

МЕЗОФАУНА ПОЧВ В ГРАДИЕНТЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОЛЛЮТАНТОВ « ОАО РУСАЛ САЯНОГОРСК »

Голованова Е.В., Ершова Е.А.

С увеличением токсической нагрузки уменьшается доля сапрофагов и увеличивается доля фитофагов и зоофагов. С приближением к источнику эмиссии поллютантов отмечено увеличение доли половозрелых особей. Из всех изученных показателей наиболее информативными являются видовое разнообразие и численность дождевых червей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужили результаты полевых исследований в июле 2008 года. Нами закладывались пробные площадки на расстоянии 2–30 км от алюминиевого завода в юго-восточном направлении (см. рис.). Преобладающие ветра в этой зоне – северо-восточные, но однородные по типу почв и растительности площадки можно обнаружить лишь при использовании юго-восточного тренда. На каждой пробной площадке закладывалось 10 проб в случайном порядке размером 25*25 см, по горизонтам от 0-10, 10-20 и 20-50 см. Каждый слой разбирался ручным способом на клеенке. Найденные беспозвоночные фиксировались в 70% растворе спирта [1]. Всего было разобрано и обработано 180 проб. Определение видов производилось по определителю Т.С. Всеволодовой-Перель [2] и М. С. Гилярова [3].

Почвенные пробы каждой из площадок перемешивали по горизонтам и отбирали 1 кг для исследования в лаборатории. Анализ проб производился в Отделе химико-аналитического контроля почв в «Государственном центре агрохимслужбы» г. Омска в соответствии с ГОСТами 26213-01, 26483-85, 174401-84, 26423-85 и методическими указаниями сотрудниками лаборатории. Перед изучением образцы проб доводили до воздушно-сухого состояния в естественных условиях. Высушенные образцы измельчали на почвенном пробомельчителе и просеивали через сито с отверстиями в 1 мм. Анализ производился в двух – четырёхкратной повторности.

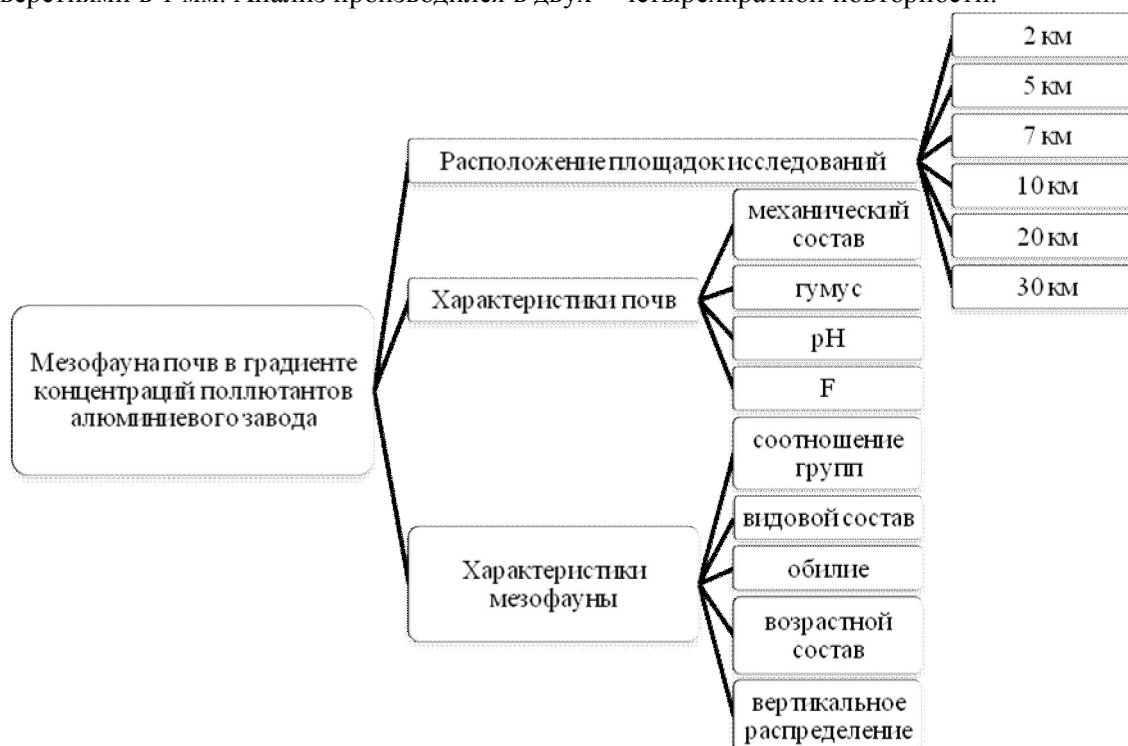


Рис. Схема исследований

При обработке результатов использовались стандартные статистические методы [4]: определение нормальности распределения данных, достоверности разницы между различными совокупностями данных с помощью коэффициента Стьюдента, корреляционный и регрессионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По данным В.Ф. Шамшаевой [5] в регионе исследований распространены преимущественно лугово-чернозёмные и лугово-каштановые почвы. Собственные исследования показали, что типичные профили почв прослеживаются только начиная с 20 км от завода. Остальная территория представляет собой грунты. Фитоценозы характеризуются преимущественно разнотравно-злаковыми сообществами с участками рудеральной растительности.

По механическому составу образцы почв относятся к легко-суглинистым (содержание физической глины 22,47%-28,04%). Достоверных различий по этому показателю между площадками не наблюдается.

Содержание гумуса в изученных пробах невелико и колеблется в пределах 2,45–4,06%. Достоверной корреляционной зависимости между содержанием органического вещества и показателями мезофауны не обнаружено.

Наибольшие различия между образцами фиксировались по кислотности почвы и содержанию в ней водорастворимых форм F. При приближении к заводу отмечается подщелачивание почв. Наблюдается отрицательная корреляционная зависимость между показателями $-0,78$ ($P < 0,01$). Зависимость распределения водорастворимых форм фтора от расстояния от завода не линейна (разница коэффициентов детерминации достоверна ($P < 0,05$) и подчиняется степенной зависимости. По всей видимости взятие большего количества проб на загрязнённых площадках (ближе 1 км от завода) дало бы зависимость по типу «доза-эффект»). Именно такой тип загрязнения отмечен на большинстве зон воздействия металлургических заводов [6]. Корреляция между кислотностью почв и содержанием F составляет 0,94 ($P < 0,01$). Это доказывает, что подщелачивание почв – результат эмиссии завода.

На основании полученных данных изученную территорию можно подразделить на четыре зоны: «импактную» – 2–5 км, «буферную 1» – 7 км, «буферную 2» – 10–20 км, «фоновую» – 30 км.

В районе исследований нами были встречены представители следующих групп беспозвоночных:

- Тип Кольчатые черви (Annelida)
- Класс Малощетинковые черви (Oligochaeta)
- Семейство Настоящие дождевые черви (Lumbricidae)
- Тип Членистоногие (Arthropoda)
- Класс Паукообразные (Arachnida)
- Отряд Пауки (Aranei)
- Семейство Пауки-волки (Licosidae)
- Класс Насекомые (Insecta)
- Отряд Жесткокрылые (Coleoptera)
- Семейство Стафилины (Staphilinidae)
- Семейство Щелкуны (Elateridae).

В целом очень обеднённый состав. Отсутствие наземных моллюсков можно объяснить сухостью почвы. Совершенно необъяснимо выпадение многоножек и двукрылых из представителей типа Членистоногие.

На всех площадках доминировали дождевые черви. Их доля составила от 60% в 7 км от источника эмиссии поллютантов до 100% на площадках, расположенных в 20 и 30 км от завода. На загрязнённых территориях субдоминантами выступали представители жесткокрылых, в равных долях фитофаги (щелкуны) и зоофаги (стафилины). На площадках, расположенных в 2 и 5 км от источника загрязнений отсутствовали все группы мезофауны.

Таблица

Численность таксономических групп мезофауны на различном удалении от алюминиевого завода

| Расстояние от завода/слой почвы | Таксономическая группа | Численность ос. в пробе (средние значения по 10 пробам) | | | Плотность ос./м ² | | |
|---------------------------------|------------------------|---|------------|----------|------------------------------|------------|----------|
| | | сос | juv | ad | сос | juv | ad |
| 7 км 0-10 | Lumbricidae | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 6,4 | 0 |
| | <i>E. sibirica</i> | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 6,4 | 0 |
| | Licosidae | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 1,6 |
| | Elateridae | 0,2 | 0,5 | 0,1 | 3,2 | 8 | 1,6 |
| | Staphilinidae | 0 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 3,2 |

| | | | | | | | |
|------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 7 км 10-20 | Elateridae | 0 | 0,3 | 0,3 | 0 | 4,8 | 4,8 |
| 7 км 20-50 | Elateridae | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 1,6 | 0 |
| 10 км 0-10 | Lumbricidae | 0 | 2,2 | 1,2 | 0 | 35,2 | 19,2 |
| | <i>E. nordenskioldi nordenskioldi</i> | 0 | 0,7 | 0,2 | 0 | 11,2 | 3,2 |
| | <i>E. sibirica</i> | 0 | 1,5 | 0,3 | 0 | 24 | 4,8 |
| | <i>D. octaedra</i> | 0 | 0 | 0,6 | 0 | 0 | 9,6 |
| | <i>O. lacteum</i> | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 1,6 |
| | Elateridae | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 1,6 | 0 |
| 20 км 0-10 | Lumbricidae | 0 | 1,1 | 0,1 | 0 | 17,6 | 1,6 |
| | <i>E. nordenskioldi nordenskioldi</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>E. sibirica</i> | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 6,4 | 0 |
| | <i>D. octaedra</i> | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 3,2 | 0 |
| | <i>O. lacteum</i> | 0 | 0,5 | 0,1 | 0 | 8 | 1,6 |
| 30 км 0-10 | Lumbricidae | 0,3 | 3 | 0,2 | 4,8 | 48 | 3,2 |
| | <i>E. nordenskioldi nordenskioldi</i> | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 1,6 |
| | <i>E. sibirica</i> | 0,3 | 2,3 | 0,1 | 4,8 | 36,8 | 1,6 |
| | <i>D. octaedra</i> | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 1,6 | 0 |
| | <i>O. lacteum</i> | 0 | 0,6 | 0 | 0 | 9,6 | 0 |

Обозначения к таблице: сос – коконы, juv – неполовозрелые, ad - половозрелые

Среди различных групп крупных почвенных беспозвоночных наибольшим видовым разнообразием отличались дождевые черви. Их было обнаружено 4 вида. Представителей щелкунов отмечено 3 вида. Остальные группы были представлены лишь одним видом. В качестве модельной группы удобнее всего рассматривать сем. Настоящие дождевые черви, так как они найдены на всех площадках и являются самой многочисленной группой.

Наиболее распространённым видом дождевых червей является Эйзеня сибирская (*Eisenia sibirica* Perel et Graphodatsky, 1984). Этот вид характерен для Алтайско-Саянской горной системы [2]. Субдоминантом в нарушенных биотопах (с преобладанием рудеральной растительности) выступает полиплоидная форма Эйзении Норденшельда (*E. nordenskioldi nordenskioldi* (Eisen, 1879)). Этот вид характерен для лесной и лесостепной зон азиатской части России [2]. Кроме этого, обнаружены два космополитных вида: Дендробена восьмигранная (*Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)) и Октолазий молочный (*Octolasion lacteum* (Црley, 1885)).

Таким образом, отмечены три представителя первого морфо-экологического типа – питающихся на поверхности почвы: подстилочные - *D. octaedra*, почвенно-подстилочные - *E. sibirica* и *E. nordenskioldi nordenskioldi*. Также обнаружен вид, относящийся ко второму морфо-экологическому типу – собственно почвенные, к группе верхнеярусные - *O. lacteum*.

Наблюдается отрицательная линейная корреляционная зависимость между количеством видов дождевых червей и изменением реакции среды, а также содержанием фтора. Более тесная взаимосвязь наблюдается во втором случае ($r = -0,93$; $P < 0,01$).

Достоверной связи между видовым разнообразием щелкунов и токсической нагрузкой не отмечено. Максимальное количество видов семейства Elateridae обнаружено на 7 км от завода.

Так как с приближением к источнику эмиссии увеличивается видовое разнообразие фитофагов (личинок щелкунов) и уменьшается количество видов сапрофагов (дождевых червей), то использовать общий показатель числа видов в мезофауне нецелесообразно.

Обилие мезофауны изменялось в соответствии с токсической нагрузкой. Наблюдалась отрицательная линейная зависимость между общей численностью и ингредиентами загрязнения. Коэффициент корреляции обилия мезофауны от содержания фтора составил $-0,70$, от рН солевого $-0,67$.

Среди выбранных модельных групп мезофауны достоверная зависимость отмечается между численностью дождевых червей и токсической нагрузкой. Влияние содержания фтора на показатель не линейно (разница коэффициентов детерминации достоверна на первом уровне значимости). Корреляционное отношение (r_{xy}) составило $0,87$. Изменение обилия люмбрицид в зависимости от реакции среды линейно ($r = -0,65$). Численность щелкунов увеличивается на загрязнённых участках, но эта зависимость низкая и недостоверная.

Таким образом, большее влияние оказывает эмиссия фтора, чем подщелачивание почвы. Лучшим биоиндикатором изменения обилия от токсической нагрузки оказываются дождевые черви.

С приближением к источнику эмиссии поллютантов наблюдается увеличение доли половозрелых особей в мезофауне в целом и в основной модельной группе (сем. Настоящие дождевые черви). Исключение составляет площадка, расположенная на 7 км от завода, где обнаружены только неполовозрелые особи люмбрицид.

Как видно из таблицы, с увеличением токсической нагрузки определённая доля мезофауны смещается в нижние горизонты почвы. Однако в целом соотношение возрастных групп и вертикальное распределение организмов в почве не может считаться хорошими биоиндикационными показателями для данного типа загрязнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выдвинутая перед началом исследования гипотеза в целом подтверждается. Под действием поллютантов, источником которых является алюминиевый завод, действительно снижается видовое разнообразие и обилие мезофауны почв вплоть до полного исчезновения в зоне 2–5 км.

Изменяется возрастная структура и вертикальное распределение крупных почвенных беспозвоночных. Это говорит о серьёзных нарушениях в экосистеме разнотравных лугов, расположенных вокруг «ОАО РУСАЛ Саяногорск». Наиболее негативным фактором является изменение трофической структуры почвенных беспозвоночных: снижение доли сапротрофов и увеличение процента фитофагов, а также сокращение видового разнообразия и обилия обитателей почвы. Уменьшение процента молодых особей снижает потенциал восстановления популяций. Все выше перечисленные факторы могут привести к полному исчезновению мезофауны почв, что и произошло в зоне наибольшего воздействия (2–5 км).

Литература

1. Голованова Е.В., Калинин Н.А. Организация исследований по изучению биоиндикационной роли дождевых червей на содержание в почвах тяжёлых металлов // Химическое загрязнение среды обитания и проблемы экологической реабилитации нарушенных экосистем: Материалы всероссийской конференции, 6 – 7 февраля, 2003 г. – Пенза, 2003. – С. 40–42.
2. Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России: Кадастр и определитель. – М.: Наука, 1997. – 102с.
3. Гиляров М.С. Определитель обитающих в почве личинок насекомых. – М.: Наука, 1964. – 921 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
5. Шамшаева В.Ф. Почвы приозёрных ландшафтов степной зоны - Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 2003. – 14 с.
6. Воробейчик Е.Л., Ермаков А.И., Гребенников М.Е., Голованова Е.В., Кузнецов А.В., Пищулин П.Г. Реакция почвенной мезофауны на выбросы Среднеуральского медеплавильного комбината // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. научн. конф. Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – С. 128–149.

MESOFAUNA SOIL CONCENTRATION GRADIENT OF POLLUTANTS "JSC RUSAL SAYANOGORSK"

Golovanova E. V., Ershova E. A.

With the increase in toxic load decreases the proportion of saprophagous and increases the proportion of herbivores and zoophages. With the approach to the source of emission of pollutants was an increase in the proportion of mature specimens. Of all the studied parameters are the most informative species diversity and abundance of earthworms.