

УДК 662.613.11/12 (571.62)

Состояние почвенно-растительного покрова в зоне влияния золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3

Черенцова А. А., anna_cherencova@mail.ru

Тихоокеанский государственный университет

Рассмотрено влияние золоотвала на почвенно-растительный покров (на примере золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3) и проведены исследования содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве и валовых форм тяжелых металлов в растениях в районе воздействия золоотвала. Рассчитаны коэффициенты биологического поглощения растений.

Ключевые слова: золоотвал, тяжелые металлы, почва, растение, влияние

Status of land cover in the zone of influence ash dump of Khabarovsk CHP-3

Cherencova A. A., anna_cherencova@mail.ru

Pacific State University

The influence of ash disposal on land cover (for example, the ash dump of Khabarovsk CHP-3) and investigated the contents of mobile forms of heavy metals in soil and total forms of heavy metals in plants in the vicinity of the impact of ash disposal. The coefficients of biological absorption of plants.

Keywords: fly ash dump, heavy metals, soil, plants, influence

Почвенный покров представляет собой важнейший компонент биосферы Земли. Именно почвенная оболочка определяет многие процессы, происходящие в биосфере. Важнейшее значение почв состоит в аккумуляции органического вещества, различных химических элементов, а также энергии. Почвенный покров выполняет функции биологического поглотителя, разрушителя и нейтрализатора различных загрязнений. Если это звено биосферы будет разрушено, то сложившееся функционирование биосферы необратимо нарушится. Именно поэтому чрезвычайно важно изучение глобального биохимического значения почвенного покрова, его современного состояния и изменения под

влиянием антропогенной деятельности. Одним из видов антропогенного воздействия является загрязнение тяжелыми металлами.

Почва выступает в качестве мощного аккумулятора тяжёлых металлов и исходного звена в миграции токсикантов по наземным трофическим цепям. Она, в отличие от других природных сред, обладает трансформирующими свойствами по отношению ко многим классам загрязнителей. В ней одновременно протекает ряд процессов, приводящих к перераспределению и изменению физико-химического состояния поллютантов.

Одним из источников загрязнения почвенно-растительного покрова являются золоотвалы. В зонах воздействия золоотвалов формируются неблагоприятные экологические ситуации из-за пылеобразования, а также вымывания компонентов золы, попадания их в почву.

Целью исследования стало изучение техногенного загрязнения тяжелыми металлами почвенно-растительного покрова в зоне влияния золоотвала (на примере золоотвала ТЭЦ-3 г. Хабаровска).

Золоотвал Хабаровской ТЭЦ-3 размещен на пойменной террасе Амура между протокой Хохлатская и левым берегом реки Березовой, в районе с. Федоровка на расстоянии 5 км севернее площадки ТЭЦ-3. Урез пр. Хохлатской отстоит от северной дамбы золоотвала на 900 м. Общая площадь отведенной территории 58,23 га. Примыкающий к ТЭЦ район – населенная равнина и пахотные земли Хабаровского района. В регионе преобладают ветры юго-западных и северо-восточных направлений. Район исследования принадлежит к Восточной буроземно-лесной области бурых и подзолисто-бурых лесных почв /1/.

Объектом исследования явился почвенно-растительный покров, приуроченный к золоотвалу. Определение валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве и растениях проводилось методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии согласно ПНД Ф16.1:2.2:2.3:3.36-02 /2/.

Извлечение кислоторастворимой формы тяжелых металлов из почвы выполнено согласно РД 52.18.191-89 /3/.

Для проведения работы были заложены точки отбора проб почвы на расстоянии 30-100 м от источника загрязнения (рис. 1). Отбор проб осуществлялся послойно с глубины 0-20 см и 21-40 см согласно ГОСТ 17.4.4.02 – 84 /4/. Учитывалась роза ветров и рассеивание взвешенных веществ в данном районе. Пробы растений отбирались на тех же участках, что и пробы почв.

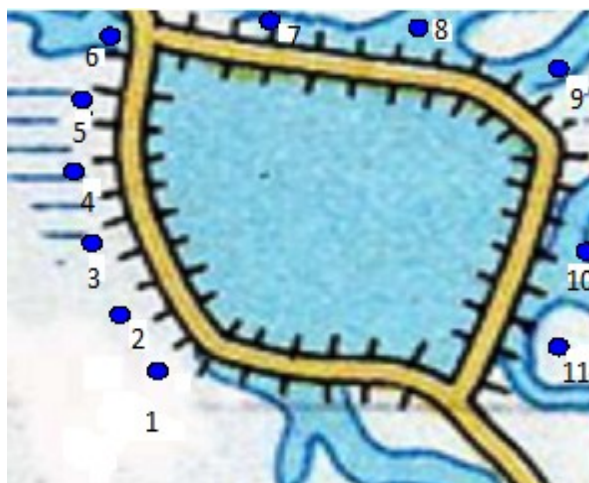


Рис. 1. Точки отбора проб почвенно-растительного покрова

В табл. 1-2 представлены результаты исследований по содержанию тяжелых металлов в почвах и в растениях.

В почвенном покрове превышение содержания подвижных форм ПДК обнаружено только по марганцу (1,85-0,144 ПДК).

По результатам исследований для характеристики биологической активности растительности рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП) по формуле:

$$\text{КБП} = I_x / n_x,$$

I_x - содержание элемента в золе растений;

n_x – содержание элемента в почвенном покрове.

Полученные результаты отражены в табл. 3.

Табл. 3. Коэффициент биологического поглощения химических элементов и биогеохимическая активность растительности

| Химический элемент | Район исследования | |
|--------------------|---|---|
| | в районе золоотвала (среднее значение) | в наиболее загрязненной точке золоотвала |
| | КБП | |
| Mg | 0,43 | 0,83 |
| Al | 0,52 | 2,45 |
| K | 16,49 | 38,97 |
| Ca | 1,50 | 4,06 |
| Mn | 1,11 | 2,21 |
| Fe | 0,05 | 0,21 |
| Co | 0,10 | 0,20 |
| Ni | 0,88 | 0,78 |
| Cu | 0,38 | 0,00 |
| Zn | 1,53 | 1,25 |
| Sr | 10,18 | 9,34 |
| Pb | 0,20 | 0,55 |
| | БХА | |
| | 33,36 | 60,86 |

Табл. 1. Подвижные формы тяжелых металлов почвенного покрова в зоне золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3

| Точка отбора пробы | Содержание элементов, мг/кг | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|-------|--------|----------|----------|
| | Mg | Mn | Ni | Pb | Sr | Zn | Al | Ca | Co | Cu | Fe | K |
| 1 (0-20 см) | 3925,516 | 722,194 | 18,747 | 14,972 | 4,831 | 58,379 | 24408,66 | 1484,65 | 6,253 | 15,475 | 21389,03 | 2164,066 |
| 1(21-40 см) | 3869,248 | 472,333 | 17,599 | 14,881 | 0,672 | 55,127 | 22775,51 | 1070,19 | 7,337 | 14,881 | 22646,1 | 1889,332 |
| 2 (0-20 см) | 4387,531 | 931,075 | 20,662 | 14,922 | 5,140 | 55,226 | 26274,17 | 1951,431 | 7,346 | 16,198 | 26656,8 | 2334,065 |
| 2 (21-40 см) | 4196,337 | 1112,665 | 18,311 | 14,877 | 4,959 | 51,882 | 20091,56 | 1805,697 | 8,697 | 14,369 | 23397,76 | 1665,819 |
| 3 (0-20 см) | 3382,102 | 166,5998 | 16,534 | 13,277 | 1,027 | 47,475 | 21419,98 | 1083,525 | 4,722 | 13,904 | 18789,46 | 1816,314 |
| 3 (21-40 см) | 3794,098 | 238,842 | 17,166 | 14,927 | 1,159 | 50,505 | 23759,77 | 997,661 | 5,287 | 14,305 | 22018,21 | 1990,347 |
| 4 (0-20 см) | 4240,741 | 541,236 | 18,465 | 16,81 | 3,782 | 61,382 | 21267,38 | 1604,605 | 7,157 | 15,536 | 23304,98 | 1821,099 |
| 4 (21-40 см) | 4275,427 | 231,273 | 18,377 | 15,751 | 5,963 | 61,756 | 24502,45 | 1525,153 | 6,175 | 17,126 | 19626,96 | 2125,213 |
| 5 (0-20 см) | 701,2256 | 86,812 | 4,421 | 4,3842 | 2,989 | 13,327 | 3425,169 | 611,548 | 2,927 | 3,263 | 4446,493 | 376,1459 |
| 5 (21-40 см) | 786,937 | 92,123 | 4,367 | 4,468 | 2,660 | 14,308 | 3602,088 | 636,327 | 3,376 | 3,363 | 4568,502 | 391,5859 |
| 6 (0-20 см) | 3056,878 | 451,015 | 10,423 | 12,139 | 39,589 | 27,311 | 16036,08 | 4460,035 | 6,765 | 10,486 | 15409,67 | 1591,08 |
| 6 (21-40 см) | 2369,968 | 339,653 | 10,975 | 14,067 | 1,926 | 33,838 | 15081,62 | 1117,814 | 6,311 | 9,277 | 14194,46 | 1048,109 |
| 7 (0-20 см) | 2106,636 | 191,854 | 2,808 | 3,423 | 71,22 | 7,26 | 7812,108 | 7423,384 | 1,342 | 13,668 | 7473,542 | 1121,031 |
| 7 (21-40 см) | 689,2947 | 120,813 | 0,247 | 1,455 | 20,40 | 3,098 | 3048,325 | 3234,957 | 0,558 | 3,533 | 4105,91 | 350,8685 |
| 8 (0-20 см) | 2362,972 | 171,284 | 2,150 | 2,688 | 79,765 | 3,926 | 8526,705 | 7926,585 | 1,313 | 7,088 | 8351,67 | 1237,748 |
| 8 (21-40 см) | 2715,215 | 252,752 | 10,598 | 13,513 | 1,088 | 34,534 | 17267,27 | 748,248 | 5,818 | 8,308 | 15640,64 | 1127,377 |
| 9 (0-20 см) | 4125 | 302,5 | 15,75 | 13 | 10,987 | 44,875 | 24250 | 2325 | 5,462 | 11,65 | 20625 | 2100 |
| 9 (21-40 см) | 4304,286 | 296,155 | 17,192 | 13,803 | 8,395 | 46,807 | 21835,16 | 2208,614 | 5,873 | 12,273 | 22839,07 | 1957,635 |
| 10 (0-20 см) | 3656,948 | 479,661 | 15,404 | 15,779 | 11,772 | 41,203 | 20413,79 | 2166,617 | 7,602 | 11,096 | 20664,26 | 1753,331 |
| 10 (21-40 см) | 926,7608 | 103,446 | 2,88 | 4,909 | 1,628 | 11,271 | 5635,708 | 492,185 | 1,916 | 3,732 | 5510,47 | 350,6663 |
| 11 (0-20 см) | 3017,39 | 488,94 | 13,178 | 15,148 | 15,518 | 31,405 | 15148,53 | 2586,334 | 7,414 | 10,53 | 16749,59 | 1330,115 |
| 11 (21-40 см) | 3466,117 | 486,009 | 13,563 | 16,200 | 6,844 | 37,675 | 25619,13 | 1758,176 | 8,037 | 10,486 | 21600,44 | 1682,825 |
| 12 (0-20 см) | 3744,605 | 516,628 | 14,597 | 19,167 | 5,674 | 42,65 | 21959,89 | 1675,552 | 8,441 | 11,005 | 22213,76 | 1586,697 |
| 12 (21-40 см) | 3625,7334 | 454,157 | 15,18 | 16,434 | 4,742 | 43,032 | 20951,47 | 1505,495 | 7,427 | 11,743 | 20449,64 | 1643,499 |
| 13 (0-20 см) | 3088,124 | 488,325 | 15,064 | 12,678 | 9,704 | 34,27 | 13808,69 | 1770,023 | 7,808 | 8,687 | 11511,42 | 1581,722 |
| | ПДК | | | | | | | | | | | |
| | - | 600 | 36 | 60 | - | 60 | - | - | 12 | 50 | - | - |

Табл. 2. Валовые формы тяжелых металлов растительного покрова в зоне золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3

| Хими- ческий элемент | Точки отбора пробы | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | Содержание элементов, мг/кг | | | | | | | | | | | | |
| Mg | 431,82 | 928,74 | 1390,48 | 1338,76 | 579,12 | 1741,53 | 1684,97 | 961,06 | 1753,44 | 1260,15 | 1824,29 | 949,04 | 868,74 |
| Al | 1880,40 | 1524,69 | 368,74 | 166,56 | 8408,35 | 9353,35 | 10246,35 | 1074,53 | 802,92 | 652,87 | 7400,44 | 10977,69 | 14522,19 |
| K | 4994,65 | 6945,00 | 5814,25 | 31110,40 | 14658,40 | 21817,40 | 33634,90 | 23841,15 | 27402,65 | 26301,40 | 38968,8 | 22435,3 | 24373,1 |
| Ca | 1873,13 | 2445,78 | 2819,08 | 1666,39 | 2480,44 | 2938,52 | 3328,06 | 2912,46 | 4115,27 | 2777,01 | 4012,94 | 2659,62 | 2785,80 |
| Mn | 312,55 | 178,46 | 1064,38 | 192,49 | 192,09 | 114,46 | 60,38 | 386,08 | 55,92 | 67,49 | 69,95 | 279,96 | 472,11 |
| Fe | 472,87 | 431,94 | 250,96 | 179,23 | 951,60 | 442,14 | 805,05 | 631,74 | 453,00 | 416,38 | 321,74 | 753,99 | 960,09 |
| Co | 0,43 | 0,25 | 0,23 | 0,13 | 0,60 | 0,24 | 0,30 | 0,51 | 0,24 | 0,19 | 0,23 | 0,34 | 0,63 |
| Ni | 2,72 | 2,60 | 3,92 | 3,35 | 3,44 | 1,36 | 2,03 | 4,13 | 1,92 | 1,85 | 1,46 | 2,16 | 3,37 |
| Cu | 0,25 | 0,15 | 0,00 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 2,33 | 0,70 | 0,37 | 0,00 | 5,15 | 5,01 | 2,60 |
| Zn | 22,77 | 22,52 | 67,37 | 23,80 | 16,71 | 8,33 | 18,36 | 38,39 | 22,58 | 15,48 | 24,44 | 48,07 | 22,28 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,01 |
| Sr | 27,81 | 31,68 | 48,47 | 21,48 | 27,92 | 67,96 | 57,47 | 36,69 | 73,81 | 40,95 | 509,15 | 45,36 | 40,91 |
| Cd | 0,31 | 0,16 | 0,16 | 0,02 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,27 | 0,10 | 0,07 | 0,05 | 0,45 | 0,14 |
| Hg | 0,075 | 0,040 | 0,026 | 0,017 | 0,017 | 0,010 | 0,010 | 0,008 | 0,009 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,007 |
| Pb | 1,50 | 1,09 | 1,48 | 0,24 | 2,41 | 1,58 | 1,59 | 1,72 | 1,63 | 1,20 | 1,01 | 2,77 | 2,03 |

Согласно шкалы И.А. Авессаломова /5/, к элементам сильного накопления ($10 > \text{КБП} \geq 1$) относится цинк, кальций и марганец, к элементам слабого накопления ($1 > \text{КБП} \geq 0,1$) – никель, алюминий, магний, медь, свинец, кобальт и железо.

На основании данных о КБП для количественного выражения общей способности вида к концентрации химических элементов рассчитан специальный показатель – биогеохимическая активность (БХА) исследуемой растительности, который показывает суммарную степень поглощения всех определяемых в растении химических элементов, т.е. насколько активно растение поглощает химические элементы из почвы. Из табличных данных видно, что в среднем биогеохимическая активность составляет 33,36.

Согласно данным /6/, золоотвал Хабаровской ТЭЦ-3 вносит максимальный вклад в загрязнение почв по меди, никелю и свинцу, особенно в северо-восточном направлении, что соответствует розе ветров. При полевых исследованиях в этом направлении отмечен сильный сдвиг золы с золоотвала на близлежащую территорию. Именно в этом районе изучены особенности кумуляции металлов в различных органах наиболее распространенных видов растений – полыни обыкновенной и бодяка полевого (табл. 4-5).

Табл. 4. Элементный состав полыни обыкновенной и бодяка полевого в органах растений

| Исследуемое сырье | Содержание элементов, мг/кг | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------|------|---------|-------|---------|------|-------|------|-------|--------|
| | Mg | Al | Pb | Ca | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Sr |
| Листья полыни обыкновенной | 3481,10 | 18423,54 | 2,07 | 6039,09 | 86,03 | 2158,76 | 0,70 | 4,43 | 9,21 | 19,21 | 82,67 |
| Листья бодяка полевого | 2201,69 | 849,41 | 0,79 | 8768,29 | 51,67 | 640,77 | 0,26 | 1,99 | 7,16 | 25,58 | 123,77 |
| Стебель полыни обыкновенной | 1037,67 | 118,72 | 0,08 | 2245,71 | 13,71 | 124,09 | 0,08 | 1,05 | 2,54 | 10,31 | 43,30 |
| Стебель бодяка полевого | 1062,52 | 139,99 | 0,14 | 3052,72 | 15,34 | 218,48 | 0,04 | 0,89 | 5,72 | 13,26 | 68,77 |
| Корень полыни обыкновенной | 1259,79 | 18271,69 | 0,82 | 2107,23 | 37,95 | 1779,20 | 0,51 | 10,99 | 5,31 | 12,73 | 47,55 |
| Корень бодяка полевого | 1492,06 | 923,71 | 1,27 | 2278,72 | 18,97 | 473,17 | 0,16 | 3,41 | 5,37 | 23,59 | 52,12 |

Наибольшая концентрация кальция, марганца, кобальта, меди, цинка, железа и стронция отмечалась в листьях обоих растений, алюминия и свинца – в

листьях полыни и в корнях бодяка, никеля – в корнях полыни и бодяка, а наименьшая: кальция, магния, свинца, марганца, железа, кобальта, никеля, алюминия и цинка – в стеблях полыни и бодяка, меди и стронция – в стеблях полыни и корнях бодяка.

КБП показывает, что в листьях полыни обыкновенной сильно накапливаются магний, алюминий, кальций и стронций, в стебле – стронций, а в корнях – алюминий, никель и стронций. У бодяка полевого сильно накапливается стронций во всех частях растения и кальций в листьях.

Табл. 5. Коэффициент биологического поглощения химических элементов полыни обыкновенной и бодяка полевого

| Исследуемое сырье | КБП | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Mg | Al | Pb | Ca | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Sr |
| Листья полыни обыкновенной | 1,14 | 1,15 | 0,17 | 1,35 | 0,191 | 0,14 | 0,104 | 0,42 | 0,88 | 0,56 | 2,088 |
| Листья бодяка полевого | 0,72 | 0,053 | 0,065 | 1,96 | 0,11 | 0,041 | 0,038 | 0,19 | 0,68 | 0,93 | 3,13 |
| Стебель полыни обыкновенной | 0,34 | 0,007 | 0,006 | 0,503 | 0,03 | 0,008 | 0,011 | 0,101 | 0,242 | 0,377 | 1,093 |
| Стебель бодяка полевого | 0,35 | 0,009 | 0,012 | 0,68 | 0,034 | 0,014 | 0,006 | 0,085 | 0,545 | 0,48 | 1,74 |
| Корень полыни обыкновенной | 0,41 | 1,14 | 0,067 | 0,472 | 0,084 | 0,115 | 0,075 | 1,054 | 0,506 | 0,466 | 1,201 |
| Корень бодяка полевого | 0,49 | 0,058 | 0,105 | 0,511 | 0,042 | 0,031 | 0,025 | 0,33 | 0,511 | 0,86 | 1,32 |

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве в зоне влияния золоотвала превышает ПДК только по марганцу, который сильно накапливается в растительности прилегающей территории.

2. Полынь обыкновенная обладает высокой способностью кумулировать определенные тяжелые металлы, что делает возможным использовать данный вид растений в качестве маркера почвенного загрязнения территории этими элементами.

3. Полученные данные свидетельствуют о высоком воздействии золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 на состояние почвенно-растительного покрова.

Список литературы

1. Добровольский Г. В. География почв : учебник / Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 416 с.
2. Измерение массовой доли элементов (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, V, Zn) в пробах почв, грунтов и донных отложений : Методика М 03-07-2009 ПНД Ф 16.1:2:2.2.63-09.

3. Методические указания «Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным способом» : РД 52.18.191-89.
4. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа : ГОСТ 17.4.4.02 – 84. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1985. – 45 с.
5. Авессаломов И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: Учебно-методическое пособие/ И.А. Авессаломов. – М.: Изд-во Московского университета, 1987. – 108 с.
6. Черенцова А. А. К вопросу об оценке воздействия золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 на почвенный покров // Экономика и экологический менеджмент (электронный научный журнал). – Выпуск №2 (сентябрь) – 2011. – 6 с. – Режим доступа : economics.open-mechanics.com