

# ПРИМЕНЕНИЕ *POLIGONUM AVIKULARE L.* В ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Шайхутдинова А.А., Ивлева Я.С.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Промышленное производство – один из наиболее существенных стационарных источников загрязнения окружающей среды. Стационарные источники обладают способностью распространять производимые ими загрязняющие вещества на большие территории, так как их выбросы в атмосферу происходят, как правило, на большой высоте. Стационарные источники выбрасывают в воздух, главным образом, оксиды серы, азота, углерода, пыль разнообразного химического состава, а также фенол, серную кислоту и другие загрязняющие вещества в зависимости от специфики производства [2].

В качестве объекта исследования было выбрано предприятие ООО «Башкирская генерирующая компания» Кумертауская ТЭЦ, которая предназначена для тепло- и электроснабжения жилищно-коммунального сектора и промышленных предприятий г. Кумертау. Предприятие расположено вблизи жилых массивов: на расстоянии 600 м от поселка Пятки и в 800 м от г. Кумертау.

Кумертауская ТЭЦ является единственной электростанцией ООО «Башкирская генерирующая компания», которая наряду с освоением сжигания природного и попутного газа, продуктов переработки нефти, сохранила технологию сжигания бурых углей [4].

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух с дымовыми газами, являются зола бурых углей (64,5 % от общей массы выброса), диоксид серы (30,63 %), диоксид азота (2,61 %).

Было проведено исследование на содержание тяжелых металлов в золе бурого угля атомно-абсорбционным методом (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Концентрация тяжелых металлов в золе бурого угля Кумертауской ТЭЦ

| Концентрация тяжелых металлов в золе бурого угля, мг/кг |        |      |      |         |        |          |
|---|--------|------|------|---------|--------|----------|
| цинк  | свинец | медь | хром | кобальт | никель | марганец |
| 135,0   | 765,2  | 46,9 | 98,6 | 36,5    | 48,9   | 460,0    |

Из полученных результатов, представленных в таблице 1, видно, что в состав золы входят такие тяжелые металлы как цинк, свинец, медь, хром, кобальт, никель, марганец, следовательно, частицы золы, формирующиеся в свободной атмосфере, способствуют миграции тяжелых металлов в объекты окружающей среды – почву, растения.

Проникая в избытке в растительные организмы, тяжелые металлы подавляют ход метаболических процессов, тормозят развитие, снижают продуктивность [1].

Территории, прилегающие к Кумертауской ТЭЦ, не характеризуются обилием зеленых насаждений. Биоценозы представлены искусственными насаждениями и синантропными видами растительности, что означает упрощение состава, снижение продуктивности и стабильности сообществ в данных экосистемах.

Повсеместно наблюдается общее обеднение городской флоры, постепенное стирание ее региональных особенностей, упрощение состава, снижение продуктивности и стабильности растительных сообществ, замена коренных зональных растительных сообществ синантропными. В ходе сукцессионных процессов постепенно происходит исчезновение с данных территорий видов чувствительных к атмосферному и почвенному загрязнению и замещение их видами сорно-рудеральной растительности с прилегающих городских территорий.

Растения способны избирательно накапливать тяжелые металлы корневым и фоллиарным способом в различных органах, что приводит к широкому спектру патологических аномалий [5].

В качестве объектов исследования были выбраны территории, прилегающие к санитарно-защитной зоне Кумертауской ТЭЦ. На территориях, прилегающих к ТЭЦ, были организованы следующие пункты наблюдения: согласно розы ветров приоритетным направлением является северное, поэтому в данном направлении от предприятия, а также в направлении п. Пятки (северо-восточное направление) и г. Кумертау (юго-западное направление) на границе санитарно-защитной зоны (500 м) и на расстоянии 1000, 1500 м. Контрольные образцы проб были собраны у с. Кананикольское Зилаирского района на расстоянии 150 км от источника выбросов.

Во всех точках наблюдения представлен один вид – горец птичий (*Poligonum aviculare* L.) – однолетнее растение, которое относится к виду растений-анемохоров с хорошо развитой системой вегетативного размножения, высокой жизнестойкостью и способностью к адаптации. Цветет с июня по сентябрь, является лекарственным растением. Элементный анализ проводился в вегетативной части растения, т.к. эта часть может быть усвоена животными, насекомыми и передана по пищевым цепям. Анализ на содержание тяжелых металлов в вегетативной части растительного материала проводился по методике определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье методом пламенной атомной абсорбции [5].

Исследуемые растения произрастали на почвах с рН, равным 6,69 – 6,8. При данном значении рН растворимость цинка в почве увеличивается и он легко усваивается растениями. У свинца и марганца четко выражена тенденция к накоплению в почве, так как его ионы малоподвижны при значениях рН в интервале 5,5 – 7,5. Остальные исследуемые ионы тяжелых металлов обладают средней подвижностью.

Результаты проведенных исследований на содержание тяжелых металлов (цинк, свинец, медь, хром, кобальт, никель, марганец) в вегетативной части *Poligonum aviculare L.* представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в растениях, произрастающих на территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ

| Наименование металла | Фон, мг/кг | Концентрации тяжелых металлов в растениях (мг/кг) в различных направлениях, м |      |      |                  |      |      |              |      |      |
|----------------------|------------|---|------|------|------------------|------|------|--------------|------|------|
|                      |            | северное  |      |      | северо-восточное |      |      | юго-западное |      |      |
|                      |            | 500   | 1000 | 1500 | 500              | 1000 | 1500 | 500          | 1000 | 1500 |
| цинк                 | 16,6       | 24,9  | 6,3  | 11,6 | 19,6             | 15,5 | 11,3 | 31,5         | 24,3 | 15,8 |
| свинец               | 0,05       | 0,13  | 0,58 | 0,10 | 0,48             | 0,75 | 0,50 | 1,00         | 0,35 | 0,97 |
| медь                 | 41,0       | 81,3  | 47,5 | 56,5 | 67,5             | 68,8 | 45,0 | 71,8         | 97,5 | 82,5 |
| хром                 | 1,18       | 5,08  | 1,29 | 1,91 | 0,51             | 0,84 | 0,39 | 6,65         | 3,08 | 6,41 |
| кобальт              | 0,50       | 0,89  | 1,50 | 0,36 | 0,24             | 1,03 | 0,58 | 1,10         | 0,53 | 1,60 |
| никель               | 0,04       | 0,48  | 0,06 | 0,15 | 0,12             | 0,08 | 0,06 | 0,25         | 0,37 | 0,75 |
| марганец             | 19,5       | 39,4  | 17,3 | 30,4 | 43,8             | 81,1 | 79,0 | 65,3         | 80,0 | 43,5 |

Среди металлов 1 класса опасности в вегетативной части растений на территориях, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ, накапливается цинк, в северном направлении концентрация изменяется в интервале 6,3 – 24,9 мг/кг, при чем к 1000 м концентрация снижается в 4 раза и увеличивается к 1500 м в 1,8 раза, а северо-восточном (11,6 – 19,6 мг/кг) и юго-западном (15,8 – 31,5 мг/кг) направлениях концентрация снижается с удалением от источника в 1,7 и 2 раза соответственно.

По металлам 2 класса опасности максимальная концентрация отмечается по меди: в северном направлении от предприятия концентрация лежит в интервале 47,5 – 81,3 мг/кг. В данном направлении концентрация меди снижается на расстоянии 1000 м в 1,7 раза и увеличивается к 1500 м в 1,12 раза. В северо-восточном и юго-западном направлениях концентрация меди лежит в интервале 45 – 68,8 и 71,8 – 97,5 мг/кг, при чем она увеличивается к 1000 м в 1,02 и 1,4 раза и снижается к 1500 м в 1,5 и 1,2 раза соответственно.

По марганцу (металл 3 класса опасности) наблюдается аналогичная закономерность, как и по приоритетному металлу второго класса опасности. В северном направлении концентрации изменяются в интервале 17,3 – 39,4 мг/кг: отмечается снижение к 1000 м в 2,3 раза и увеличение к 1500 м в 1,8 раза. В северо-восточном (43,8 – 81,1 мг/кг) и юго-западном (43,5 – 80,0 мг/кг) направлениях концентрация марганца увеличивается к 1000 м в 1,9 и 1,2 раза и уменьшается к 1500 м 1,03 и 1,8 раза соответственно.

Оценку экологически неблагополучных территорий можно проводить по биогеохимическому показателю, который определяется через содержание химических элементов в укосах растений и растительных кормах по формуле 1:

$$\Gamma = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{MДУ_i} \quad (1)$$

где  $\Gamma$  – биогеохимический показатель загрязнения почв;

$MДУ_i$  – максимально допустимый уровень загрязнения растений  $i$ -ой примесью, мг/кг;

$C_i$  – концентрация  $i$ -ой примеси в пробе, мг/кг [6].

По данному показателю можно проводить ранжирование территорий согласно критериям оценки, представленным в таблице 3.

Таблица 3 – Критерии оценки экологического состояния объектов окружающей среды

| Показатель                  | Параметры              |                                     |                                    |  |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|
|                             | экологическое бедствие | чрезвычайная экологическая ситуация | критическая экологическая ситуация | относительно удовлетворительная ситуация |
| Биогеохимический показатель | > 10                   | 5 – 10                              | 1,5 – 5,0                          | 1,1 – 1,5                                |

Результаты расчета биогеохимического показателя качества исследуемых территорий представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения биогеохимического показателя качества территорий, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ

| Биогеохимический показатель | Значение биогеохимического показателя тяжелых металлов в различных направлениях, м |      |      |                  |      |      |              |      |      |
|-----------------------------|--|------|------|------------------|------|------|--------------|------|------|
|                             | северное   |      |      | северо-восточное |      |      | юго-западное |      |      |
|                             | 500  | 1000 | 1500 | 500              | 1000 | 1500 | 500          | 1000 | 1500 |
| $\Gamma_{Zn}$               | 0,50   | 0,13 | 0,23 | 0,39             | 0,31 | 0,23 | 0,63         | 0,49 | 0,32 |
| $\Gamma_{Pb}$               | 0,03   | 0,12 | 0,02 | 0,10             | 0,15 | 0,10 | 0,20         | 0,07 | 0,19 |
| $\Gamma_{Cu}$               | 2,71   | 1,58 | 1,88 | 2,25             | 2,29 | 1,50 | 2,39         | 3,25 | 2,75 |
| $\Gamma_{Cr}$               | 10,16  | 2,58 | 3,82 | 11,02            | 1,68 | 0,78 | 13,30        | 1,16 | 2,82 |
| $\Gamma_{Co}$               | 0,89   | 1,50 | 0,36 | 0,24             | 1,03 | 0,58 | 1,10         | 0,53 | 1,60 |
| $\Gamma_{Ni}$               | 0,16   | 0,02 | 0,05 | 0,04             | 0,03 | 0,02 | 0,08         | 0,12 | 0,25 |
| $\Gamma_{Mn}$               | 0,39   | 0,17 | 0,30 | 0,44             | 0,81 | 0,79 | 0,65         | 0,80 | 0,44 |
| $\Sigma\Gamma$              | 14,84  | 6,10 | 6,66 | 14,48            | 6,30 | 4,00 | 18,35        | 6,42 | 8,37 |

Результаты расчетов, представленных в таблице 4, свидетельствуют о том, что по металлам 1 класса опасности наибольшее значение биогеохимического показателя наблюдается у цинка (0,13 – 0,63), по металлам 2 класса опасности – у хрома (0,78 – 13,30), у марганца значения биогеохимического показателя находятся в интервале от 0,17 до 0,81.

Исходя из существующих критериев оценки качества объектов окружающей среды (таблица 3) по суммарному биогеохимическому показателю можно оценить экологическое состояние прилегающих территорий. С биогеохимических позиций экологически неблагополучными можно считать территории, прилегающие к Кумертауской ТЭЦ на границе санитарно-защитной зоны и согласно критериям оценки исследуемые территории относятся к зонам экологического бедствия ( $\Gamma > 10$ ). Все остальные исследуемые территории относятся к зонам с чрезвычайной экологической ситуацией ( $5 < \Gamma < 10$ ), за исключением точки на расстоянии 1500 м в северо-восточном направлении от ТЭЦ, где складывается критическая экологическая ситуация ( $1,5 < \Gamma < 5$ ).

Полученные результаты ранжирования территорий, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ, можно представить в виде электронной карты.

Географические информационные системы представляют весьма эффективное средство сбора, передачи, хранения, анализа и передачи территориально распределенной информации.

Применение геоэкологического картографирования оправдано тем обстоятельством, что информация о загрязнении окружающей среды изначально связана с данными о географическом положении стационарного источника выброса.

Геоинформационные технологии могут использоваться при региональном экологическом контроле. Общие подходы и примененные способы представления векторных и матричных данных на электронных картах могут быть с успехом применены для реализации целей геоэкологического мониторинга городских территорий [3].

По итогам проведенных исследований была составлена карта в геоинформационной системе ArcGIS 10.3 (см. рисунок 1).

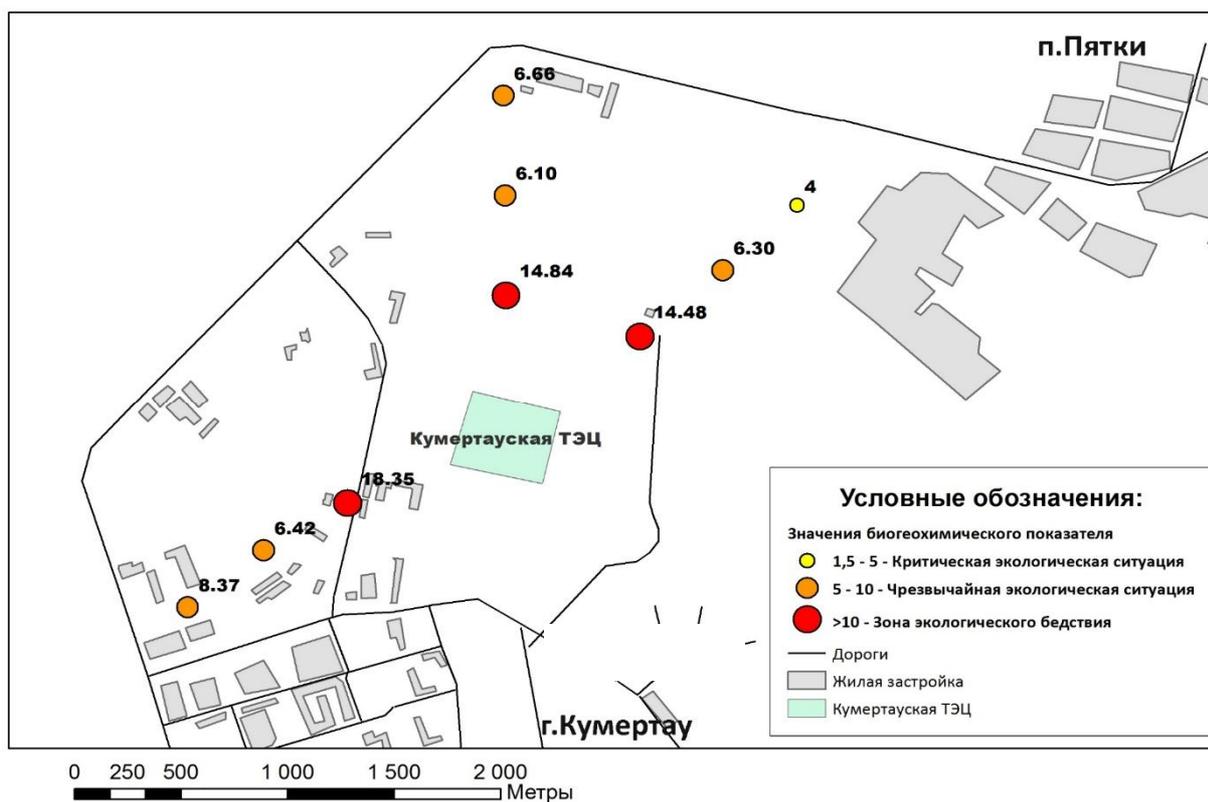


Рисунок 1 – Карта зон экологического неблагополучия по биогеохимическому показателю качества территорий, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ.

Первым шагом в построении карты было получение изображения исследуемой территории со спутника, построение на основе полученного изображения жилой застройки и зданий. Далее был составлен слой точек, в который были внесены полученные результаты измерений. Завершающим этапом было использование инструмента геообработки, который определяет размер и цвет точек в зависимости от значений показателя, для графического представления зон экологического неблагополучия по биогеохимическому показателю качества территорий, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ.

На представленной карте дается цветовое обозначение зон превышения фонового уровня территорий, прилегающих к Кумертауской ТЭЦ. Желтым – территория с превышением фона в 1,5 – 5,0 раз, оранжевым – в 5,0 – 10,0 раз, красным – территория с максимальным превышением фона, составляющим более 10 раз.

Таким образом, в результате проведенных исследований видно, что биологический фильтр растений не срабатывает и они активно загрязняются тяжелыми металлами.

#### Список литературы

1. Гарицкая, М. Ю. Оценка экологического благополучия территории по состоянию растительных биогеоценозов : автореф. дисс. канд. биол. наук / М. Ю. Гарицкая. – Оренбург : ОрГМА, 2004. – 184 с.
2. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология : учебник для вузов

/ В. Н. Луканин. – М. : Высшая школа, 2003. – 273 с.

3. Макаров, В. З. Применение геоинформационных технологий для анализа и регулирования электромагнитного загрязнения окружающей среды / В. З. Макаров, И. В. Пролеткин, А. Ю. Сомов, А. Н. Чумаченко // Новые медицинские технологии. Новое медицинское оборудование. – 2010. – № 8. – С.17 – 24.

4. Мокроусов, В. П. Кумертау. История и современность / В. П. Мокроусов. – Уфа : ГУП РБ «Уфимский полиграфкомбинат», 2007. – 204 с.

5. Немерешина, О. Н. Оценка содержания тяжелых металлов в тканях *Polypodium aviculare* L. на техногенно загрязненных территориях / О. Н. Немерешина, А. А. Шайхутдинова // Экология и промышленность России. – 2012. – № 9. – С. 46 – 49.

6. Шайхутдинова, А. А. Система экологического мониторинга как фактор устойчивого развития предприятия : монография / А. А. Шайхутдинова. – Оренбург : ОГИМ, 2013. – 148 с.