

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН ГОРОДА СИБАЙ**

Состояние почв оказывает воздействие на окружающую среду и природные ресурсы, уровень экономического и социального развития и здоровье населения. Город Сибай является наиболее крупным населенным пунктом Зауралья Республики Башкортостан, где развитым является горнорудное производство, в связи, с чем характерны экологические проблемы, связанные с загрязнением объектов окружающей среды тяжелыми металлами. Основным источником загрязнения окружающей среды является Зауральская ТЭЦ и Сибайский филиал Учалинского горно-обогатительного комбината в состав, которого входят карьеры, подземные рудники, отвалы, хвостохранилища, обогатительная фабрика. Загрязнение почв г. Сибай тяжелыми металлами связано с антропогенной деятельностью и отличается различной степенью концентрации. В почвах выявлены высокие концентрации валовых и подвижных форм Cu, Zn, Ni, Mn, Cd. Сформирован ряд накопления металлов по валовому содержанию: Zn<Cu<Co<Cd<Pb<Mn<Ni<Fe, по подвижным формам: Cu<Zn<Mn<Cd<Ni<Co<Pb<Fe. По суммарному показателю загрязнения экологическое состояние изученных городских почв оценивается как «умеренно опасное» и «допустимое».

Результаты исследований могут быть использованы при разработке системы почвенно-экологического мониторинга территории г. Сибай.

**Ключевые слова:** урбопочвы, тяжелые металлы, Зауральская зона, горнорудные предприятия.

Город Сибай является наиболее крупным населенным пунктом Зауралья Республики Башкортостан и одним из наиболее значимых промышленных, культурных и образовательных центров. Для Зауралья Республики Башкортостан, где развитым является горнорудное производство, характерны экологические проблемы, связанные с загрязнением объектов окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). Характерными загрязнителями являются Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Ni, Co Pb. Основным источником загрязнения окружающей среды в г. Сибай является Сибайский филиал Учалинского горно-обогатительного комбината (СФ УГОК) – градообразующее предприятие по добыче и обогащению медных руд, в состав которого входят карьеры, подземные рудники, отвалы, хвостохранилища и обогатительная фабрика. Также в городе функционирует Зауральская ТЭЦ – одна из крупнейших газопоршневых электростанций в России, запущенная в эксплуатацию в марте 2004 года.

Цель исследования: изучить экологическое состояние городских почв.

Объектом исследования явились почвы г. Сибай, подверженные техногенному загрязнению.

Для оценки уровня загрязнения почвенного покрова города Сибай ТМ были отобраны образцы почв промышленной зоны на следующих пробных площадках (ПП): ПП1 – известковый карьер, долгота 58°78', широта 52°72', высота над уровнем моря – 332 м; ПП2 – хвостохранилище, долгота 58°74', широта 52°72', высота над уровнем моря – 117 м; ПП3 – Зауральская ТЭЦ, долгота 58°71', широта 52°73', высота над уровнем моря – 370,1 м; ПП4 – основной карьер, долгота 58°62', широта 52°71', высота над уровнем моря – 365,6 м; ПП5 – Камаганский карьер, долгота 58°64', широта 52°72', высота над уровнем моря – 365 м.

Почвенные пробы отбирались в летний период из слоя 0–10, 10–20, 20–30 см в 5-ти повторностях. Далее составлялась смешанная проба, которая передавалась на исследование. Отбор, хранение и транспортировка проб почв, взятых для анализа на тяжелые металлы, осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84. Содержание химических элементов в почве определяли методом атомной абсорбционной спектроскопии согласно общепринятым методикам.

Для оценки содержания ТМ в почве были использованы значения предельно допусти-

мых концентраций (ПДК) элементов, а также кларк для железа (25000 мг/кг) и региональный фон (РГФ) для кадмия (0,22 мг/кг) [1], [2], [4]. Для более полной оценки экологического состояния почвенного покрова города были рассчитаны коэффициенты концентрации (Кс) и суммарный показатель загрязнения (Zс) [4]. Суммарный показатель загрязнения (Zс) по формуле:  $Z_c = \sum K_{ki} - (n-1)$ , где  $K_{ki} = C_{i\text{юпр}}/C_{i\text{рф}}$ ,  $C_{i\text{юпр}}$  – определяемое содержание i-го токсиканта в почве;  $C_{i\text{рф}}$  – значение регионально-фоновое содержания i-го токсиканта; n – общее количество токсикантов, используемых в расчете [3]. Для оценки степени загрязнения почв ТМ пользовались «Руководством...»<sup>1</sup>. Критические значения, позволяющие охарактеризовать суммарное загрязнение  $Z_c$  по степени опасности, таковы: при  $Z_c < 16$  загрязнение считается допустимым; при  $16 < Z_c < 32$  – умеренно опасным; при  $32 < Z_c < 128$  – высоко опасным; при  $Z_c > 128$  – чрезвычайно опасным.

По результатам химического анализа выявлено, что по валовому содержанию меди в по-

чвах промышленной зоны г.Сибай наблюдается превышение допустимых значений в 2–3 раза во всех объектах исследования и во всех слоях почвы. Максимальные значения выявлены в районе хвостохранилища. По валовому содержанию цинка, также наблюдается превышение ПДК, что особенно выражено в районах хвостохранилища и Камаганского карьера. По содержанию железа, никеля, марганца и свинца превышение ПДК не выявлено, однако значения марганца во всех точках выше значений регионального фона по М.Г. Опекуновой [1]. Также зафиксировано превышение ПДК по содержанию валовых форм кадмия и кобальта в слоях 0–10 и 10–20 см (табл. 1).

Изучение почв на содержание подвижных форм ТМ показали превышение допустимых значений всех изучаемых металлов в несколько раз (табл. 2).

Расчеты коэффициентов концентрации (Кс) тяжелых металлов, широко используемые для характеристики и выявления локальных техногенных аномалий, показали, что значения (Кс)

Таблица 1 – Содержание валовых форм металлов в почвах г. Сибай (мг/кг почвы)

| Слой, см            | Cu     | Zn      | Fe              | Ni      | Mn         | Pb    | Cd    | Co     |
|---------------------|--------|---------|-----------------|---------|------------|-------|-------|--------|
| Известковый карьер  |        |         |                 |         |            |       |       |        |
| 0-10                | 136,25 | 223,25  | 8005,0          | 44,0    | 618,75     | 14,0  | 2,3   | 13,75  |
| 10-20               | 101,0  | 282,5   | 8550,0          | 65,25   | 870,75     | 14,75 | 2,05  | 15,5   |
| 20-30               | 88,75  | 241,25  | 8820,0          | 39,25   | 873,25     | 15,5  | 1,425 | 12,25  |
| Хвостохранилище     |        |         |                 |         |            |       |       |        |
| 0-10                | 191,5  | 459,0   | 8900,0          | 38,75   | 1116,25    | 18,75 | 1,375 | 12,0   |
| 10-20               | 146,5  | 302,25  | 9232,5          | 48,75   | 1078,75    | 20,25 | 1,65  | 27,5   |
| 20-30               | 135,5  | 303,25  | 8642,5          | 44,5    | 1058,25    | 30,5  | 1,15  | 11,75  |
| Зауральская ТЭЦ     |        |         |                 |         |            |       |       |        |
| 0-10                | 76,0   | 235,0   | 8532,5          | 70,25   | 971,25     | 27,0  | 2,7   | 28,0   |
| 10-20               | 70,25  | 113,75  | 8045,0          | 44,25   | 922,0      | 17,75 | 1,825 | 17,25  |
| 20-30               | 90,0   | 320,0   | 8812,5          | 59,75   | 1030,25    | 22,25 | 2,425 | 18,0   |
| Сибайский карьер    |        |         |                 |         |            |       |       |        |
| 0-10                | 68,5   | 164,25  | 10367,5         | 29,75   | 1215,0     | 26,0  | 2,4   | 22,25  |
| 10-20               | 66,25  | 90,25   | 9830,0          | 53,0    | 1225,5     | 30,5  | 1,675 | 23,75  |
| 20-30               | 60,5   | 156,75  | 9675,0          | 55,25   | 1185,5     | 22,75 | 2,675 | 11,25  |
| Камаганский карьер  |        |         |                 |         |            |       |       |        |
| 0-10                | 133,75 | 411,0   | 7217,5          | 30,5    | 793,75     | 14,75 | 2,075 | 23,25  |
| 10-20               | 86,0   | 421,25  | 7092,5          | 34,0    | 643,5      | 16,0  | 2,4   | 14,25  |
| 20-30               | 75,2   | 312,02  | 7156,2          | 41,0    | 653,02     | 15,2  | 1,95  | 15,2   |
| Допустимые значения |        |         |                 |         |            |       |       |        |
| ПДК/РГФ             | 55/49  | 100/223 | 25000/<br>27533 | 85/58,7 | 1500/525,4 | 32/20 | 2/1,5 | 16,2/- |

<sup>1</sup> Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы: Нормативные материалы. М., 1993. 130 с.

валовых форм таких металлов, как Fe, Ni, Mn, Pb, Cd, Co и подвижных форм Fe, Pb, Co в почвенном покрове города Сибай указывают на отсутствие загрязнения данными металлами ( $K_c < 1,5$ ). Выявлено слабое загрязнение Cu и Zn (валовые формы) и Ni, Mn, Cd (подвижные формы) ( $1,5 < K_c < 3,0$ ). При этом отмечено сильное загрязнение ( $5,0 < K_c < 10,0$ ) почвенного покрова подвижным цинком и очень сильное загрязнение ( $K_c > 10,0$ ) подвижной медью.

По суммарному показателю загрязнения почв (Zc) почвы г.Сибай по валовым формам ТМ имеют допустимую категорию, по подвижным формам почвы окрестностей Зауральской ТЭЦ и Сибайского карьера – умеренно-опасную категорию загрязнения (табл. 3).

Таким образом, почвы г.Сибай, находящиеся в зоне влияния промышленных предприятий, характеризуются повышенным содержанием некоторых токсичных элементов.

Таблица 2 – Содержание подвижных форм металлов в почвах г.Сибай (мг/кг почвы)

| Слой, см                         | Cu    | Zn     | Fe      | Ni    | Mn     | Pb   | Cd    | Co   |
|----------------------------------|-------|--------|---------|-------|--------|------|-------|------|
| Известковый карьер               |       |        |         |       |        |      |       |      |
| 0-10                             | 26,0  | 38,25  | 2038,25 | 13,5  | 132,0  | 4,75 | 0,45  | 4,0  |
| 10-20                            | 25,5  | 50,75  | 3535,0  | 3,5   | 245,75 | 8,0  | 0,675 | 5,5  |
| 20-30                            | 28,0  | 54,25  | 1897,25 | 2,25  | 113,0  | 5,25 | 0,15  | 4,75 |
| Хвостохранилище                  |       |        |         |       |        |      |       |      |
| 0-10                             | 29,5  | 57,0   | 2408,25 | 4,5   | 299,75 | 5,75 | 0,125 | 4,25 |
| 10-20                            | 30,5  | 85,5   | 3142,5  | 5,75  | 310,5  | 9,5  | 0,3   | 8,5  |
| 20-30                            | 39,25 | 97,0   | 2790,0  | 8,75  | 303,75 | 6,75 | 0,35  | 5,5  |
| Зауральская ТЭЦ                  |       |        |         |       |        |      |       |      |
| 0-10                             | 35,75 | 142,25 | 2595,0  | 7,0   | 282,0  | 8,5  | 0,55  | 3,0  |
| 10-20                            | 53,5  | 131,75 | 3165,0  | 8,5   | 234,0  | 4,0  | 0,35  | 2,25 |
| 20-30                            | 57,75 | 121,25 | 3317,5  | 3,5   | 600,0  | 4,75 | 0,775 | 6,0  |
| Сибайский карьер                 |       |        |         |       |        |      |       |      |
| 0-10                             | 24,5  | 58,25  | 2712,5  | 4,75  | 323,75 | 6,75 | 0,6   | 8,25 |
| 10-20                            | 38,75 | 71,75  | 3807,5  | 8,25  | 522,75 | 10,2 | 0,375 | 9,5  |
| 20-30                            | 23,5  | 59,75  | 3720,0  | 12,25 | 401,25 | 3,0  | 1,475 | 5,0  |
| Камаганский карьер               |       |        |         |       |        |      |       |      |
| 0-10                             | 41,75 | 69,0   | 2364,25 | 4,0   | 140,25 | 6,5  | 0,225 | 7,75 |
| 10-20                            | 17,25 | 73,75  | 1974,75 | 7,75  | 122,25 | 3,75 | 0,325 | 3,5  |
| 20-30                            | 20,32 | 56,3   | 2254,35 | 6,54  | 112,3  | 4,85 | 0,24  | 4,2  |
| Допустимые значения <sup>1</sup> |       |        |         |       |        |      |       |      |
| ПДК/РГФ*                         | 3,0   | 23,0   | 3800*   | 4,0   | 140    | 6,0  | 0,22  | 5,0  |

Таблица 3 – Оценка почв по суммарному показателю загрязнения (Zc)

| Пробные площадки   | Zc Вал | Категория загрязнения почв | Zc Подв | Категория загрязнения почв |
|--------------------|--------|----------------------------|---------|----------------------------|
| Известковый карьер | 4,5    | Допустимая                 | 11,6    | Допустимая                 |
| Хвостохранилище    | 5,5    | Допустимая                 | 15,9    | Допустимая                 |
| Зауральская ТЭЦ    | 3,2    | Допустимая                 | 24,8    | Умеренно опасное           |
| Сибайский карьер   | 1,9    | Допустимая                 | 17,9    | Умеренно опасное           |
| Камаганский карьер | 5,4    | Допустимая                 | 12,8    | Допустимая                 |

В почвах выявлены высокие концентрации валовых и подвижных форм Cu, Zn, Ni, Mn, Cd. Ряд накопления валовых форм металлов согласно Кс выглядит следующим образом: Zn<Cu<Co<Cd<Pb<Mn<Ni<Fe, а для подвиж-

ных форм: Cu<Zn<Mn<Cd<Ni<Co<Pb<Fe. По суммарному показателю загрязнения экологическое состояние городских почв оценивается как «умеренно опасное» и «допустимое».

15.09.2017

**Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта №17-16-02002.**

**Список литературы:**

1. Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю., Грибалева О.В., Краснов Д.А., Бобров Д.Г., Осипенко О.А., Соловьева Н.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. II. Экологическое состояние антропогенно нарушенных территорий // Вестник С.-Петерб. ун-та, 2002. – Сер. 7: Геология, география. Вып. 1. № 7. С. 63–71.
2. Пилюгина М.В. Попова Л.Ф., Корельская Т.А. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты: методические рекомендации. – Архангельск: Изд-во ПГУ, 2007. – 48 с.
3. Сает Ю.У., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
4. Семенова И.Н., Суяндукоев Я.Т., Ильбулова Г.Р. Биологическая активность почв как индикатор их экологического состояния в условиях техногенного загрязнения тяжелыми металлами. – Уфа: Гилем, 2012. – 196 с.

**Сведения об авторах:**

**Хасанова Резеда Фиргатовна**, ведущий научный сотрудник Института стратегических исследований Республики Башкортостан (Сибайский филиал), доктор биологических наук,

**Суяндукоев Я依ль Тухватович**, главный научный сотрудник Института стратегических исследований Республики Башкортостан (Сибайский филиал), руководитель центра, доктор биологических наук, Академик АН РБ

**Семенова Ирина Николаевна**, старший научный сотрудник Института стратегических исследований Республики Башкортостан (Сибайский филиал), доктор биологических наук, доцент

**Рафикова Юлия Самигулловна**, старший научный сотрудник Института стратегических исследований Республики Башкортостан (Сибайский филиал), кандидат биологических наук

**Биктимерова Гульназ Я依лиевна**, старший научный сотрудник Института стратегических исследований Республики Башкортостан (Сибайский филиал), кандидат биологических наук  
450008, г.Уфа, ул. Кирова, 15.

**Ильбулова Гульназ Ражаповна**, доцент кафедры экологии Сибайского института (филиала) Башкирского государственного университета, кандидат биологических наук

**Кужина Гульнара Шарифовна**, доцент кафедры экологии Сибайского института (филиала) Башкирского государственного университета, кандидат биологических наук

**Ильина Ирина Валерьевна**, доцент кафедры ботаники Сибайского института (филиала) Башкирского государственного университета, кандидат биологических наук  
453838, РБ, г. Сибай, ул. Белова, 21