

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР БИЙСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Одинцова Елена Александровна

Студент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина», г. Бийск, Россия

Научный руководитель: *Гусев Анатолий Иванович,*

д. г.-м. н., профессор,

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет

им. В.М. Шукшина», г. Бийск, Россия **Аннотация:** В статье рассмотрено влияние содержания тяжелых металлов в основных типах почв на элементный состав злаковых культур. В современных условиях загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами – это вопрос стабильности качества урожая, который приобретает определенный смысл, трактуемый в возможности получения растениеводческой продукции, пригодной в пищу человека. Поступая в растения в избытке, тяжелые металлы подавляют нормальный ход метаболических процессов, делают опасной растительную продукцию. Высокие концентрации тяжелых металлов блокируют активные центры в ферментах, ослабляют энергетику клеток, снижают синтез белков и фотосинтез, нарушают водообмен и т.д. Для изучения этого вопроса были проведены исследования по распределению тяжелых металлов в основных злаковых культурах Бийского района. Установлены закономерности поглощения и накопления тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в конкретных почвенно-климатических условиях Южной Сибири. На основе факторного анализа выявлены парagenные ассоциации элементов в различных злаковых культурах, которые определяются особенностями территориального положения относительно техногенных источников.

Ключевые слова: Алтайский край, злаковые культуры, пшеница, овес, ячмень, тяжелые металлы, кадмий, свинец, цинк, медь.

BIOGEOCHEMICAL INDICATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF CEREAL CROPS OF THE BIYSK DISTRICT OF THE ALTAI TERRITORY

Odintsova Elena Alexandrovna

Science chief :Gusev Anatoly Ivanovich

Annotation: The article considers the influence of heavy metals content in the main types of soils on the elemental composition of cereals. In modern conditions of environmental pollution with heavy metals, it is a question of crop quality stability, which acquires a certain

meaning, interpreted in the possibility of obtaining plant-growing products suitable for human food. Entering plants in excess, heavy metals suppress the normal course of metabolic processes, make plant products dangerous. High concentrations of heavy metals block the active centers in enzymes, weaken the energy of cells, reduce protein synthesis and photosynthesis, disrupt water exchange, etc. To study this issue, studies were conducted on the distribution of heavy metals in the main cereal crops of the Biysk region. The regularities of absorption and accumulation of heavy metals by agricultural plants in specific soil and climatic conditions of Southern Siberia have been established. On the basis of factor analysis, paragenic associations of elements in various cereal crops have been identified, which are determined by the peculiarities of the territorial position relative to technogenic sources.

Keywords: Altai Krai, cereals, wheat, oats, barley, heavy metals, cadmium, lead, zinc, copper.

Зерновые культуры с давних времен занимают важное место в питании человека, являясь доступным источником микроэлементов, белков, углеводов и витаминов. Многие зерновые культуры применяют при изготовлении различных видов продуктов питания, косметических, лекарственных препаратов, кормов для сельскохозяйственных животных.

Среди различных программ, направленных на улучшение экологической ситуации в России, особое место занимает мониторинг окружающей среды, призванный, в частности, следить за изменением в экосистемах концентрации тяжелых металлов (ТМ). Без оценки уровней загрязнения почв, растительности и воды тяжелыми металлами невозможно получить общую картину техногенной нагрузки этих веществ на окружающую среду. При этом необходимо учитывать их поведение в экосистеме. Особенно важен комплексный подход при оценке загрязнения аграрных районов, поскольку они являются основными производителями сельскохозяйственных продуктов. Для загрязняющих веществ, время полного исчезновения которых из системы «почва – растение» не превышает одного вегетационного периода, эта проблема не столь актуальна. Для токсикантов, период разложения которых до безопасного уровня или выведения из почвы обычно составляет несколько лет, необходимо учитывать возможности их миграции и бионакопления [1].

Известно, что накопление тяжелых металлов в организме человека осуществляется в основном за счет пищи и меньше за счет воды и воздуха. Среди пищевых продуктов наиболее загрязнены продукты растительного происхождения. Поэтому установление закономерностей поглощения и

накопления ТМ сельскохозяйственными растениями в конкретных почвенно-климатических условиях, а также распределение этих элементов по растению, имеет не только теоретическое, но и практическое значение для прогнозирования уровней загрязнения и получения экологически безопасной продукции сельскохозяйственного производства. Это указывает на несомненную актуальность исследования по изучению загрязнения злаковых культур Бийского района.

Среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями считались ранее свинец, кадмий, так как их техногенное накопление в окружающей среде идет высокими темпами. Однако, в связи с общим загрязнением почв Алтая ртутью, крайне важной целью стало выяснение степени заражённости зерновых культур и этим металлом, относящимся к первому классу опасности. В сельскохозяйственном производстве основными источниками поступления тяжелых металлов являются пестициды, минеральные удобрения, химические мелиоранты.

По литературным данным [2-12] химический состав разных растений и различных частей одного растения неодинаков и зависит от ряда факторов: систематического положения растения, его возраста, фазы вегетации, геохимических особенностей ландшафта и состава почвы, времени года. Отмечено, в частности, что наиболее высокое содержание металлов в листьях, меньшее - в коре, что содержание фосфора в золе трав уменьшается от весны к осени, а сезонные колебания в химическом составе более характерны для листьев, чем для коры.

В этой связи в данной работе анализу подвергнута зола, полученная из злаковых культур в Бийском районе в июне 2018 года. Средние содержания химических элементов в золе растений и коэффициенты биологического накопления приведены в табл.1.

Таблица 1

Средние содержания элементов в золе растений (С, %) Бийского района и коэффициенты биологического накопления (K_x)

Элементы	Среднее содержание в почве	Виды растений							
		Гречиха, n=13		Пшеница, n=18		Овёс, n=17		Рожь, n=21	
		C	K _x	C	K _x	C	K _x	C	K _x
Cd	0,00005	0,00006	1,2	0,00008	1,6	0,00007	1,4	0,00005	1,0
Hg	0,000007	0,00001	1,4	0,00004	5,7	0,00003	4,28	0,00002	2,85
Li	0,0005	0,0009	1,8	0,001	2,0	0,0011	2,2	0,001	2,0
As	0,0005	0,0008	1,6	0,001	2,0	0,0009	1,8	0,0008	1,6
P	0,1	2,4	24,0	2,11	21,1	2,81	28,1	2,51	25,1
Mo	0,0001	0,0002	2,0	0,0008	8,0	0,0011	11,0	0,0009	9,0
Zn	0,0009	0,001	1,1	0,04	4,44	0,04	4,44	0,03	3,33
Cu	0,003	0,006	2,0	0,009	3,0	0,009	3,0	0,011	3,67
Mn	0,078	0,09	1,15	0,1	1,28	0,12	1,5	0,10	1,3
Ag	0,00001	0,0001	10,0	0,0002	2,0	0,00013	1,3	0,00015	1,5
Sr	0,021	0,016	0,76	0,017	0,8	0,016	0,76	0,015	0,7
Ba	0,04	0,05	1,25	0,06	1,5	0,048	1,2	0,053	1,32
B	0,003	0,004	1,33	0,005	1,67	0,005	1,7	0,004	1,33
Pb	0,002	0,003	1,5	0,0029	1,45	0,001	0,5	0,0015	0,75
Sn	0,0002	0,0002	1,0	0,0003	1,5	0,0002	1,0	0,0001	0,5
Ni	0,003	0,0012	0,4	0,002	0,67	0,003	1,0	0,001	0,3
Ti	0,32	0,08	0,25	0,09	0,28	0,04	0,1	0,067	0,2
Al	10,0	4,5	0,45	4,6	0,46	2,44	0,32	3,1	0,3
Co	0,001	0,0003	0,3	0,002	2,0	0,0002	0,2	0,0001	0,1
V	0,005	0,002	0,4	0,003	0,6	0,002	0,4	0,002	0,4
Cr	0,008	0,002	0,25	0,003	0,37	0,002	0,25	0,003	0,37
Be	0,0002	0,0002	1,0	0,0003	1,5	0,0003	1,5	0,0002	1,0
F	0,06	0,03	0,5	0,05	0,83	0,06	1,0	0,05	0,83

**Примечание. Анализы выполнены количественным спектральным методом в лаборатории ИМГРЭ (г. Москва); n – количество проанализированных проб.*

Как видно из таблицы, содержание большинства элементов в золе растений значительно отличается от их среднего содержания в почве, так как растения избирательно поглощают элементы. Интенсивность поглощения характеризуется коэффициентом биологического поглощения K_x , который рассчитывается как отношение средней концентрации элемента в золе растения к среднему содержанию этого элемента в почве.

При $K_x > 1$ элементы накапливаются в растениях, а при $K_x < 1$ - только захватываются.

В соответствии с классификацией элементов по интенсивности биологического поглощения [1], следует отнести фосфор к элементам биологического накопления ($K_x = 21,1-28,1$); Mo, Zn, Hg, Cu, Mn, Ag, As, Sr, Ba, B, Pb, Sn, Ni, Be, Cd - к элементам среднего захвата ($K_x = 0,5-11$); Ti, Al, Co, Cr, F - к элементам слабого захвата ($K_x = 0,1-1$). Следует отметить, что разные растения дифференцированно накапливают химические элементы.

Наименьшее количество токсикантов в Бийском районе накапливает гречиха, а пшеница захватывает максимальное количество вредных элементов и в наибольших концентрациях (табл.1).

К числу элементов среднего захвата в гречихе Бийского района относятся: кадмий, ртуть, литий, мышьяк, молибден, цинк, медь, марганец, серебро, барий, бор, свинец. При этом наиболее высокий коэффициент биологического накопления в гречихе характерен для серебра. Высокие концентрации серебра в гречихе не опасны, так как серебро не входит в группу наиболее опасных токсикантов первого и второго классов опасности. К числу элементов слабого захвата в гречихе Бийского района относятся стронций, олово, никель, титан, алюминий, кобальт, ванадий, хром, бериллий, фтор.

Для золы пшеницы Бийского района расширяется спектр химических элементов среднего захвата: кадмий, ртуть, литий, мышьяк, молибден, цинк, медь, марганец, серебро, барий, свинец, олово, кобальт. Наиболее высокие концентрации зафиксированы для ртути ($K_x=5,7$), цинка ($K_x=4,44$) и молибдена ($K_x=8$). При этом ртуть и цинк входят в ряд элементов 1 класса опасности, а молибден – второго класса опасности. Содержания ртути в пшенице составляют 0,4 мг/кг и относятся по градациям к высоким концентрациям [11].

Зола овса характеризуется близкими параметрами накопления химических элементов. Среди элементов среднего захвата преобладают те же элементы, относящиеся к первому классу опасности - ртуть ($K_x=4,28$), цинк ($K_x=4,44$), и второму классу опасности - молибден ($K_x=11,0$).

Зола ржи отличается несколько меньшими коэффициентами биологического накопления элементов первого класса опасности - ртуть ($K_x=2,85$), цинк ($K_x=3,33$). Элементы второго класса опасности во ржи характеризуются своей спецификой. Наблюдается снижение концентраций молибдена ($K_x=9,0$) и повышение – меди ($K_x=3,67$).

Для выявления влияния выбросов транспорта на химический состав

растений отобраны пробы практически по профилям с тем же шагом, что и почва. Точки отбора различных видов растительности и выявленные аномалии отражены на графиках. Чаще всего в растительности у автомобильных дорог накапливается свинец и серебро, реже стронций, кадмий и марганец, медь, ванадий, титан, хром, фтор, бор, еще реже никель. Максимальное накопление элементов-токсикантов среднего захвата в растениях наблюдается в области доминирующей «розы ветров» со сдвигом в В-С-В направлении (согласно «розе ветров»).

Нами проведено выявление парагенетических ассоциаций элементов в опробованных растениях с наибольшим числом проанализированных проб (пшеница и рожь) для обеспечения репрезентативности полученных результатов методом главных компонент факторного анализа. Как известно, последний в наибольшей степени соответствует смыслу парагенетического анализа [13]. Об этом свидетельствует структурное единство модели, описывающей поведение химических элементов системы при изменении внешних условий, и модели метода главных компонент:

$X_i = \sum W_{ij} Z_j$, где Z_j – значения j -го фактора; W_{ij} – факторная нагрузка j – го фактора на i -ю переменную; ($i=1,2,3,\dots, m$; $j= 1,2,3, \dots, r$; $r \leq m$).

Расчёт факторных нагрузок для наших данных по выборкам анализов для пшеницы и ржи выглядит следующим образом:

Ф I пшеницы, $D=41\%$, $P_{0,91}$ Mo $_{0,76}$ Hg $_{0,61}$ Zn $_{0,48}$ Cu $_{0,41}$

Ф I ржи, $D=3842$, $P_{0,81}$ Mo $_{0,77}$ Cu $_{0,53}$ Zn $_{0,46}$ Hg $_{0,39}$

Где Ф I – факторные нагрузки первого порядка, D – вклад факторных нагрузок в процентах; значения факторных нагрузок конкретных элементов даны рядом с элементом при значениях вероятности 0,95%.

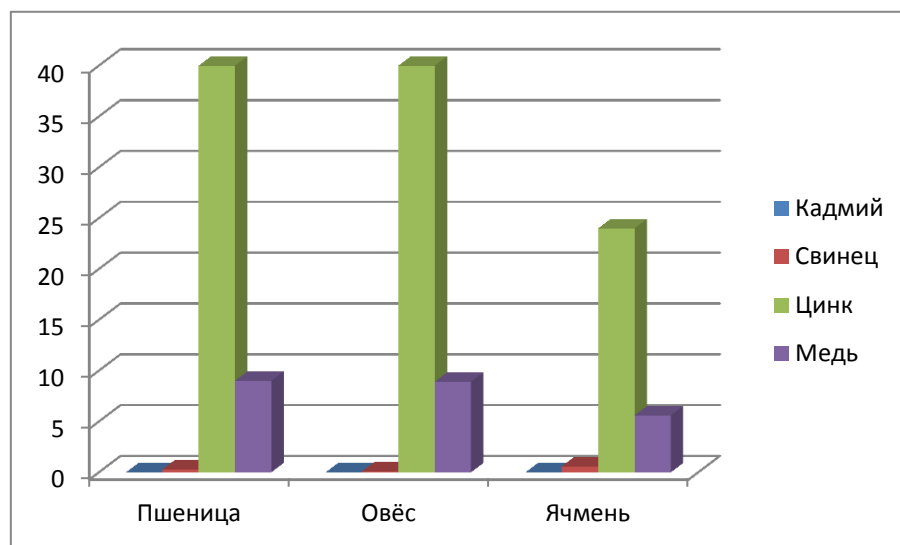
Полученные результаты в сопоставлении с данными табл.1 показывают, что полученные парагенетические ассоциации отражают комплексы химических элементов, имеющих техногенную природу, а конкретные значения факторов ранжированы по степени увеличения коэффициентов биологического накопления (или аномальности в опробованных растениях).

Парагенные ассоциации химических элементов в пшенице и ржи имеют черты сходства и различий. У них наблюдаются общие ассоциации элементов, но порядок их в парагенных ассоциациях специфичен и различны величины факторных нагрузок.

Для растительности вблизи железных дорог характерно накопление фосфора, свинца, серебра, ртути, ванадия, никеля, хрома, цинка, в меньшей степени - меди и стронция. Для выборки по пшенице с числом проб 21, отобранных вблизи железной дороги Бийск-Барнаул, определены также факторные нагрузки

Ф I пшеницы, $D=41\%$, $P_{0,88}$ $Pb_{0,71}$ $Ag_{0,68}$ $Hg_{0,66}$ $V_{0,63}$ $Ni_{0,48}$ $Cr_{0,39}$ $Zn_{0,36}$.

На рис 1. Показано распределение химических элементов в злаковых культурах Бийского района. Наименьшим загрязнением характеризуется ячмень.



**Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в злаковых культурах
Бийского района Алтайского края, мг/кг**

Заключение

1. Уровни концентрации кадмия, свинца, цинка и меди в злаковых культурах Бийского района ниже ПДК. Таким образом, растительная продукция экологически безопасна по содержанию тяжёлых металлов, что

объективно отражает уровень антропогенной нагрузки и степень агрогенного влияния на агроценозы злаковых культур Бийского района Алтайского края.

2. Наиболее высокие концентрации во всех районах и растениях характерны для цинка и они ниже принятых ПДК. Высокие концентрации ртути в пшенице вызывают тревогу, так как это основной продукт, из которого получают хлеб на Алтае.

3. Наименее загрязнённой тяжёлыми металлами из всех злаковых культур в Бийском районе является гречиха. Недаром она относится к диетическим продуктам питания.

4. Выявлено низкое содержание меди в зерне ячменя, свидетельствующее о дефиците некоторых биологически необходимых элементов и недостаточной минеральной полноценности продукции.

5. Парагенетические ассоциации химических элементов в каждой культуре специфичны и позволяют выявлять наиболее загрязнённые злаки теми или иными тяжёлыми металлами. В зависимости от положения относительно техногенных объектов набор элементов и их концентрации различны.

6. Сравнение полученных результатов факторного анализа для золы пшеницы у автодорог и железной дороги показывает, что накопление элементов-токсикантов у одного и того же растения зависит от источника загрязнения.

Литература

1. Алексеев Ю.В., Тяжёлые металлы в почвах и растениях // Л., 1987. - 142 с.
2. Алексеева-Попова Н.В., Ильинская Н.Л. Реакция отдельных видов и популяций на высокое содержание меди в среде // Растения в экстремальных условиях минерального питания //Л., 1983. - С. 22-42.
3. Андроникашвили Э.Л., Мосулишвили Л.М., Мангаладзе В.И. и др. Связывание следовых количеств некоторых элементов нуклеиновыми

кислотами злокачественных опухолей // Докл. АН СССР. 1970. - 195, № 4. - С. 979-982.

4. Бабенко Т.А. Злокачественный рост, металлы и хелатирующие агенты // Биологическая роль микроэлементов. М., 1983. - С. 170-172.

5. Бабкин В.В., Завалин А.А. Физиолого-биохимические аспекты действия тяжёлых металлов на растения // Химия в сельском хозяйстве. 1995. -№5.-С. 17-21.

6. Балук А., Косиальковский Ю.З., Комисарет Ш. Влияние различных доз свинца на урожайность и накопление этого элемента в различных органах растений // Биология, 04 Ботаника, 1992; № 6; статья 6В4065.

7. Барсукова В.С., Гамзикова О.И. Реакции контрактных по устойчивости сортов пшеницы на загрязнение почвы кадмием и никелем // Тез. докл. II Съезда почвоведов. С. Петербург, 1996, Кн. 1. - С. 320.

8. Барсукова В.С., Гамзикова О.И., Ван Децин. Реакция пшеницы на присутствие кадмия // Сибирский экологический журнал. 1995. № 6. - С. 515-521.

9. Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю. Распределение тяжелых металлов по органам культурных растений // Агрохимия. 1987. - № 5. - С. 40-46.

10. Ильин В.Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва-сельскохозяйственная культура //Агрохимия. 2006. № 3 С. 52-59.

11.Кот Ф.С., Матюшкина Л.А. Формы ртути в городских почвах промышленных центров Среднего Приамурья //Геохимия, 2003. - №6. – С. 661-669.

12.Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., Высшая школа. 1975, С. 276

13.Смирнов Б.И. Статистические методы выделения ассоциаций химических элементов и минералов // Обзор. М., Наука, 1975, 62 с.