементам жизни, поскольку он необходим многим организмам. Наиболее изучена его физиологическая роль у животных, среди кото-

рых асцидии, относящиеся к подтипу хордовых, характеризуются ураганными его содержаниями (до 10%). Благодаря способности менять свою валентность, в частности переходить из состояния V^{3+} в V^{5+} , ванадий участвует в окислительно-восстановительных процессах, стимулирует окисление глюкозы в процессах обмена в организмах, влияет на обмен холестерина и на работу ферментов [1, 2]. При недостатке ванадия у животных наблюдается задержка роста, аномальное развитие скелета, повышение смертности молодняка и др.

Необходимость ванадия для высших растений изучена пока недостаточно. Хотя установлено, что ванадий может стимулировать процесс фотосинтеза в растениях, а его дефицит снижает содержание хлорофилла [2]. Как и молибден, ванадий участвует в биосинтезе белка, но главное – он выступает катализатором в процессах фиксации молекулярного азота азотфиксирующими прокариотами. Экспериментальным путём установлено, что токсичные количества V для разных видов растений неодинаковы: у чувствительных – 2 мг/кг, у малочувствительных – 8–13 мг/кг сух. вещества. Причём негативное действие таких концентраций проявляется только в замедлении роста растений [3].

В организме человека концентрация ванадия составляет примерно 10–25 мг [4]. Наибольшие его содержания обнаруживают в костях, зубах, жировой ткани. Ванадий оказывает гемостимулирующее действие, активирует окисление фосфолипидов, влияет на проницаемость митохондриальных мембран, угнетает синтез холестерина. Однако при избыточном поступлении в организм ванадий и его соединения проявляют себя как яды, поражающие систему кровообращения, органы дыхания, нервную систему и вызывающие аллергические и воспалительные заболевания кожи [5].

Важно подчеркнуть, что большая часть ванадия поступает в организм с пищевыми продуктами растительного происхождения. В связи с этим необходим систематический контроль за его содержанием в почвах агроландшафтов. При этом для почв России приняты следующие гигиенические ограничения [2]: ПДК валового содержания – 150 мг/кг, кислоторастворимой формы – 80 мг/кг. Верхний уровень содержания ванадия в рационе питания человека не определён, хотя имеется информация о том, что токсичная доза элемента составляет 0,25 мг, а летальная – 2,4 мг [6]. Предельное содержание ванадия в кормах животных равно 5 мг/кг сух. массы.

Несмотря на то, что ванадий является важным микроэлементом, информации о его распределении и поведении в почвах агроландшафтов, особенно Ростовской области, крайне недостаточно. Данное обстоятельство и послужило поводом для подготовки настоящей статьи. Материалом для неё послужили результаты площадного почвенно-геохимического опробования территории Ростовской области в масштабе 1:500000 и выборочного эколого-геохимического обследования 44 агропредприятий, расположенных в разных природно-климатических зонах и отличающихся технологией сельскохозяйственного производства. Ванадий в почвах определялся методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Исследования проводились на атомно-абсорбционном спектрометре «Perkin-Elmer» с чувствительностью 0,1 мг/кг. Для оценки фоновых содержаний элемента использовано 48 проб почв естественных степных ландшафтов, достаточно удалённых от техногенных источников загрязнения. Для чернозёмов и каштановых почв они составили соответственно 96 и 99 мг/кг, что близко кларку ванадия в почвах (100 мг/кг) по А. П. Виноградову.

Картина пространственного распределения ванадия в почвах Ростовской области представлена на рисунке 1. Как видно, ванадий в почвенном покрове распределён неравномерно. При этом чётко выделяются три зоны, отличающиеся друг от друга плотностью расположения «пятен» с высокими содержаниями элемента (более 120 мг/кг). В первой из них, юго-восточной, выявлено наибольшее число таких «пятен», они имеют изометричную форму и отличаются относительно равномерным распределением по площади. Территориально эта зона приурочена к зоне развития каштановых почв. Вторая зона охватывает южную и юго-западную части Ростовской области, где распространены чернозёмы обыкновенные. Здесь выявлено 5 участков с наибольшими содержаниями в почвах ванадия, три из которых расположены севернее городов Ростов-на-Дону и Новочеркасск, два – на южной её окраине в бассейне р. Егорлык. Наконец, третья зона, занимающая западную и северную части территории области, где распространены чернозёмы южные, характеризуется наименьшими концентрациями ванадия. Таким образом, выявленная нами зональность в пространственном распределении ванадия в почвенном покрове совпадает с почвенной зональностью, что подтверждается и данными таблицы 1, в которой приведено содержание

Таблица 1

Содержание ванадия в разных типах почв агроландшафтов

Тип почв	Подтип почв	n	Ванадий			Региональный фон, мг/кг
			lim	среднее	V, %	
Чернозёмы	чернозёмы в целом	571	31–176	95±14	22	96
	чернозёмы южные	315	48–156	93±15	21	
	чернозёмы обыкновенные	259	31–176	96±14	23	
Каштановые	каштановые в целом	270	42–180	105±18	30	99
	светло-каштановые	68	50–146	103±9	24	
	каштановые	120	42–150	106±20	30	
	тёмно-каштановые	78	51–180	107±16	23	

Примечание: n – число проб; lim – пределы содержания ванадия; V – коэффициент вариации.

элемента в основных типах и подтипах почв Ростовской области. Как видно, каштановые почвы в целом по содержанию V (в среднем 105 мг/кг) заметно превосходят чернозёмы (95 мг/кг). Среди каштановых почв наибольшими количествами ванадия характеризуются тёмно-каштановые их подтипы (107 мг/кг), а

наименьшим – светло-каштановые (103 мг/кг). Если сравнить приведённые цифры с фоновыми значениями ванадия в почвах (96 мг/кг в чернозёмах и 99 мг/кг в каштановых), то окажется, что чернозёмы агроландшафтов содержат ванадий в сопоставимых количествах, а каштановые – немного выше фоновых.

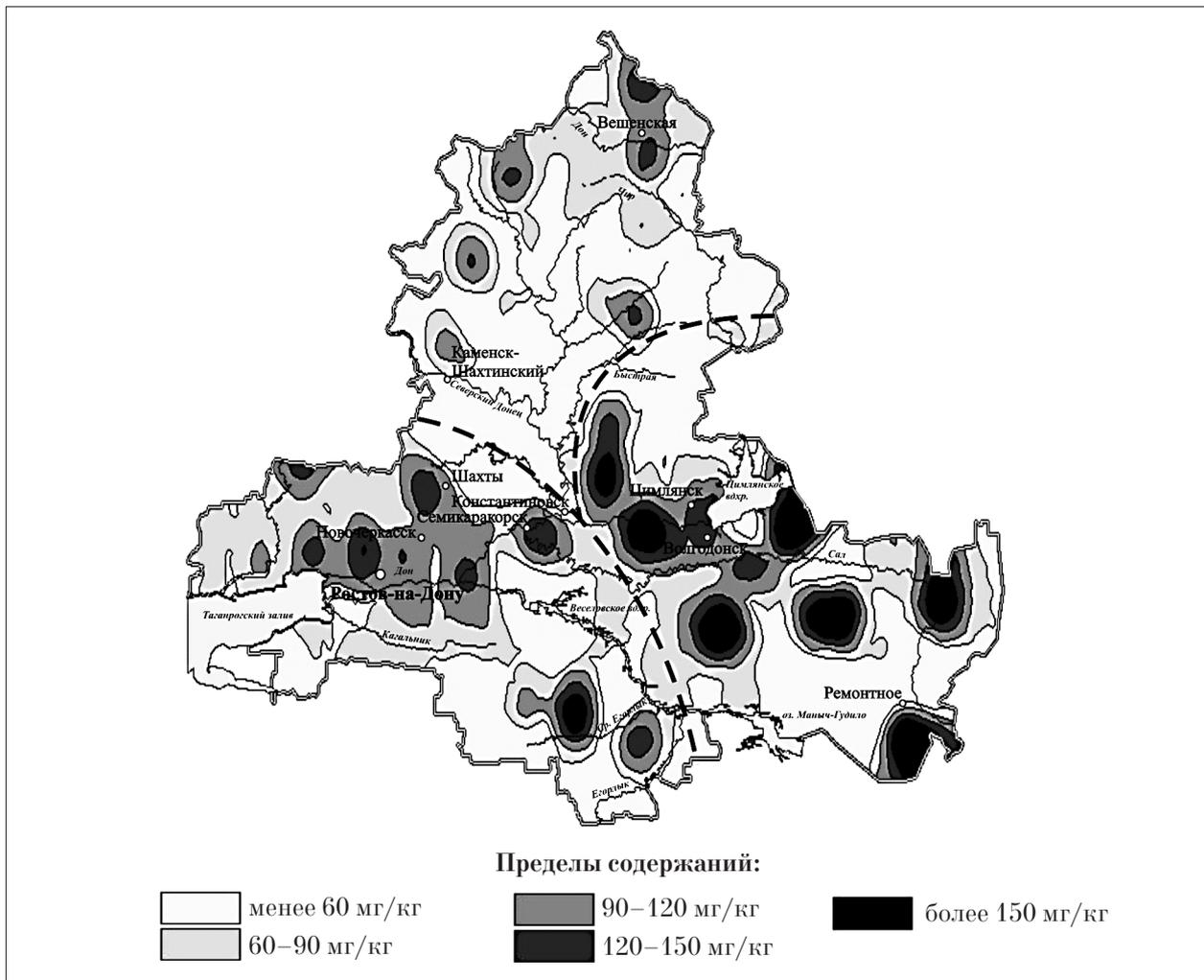


Рис. 1. Распределение ванадия в верхнем почвенном горизонте Ростовской области

Как известно, почвы приобретают характерные для них содержания и профильное распределение микроэлементов в результате преобразования исходных пород почвообразовательным процессом. Следовательно, региональные геохимические особенности почвенного покрова в значительной мере определяются литохимической природой почвома-теринских пород. В таблице 2 приведено содержание ванадия в почвах самых распространённых богарных ландшафтов, в зависимости от генезиса и состава почвоподстилающих пород. Из табличных данных следует, что ванадий концентрируется в почвах, сформированных по терригенным породам каменноугольного возраста, но особенно заметно – по четвертичным засоленным морским и лиманным глинам, супесям и суглинкам, широко распространённым на юго-востоке Ростовской области в зоне развития каштановых почв. Другие же породы создают обстановку, благоприятную для формирования почв с содержанием элемента, близкими фоновым. Таким образом, почвоподстилающие породы оказывают определённое, а в отдельных случаях решающее влияние на концентрацию металла в почвах, что было подчёркнуто ранее [1].

На первый взгляд может показаться, что сельскохозяйственное производство в целом не сопровождается заметным изменением со-

держания данного элемента в почвенном покрове. Однако более детальное изучение агроландшафтов показало, что различные сельскохозяйственные технологии оказывают существенное, хотя и неоднозначное влияние на распределение ванадия в почвах.

Как видно из таблицы 3, почвы полеводческих ландшафтов заметно обогащены ванадием в сравнении с почвами животноводческих (пастбищ и сенокосов). Следовательно, выпас скота и сенокосы сопровождаются обеднением почв ванадием. По подсчётам В. А. Алексеенко [1], количество выносимого из почв ванадия может достигать 10 т/км². Среди полеводческих ландшафтов абсолютными лидерами по содержанию ванадия в почвах являются рисовые чеки (78–180 мг/кг, в среднем 124 мг/кг). За ними следуют овощные плантации, в почвах которых содержание элемента изменяется в пределах 42–176 мг/кг, составляя в среднем 105 мг/кг. Наименьшее же количество ванадия установлено в почвах садов (в среднем 95 мг/кг) и виноградников (в среднем 92 мг/кг). Почвы богарных пашен занимают промежуточное положение среди агроландшафтов по содержанию данного элемента (в среднем 101 мг/кг).

Учитывая неодинаковые фоновые содержания ванадия в чернозёмах и каштановых почвах Ростовской области, нами предпринята

Таблица 2

Изменение концентрации ванадия в верхнем слое чернозёмов и каштановых почв богарных ландшафтов, отличающихся по составу и возрасту почвоподстилающих пород

Почвоподстилающие породы	Возраст пород	n	Ванадий		
			lim	среднее	V, %
			мг/кг		
Чернозёмы					
Эоловые, эолово-делювиальные и аллювиальные суглинки, глины, супеси и пески	Четвертичный	214	31–148	95±15	19
Карбонатно-терригенные: песчаники и алевролиты, мергели и известняки	Неогеновый	16	82–110	97±12	13
Терригенно-карбонатные: известняки, мергели, песчаники и алевролиты	Меловой	14	78–104	88±12	12
Терригенные песчаники и алевролиты	Каменноугольный	12	100–106	104±2	2
Карбонатно-терригенные известняки, мергели, песчаники и алевролиты		13	83–104	94±13	14
Каштановые почвы					
Эоловые, эолово-делювиальные и аллювиальные суглинки, глины, супеси и пески в разной степени засоления	Четвертичный	83	42–150	106±19	27
Морские и лиманные глины, супеси, суглинки, часто засоленные, с прослоями глиногипсов		65	50–156	115±21	25

Примечание: n – число проб; lim – пределы содержания ванадия; V – коэффициент вариации.

Таблица 3

Содержание ванадия в почвах различных типов агроландшафтов

Тип агроландшафтов	Подтип агроландшафтов	n	Ванадий		V, %
			lim	среднее	
			мг/кг		
Полеводческие	Немелиорируемые (богарная пашня)	417	31–156	101±15	23
	Мелиорируемые <i>орошаемые:</i>				
	– овощные плантации	26	42–176	105±17	22
	– сады	27	78–114	95±12	11
	– виноградники	21	52–104	92±14	17
	<i>периодически заливаемые</i> (рисовые чеки)	31	78–180	124±11	23
Животноводческие	Пастбища и сенокосы	401	44–135	77±14	19

Примечание: n – число проб; lim – пределы содержания ванадия; V – коэффициент вариации.

Таблица 4

Средние значения коэффициента накопления (K_n) ванадия в чернозёмах и каштановых почвах различных типов агроландшафтов

Тип агроландшафтов	Подтип ландшафтов	Коэффициент накопления ванадия	
		чернозёмы	каштановые
Полеводческие	Немелиорируемые (богарная пашня)	0,99	1,11
	Мелиорируемые <i>орошаемые:</i>		
	– овощные плантации	1,04	1,13
	– сады	0,99	–
	– виноградники	0,94	0,94
	<i>периодически заливаемые</i> (рисовые чеки)	1,16	1,36
Животноводческие	Пастбища и сенокосы	0,81	0,76

попытка оценить влияние физико-химических особенностей разных типов почв на поведение элемента в процессе сельскохозяйственного производства. В таблице 4 приведены средние значения коэффициента накопления (K_n) ванадия в чернозёмах и каштановых почвах (по отношению к его фоновым содержаниям), развитых в пределах сельхозугодий, отличающихся особенностями агротехнических приёмов и биологического круговорота. Как видно из приведённых данных, использование чернозёмных почв под богарную пашню (выращивание зерновых культур), овощные плантации и сады не изменяют содержание в них ванадия (K_n близок к единице). В других случаях чернозёмы либо теряют ванадий (незначительно – под виноградниками, интенсивно – при выпасе скота и сенокосах), либо обогащаются этим элементом (рисовые чеки). Что же касается каштановых почв, то в процессе их сельскохозяйственного использования они, в отличие от чернозёмов, проявляют

способность к накоплению ванадия, особенно при выращивании риса. Исключением, как и следовало ожидать, являются почвы пастбищ и сенокосов, которые существенно обедняются ванадием за счёт изъятия ежегодного прироста из ландшафта.

Особого внимания заслуживает факт резкого увеличения количества ванадия в почвах рисовых чеков, что можно объяснить не только активным внесением удобрений и пестицидов, но и спецификой геохимических процессов, сопровождающих технологию возделывания риса. Дело в том, что рисовые чеки – это агроландшафты с нестабильным гидродинамическим режимом, неустойчивыми окислительно-восстановительным потенциалом и щелочно-кислотной обстановкой, переменным химизмом почвенных растворов [7, 8]. В них формируются очень контрастные условия миграции химических элементов, способствующие образованию в почвах комплексных геохимических барьеров, на которых даже

при отсутствии активного привноса, в условиях изначально фонового распределения, могли образоваться достаточно выразительные аномалии ванадия и других элементов.

Таким образом, проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Пространственное распределение ванадия в почвенном покрове Ростовской области имеет неравномерный характер и в целом контролируется почвенной зональностью. При этом участки с аномальными содержаниями элемента чаще всего встречаются в зоне распространения каштановых почв, в то время как в чернозёмах обыкновенных он присутствует на уровне фоновых значений, а в чернозёмах южных, как правило, ниже фона.

2. Неравномерный характер распределения ванадия в почвах изначально связан с литохимическими особенностями почвообразующих пород. Выявлено, что на юго-востоке Ростовской области каштановые почвы, сформированные на засоленных морских и лиманных глинах, суглинках и супесях, отличаются наибольшим содержанием элемента, в то время как наименьшее его количество установлено в чернозёмах, развитых на меловых терригенно-карбонатных подстилающих образованиях.

3. Сельскохозяйственное использование естественных (степных) ландшафтов нарушает унаследованный от материнских пород характер пространственного распределения ванадия в почвенном покрове. При этом тенденции изменений, происходящих в агроландшафтах, определяются особенностями агротехнических приёмов и биологического круговорота.

4. Наиболее благоприятные для накопления ванадия условия создаются в почвах ри-

совых чеков, особенно в каштановой зоне, где средняя величина коэффициента накопления элемента составляет 1,4, а максимальная – приближается к 2. Важно подчеркнуть, что склонность к накоплению ванадия проявляют каштановые почвы и других полеводческих агроландшафтов, как орошаемых (овощные плантации), так и неорошаемых (богарные пашни). Следовательно, именно каштановые почвы агроландшафтов юго-востока Ростовской области являются основными поглотителями и накопителями ванадия. Данное обстоятельство диктует необходимость систематического контроля за его содержанием в этих почвах.

Литература

1. Металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области. М.: Логос, 2002. 312 с.
2. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжёлые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
4. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. М.: Медицина, 1985. 288с.
5. Ванадий и его роль в загрязнении окружающей среды. М., 1978. 288с.
6. Архипов И.А. Распределение ванадия в почвообразующих породах и почвах Алтая : дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2005. 124 с.
7. Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Трубилин И.Т., Котляров И.С., Соляник Г.М. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 1996. 192 с.
8. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону, 2004. 267с.