

УДК 577.486; 634,9

Н. Н. Цветкова, А. А. Дубина

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара***ВАРЬИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХРОМА В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИСАМАРЬЯ ДНЕПРОВСКОГО**

**Досліджено варіювання концентрації хрому в чорноземі звичайному Присамар'я Дніпровського. Виявлено пріоритетні кореляційні зв'язки хрому з фізико-хімічними властивостями ґрунтів.**

*Ключові слова:* хром, чорнозем звичайний, концентрація, кореляційні зв'язки.

**Исследовано варьирование концентрации хрома в черноземе обыкновенном Присамарья Днепропетровского. Обнаружены приоритетные корреляционные связи хрома с физико-химическими особенностями почв.**

*Ключевые слова:* хром, чернозем обыкновенный, концентрация, корреляционные связи.

**Investigated the variation of the concentration of chromium in ordinary chernozem Prissamarya Dnieper. Found correlations priority chromium with physicochemical characteristics of soils.**

*Key words:* chrome, ordinary chernozem, concentration, correlation.

Cr – химический элемент VI группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева, атомный номер 24, атомная масса 51,992. Очень токсичный металл, распространенный в природе (кларк земной коры  $8,3 \cdot 10^{-3} \%$ ). Известны четыре стабильные изотопа хрома:  $^{50}\text{Cr}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Cr}$ . Искусственный радиоактивный изотоп –  $^{51}\text{Cr}$  (период полураспада 27,8 суток). Основные минералы хрома: хромит ( $\text{Fe}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ ), хромшпинелиды [магнохромит ( $\text{Mg Fe Cr}_2\text{O}_4$ )]. Хром химически малоактивный элемент слабого биологического захвата, постоянно присутствующий в тканях растений. Для хрома характерны соединения с органическими веществами, в клетках растений он участвует в синтезе белков, повышает интенсивность фотосинтеза и содержание хлорофилла в листьях. Токсичность хрома проявляется в увядании надземных частей растений и повреждении корневой системы [8; 10; 15]. Токсичность 6-ти валентного хрома по сравнению с 3-х валентным значительно выше [1]. Возможна мутагенная активность хрома [12].

Металлический хром, так же, как и соединения хрома нижних ступеней окисления, в организме могут трансформироваться в соединения 6-ти валентного хрома. Соединения Cr(VI) имеют местное и общее токсическое действие, вызывают поражения органов дыхания, слизистых оболочек, желудочно-кишечного тракта, развитие онкологических заболеваний, общее снижение репаративных процессов в клетках, ингибирование ферментов. Эти вещества попадают в кровь, откладываются в печени, почках, эндокринных железах, зубах. Соединения хрома (III) вызывают специфические поражения кожи (дерматиты, язвы).

Легкорастворимый хром Cr(VI) является токсическим для растений и животных. В настоящее время вследствие антропогенного загрязнения отмечается рост содержания хрома в поверхностном слое почвы. Главным его источником являются промышленные отходы и отложения сточных вод.

Главная задача работы – исследовать варьирование хрома в черноземе обыкновенном по глубине почвенного профиля (латерали) и ландшафту (радиали), рассмотреть корреляционные связи его с рядом свойств почв (рН, гумус, фракция физической глины, емкость поглощения) и выявить причины тесноты или отсутствия корреляционных связей между элементом и свойствами почвы.

Для выяснения характера варьирования хрома в черноземе обыкновенном были использованы идеи Л. О. Карпачевского [9] об изменчивости свойств почв в пределах биогеоценоза. Признаки, наиболее характерные для черноземов и их изменчивость в пространстве и во времени, могут объяснить варьирование содержания в черноземе химических элементов, конкретно хрома, и отсутствие или присутствие тесных корреляционных связей концентрации хрома с рядом физико-химических свойств почвы.

В почвах мира кларк хрома варьирует от 12 до 22 мкг/кг [7; 8; 18; 19; 20]. Генетические почвенные горизонты и их состав можно рассматривать не только как результат действия шести основных факторов почвообразовательных процессов, а и как совокупность геохимических барьеров миграции отдельных химических элементов. Содержание и распределение элемента по почвенному профилю отражает экологическую роль этих барьеров и природных факторов.

Л. О. Карпачевским с помощью информационного анализа показано, что свойства одной и той же почвы значительно варьируются в пределах одного биогеоценоза по радиали и по глубине почвенного профиля. На изменчивость свойств почв, а, следовательно, и на содержание металлов в почве, прежде всего значительно влияют растения травянистых и древесных биогеоценозов.

В работах [17] и [21] утверждается, что в травянистых биогеоценозах, образованных однолетними и многолетними растениями происходит сравнительно быстрая смена поколений, примерно, в пределах 10 лет. В результате создается общее фитогенное поле, которое охватывает большую площадь, относительно однородную по воздействию на почву во всех точках. В травянистых ценозах смена поколений растений оставляет в целостности почвенный покров. В древесных биогеоценозах новое поколение формирует почву заново, так как смена поколений сопровождается нарушениями в сложении почв, образованием выворотов, бугров, западин, перемешиванием верхних слоев почвы, выходом на поверхность глубоких горизонтов; создается пространственная неоднородность и разновозрастность почв, а отсюда и изменчивость различных их свойств и химического состава.

В настоящее время различают два типа изменчивости почв: природную и внутрибиогеоценозную. Л. О. Карпачевский раскрывает причины изменчивости свойств почв внутри биогеоценозов. Это экологические условия, эволюция поверхности почв, циклы эрозии почв, эволюция рельефа, выбросы крота, эволюция биогеоценоза. В то время, как в создании неоднородности почвенного покрова как внутри, так и вне биогеоценоза играют существенную роль реальные природные факторы почвообразования: климат, рельеф, время, растительный и животный мир, почвообразующие породы и антропогенный фактор.

**Объект исследования.** В работе исследована вариабельность концентрации хрома в черноземе обыкновенном. Для исследования в качестве объекта был выбран чернозем обыкновенный, разнотравно-типчачково-ковыльной степи, расположенный в пределах приводораздельно-балочного ландшафта, район

Присамарского крутобережья с байрачными, пристенными лесами, пахотными землями и остатком степных целин [3–5, 16].

Основная площадь находится в 180 м от реки Самары. Отметка относительно уровня реки – 29 м. Тип лесорастительных условий СГ<sub>0-1</sub>. Общее покрытие травостоем 85 %; уровень грунтовых вод на глубине 18,8 м [16]. Дополнительные площади взяты в остатках степи между пахотными просторами и автомагистралями Днепропетровской области.

Присамарье охватывает среднее течение р. Самары Днепропетровской в пределах Новомосковского района Днепропетровской области. В ботанико-географическом отношении этот район расположен в зоне настоящих степей, подзоне разнотравно-типчакково-ковыльной степи, участки которой сохранились, главным образом, по крутым склонам балок, «пристена» и между сельскохозяйственными полями на плакоре.

Почва – чернозем обыкновенный, карбонатный среднесмытый. Основу травостоя составляют многолетники (79,4 %). Соотношение ценоморф, согласно [5], следующее:

St(73,8 %) + Pr(1,3 %) + Ru(1,1%) и т.д.

Генетические почвенные горизонты, свойства и состав рассматривались не только как результат действия шести основных факторов почвообразовательных процессов, а и как совокупность геохимических барьеров миграции отдельных химических элементов, в том числе хрома. Содержание и распределение хрома по почвенному профилю отражает экологическую роль этих барьеров и природных факторов одновременно. Если содержание хрома меньше локального фонового для данного региона, то можно утверждать, что металл хром выносится (вымывается, выщелачивается) из почвенного профиля, если же больше содержания в фоновом горизонте-профиле, то металл удерживается на геохимическом барьере.

В первом случае Кспп (коэффициент содержания элемента в почвенном горизонте по отношению к породе) должен быть больше «1», во втором меньше «1», а хром аккумулируется или выносится.

**Материалы и методы исследования.** Пробы почвы отбирались двумя способами: по генетическим горизонтам главного разреза и через 10 см на дополнительных участках, а также на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50 м от разреза в географических направлениях: восток, запад, юг, север. Пробы почвы анализировались общепринятыми эмиссионным спектральным и химическим методами [2].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Варьирование, изменчивость и разнообразие свойственно каждому природному явлению. Так, для содержания хрома в черноземе обыкновенном по глубине почвенного профиля характерен набор значений от 46 до 85 мг/кг почвы. Корнеобитаемый слой чернозема обыкновенного разнотравно-типчакково-ковыльной степи в среднем содержит 80 мг/кг почвы, коэффициент вариации – 6 %. Распределение хрома по генетическим горизонтам равномерно-аккумулятивное, биогенная аккумуляция проявляется в верхнем гумусированном почвенном горизонте. Максимальное содержание хрома в верхнем почвенном горизонте «Н» постепенно убывает (уменьшается) с глубиной.

Распределение хрома по основным почвенным горизонтам (табл. 1) и коэффициент аккумуляции (Ка) чернозема обыкновенного Присамарья Днепропетровского свидетельствует о существенной роли биогенного фактора в распределении хрома.

Таблиця 1.

**Распределение хрома по генетическим горизонтам чернозема  
обыкновенного (Днепропетровская область)**

Горизонт	Содержание в почвенных горизонтах, мг/кг				Ка
	Н	Нр	hP	P	
Содержание хрома	84±6*	73±5	63±5	49±8	1,98

\* $c \pm tm$ ,  $p=0,95$ ,  $n=32$ .

Биогенный фактор выступает в роли барьера в процессе миграции хрома по почвенному профилю чернозема.

Суждение о появлении того или иного содержания хрома, согласно информационного анализа, неопределенно. Частота появления каждой концентрации  $C_2$  есть условная вероятность  $p(C)=n_c/N$ , где  $n$  – количество случаев появления  $C$ ;  $N$  – общее количество наблюдений  $C$ . Величину этой неопределенности можно оценить количественно по формуле Шеннона:

$H(C) = - \sum p(C) \lg_2 p(C)$ , где  $\lg$  можно брать десятичный, но учитывать это при сравнении данных.

Смысл формулы: неопределенность появления концентрации хрома  $C_i$  равна сумме произведений вероятности каждой концентрации хрома  $C_i$  на двоичный логарифм этой же вероятности. Оценка связи между хромом и почвенным горизонтом (табл. 2) подтверждает вариабельность и распределение концентрации хрома по генетическим горизонтам чернозема обыкновенного.

Таблиця 2.

**Оценка связи между хромом и почвенным горизонтом**

Параметры-горизонты	Н	Нр	hP	P
Количество информации, бит	0,8928	0,1161	0,0672	0,0613

В черноземе обыкновенном по глубине почвенного профиля исследовались свойства почвы: общий гумус, емкость поглощения, гранулометрический состав и кислотность почвенного раствора (табл. 3) с целью установления тесноты связи с ними хрома и выявления приоритетности влияния конкретного свойства почвы на концентрацию хрома в ней.

Таблиця 3.

**Среднестатистические характеристики физико-химических свойств  
чернозема обыкновенного (Присамарье)**

Генетические горизонты	Физ.глина, %	Гумус, %	pH, водн.	E, мг·экв/100г. почвы	Cr, мк/кг
Н	60	7,0	7,4	43,0	84
Нр	63	5,0	7,6	35,5	73
hP	57	3,4	7,7	33,5	63
P	54	1,7	8,2	23,2	49
г	0,5	0,8	-0,4	0,6	

Таблиця 4

**Вариации концентрации хрома в корнеобитаемом слое чернозема обыкновенного приводораздельно-балочного ландшафта (слой 0–50 см)**

Почва	Сг, мкг/кг почвы			
	С	tm	V, %	P
Чернозем обыкновенный, слабосмытый (верхняя часть склона байрака Войскового)	74	19	26	0,95
Чернозем обыкновенный, плакор	136	31	23	0,95

Достоверно установлена положительная корреляционная связь хрома с фракцией физической глины ( $r=0,5$ ), гумусом ( $r=0,8$ ) и емкостью поглощения ( $r=0,6$ ), отрицательная и очень слабая с рН ( $r=-0,4$ ). Максимальная корреляционная связь хрома отмечена с гумусом.

Исследована транслокация хрома в черноземе обыкновенном по ландшафту (радиали) в корнеобитаемом слое (табл. 4).

Изучение распределения металлов в почвенном покрове по рельефу, по типам ландшафтов, как отмечали исследователи-классики [6; 11; 13; 14], имеет большое практическое и теоретическое значение в исследовании почвенного покрова. Ими установлено, что поймы и отдельные части водоразделов неравноценны по макро- и микроэлементному составу почв. В работе исследовано содержание микроэлемента хрома в пределах приводораздельно-балочного ландшафта и получено, что концентрация хрома только в пределах этого ландшафта меняется от 74 до 136 мг/кг при соответствующих коэффициентах вариации и ошибках определения. Такая транслокация хрома в черноземах обыкновенных связана с варьированием свойств чернозема, с изменением его гранулометрических свойств, реакций почвенного раствора, емкости поглощения, содержанием гумуса, механической денудацией почв и др.

Какой их этих факторов является превалирующим свидетельствуют результаты корреляционного анализа этих связей (табл. 3). Хром тесно коррелирует с гумусом почвы.

**Выводы.** Концентрация хрома в черноземе обыкновенном разнотравно-типчаково-ковыльной степи приводораздельно-балочного ландшафта находится в интервале 74–136 мг на кг почвы, коэффициент вариации составляет 21–26%.

В черноземе обыкновенном транслокация хрома по почвенному профилю относительно равномерна с повышением количественного содержания хрома в верхнем гумусированном горизонте, в горизонте аккумуляции гумусовых веществ.

На формирование профильного распределения хрома в черноземе обыкновенном первостепенно оказывает влияние механическое перемещение мелких почвенных фракций сверху вниз и биогенная аккумуляция. В зависимости от степени действия этих факторов и ведущей роли одного из них – гумуса, в черноземе обыкновенном наблюдается аккумуляция хрома в верхнем почвенном горизонте.

## Библиографические ссылки

1. **Алексеев Ю. В.** Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Изд-во Наука, 1987. – 142 с.
2. **Аринушпина Е. В.** Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушпина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
3. **Белова Н. А.** Естественные леса и степные почвы / Н. А. Белова, А. П. Травлеев. – Д. : Изд-во Днепропетр. госун-та, 1999. – 348 с.
4. **Бельгард А. Л.** Степное лесоведение / А.Л. Бельгард. – М. : Изд-во Лесн. пр-сть, 1971. – 336с.
5. **Бельгард А. Л.** Лесная растительность юго-востока Украины / А. Л. Бельгард. – К. : Изд-во КГУ, 1950. – 264 с.
6. **Глазовская М. А.** Основы почвоведения и география почв / М. А. Глазовская. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 242 с.
7. **Жовинский Э. Я.** Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева. – К. : Наук. думка, 2002. – С. 18-20.
8. **Кабата-Пендиас А.** Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Изд-во Мир, 1989. – 439 с.
9. **Карпачевский Л. О.** Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л. О. Карпачевский. – М. : Изд. МГУ, 1977. – 208 с.
10. **Ковда В. А.** Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М. : Изд-во Наука, 1985. – 263 с.
11. **Ковда В. А.** Основы учения о почвах./ В. А. Ковда. – М. : Изд-во Наука, 1973. – 443 с.
12. **Лоуб Л. А., Ткшелашвили Л. К.** Влияние хрома на точность синтеза ДНК / Л. А. Лоуб, Л. К. Ткшелашвили // Материалы 9. Всесоюз. конф. по пробл. микроэлементов в биологии. – Кишинеv: Изд-во Картя молдовеняскэ, 1981. – С. 78.
13. **Перельман Я. И.** Геохимия ландшафтов / Я. И. Перельман. – М. : Изд-во Висшая школа, 1975. – 348 с.
14. **Полынов Б. Б.** Учение о ландшафтах / Б. Б. Полынов. – М. : Изд-во Географ ДГИЗ, 1956. – 372 с.
15. **Протасова Н. А.** Редкие и рассеянные элементы в почвах центрального Черноземья / Н. А. Протасова, А. П. Щербакова, М. Т. Копаева. –Воронеж : Изд-во ВГУ, 1992. – 168 с.
16. **Травлеев Л. П.** К постановке лесо-гидрологических исследований в Присамарье / Л. П. Травлеев // Вопросы степного лесоведения. – Д. : Изд-во Днепропетр. госун-та, 1972. – Вып. 2. – С. 18–21.
17. **Уранов А. А.** Фитогенное поле / А. А. Уранов // Проблемы современной ботаники. – М. : Изд-во Наука, 1965. – Т.1. – С. 28–31.
18. **Bartlett R. I.** Behavior of chromium in soil. I trivalent forms. II Hexavalent forms/ R. I. Bartlett, J. M. Kimble // J. Environ, Qual. – 1976. – № 5. – P. 379 and 383.
19. **Bartlett R. I.** Behavior of chromium in soil III oxidation / R. I. Bartlett , B. Jamas // J. Environ, Qual. – 1979. – № 8. – P. 31.
20. **Bloomfeld C.** The translocation of metals in soil / C. Bloomfeld // The Chemistry of Soil Proceses. - John Wiley Si Sons, New York. – 1981. – 463 p.
21. **Tisdale E. W.** Vogatation and Soil development on a resently glaciated area near mount Pobson / E. W. Tisdale, M. A. Fosberg and C. E. Poution. – British Columbia «Ecology». – 1966. – Vol. 47, № 4. – P. 97–98.

*Надійшла до редколегії 29.05.2014 р.*