

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПО СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Исследования выполнены в зоне влияния Оренбургского газо-химического комплекса (ОГХК) на расстоянии до 35 километров от источника выбросов. Пробные площадки располагались с учетом розы ветров и привязкой к населенным пунктам. Полученные результаты позволили ранжировать территории, прилегающие к ОГХК по степени загрязнения почвы и растений тяжелыми и редкими металлами и составить карту-схему экологического состояния сельскохозяйственных угодий. Рекомендовано пахотные земли вблизи ОГХК нецелесообразно засевать зерновыми культурами продовольственного назначения, отдавая предпочтение кормовым культурам, при возделывании которых использовать существующие рекомендации по снижению подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной почве.

В процессе эволюции путем экологических регуляций и перестроек сложились определенные отношения между организмом и окружающей средой. Загрязнение воды, воздуха и почвы есть прямой или косвенный результат деятельности человека. Токсическое загрязнение приобретает такие масштабы, что вызывает серьезные опасения. Если оно будет интенсивно продолжаться и дальше, то очень скоро наступит катастрофическое состояние. По своим отдаленным последствиям оно опасно и для человека, который употребляет в пищу продукты, содержащие повышенные концентрации металлов (ртуть, свинец и др.), пестицидов, радиоактивных и других веществ.

Установившиеся соотношения в экосистеме нарушаются за счет промышленных отходов, что ведет к резкому увеличению концентрации металлов в окружающей среде. Происходит аккумуляция металлов в почве и создание геохимических аномалий с последующим их распределением и усвоением растительными и животными микробиологическими организмами, а некоторая часть выносится поверхностными и грунтовыми водами.

Оренбургское газоконденсатное месторождение (ОГКМ) занимает около 2000 км<sup>2</sup> и располагается в Оренбургском, Илекском и Переволоцком районах Оренбургской области.

Добыча природного газа и конденсата ведется управлением «Оренбурггаздобыча», которое включает 11 установок комплексной подготовки газа (УКПГ), 2 дожимных компрессорных станции (ДКС) и 3 установки регенерации метанола.

По данным Оренбургского отдела оптимизации природопользования и охраны геологической среды ежегодные выбросы в атмосферу из вышеуказанных объектов составляют в т: No – 16,4; Co – 109; NO<sub>2</sub> – 13,2; H<sub>2</sub>S – 0,26; SO<sub>2</sub> – 305; RSH – 0,61 (смесь природных меркаптанов); RCH – 151 (углеводороды); сажа – 166.

При сжигании неочищенного газа образуется до 496 кг твердых и 2500 т в год газовых выбросов.

Твердые выбросы включают около 30 элементов. В таблице 1 представлены объемы наиболее распространенных редких и тяжелых металлов.

Таблица 1.

Наименование элемента	кг/год	Наименование элемента	кг/год
Цинк	323,77	Калий	9,74
Натрий	73,37	Висмут	7,73
Кальций	40,00	Стронций	2,96
Свинец	11,13	Кадмий	2,90
Медь	10,36	Хром	2,09
Магний	9,90		

Переработка природного газа осуществляется на газоперерабатывающем заводе, который включает установки очистки сырьевого газа от сероводорода и углекислоты, стабилизации конденсата и получения серы.

Для определения степени влияния атмосферных выбросов на химический состав почв территорий, прилегающих к ОГПК, были организованы опытные участки с учетом ветрового режима, привязанные к населенным пунктам: I зона – М. Павловка (до 5 км от ОГПК) на северо-востоке (СВ), Х. Ключи (до 5 км) ЮВ; II зона – Черноречье, ЗПО (10 км) ЮЗ, Родничный Дол (15 км) З, П. Покровка (15 км) ЮВ; III зона – Сырт (20 км) З, Н. Павловка (20 км) ЮЗ, Учхоз ОГАУ (20 км) ЮВ; IV зона – Донецкое (35 км) З, Никольское (35 км) ЮЗ, К. Озерное (50 км) ЮВ.

Исследуемая территория расположена в Центральной зоне Оренбургской области. Основное направление ветров в летнее время юго-восточное. В целом за год роза ветров по ст. Сырт выглядит следующим образом:

13	8	13	13	14	10	15	14	4
С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Ш

Рельеф имеет холмистый характер, расчлененный балками и оврагами.

Гидрографическая сеть представлена реками Урал, Сакмара и Каргалка и овражно-балочной системой.

Летом ручьи и речушки по оврагам пересыхают, для сохранения воды делают запруды и строят пруды.

Грунтовые воды залегают на глубине 20-25 м.

Почвы. Изучаемая территория расположена в степной зоне, в подзонах южных и обыкновенных черноземов. Мощность гумусового горизонта – 25-40 см. По механическому составу почвы представлены глинистыми, среднесуглинистыми, легкосуглинистыми разностями.

Растительность. Территория хозяйств расположена в полосе типчаково-ковыльных степей с преобладанием в травостое ковыля Тырса, типчака, тонконога стройного, костра степного и др.

Древесная растительность сохранилась в пойме рек Урал, Сакмара и Каргалка и состоит из ветлы, тополя и березы. Кустарники представлены чилигой и различными видами ив.

Целинные участки с естественной травянистой растительностью сохранились лишь по балкам, крутым водораздельным склонам и холмам с эродированными почвами.

Почвы в силу своих природных свойств способны накапливать значительные количества загрязняющих веществ. Санитарно-гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) определяется с одной стороны возможностью переноса загрязняющих веществ в воздух и воды этих территорий, а с другой стороны – непосредственным влиянием отдельных показателей на здоровье населения.

В настоящее время в Российской Федерации существуют только временные критерии оценки экологической обстановки территории (КОЭО) для выявления чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия, принятые Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов от 30 ноября 1992 г., где основным критерием химического загрязнения почв является суммарный показатель, представляющий сумму коэффициентов концентрации (КК) отдельных компонентов.

В настоящей работе оценка состояния почв задана по суммарному показателю загрязнения (СПЗ) металлами, в основе которого лежит КК каждого металла, а также по критериям ГСЭУ, ОДК (1994 г.), ПДК, разработанным ГКСЭН (1994 г.), и фоновым концентрациям. Химические анализы

проводились в лабораториях управления «Оренбурггеология», имеющих лицензии на проведение этих работ.

Суммарный показатель химического загрязнения рассчитывался согласно критериям оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации (ЧЭС) и экологического бедствия (ЭБ), утвержденным Министром ООС и ПР России от 30.12.1992 г.

$$Zc = Kc1 + \dots + Kcn - (n - 1),$$

где: n – число определяемых элементов;

Kc1 – коэффициент концентрации i-го загрязняющего вещества, равный частному от деления массовой доли i-го вещества в загрязненной и «фоновой почве» для тяжелых металлов.

Для загрязняющих веществ неприродного происхождения коэффициенты концентрации определяют как частные от деления массовой доли загрязняющего вещества и его предельно допустимой концентрации.

В таблице 2 показаны максимальные и минимальные значения содержания элементов по мере удаления территории от источника загрязнения.

Таблица 2.

Место взятия проб	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn
В 5-10 км зоне										
min	3	9	2	4	1.2	13	7	350	0.15	60
max	4.5	10	4	7	1.7	30	9	450	0.20	80
В 15-20 км зоне										
min	4.5	8.1	1.6	9.1	0.37	3.6	11.4	411	0.32	81
max	9.1	13.6	3.6	46	3.2	184	27.2	634	0.50	138
В 30-35 км зоне										
min	2	5	1.5	8	1	15	10	400	0.20	60
max	4	10	2	30	2	200	15	500	0.40	110
ПДК по Коваль-скому Требования	6	7	2.8	5.0	3	100	-	-	0.4	300
ГСЭУ	0.3 <sup>x</sup>	2.3 <sup>x</sup>	3.2 <sup>x</sup>	0.4 <sup>x</sup>	0.5 <sup>x</sup>					
Ф о н	2.5	5.6	4.3	4	1.5	60.0	10	710	0.4	121

Примечание: x – подвижная форма.

На основании этих данных выполнены расчеты по формуле (стр. 3) для оценки почв этих территорий по суммарному показателю химического загрязнения, которые приведены в таблице 3.

Согласно критериям оценки экологического состояния почв относительно удовлетворительной ситуацией считается, когда суммарный показатель химического загрязнения (Zc) ниже 16. Из данных табл. 3 на исследуемых территориях значения Zc находятся ниже этого уровня. На всех направлениях наибольшее загрязнение почв в слое 0-30 см отмечается на отметке 20 км. В пределах этой от-

метки можно выделить т. Сырт, где Zc равен 13, 17. Вблизи источника выбросов (Х. Ключи, Черноречье, М. Павловка) отмечается слабое загрязнение тяжелыми металлами. Далее 20 км отметки также установлено снижение Zc. В целом, всю исследуемую территорию в радиусе 30 км от ОГПК можно определить как относительно благополучную в экологическом состоянии почв.

Таблица 3.

Направление, удаленность, насел. пункт	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn	Zc
СВ. 5 км											
М. Павловка В. 5 км	4,3	10	3,1	6,0	1,5	15,7	8,3	417	0,20	70	0,23
Х.Ключи В. 10 км	4,3	10,	3,0	5,7	1,4	15,7	7,7	400	0,18	73	-0,05
П.Покровка В. 20 км	3,5	9,7	3,3	6,3	1,4	25,0	9,0	417	0,17	73	0,07
Учхоз В. 50 км	5,1	7,8	2,4	12,2	2,1	42,5	17,0	522	0,39	92	3,87
К.Озерное ЮЗ. 10 км	3,3	6,7	2,2	10,0	2,0	43,3	15,0	490	0,40	93	2,19
Черноречье ЮЗ. 20 км	3,7	10	2,8	5,0	1,6	15,0	8,3	400	0,18	63	-0,43
Н.Павловка ЮЗ. 35 км	4,1	7,7	2,0	8,3	2,1	38,8	17,3	488	0,18	86	2,04
Никольское З. 15 км	3,3	7,7	1,8	9,7	1,8	21,7	15,0	500	0,30	90	1,40
Р.Дол З. 20 км	4,0	7,7	2,5	13,3	1,7	40,7	11,7	433	0,26	83	3,78
Сырт З. 35 км	5,9	9,4	2,0	38,3	2,2	153	21,4	443	0,35	104	13,17
Донецкое С , 10 <sup>-3</sup> %	4,0	7,3	2,0	21,7	1,5	150	13,3	400	0,33	60	6,23
ПДК, 10 <sup>-3</sup> %	2,5	5,6	4,3	4,0	2,0	60	10,0	710	0,40	121	
	6,0	7,0	2,8	5,0	3,0	100			0,40	300	

Анализ содержания в почвах отдельных элементов, по которым определены предельно допустимые концентрации (ПДК), дает основание считать, что не все благополучно. Так, на уровне ПДК и выше фоновых значений находится концентрация меди на отметке 20 км (Сырт, Учхоз), почти во всех точках они превышены по никелю (Учхоз – 2,5 раза, К. Озерное – 2, Р. Дол – 2,5, Донецкое – 4,3, Сырт – 7,6 раза) и цинку. Высокое содержание хрома также отмечается в пунктах Сырт и Донецкое (выше фоновых концентраций). Необходимо учесть, что анализируемые данные представляют средние значения за 3 года наблюдений, в отдельных точках обнаружены значительно высокие показатели по меди, цинку, никелю и хрому.

Расчеты суммарного показателя химического загрязнения по максимальным значениям содержания тяжелых металлов в почвах исследуемых территорий (табл. 4) показывают, что в радиусе 15-20 км наблюдается превышение требований (Zn – 19,15) к территориям, относящимся к относительно удовлетворительной ситуации.

При определении границы распространения твердого вещества в снежном покрове предлагается использовать способность почвы к самоочи-

щению. Благодаря этой способности ареалы повышенного содержания химических элементов в почвах, как правило, значительно меньше ареалов загрязнения снежного покрова. Поэтому за границу самоочищения почв принимается то количество техногенного вещества в снежном покрове, при поступлении которого начинается накопление химических элементов в почве.

Таблица 4.

Показатели	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn
От 5 до 10 км										
Ci, 10 <sup>-3</sup> %	4,5	10	4	7	1,7	30	9	450	0,2	80
C , 10 <sup>-3</sup> %	2,5	5,6	4,3	4	2	60	10	710	0,4	121
Kci	1,8	1,8	0,9	1,75	0,85	0,5	0,9	0,63	0,5	0,66
Zc – 1,3										
От 15 до 20 км										
Ci, 10 <sup>-3</sup> %	9,1	13,6	3,6	4,6	3,2	184	27,2	634	0,5	138
C , 10 <sup>-3</sup> %	2,5	5,6	4,3	4	2	60	10	710	0,4	121
Kci	3,64	2,43	0,84	11,5	1,6	3,1	2,72	0,89	1,25	1,14
Zc – 19,15										
От 30 до 35 км										
Ci, 10 <sup>-3</sup> %	4	10	2	30	2	200	15	500	0,4	110
C , 10 <sup>-3</sup> %	2,5	5,6	4,3	4	2	60	10	710	0,4	121
Kci	1,6	1,8	0,45	7,5	1	3,3	1,5	0,7	1	0,9
Zc – 10,55										

Нашими исследованиями обнаружено, что максимальные значения по таким элементам, как Ni, Zn, как в снежном покрове, так и в почвах на отметке 20 км у населенных пунктов Сырт (Переволоцкий район), Н. Павловка и в Учхозе ОГАУ. Нельзя точно утверждать, что максимальное накопление элементов в 20 км отметке связано с выбросами газоперерабатывающего комплекса, но в пользу этих выводов можно привести ассоциацию элементов, имеющих повышенные концентрации, в снежном покрове, почвах, растениях и выбросах ОГПК (табл. 5).

Таблица 5.

Субстрат	Ассоциация элементов
Выбросы	Zn, Mn, Sr, Pb, Cr, Mg, Ni, В, Cu, Ba, Ti, Cd
Снег	Zn, Ti, Mn, Sr, Pb, Cu, Ni, Ba, Cr, Sn, Cd
Почвы	Ti, Mn, Cr, Sr, Zn, Cu, Ni, Pb, Co
Растения	Ti, Mn, Zn, Sr, Cu, Ni, Cr, Pb, Co

Основные металлы – загрязнители, составляющие ассоциацию в выбросах, Zn, Mn, Sr, Pb, Cr, Ni, Cu, характерны и для исследуемых объектов. Это дает основание считать, что ОГПК является основным источником загрязнения окружающей среды в пределах исследуемых территорий.

Наличие загрязнений в радиусе 20 км и далее подтверждает выводы ученых о том, что носителем основной массы тяжелых металлов в атмосфере являются аэрозоли и время пребывания частиц размером до 1 мкм до 5 сут., а наиболее мелкие остаются в атмосфере свыше 3-4 недель.

## Влияние выбросов на растения

Растительный покров является одним из наиболее чувствительных к промышленному загрязнению компонентов биосферы. Растения отрицательно реагируют на присутствие в воздухе даже низких концентраций токсических веществ. Наиболее токсичны для растений такие газы, как фтор, хлор, сернистый ангидрид, окислы азота. Опасность повреждения растений возрастает при одновременном присутствии нескольких газов в атмосфере. В результате действия фитотоксичных газов промышленных выбросов у растений происходят изменения физиологических процессов и биохимического состава. Наиболее часто снижается ассимиляция  $CO_2$ , изменяется интенсивность дыхания и транспирации. Изменение биохимического состава растений происходит при нарушении важнейших процессов обмена веществ.

Наземные органы растений весьма активно реагируют на повышение концентрации химических элементов в почве, увеличивая их содержание в тканях, и накапливание выше уровня, необходимого для обеспечения нормального роста и развития растений.

Химический состав зеленой массы и зерна с.-х. культур, выращенных на различном расстоянии от газоперерабатывающего комплекса, показан в таблице 6.

Оценку полученных данных проводили путем сравнения их с фоновыми концентрациями (кларком) центральной зоны Оренбургской области. В

зеленых растениях и зерновых культурах обнаружена тенденция к снижению протеина вблизи источника выбросов. В растениях кукурузы в фазе 9-10 листа наблюдается уменьшение фосфора при параллельном увеличении кальция, что привело к изменению соотношения между ними. Кукуруза накапливает больше меди, меньше цинка в сравнении с фоновыми показателями. По мере созревания зерновые культуры снижают клетчатку в урожае.

Поглощение растениями фитотоксичных газов из атмосферы, видимо, изменяет течение физиологических процессов, что в конечном счете сказывается на питательной ценности урожая.

Несмотря на огромные выбросы сернистого ангидрида, содержание серы в растениях невелико – от сотых до десятых долей процентов, что ниже кларковых концентраций.

Высокое содержание тяжелых металлов в почвах исследуемых территорий оказало влияние на их содержание в растениях. Карта-схема распределения растений представлена на рисунке. Наибольшее накопление в кормовых культурах обнаружено в I зоне (тах значения) по Cr, V, Ti, Sr, Mn, концентрации которых, соответственно, превысили фон в 5,4; 90; 3000 раз. Во II зоне, также как и в почвах максимальные значения приходятся на Zn (1,2 фона), Ni (3,7) и Co (1,4 фона).

Среди кормовых культур наибольшая аккумуляция происходит в растениях люцерны при поливе сточными водами. Практически все культуры накапливают выше фоновых значений Pb, V, Ti. Интенсивное накопление Zn обнаружено в растениях

Таблица 6.

Раст. от за- вода, км	Культура	Перво- началь- ная влага, %	Содержится в воздушно-сухом веществе										
			протеин %	жир %	зола %	клет- чатка %	медь мг/кг	цинк мг/кг	свинец мг/кг	железо мг/кг	каль- ций %	фосф ор %	кальций фосфор
2	Кукуруза (9 лист)	82,1	9,06	2,40	5,10	23,79	3,8	31,1	2,27	128,6	0,51	0,16	3,2
3	Донник	42,67	14,27	2,15	5,00	28,51	4,4	12,9	2,27	26,6	0,52	0,19	2,7
-«»-	Пырей	38,0	8,21	4,02	5,10	28,80	3,8	15,3	15,2	43,3	0,51	0,11	4,6
5 200м	Кукуруза (10 лист)	89,67	М.Павловка 11,23	1,94	6,33	29,98	6,8	35,9	-	93,1	0,42	0,33	1,3
-«»-	суданская трава	79,12	8,16	1,82	5,52	32,79	6,9	26,4	-	66,2	0,36	0,29	1,2
7	Кукуруза (9 лист)	81,31	П.Приуральск ий 9,70	3,0	6,00	21,99	6,5	23,3	2,27	75,0	0,42	0,17	2,3
-«»-	Просо	65,24	8,35	3,70	3,70	22,88	2,5	16,5	-	75,0	0,52	0,18	2,9
10	Кукуруза (9 лист)	84,55	Черноречье,3 ПО 8,91	1,83	5,40	24,81	5,0	38,9	-	87,6	0,37	0,12	3,1
-«»	суданская трава (м.воск спел.)	68,05	7,90	1,66	5,90	32,58	5,0	36,7	-	119,5	0,34	0,17	2,0

люцерны (3 фона), кукурузы (3-16) и суданской травы (более 2 фоновых значений). Содержание Cr в люцерне при поливе сточными водами достигает 5, а Ni - 3 фоновых концентраций.

Особенно необходимо отметить загрязнение Zn, Pb, Ni, Cr, Ti, V продовольственных культур: пшеницы и ячменя (табл. 7), концентрация которых находится на уровне, превышающем кларковые значения в 2-7 раз.

Результаты исследований свидетельствуют о загрязнении почвы и сельскохозяйственных культур, в т. ч. продовольственного назначения (яровая пшеница, ячмень), Zn, Ni, Cr, Sz, V, Ti. Наибольшее накопление этих металлов как в почве, так и в растениях обнаружено в радиусе до 20 км в концентрациях, превышающих фоновые значения в несколько раз. Определена положительная корреляционная связь между степенью загрязнения почвы и растений.

Полученные данные о характере распространения элементов из состава промышленных выбросов в системе почвы – растения могут быть использованы для составления экологических прогнозов.

Таблица 7.

Место взятия образца	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn	Fe
П.Покровка											
Ячмень	1,6	7,9	0,16	0,5	0,08	0,79	0,26	2,1	0,16	21	13,2
Учхоз											
Ячмень	3,4	14,5	0,34	1,4		2,6	1	1,8	0,34	16	5,2
пшеница	1,5	21	0,9	0,4		0,17	0,06	1,1	0,15	42	6
К.Озерное											
Ячмень	3,4	18,4	0,39	1,6		3,4	1	1,8	0,26	21	10,5
пшеница	1,5	13	0,5	0,3	0,04	0,2	0,06	2,8	0,17	27	8,5
Черноречье											
Ячмень	1,7	10,5	0,16	1,6	0,08	1,3	0,39	2,6	0,26	16	13,2
Н.Павловка											
Ячмень	3,9	14,5	0,26	0,26		0,39	0,13	2,4	0,18	23,7	7,9
пшеница	1,9	27	0,4	5,3	0,04	0,15	0,08	1,3	0,11	53,2	10,6
Никольское											
Ячмень	3,9	23,7	0,24	1,4		2,4	1	3,4	0,5	16	7,9
пшеница	1,5	21	0,4	1,3	0,06	2,8	0,13	3,2	0,21	27	42
Родничный Дол											
Ячмень	3,9	16	0,39	1,7		5,2	0,13	3,9	0,39	21	16
пшеница	2,5	19	0,03	1,1		0,4	0,06	2,1	0,11	13	11,7
Сырт											
Ячмень	3,4	14,5	0,66	0,79		0,79	1,8	2,1	0,66	21	13,2
пшеница	3,2	27	1,5	1,5	0,12	1,1	0,17	1,1	0,15	31,9	21
Донецкое											
Ячмень	2,4	13,2	3,4	1,44	0,05	3,4	0,13	3,4	0,18	18,4	14,5
пшеница	1,9	19	0,7	1,7	0,04	0,4	0,11	3,2	0,06	21	53
Фон по стране	10	5	5	3	18	5	0,1	0,1	1,2	620	200
ПДК по Ковальскому В.В.	40	100			10				2	70	
Нормы ГСЭУ	30	50	0,5	1	1	0,5			2	2000	200