

УДК 502.3(574.31)

PhD Ж.О. Озгелдинова<sup>1</sup>PhD Ж.Т. Мукаев<sup>2</sup>**ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА**

**Ключевые слова:** промышленный узел, техногенное воздействие, тяжелые металлы, воздух, почвы, растительность

*В работе представлены результаты исследования пространственного изменения валового содержания тяжелых металлов в почвах и растительности. Выявлены основные факторы загрязнения воздушного бассейна Жезказганского промышленного узла. Приведены результаты измерений содержания в воздухе пыли, а также анализов химического и гранулометрического составов пыли, сделанные в 2012...2015 гг. Установлено, что химический состав растений зависит от состава и свойств почв, на которых они произрастают, но не повторяют его, так как растения избирательно поглощают необходимые им элементы в соответствии с физиологическими и биохимическими потребностями. Распределение концентраций тяжелых металлов соответствует скорости и частоте преобладающих воздушных потоков – розе ветров.*

*Установлено, что распространенными вредными антропогенными веществами в атмосферном воздухе региона являются пыль, сернистый ангидрид, сероводород, окислы углерода, окислы азота, аммиак, фенол и тяжелые металлы (медь, свинец, цинк). Ассоциацию загрязняющих веществ в почвах составляют медь, свинец, цинк, в растениях – цинк и медь.*

Жезказганский промышленный узел охватывает все стадии технологических процессов от добычи и обогащения сырья, до получения готовой продукции в виде цветных металлов и их сплавов. Он представлен горно-металлургическим комбинатом, медеплавильным заводом, обогати-

---

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан;

<sup>2</sup> Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Казахстан

тельными фабриками, литейно-механическим заводом, шахтами. Их основная продукция катодная медь, серебро аффинированное, золото аффинированное, цинковый концентрат, свинцовая пыль, серная кислота, соли редких металлов. Таковыми предприятиями региона являются ПО «Жезказганцветмет» ТОО «Корпорация Казахмыс» и РГП «Жезказганредмет».

Рельеф территории Жезказганского промышленного узла сложен мелкосопочными возвышениями и межсопочными понижениями, речными долинами, сухими руслами водотоков с бессточными впадинами, озерными котловинами. Условия рельефа региона обуславливают свободную циркуляцию воздушных потоков, не способствуя созданию застойных условий для атмосферных загрязнений [11]. Климат региона континентальный и крайне засушливый. Средняя температура января колеблется в пределах  $-14,7 \dots -19,9$  °С. Средняя температура июля –  $+19 \dots +27$  °С. При слабых ветрах низкие и неорганизованные выбросы имеют тенденцию к скапливанию в приземном слое. При значительных ветрах ( $7 \dots 10$  м/с) и отсутствии инверсии в приземном слое, примеси рассеиваются и редко достигают поверхности земли. При сильных ветрах со скоростью  $12 \dots 15$  м/с и более – наблюдается перенос примесей на значительные расстояния от источников [17].

**Материал и методы исследований.** В данной работе объектом исследования выступает территория Жезказганского промышленного узла,  $36$  км<sup>2</sup>. Для проведения комплексных физико-географических исследований на первых этапах были определены опорные пункты, на которых производились полустационарные полевые исследования по основным элементам компонентов природной среды. Местоположение точек отбора проб приводится на рис. Химические анализы образцов воздуха и почвы на содержание отдельных ингредиентов загрязняющих веществ выполнены в сертифицированной лаборатории «КАЗГИДРОМЕТ» г. Астаны.

Прямые замеры запыленности воздуха до и после техногенного отстойника производились при ветре южного направления скоростью  $6$  м/с. Пробы отбирались в августе, т.е. в период, когда пылеобразование на техногенном отстойнике достигает своего максимума. Отбор проб и обработка результатов выполнены в строгом соответствии с [15, 16].

Одной из важнейших причин нарастания негативных процессов в природной среде является деградация почвенного покрова, являющегося узлом геоэкологических связей в природной системе. Почвенные исследования проводились согласно стандартным методическим рекомендациям

[5, 12]. Для изучения пространственного валового содержания тяжелых металлов в почвах, было отобрано 34 пробы. Они отбирались в зависимости от удаления промышленной зоны, в соответствии с розой ветров, радиально по 8 маршрутным направлениям: север, юг, запад, восток, северо-запад, юго-запад, северо-восток, юго-восток, на расстоянии от 250 до 3000 м от промышленной зоны.

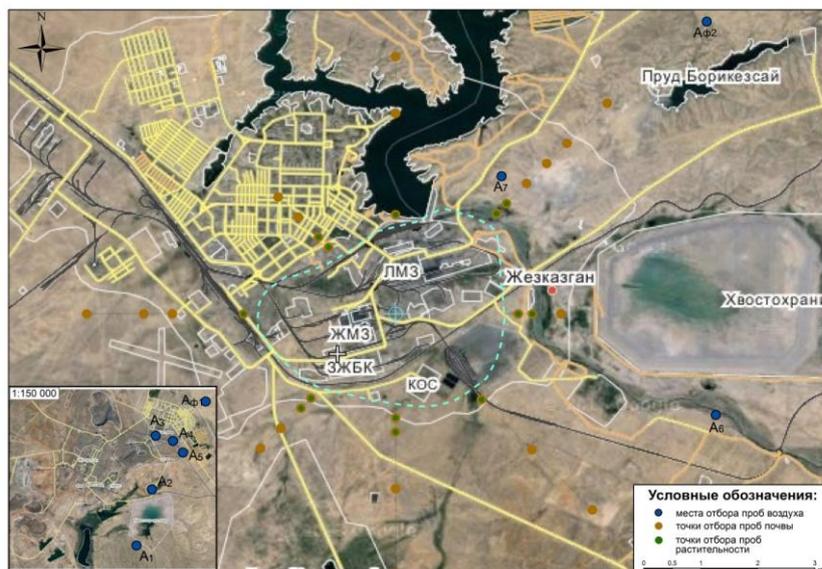


Рис. Схема отбора проб воздуха, почвы и растительности на территории Жезказганского промышленного узла.

Одновременно с пробами почв осуществлялся отбор доминантных видов растительности. Пробные площадки закладывались в соответствии с методиками, принятыми в фитоценологии модифицированными для биогеохимических исследований [13]. Растительный покров служит надежным индикатором состояния окружающей среды, а сами растения являются начальным этапом в трофической цепи накопления и перераспределения вещества и энергии. Именно растения первыми принимают токсические вещества из почвы и воздушной среды [3]. В исследуемом регионе выявлялось содержание следующих металлов в растениях: цинк, медь, свинец и кадмий. Для этого отбирались образцы радиально по 8 маршрутным направлениям в соответствии с розой ветров, на расстоянии от 250 до 500 м от промышленной зоны. Для определения растительных сообществ выполнены геоботанические описания в соответствии с [9], латинские названия растений даны по [18]. Анализ на содержание тяжелых металлов выполнен в сертифицированной лаборатории экологической биотехноло-

гии Национального центра биотехнологии г. Астаны методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В табл. 1-3 приведены результаты измерений содержания в воздухе пыли, а также анализов химического и гранулометрического составов пыли, сделанные в г. Сатпаеве.

В табл. 1 приведено содержание отдельных элементов, содержащейся в пробах воздуха, отобранных до и после техногенного отстойника Сатпаевской обогатительной фабрики. Данные свидетельствуют, что в процессе прохождения ветрового потока над техногенным отстойником химический состав содержащейся в нем пыли практически не меняется. Только содержание меди и никеля увеличивается в два раза. В незначительной степени увеличивается содержание таких металлов, как марганец, свинец, серебро и стронций. В то же время пересчет на содержание в воздухе конкретных загрязняющих веществ показал, что ни один из металлов не имеет концентраций, превышающих ПДК [15, 16].

Таблица 1

Результаты спектрального анализа проб пыли, 2012 г.

Химический элемент	Содержание в точке отбора пробы, мг/кг	
	фон $A_{\phi 1}$	за отстойником $A_1$
Fe	0,004	0,004
Mn	0,008	0,01
Cu	0,001	0,002
Mo	0,001	0,001
Ni	0,001	0,002
Pb	0,002	0,003
Ag	0,0013	0,002
Sr	0,015	0,018
Cr	0,001	0,001
Zn	0,04	0,04

*Примечание:* не обнаружены: As, Cd, Co, Hg, Sb, W, U.

Таблица 2

Гранулометрический состав пыли, точка отбора пробы  $A_1$ , 2012 г.

Фракции, мм	Содержание, %
> 0,25	1,4
0,25...0,10	8,1
0,10...0,05	22,3
0,05...0,01	37,3
0,01...0,005	24,4
0,005...0,001	3,8
< 0,001	2,7

Как видим из данных табл. 2, наиболее массовую долю в переносимой ветром пыли составляют частицы размером от 0,25 до 0,005 мм. Их суммарное содержание составляет 92 %, т.е. гранулометрический состав хвостов, намывтых на пляже, способствует ветровой эрозии поверхности и, наряду с практически отсутствующей связностью сухих хвостов, создает предпосылки для интенсивного загрязнения атмосферы и почв прилегающей местности.

Расчет пыления хвостохранилищ и других поверхностей с учетом скоростей ветра в районе Сатпаева, показывает, что содержание пыли в воздухе с подветренной стороны на границе санитарно-защитной зоны составляет 2,79 мг/м<sup>3</sup>, а с наветренной – 2,73 мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 3  
Результаты наблюдений за пылением Сатпаевского техногенного отстойника, 2012 г.

Точка отбора пробы	Концентрация пыли при измерении, мг/м <sup>3</sup>			Среднее значение концентрации, мг/м <sup>3</sup>	
	1	2	3	по точке	по стороне
Подветренная сторона, А <sub>1</sub>	2,70	2,94	2,85	2,83	
Подветренная сторона, А <sub>1</sub>	2,57	2,80	2,67	2,68	2,79
Подветренная сторона, А <sub>1</sub>	2,82	2,93	2,80	2,85	
Наветренная сторона, А <sub>2</sub>	2,61	2,84	2,79	2,75	
Наветренная сторона, А <sub>2</sub>	2,49	2,74	2,63	2,62	2,73
Наветренная сторона, А <sub>2</sub>	2,77	2,86	2,79	2,81	

*Примечание:* скорость ветра 6,9 м/с, направление – восточное, от точки А<sub>2</sub> на точку А<sub>1</sub>.

Изменение массы пыления в зависимости от изменения скорости ветра приведены в табл. 4.

Таблица 4  
Изменение массы пыления в зависимости от изменения скорости ветра

Скорость ветра, м/с	5	10	15	20	25	30
Масса пыления, мг/м <sup>3</sup>	0,5	12,9	49,5	128,0	262,5	468,0

В 2013 г. были проведены исследования проб атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) техногенного отстойника. Данные исследования подтверждают выводы, сделанные в 2012 г.

Зона активного загрязнения (ЗАЗ) техногенный отстойник ОФ № 3 представляет собой территорию внутри замкнутой кривой, проведенной вокруг так, что расстояние от любой точки этой кривой до ближайшей точки контура отстойника составляет 20h, т.е. 240 м, так как высота дамбы техногенного отстойника составляет 12 м.

Специалистами пылегазовой лаборатории корпорации «Казахмыс»

проводятся регулярные замеры по четырем точкам в СЗЗ Сатпаевской промплощадки. Точка № 1 на въезде в г. Сатпаев, ул. Улытауская; точка № 2 район автостанции г. Сатпаева; точка № 3 на выезде из г. Сатпаева в сторону рудника, улица Сары-Арка; точка № 4 – поселок Рудник, район кинотеатра Космос. В наших исследованиях мы воспользуемся замерами, сделанными в течение 14 месяцев: с августа 2013 г. по сентябрь 2014 г. Результаты замеров приведены в табл. 5.

Таблица 5

Концентрация вредных веществ на границе СЗЗ накопителя отходов ОФ № 3 по результатам контрольных измерений в 2013 г., точка отбора пробы А<sub>3</sub>

№ фильтра	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>				
	Пыль	Zn	Cu	Pb	Co
31	2,4	0,112	0,005	<0,001	<0,001
21	2,1	0,006	0,004	<0,001	<0,001
22	2,1	0,006	0,004	<0,001	<0,001
23	3,8	0,021	0,003	<0,001	<0,001
24	1,9	0,01	0,008	<0,001	0,002
25	3,6	0,01	0,007	<0,001	<0,001
26	1,6	0,006	0,009	<0,001	<0,001
27	1,6	0,006	0,009	<0,001	<0,001
32	1,8	0,01	0,005	<0,001	<0,001
28	2,2	0,01	0,004	<0,001	<0,001
29	1,3	0,01	0,003	<0,001	<0,001
33	1,6	0,01	0,002	<0,001	<0,001
ПДК <sub>м.р.</sub>	0,5			0,001	0,001
ПДК <sub>с.с.</sub>		0,05	0,002	0,0003	0,0004

При проведении контрольных замеров в ЗАЗ ОФ № 3, сделанных в 2013 г. пробы воздуха были отобраны в точках на расстоянии 500 м и 1 км, где загрязнение пылью составило 4,3ПДК<sub>м.р.</sub> и медью – 2,6 ПДК<sub>м.р.</sub>. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что загрязнение атмосферного воздуха пылью связано, прежде всего, с присутствием вокруг Сатпаевской промплощадки рудников, нежели присутствием самой фабрики. 2,6-кратное превышение ПДК<sub>м.р.</sub> меди может быть связано с пылением техногенного отстойника, расположенного в 3 км от обогатительной фабрики.

24.06.2012 г. деятельность Сатпаевской обогатительной фабрики № 3 Филиала ТОО «Корпорации Казахмыс» ПО «Жезказганцветмет» приостановлена из-за нерентабельности ведения работ.

В результате исследований влияния техногенного отстойника Жезказганских обогатительных фабрик № 1 и № 2 авторами оценены объемы пыления на границе санитарно-защитной зоны и оценены концентрации,

гранулометрический и химический состав пыли, выносимой за ее пределы.

Пробы отбирались с наветренной и с подветренной стороны хвостохранилищ в трех точках, при ЮВ ветре скоростью 5,5 м/с. Результаты измерений, сделанных в 2012 г., приведены в табл. 6-9.

Таблица 6

Концентрация пыли в пробах воздуха

Точка отбора пробы	Концентрация пыли при измерении, мг/м <sup>3</sup>			Среднее значение концентрации, мг/м <sup>3</sup>	
	1	2	3		
фон, А <sub>ф2</sub>	4,38	3,73	4,18	4,08	4,20
фон, А <sub>ф2</sub>	3,97	3,43	4,97	4,12	
фон, А <sub>ф2</sub>	4,53	4,69	4,06	4,43	
за техногенным отстойником, А <sub>6</sub>	5,07	5,21	4,57	4,95	4,75
за техногенным отстойником, А <sub>6</sub>	4,50	3,97	5,48	4,65	
за техногенным отстойником, А <sub>6</sub>	5,01	4,22	4,60	4,61	

Таблица 7

Результаты спектрального анализа проб пыли, 2012 г.

Определяемый элемент	Содержание в точке отбора пробы, мг/кг	
	фон, А <sub>ф2</sub>	за техногенным отстойником, А <sub>6</sub>
Fe	0,005	0,004
Cd	0,001	0,002
Co	0,004	0,005
Mn	0,05	0,197
Cu	0,20	0,69
Mo	0,00	0,002
As	0,004	0,004
Ni	0,005	0,011
Pb	0,04	0,139
Ag	0,012	0,012
Cr	0,009	0,014
Zn	0,08	0,29

*Примечание:* не обнаружены Au, Hg, Sb, W, U.

Таблица 8

Концентрация пыли в воздухе на границе санитарно-защитной зоны в районе техногенного отстойника, точка отбора пробы А<sub>7</sub>

Скорость ветра, м/с	4	5	6	8	10	12	14	18	20	22
Концентрация пыли, мг/м <sup>3</sup>	0	0,5	1,4	5,1	12	23	39,2	90,7	128	174,2

Таблица 9

Гранулометрический состав пыли, точка отбора пробы А<sub>6</sub>

Фракции, мм	Процентное содержание
> 0,25	2,6
0,25...0,10	13,7

Фракции, мм	Процентное содержание
0,10...0,05	26,9
0,05...0,01	32,6
0,01...0,005	20,1
0,005...0,001	1,3
< 0,001	2,8

В результате анализа и обработки данных получено, что при скорости ветра 5,5 м/с, содержание пыли в воздухе за техногенным отстойником составляет 4,75 мг/м<sup>3</sup>, а фоновое – 4,20 мг/м<sup>3</sup> (табл. 6).

Концентрация пыли в воздухе при других скоростях ветра, рассчитаны с учетом натуральных измерений, приведены в табл. 8. Необходимо отметить, что расчетные концентрации пыли в воздухе отличаются от результатов непосредственных измерений в меньшую сторону, что, по всей видимости, является следствием высоких фоновых концентраций пыли, которые в расчетах во внимание не принимаются.

Наибольшую массовую долю в переносимой ветром пыли составляют частицы размером от 0,25 до 0,005 мм. Их суммарное содержание составляет 93 %, т.е. гранулометрический состав мелкодисперсных отходов, намывных на пляже, способствует ветровой эрозии поверхности и, наряду с практически отсутствующей связностью сухих хвостов, создает предпосылки для интенсивного загрязнения атмосферы и почв прилегающей местности (табл. 9).

В 2013 и 2014 гг. исследования атмосферного воздуха были продолжены. ЗАЗ техногенного отстойника ОФ №№ 1, 2 представляет собой территорию внутри замкнутой кривой, проведенной вокруг техногенного отстойника так, что расстояние от любой точки этой кривой до ближайшей точки его контура составляет 20h, т.е. 1180 м, так как высота дамбы техногенного отстойника составляет 59 м. Пробы отбирались в трех точках с наветренной и с подветренной стороны хвостохранилища. Результаты измерений содержания пыли в воздухе, а также анализов химического состава пыли приведены в табл. 10-11.

Таблица 10

Сведения о концентрациях вредных веществ на границе СЗЗ техногенного отстойника Жезказганской обогатительной фабрики №1, 2, по результатам контрольных измерений летом 2013 г., точка отбора пробы А<sub>7</sub>

№ фильтра	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>						
	Пыль	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	Cd
47	6,1	0,006	0,003	< 0,05	< 0,001	0,01	0,0001
48	6,1	0,006	0,003	< 0,05	< 0,001	0,01	0,0002

№ фильтра	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>						
	Пыль	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	Cd
Фон	6,1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
49	1,6	0,01	0,003	< 0,21	< 0,001	0,01	0,0002
50	1,6	0,01	0,006	< 0,21	0,002	0,02	0,0001
51	1,0	0,002	0,001	< 0,63	0,006	0,03	0,0003
Фон	0,8	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
ПДК <sub>м.р.</sub>	0,5			0,001	0,001		
ПДК <sub>с.с.</sub>		0,002	0,001	0,0004	0,0003	0,05	0,0003

Таблица 11

Концентрация вредных веществ на границе СЗЗ техногенного отстойника Жезказганской обогатительной фабрики №1, 2, по результатам контрольных измерений летом 2014 г., точка отбора пробы А<sub>7</sub>

№ фильтра	Концентрация вредного вещества, мг/м <sup>3</sup>						
	Пыль	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	Cd
52	1,4	0,001	0,002	< 0,001	0,002	0,02	0,0001
53	1,1	0,006	0,003	< 0,001	< 0,001	0,02	0,0001
54	0,9	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,0001
55	1,8	0,0007	0,003	< 0,001	0,002	0,004	0,0002
56	0,4	0,0007	0,004	< 0,001	0,002	0,006	0,0001
57	0,5	0,005	0,006	< 0,001	0,002	0,03	0,0002
58	0,3	0,002	0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,0001
59	0,5	0,004	0,005	< 0,001	0,002	0,02	0,0002
60	1,3	0,005	0,003	< 0,001	< 0,001	0,02	0,0002
61	0,3	0,006	0,004	0,002	< 0,001	0,02	0,0002
ПДК <sub>м.р.</sub>	0,5			0,001	0,001		
ПДК <sub>с.с.</sub>		0,002	0,001	0,0004	0,0003	0,05	0,0003

Результаты измерений обнаружили содержание меди и никеля, в основном фоновое, что не подтверждает наличие техногенной нагрузки на атмосферный воздух со стороны техногенного отстойника.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что степень загрязнения атмосферного воздуха в обследованной техногеосистеме можно отнести к допустимой: до 1 [2].

Так как техногенный отстойник находится на расстоянии 4 км от медеплавильного завода и в 3-х км от ОФ №№ 1, 2, а обогатительные фабрики на расстоянии 1,5 км от медеплавильного завода, то ЗАЗ Жезказганской промплощадки принимаем равной ЗАЗ Жезказганского медеплавильного завода – 12,0 км.

Контрольные замеры вредных веществ на границе СЗЗ техногенного отстойника Жезказганской обогатительной фабрики №1, 2 (точка от-

бора пробы А7) проведены в апреле 2015 г. Пробы воздуха были отобраны в зоне активного загрязнения на расстоянии 5, 9 и 12 км. Полученные данные были усреднены и сравнены с ПДК<sub>м.р.</sub>, что позволило считать, что основными загрязняющими веществами здесь явились медь (1,5 ПДК<sub>м.р.</sub>) и пыль (2,4 ПДК<sub>м.р.</sub>).

В атмосфере Жезказганского региона значительная доля загрязняющих веществ, наряду с тяжелыми металлами, приходится на двуокись серы, окислы углерода, окислы азота, фенолы и взвешенные вещества. Особенно много двуокиси серы выбрасывается при переработке сульфидного сырья на предприятиях цветной металлургии, а также при сжигании углей, обладающих повышенным содержанием серы, которая на предприятиях теплоэнергетики никак не утилизируется и поступает в атмосферу.

Основным загрязняющим веществом в санитарно-защитной зоне ТЭЦ является сернистый ангидрид, который непосредственно улавливается в черте г. Жезказган. На удалении от города основными загрязняющими веществами являются пыль, медь, свинец, цинк, никель и сернистый ангидрид. Основными загрязнителями воздушного бассейна Жезказганской агломерации являются: свечи выбросов аспирационных и вентиляционных систем обогатительных фабрик №1, 2; хвостохранилище обогатительных фабрик №1, 2; свечи выбросов аспирационных и технологических газов Жезказганского литейно-механического завода [10].

Процесс аридизации территории увеличивает вероятность возникновения пыльных бурь, перенос поверхностного слоя почвы на большие расстояния, что соответственно, увеличивает запыленность атмосферы. Таким образом, фоновое загрязнение территории представлено, в основном, частицами почвы, пыли, весной и летом – пылью растений.

**Почвенный покров.** При оценке опасности воздействия на природную среду, в экологической геохимии используются показатели, имеющие смысл относительных. В их основе лежит нормирование через геохимический фон [8]. Фоновые образцы почв и растений были взяты со стороны противоположной преобладающему направлению ветров, на расстоянии 60 км на запад от границ промышленной зоны.

Поскольку при техногенном загрязнении, согласно многочисленным литературным данным [6, 7, 14], тяжелые металлы (ТМ) аккумулируются в верхнем слое почвы, нами были взяты почвенные образцы с поверхностного горизонта мощностью 0...20 см. Полный объем проб почв взят по ведущим направлениям розы ветров: С, СВ, В. В других направлениях неполный отбор

обусловлен техническими параметрами (железнодорожная сетка, автодорога и т.п.), что позволило избежать искаженных результатов. Отбор почв осуществлялся на площадках размером 10×10 м методом «конверта».

По характеру почв и биотических признаков Жезказганская промышленная зона расположена в подзоне бурых нормальных тяжелосуглинистых почв, в пределах волнисто-холмистого рельефа. Почвообразующие породы представлены средними и легкими суглинками, мощность которых не превышает 40...70 см. Примерно на этих глубинах они подстилаются песчано-гравелистыми отложениями с большим количеством чешуйчато-кристаллического гипса.

Состав гумуса бурых почв отражает крайне неблагоприятные условия его образования вследствие пустынного климата и чрезвычайной жесткости гидротермических условий. Незначительное количество растительных остатков, поступающих в почву; очень небольшое количество атмосферных осадков, выпадающих в подзоне; высокие температуры в летний период и очень низкие в зимний, не обеспечивают необходимых условий для образования полноценного гумуса. Только в верхнем горизонте соотношение гуминовых кислот к фульвокислотам примерно равное, а глубже фульвокислоты в 3...4 раза преобладают над гуминовыми, что указывает на повышенную их подвижность.

По агрохимическим показателям исследуемые почвы характеризуются низким содержанием гумуса – от 0,8 до 2,3 % (в среднем 1,3 %), высоким содержанием физической глины – от 11,2 до 73,9 (30), рН почв имеет слабощелочную реакцию – от 8,0 до 8,4 (8,2), сумма поглощенных оснований – 15,6 мг-экв на 100 г почвы, сумма полуторных оксидов железа и алюминия – 3 %, содержание илистой фракции – 10,43.

Данные сведения, определяющие подвижность ТМ в почве, позволили рассчитать важнейший показатель защитных возможностей почвы от загрязнения – буферную емкость почвы (табл. 12). При оценке степени буферности в качестве опорной использовали систему градаций В.Б. Ильина [8].

Таблица 12

Буферные свойства светло-каштановой почвы

Исследуемая почва	Количество баллов	Сумма баллов	Степень буферности
Гумус	2	37,5	повышенная
Физическая глина	10		
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4		
Карбонаты	6,5		
рН	15		

Валовое содержание тяжелых металлов в почвенном покрове всей исследуемой территории, отражено в табл. 13. Были выбраны три химических элемента – цинк, медь, и свинец. Все относятся к числу наиболее приоритетных элементов-загрязнителей исследуемого района. Установлено, что в целом по району химические элементы образуют в почвах незначительные по интенсивности и контрастности аномалии по отношению к местному фону. Кроме цинка, среднее содержание которого превышает фон в 1,6 раза.

Таблица 13

Валовое содержание тяжелых металлов в исследуемых почвах территорий, прилегающих к промышленной зоне, отобранные в 2013 г.

Расстояние от контура промзоны, м	Элемент, мг/кг											
	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb
	север			юг			запад			восток		
	северо-запад			юго-запад			северо-восток			юго-восток		
250	57,65	13,45	69,43	66,11	18,32	89,45	54,32	12,34	75,45	61,43	12,54	74,32
500	61,23	16,34	74,49	50,12	11,34	57,54	-	-	-	55,64	11,23	69,12
1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,29	9,32	69,17
1500	-	-	-	33,23	7,45	39,45	39,32	8,12	47,01	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	30,28	8,03	31,65	-	-	-
3000	34,56	5,12	35,54	21,34	3,57	25,34	23,43	3,54	31,09	21,32	4,11	25,15
фон	32	8	23									

По периметру от источников загрязнения наблюдается закономерное уменьшение количества ТМ в почвенном покрове. Так, среднее валовое содержание цинка в почве на расстоянии 250 м от источника загрязнения превышало фоновое содержание в 0,8 раза, меди – в 0,7 раза и свинца – в 2,4 раза. На расстоянии 500 м – в 0,7; 0,6 и 2,1 раза соответственно, 1000 м – в 0,2; 0,3 и 1,9 раза, 1500 м – в 0,2; 0,09 и 1,3 раза соответственно. На более удаленных от промзоны расстояниях (2000...3000 м) концентрации тяжелых металлов достигали фоновых значений (табл. 13).

Следует отметить, что среднее накопление меди превышает ПДК [16] почв в 3,5 раза, цинка и свинца в 1,9 раза. Это объясняется сочетанием элементов друг с другом и образованием нескольких комплексных аномалий, имеющих различную природу: естественную (породную, рудную, ландшафтную) и искусственную (техногенную, антропогенную).

Максимум химических элементов отмечен в южном и юго-западном направлении, минимум – на северо-западе. Распределение повышенных концентраций ТМ соответствует скорости и частоте преобладающих воздушных потоков – розе ветров. Преимущественное загрязнение почв на севере и северо-востоке объясняется расположением здесь хвостохранилища промышленного узла. Также, топографию загрязнения почв ТМ определяют участки рельефа, образованные техногенным воздействием. По уровню накопления в исследуемых почвах тяжелые металлы образуют геохимический ряд: Pb (59,58) > Zn (43,69) > Cu (10,47). Сравнивая содержание ТМ в почвах изучаемого района с их кларком в почвах мира (табл. 14) [1, 4, 16], необходимо отметить, что среднее содержание свинца в почвах исследуемого региона в 5,9 раза превышает среднее содержание этого элемента в почвах мира, среднее содержание меди ниже – в 1,9; и цинка – в 0,8 раза. При экологической характеристике почвенного покрова неотъемлемым показателем служат значения ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) химических элементов в почвах различного физико-химического состава. Во всех отобранных пробах содержание исследуемых ТМ не превышало ОДК.

**Растительный покров.** По периметру от источников загрязнения региона наблюдается закономерное уменьшение количества ТМ в растительности. Так, среднее валовое содержание меди на расстоянии 250 м от источника загрязнения превышало максимально допустимый уровень (МДУ) для кормов в 1,3 раза, свинца – в 4,9 раза, на расстоянии 500 м медь – в 1,2 раза, свинец – в 4,3 раза (табл. 15).

Таблица 14

Основные геохимические параметры исследуемых элементов

Металл	Данные авторов	Почвы мира, мг/кг	$K_{\text{литосферы}}$	ПДК, мг/кг	ОДК
Цинк	$\frac{18,23 \dots 68,54}{43,69}$	50	83	23	220
Медь	$\frac{3,01 \dots 19,23}{10,47}$	20	47	3	120
Свинец	$\frac{23,12 \dots 94,76}{59,58}$	10	16	32	130

*Примечание:* В числителе пределы колебаний, в знаменателе среднее арифметическое.

Таблица 15

Валовое содержание тяжелых металлов в растениях территорий, прилегающих к промышленной зоне, отобранные в 2013 г.

Расстояние от контура промзоны, м	Растение	Элемент, мг/кг			
		Zn	Cu	Pb	Cd
<b>Север</b>					
250	Биюргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	17,56	29,67	11,67	0,02
500	Биюргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	16,67	25,76	8,56	0,02
<b>Юг</b>					
250	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	67,01	41,67	40,24	0,7
500	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	58,67	40,02	40,21	0,5
<b>Запад</b>					
250	Тростник (Phragmites communis Trin)	24,5	7,4	2,45	0,03
500	-	-	-	-	-
<b>Восток</b>					
250	Биюргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	29,45	49,67	19,56	0,03
500	Биюргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	18,56	49,01	18,90	0,02
<b>Северо-запад</b>					
250	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	28,67	51,67	10,67	0,02
500	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	19,56	27,65	7,43	0,02
<b>Юго-запад</b>					
250	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	71,56	57,67	38,56	0,05
500	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	49,65	43,67	23,80	0,05
<b>Северо-восток</b>					
250	Торгайота (Climacoptera Brachiata (Pall) Botsch)	31,65	39,65	37,78	0,03
500	Торгайота (Climacoptera Brachiata (Pall) Botsch)	27,65	29,65	31,76	0,03

Расстояние от контура промзоны, м	Растение	Элемент, мг/кг			
		Zn	Cu	Pb	Cd
<b>Юго-восток</b>					
250	Биоргун ( <i>Anabasis salsa</i> (С.А.М.) Benth)	32,64	43,31	35,82	0,04
500	-	-	-	-	-
МДУ содержания элемента в кормах		50,0	30,0	5,0	0,3
Природное содержание элемента в растениях		15-150	2-12	0,1-10,0	0,05-0,2

Большой разброс показаний количества свинца в растениях от 2,45 до 40,24 мг/кг. Только тростник имеет количество свинца ниже МДУ, принятого для кормов – 1,7...2,75 мг/кг. Все остальные показатели выше. Только в полыни Шренка растущей в северном направлении от промзоны концентрация кадмия (0,5...0,7 мг/кг) больше показателя МДУ для кормов. Тростник, биоргун (в южном направлении 250...500 м), в одном случае торгайота (в юго-западном направлении 500 м), а в другом – полынь Шренка (в северо-западном направлении 500 м) имеют концентрацию меди ниже уровня МДУ. Содержание цинка только в двух случаях немного превышает МДУ (50,0): в полыни Шренка в южном (250...500 м) и юго-западном (250 м) направлениях. Во всех остальных случаях содержание цинка меньше МДУ, однако, во всех случаях концентрация цинка меньше природной концентрации.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что минимальное накопление химических элементов обнаружено на западе, а максимальное – на юге и юго-западе (табл. 15). Такое распределение ТМ в растениях практически повторяет картину распределения их в почве исследуемой территории. Среднее содержание изученных элементов в растениях не превышает ПДК в кормах растительного происхождения.

В целом, результаты изучения растительного покрова на территориях, прилегающих к промышленной зоне, позволяют констатировать, что изученный регион отличается своеобразием формирования биогеоценоза, когда природная динамика его развития имеет характер циклических флюктуаций, так как за длительный исторический период эволюционного развития биоценоз адаптировался к конкретным условиям среды обитания. Поэтому сфор-

мировавшаяся геохимическая аномалия, а также накопление химических элементов на геохимических барьерах тяжелых металлов обусловила повышенное содержание этих металлов в биомассе растительного покрова. Концентрация металлов в растениях, как правило, выше максимально допустимого уровня, установленного для кормов (только тростник, бигун и полынь Шренка содержат тяжелых металлов ниже МДУ).

Отсутствие угнетающего влияния пыли на растительность мы связываем с ксеро- и галоморфностью анатомии строения растений изученной территории, которая проявляется внешне в мелколистности или полном отсутствии листьев (суккулентности), опушенности листьев, восковом налете и др. Эта анатомическая структура не позволяет оседать на поверхности растений значительному количеству пыли, а при оседании пыль легко сдувается следующими порывами ветра.

Повышение уровня грунтовых вод в аридной зоне вызывает изменения существовавших до строительства экосистем в более гидро- и галоморфные. Связано это со смыканием капиллярной каймы грунтовых вод с почвенными капиллярами. При высоких дневных температурах происходит интенсивное испарение влаги с поверхности почвы. Соли из глубоких горизонтов почвы подтягиваются на ее поверхность, засоляя поверхностные горизонты почвы и трансформируя облик экосистемы.

Таким образом, было установлено, что химический состав растений зависит от состава и свойств почв, на которых они произрастают, но не повторяют его, так как растения избирательно поглощают необходимые им элементы в соответствии с физиологическими и биохимическими потребностями.

**Выводы.** К природным факторам атмосферного загрязнения Жезказганского региона относятся синоптико-метеорологические условия, обуславливающие как увеличение (застойные условия для воздушных масс) так и уменьшение атмосферного загрязнения (ветер, осадки).

Основными факторами загрязнения геосистем промышленного узла являются предприятия цветной металлургии, а именно: обогатительные фабрики, литейно-механический завод, шахты с разработкой открытого типа, завод железобетонных конструкции и др. Происходит осаждение пыли и химических элементов, которые попадают в атмосферу от ТЭЦ работающих на смешанном топливе, выхлопы автомобильного транспорта и пыли с хвостохранилищ, проблемы радиационно опасных рудников, карьеров оставшихся после разработок.

Наиболее распространенными веществами в атмосферном воздухе региона являются пыль, сернистый ангидрид, сероводород, окислы углерода, окислы азота, аммиак, фенол и тяжелые металлы (медь, свинец, цинк). Ассоциацию загрязняющих веществ в почвах составляют медь, свинец, цинк, в растениях – цинк и медь. Компонентный состав техногенных выбросов является мощным геохимическим фактором, который изменяет и перераспределяет миграцию химических элементов под влиянием преобладающих ветров, режима атмосферных осадков, удаленности от источников загрязнения, особенностей рельефа и растительности.

Предприятия такого профиля, как Жезказганский медеплавильный завод, должны располагаться в радиусе 18...40 км от черты города, а они расположены практически на окраине города. Зона отдыха для трудящихся, дачные участки находятся близко к промышленной зоне города, на расстоянии порядка 5...10 км. Необходимо размещать зоны отдыха в радиусе 18...20 км от промышленной зоны г. Жезказгана.

Авторы считают, что определенную роль в борьбе с загрязнением среды должны играть техногенные геохимические барьеры. Их необходимо создавать вокруг промышленных предприятий и таким образом локализовать загрязнение, не давая ему распространяться на значительную площадь. Так, если на пути миграции щелочных вод поместить соединения кислой породы, то на этом техногенном геохимическом барьере будут задерживаться вредные соединения щелочной природы и образовываться искусственные аномалии (щелочные барьеры).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. – М.: Наука, 1990. – 142 с.
2. Баймакова Е.В., Стороженко Н.Д., Олейников А.Г., Свирякин Б.И., Чередниченко В.С., Грановский Э.И., Омаров С.С. Методические указания по определению уровня загрязнения компонентов окружающей среды токсичными веществами отходов производства и потребления. РИД 03.3.0.4.01-96 от 29.08.1997 г. Алматы: Минэкобиоресурсов РК, 1996. – 121 с.
3. Большаков В.А., Гальпер Н.Я., Клименко Г.А., Лычкина Т.И., Башта Е.В. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. – Минск: 1978. – 52 с.
4. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.

5. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 15 с.
6. Добровольский В.В. Почвоведение, биогеохимия, биосферная геохимия тяжелых металлов // Сохраним планету Земля: Докл. междунар. экон. форума. – СПб.: 2004. – С. 19-24.
7. Израэль Ю.А. Изучение фонового загрязнения окружающей природной среды в СССР: функциональная структура фонового мониторинга / В кн.: Мониторинг фонового загрязнения природных сред. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – Вып. 2. – С. 3-10.
8. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
9. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растений. – Киев: 1978. – 246 с.
10. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2011 г. / Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. – Астана, 2011. – 150 с.
11. Калменова У.А. Физическая география Центрального Казахстана. – Жезказган: 2000. – 79 с.
12. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Под ред. Ю.М. Свирежева, В.В. Шакина. – М.: Гидрометеиздат, 1982. – 109 с.
13. Мотузова Г.В. Почвенно-химический экологический мониторинг. – М.: МГУ, 2001. – 85 с.
14. Панин М.С. Экология почв. – Алматы: Раритет, 2008. – 528 с.
15. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Часть 1. – М.: 1991. – 319 с.
16. Совместный приказ Министерства здравоохранения Республики Казахстан. Об утверждении Нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву: утв. 30 января 2004 года, №99; и Министерства охраны окружающей среды Республики Казахстан: утв. 27 января 2004 года, №21-п.
17. Темереева Ф.М. Природа Жезказганского края. – Жезказган: 2002. – 105 с.
18. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roslinnych Polski. – Warszawa: WN PWN, 2011. – 540 p.

Поступила 11.12.2017

PhD Ж.О. Озгелдинова

PhD Ж.Т. Мукаев

### ЖЕЗҚАЗҒАН ӨНДІРІСТІК ТОРАБЫ ТАБИҒИ КОМПОНЕНТЕРІНІҢ ЛАСТАНУЫНЫҢ ФАКТОРЛАРЫ МЕН ЖАҒДАЙЛАРЫ

*Түйінді сөздер:* өндірістік тораб, техногендік әрекет, ауыр металлдар, ауа, топырақ, өсімдіктер

*Бұл жұмыста топырақ пен өсімдіктердегі ауыр металлдардың жалпы мөлшерінің кеңістікте өзгеруінің зерттеу нәтижелері келтірілген. Жезқазған өндірістік торабы ауа бассейні ластануының негізгі факторлары анықталған. 2012...2015 жылдары жасалған ауадағы шаңның мөлшерінің өлшеу нәтижелері және шаңның химиялық, гранулометриялық анализдері келтірілген. Өсімдіктердің химиялық құрамы өздері өсіп жатқан топырақтардың құрамы мен қасиеттеріне байланыстылығы анықталып, қайталанбайтының байқадық, себебі өсімдіктер өздеріне қажетті элементтерді физиологиялық және биохимиялық қажеттіліктеріне сәйкес сіңіреді. Ауыр металлдардың мөлшерінің таралуы басым ауа бағыттарының жылдамдығы мен ұзақтығына яғни желдер розасына байланысты.*

*Аймақтағы атмосфералық ауада кең таралған зиянды антропогендік заттарға шаң, күкіртті ангидрит, көміртегі тотығы, азот оксидтері, аммиак, фенол және ауыр металдар (мыс, қорғасын, мырыш) жататыны анықталды. Топырақтағы ластаушы заттардың бірлестігін мыс, қорғасын, мырыш, ал өсімдіктерде мырыш пен мыс құрайды.*

Zh.O. Ozgeldinova, Zh.T. Mukaev

### FACTORS AND CONDITIONS OF POLLUTION OF NATURAL COM- PONENTS OF THE ZHEZKAZGAN INDUSTRIAL NODE

**Keywords:** industrial node, man-caused impact, heavy metals, air, soil, vegetation.

*The work presents the results of a study of the spatial variation of the gross content of heavy metals in soils and vegetation. The main factors of pollution of the air basin of the Zhezkazgan industrial hub have been identified. The results of measurements of the dust content in the air, as well as analyzes of the chemical and granulometric compositions of dust, are made in 2012...2015. It is established that the chemical compo-*

*sition of plants depends on the composition and properties of the soils on which they grow, but do not repeat it, since plants selectively absorb the elements they need in accordance with physiological and biochemical needs. The distribution of elevated TM concentrations corresponds to the speed and frequency of the prevailing air currents-the rose of the winds.*

*It has been established that dust, sulfurous anhydride, hydrogen sulphide, carbon oxides, nitrogen oxides, ammonia, phenol and heavy metals (copper, lead, zinc) are the most common harmful anthropogenic substances in the region's air. The association of pollutants in the soils is copper, lead, zinc, in plants – zinc and copper.*