

сения) с высокой и средней степенью опасности и возможностью проявления синергетического эффекта. С другой стороны, для этих территорий характерны относительно высокая плотность населения (10-25 человек на км<sup>2</sup> в Алтайском крае и 25-40 человек на км<sup>2</sup> в Кемеровской области).

Нужно отметить, что степень рисков проявления комплекса ведущих процессов имеет региональный характер безотносительно к степени рисков других территорий России.

#### Выводы

Геоэкологические ограничения регионального природопользования для Западной Сибири рассмотрены через проявления опасных природных процессов с учётом особенностей ландшафтной структуры территории.

На основе анализа особенностей развития различных процессов составлена синтезированная схема ранжирования территории Западной Сибири по опасности и риску проявления природных процессов и явлений. На схеме нашли отражение, во-первых, ареалы распространения ведущих опасных процессов различного генезиса с учётом степени пораженности ими территории и возможного проявления эффекта синергизма и, во-вторых, зоны рисков, определяемые распространением этих

процессов на фоне сложившихся систем расселения.

#### Библиографический список

1. Природные опасности и общество. Тематический том / под ред. В.А. Владимирова, Ю.Л. Воробьева, В.И. Осипова. М.: Издательская фирма «КРУК», 2002. 248 с.
2. Осипов В.И. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учётом риска возникновения природных и техногенных катастроф / В.И. Осипов, Ю.А. Мамаев. М.: МГФ «Знание», 1999 672 с.
3. Винокуров Ю.И. Физико-географическое районирование Сибири как основа для разработки региональных систем природопользования / Ю.И. Винокуров, Ю.М. Цимбалей, Б.А. Красноярова.
4. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005.
5. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000: объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ РАН, 1999. 57 с.



УДК 579.8631.461:631.45

А.И. Фокина

### БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПАХОТНОЙ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ АЦЕТАТОМ СВИНЦА

Свинец и другие тяжелые металлы (ТМ) влияют на численность, видовой состав и жизнедеятельность почвенной микробиоты [1-4]. В последние годы в этом плане повышенный интерес исследователей вызывают микромицеты и альгофлора. Процессы гумификации и минерализации органических веществ немыслимы без активного участия этих групп [5]. Изучение особенностей развития микроорганизмов в загрязненных почвах является

основой для выявления резистентных штаммов, которые могут стать основой их биотехнологического использования. Попадая в почву, ТМ действуют на почвенные организмы, последние, в свою очередь, реагируют изменением биохимических показателей. Одним из таких показателей является ферментативная активность [1, 6-9]. На основе зависимости между степенью загрязнения и качественными и количественными изменениями в

комплексе микроорганизмов и биохимическими параметрами почвы возможно осуществление индикации экологического состояния почвы [10-16].

**Целью** данной работы был анализ изменения структуры фототрофного микробного комплекса, а также ферментативной активности дерново-подзолистой пахотной почвы при загрязнении ацетатом свинца.

Под фототрофным микробным комплексом понимается совокупность микроорганизмов, обитающих в почве, которые включают в себя водоросли и цианобактерии (основа пищевых цепей «пастбищных» и детритных), а также широкий круг другой микробиоты, состоящей из бактерий, микромицетов и представителей микрофауны.

### Объекты и методы

Для проведения микрополевого опыта нами был выбран участок поля в Советском районе Кировской области. В мае 2006 года были заложены опытные деланки размером 2,1 м<sup>2</sup>. Почву вынимали до глубины 20 см и тщательно перемешивали с сухим ацетатом свинца. Полученную смесь помещали обратно. Смешанную с солью токсиканта почву отделяли от окружающей почвы с помощью полиэтиленовой пленки. Всего было три варианта, соответствующие содержанию внесенного свинца: 0, 600, 1200 мг/кг почвы. В августе с каждого участка была отобрана средняя проба почвы из верхнего слоя толщиной 0-5 см. В этих образцах определяли специфику развития микромицетов, альгогруппировок, ферментативную активность, содержание подвижного свинца, количественное соотношение бактерий аммонификаторов и азотфиксаторов. Статистическую обработку результатов проводили в программе Excel.

### Методы исследования почвенной биоты

Численность клеток водорослей и ЦБ определяли методом прямого счета под микроскопом [17]. Повторность счета была девятикратная.

Определение длины мицелия микромицетов проводили на тех же мазках, где определяли численность фототрофов. Длину мицелия измеряли непосредственно с помощью окуляр-микрометра (модификация метода подсчета длины грибного мицелия по Л.М. Полянской под световым микроскопом без применения красителей для люминисцентной микроскопии) [18].

Нахождение значения биомассы проводилось с учетом численности микроорганизмов, их размеров и удельной плотности. Видовой состав фототрофов выявляли постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и водных культур [19]. Титр клеток ЦБ в водных культурах определяли с помощью камеры Горяева [20]. Учет эколого-физиологических групп сапротрофных микроорганизмов проводили методом посева на селективные питательные среды.

### Методы исследования

#### химических характеристик субстратов

**Определение агрохимических показателей почвы** было выполнено Кировским областным центром охраны окружающей среды и природопользования с использованием стандартных методик.

**Определение ферментативной активности свинецзагрязненных субстратов.** Активность каталазы определялась методом перманганатометрии и газометрически [21]. Уреазающую активность определяли колориметрически с реактивом Несслера [12], инвертазную – по учету восстанавливающих сахаров [22].

**Количественное определение подвижных форм свинца в почве** было проведено методом прямой потенциометрии [23]. Для приготовления почвенной вытяжки использовали ацетатно-аммонийный буфер с pH = 4,8, отделение мешающих ионов согласно стандартным методикам [24].

### Результаты и их обсуждение

Первоначально активная альгофлора была представлена 33 видами, из которых 20 составляли цианобактерии. Доминантами среди них были безгетероцистные формы *Microcoleus vaginatus*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Phormidium corium*. К моменту снятия опыта в ходе альгоцианобактериальной сукцессии видовое обилие фототрофов снизилось с 33 видов в мае до 17 видов в августе. Внесение Pb в дозе 600 мг/кг приводит к снижению видового обилия цианобактерий почти в 2 раза по сравнению с контролем. Однако высокие дозы свинца (1200 мг/кг) эту разницу практически нивелируют (табл. 1).

Падение численности фототрофов при внесении свинца обусловлено группировками одноклеточных зеленых и диатомовых водорослей и азотфиксирующих гетероцистных цианобактерий. Полностью

исчезают из структуры популяций нитчатые зеленые водоросли. Наибольшую устойчивость проявили безгетероцистные цианобактерии (табл. 2).

Изменение структуры фототрофных группировок под влиянием свинца проявилось в увеличении вклада цианобактерий и уменьшении вклада водорослей (рис. 1).

Внесение свинца угнетает развитие грибов, что проявляется и в снижении длины мицелия и в уменьшении численности грибных пропагул, под которыми в данном случае понимаются фрагменты мицелия, встреченные на мазках при прямом количественном учете под микроскопом (табл. 3).

Таблица 1

Влияние свинца на видовое обилие фототрофов пахотной почвы

Количество внесенного Pb, мг/кг	Число видов фототрофов				
	зеленые	желто-зеленые	диатомовые	цианобактерии	всего
0 (контроль)	2	1	3	11	17
600	5	2	1	6	14
1200	5	1	3	8	17

Примечание. Контроль – фоновое содержание Pb.

Таблица 2

Влияние свинца на численность водорослей и цианобактерий в пахотной почве, тыс. клеток/г

Количество внесенного Pb, мг/кг	Группы фототрофов					всего
	одноклеточные зеленые водоросли	нитчатые зеленые водоросли	диатомей	БГЦ	ГЦ	
0 (контроль)	1470±185	89±18	155±19	878±103	1130±145	3722
600	230±13	0	20±4	530±40	120±24	900
1200	130±9	0	10±3	600±77	200±46	940

Примечание. БГЦ – безгетероцистные цианобактерии; ГЦ – гетероцистные цианобактерии.

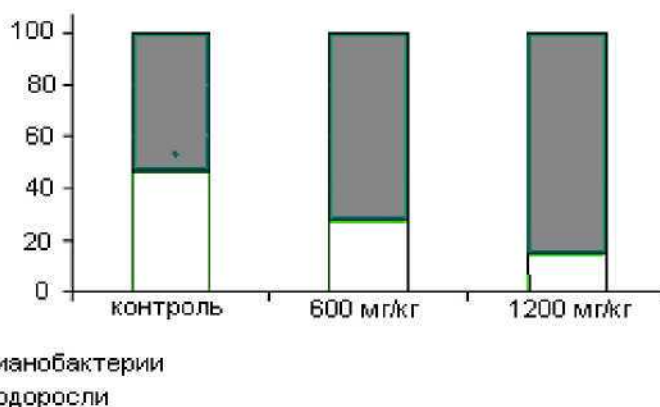


Рис. 1. Изменение структуры фототрофных группировок под влиянием свинца: по горизонтали – доза вносимого свинца, мг/кг; по вертикали – вклад группы микроорганизмов, %

Таблица 3

Влияние свинца на структуру популяций микромицетов в почве

Количество внесенного Pb, мг/кг	Длина мицелия, м/г			Численность пропагул, тыс/г		
	окрашенного	бесцветного	суммарная	окрашенных	бесцветных	суммарная
0 (контроль)	9,4±0,7	10,4±1,0	19,8	178±8	144±11	322
600	3,7±0,4	2,1±0,3	5,8	110±10	40±5	150
1200	7,8±0,9	2,8±0,1	10,6	170±15	30±5	200

Сравнение вклада в структуру грибных популяций грибов с окрашенным и бес-

цветным мицелием показывает, что чем выше концентрация свинца, тем выше

процентное содержание меланинсодержащих форм (рис. 2).

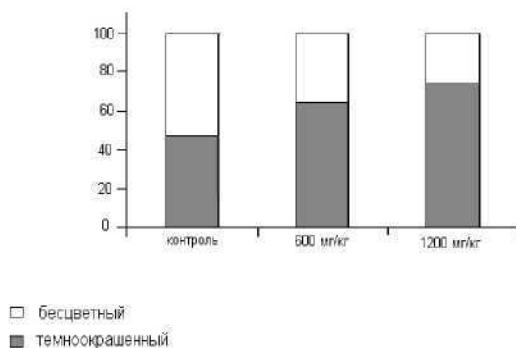


Рис. 2. Изменение соотношения встречаемости бесцветного и темноокрашенного мицелия в структуре популяции под влиянием свинца: по горизонтали — доза вносимого свинца, мг/кг; по вертикали — вклад, %

Таким образом, справедливо положение об индикаторной роли темноокрашенных грибов на загрязнение для пахотной почвы.

Из всех показателей биологической активности ферментативная активность — наиболее стабильный показатель [1]. Исследования показали, что незагрязненная свинцом дерново-подзолистая пахотная почва по обогащенности каталазой относится к бедным (1-3 мл кислорода/г·мин.). С увеличением содержания свинца в почве, в пределах изученных нами концентраций (внесенное количество свинца от 0 до 1200 мг/кг и подвижная форма от 0 до 703,96 ± 10,99 мг/кг), наблюдается закономерное увеличение каталазной активности (рис. 3).

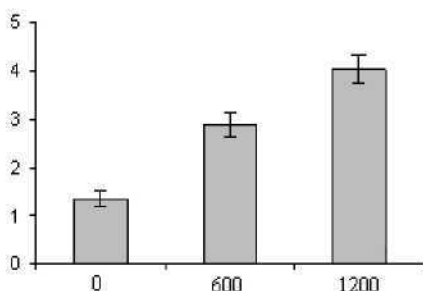


Рис. 3. Каталазная активность почвы, загрязненной свинцом: по горизонтали — доза вносимого свинца, мг/кг; по вертикали — значения объема кислорода, мл/мин. на 1 г почвы

Незагрязненная свинцом почва относится, по обогащенности инвертазой, к очень бедным (менее 5 мг глюкозы/г·сутки). С увеличением содержания свинца в поч-

ве наблюдается тенденция к уменьшению инвертазной активности (рис. 4).

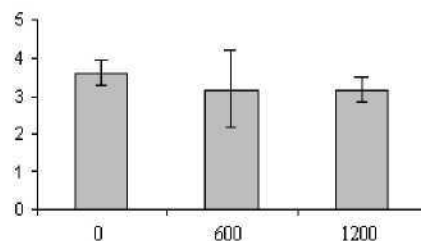


Рис. 4. Инвертазная активность почвы, загрязненной свинцом: по горизонтали — доза вносимого свинца, мг/кг; по вертикали — значения инвертазной активности, мг глюкозы/г почвы·сутки

Незагрязненная свинцом почва относится, по обогащенности уреазой, к очень бедным (менее 3 мг аммиака /10 г сутки). С увеличением содержания свинца в почве наблюдается тенденция к небольшому увеличению уреазной активности (рис. 5).

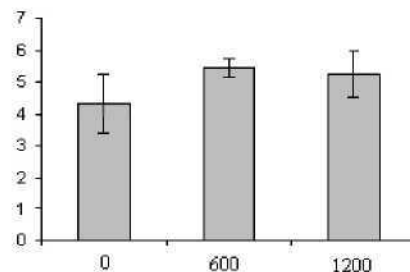


Рис. 5. Уреазная активность почвы, загрязненной свинцом: по горизонтали — доза вносимого свинца, мг/кг; по вертикали — значения уреазной активности, мг аммиака/10 г почвы·сутки

Таким образом, из исследованных показателей ферментативной активности наибольший отклик на загрязнение почвы свинцом обнаружен у каталазы.

### Выводы

1. Повышенные концентрации свинца приводят к резкому снижению численности водорослей и цианобактерий. Наиболее чувствительны к действию свинца нитчатые зелёные водоросли, полностью исчезающие из структуры популяций фототрофных комплексов. Повышенной устойчивостью по сравнению с эукариотными водорослями обладают цианобактерии: *Phormidium autumnale*, *Plectonema boryanum*, *Calothrix elenkinii*, *Trichromus variabilis*, *Cylindrospermum muscicola*, *Nostoc linckia*.

2. Синхронно с возрастанием концентрации свинца возрастает процентное содержание цианопрокариот в альгоцианобактериальных ассоциациях.

3. В суммарной биомассе фототрофных микробных комплексов возрастает вклад биомассы микромицетов по сравнению с биомассой фототрофов. Репрессивное действие свинца на развитие грибов проявляется в снижении длины мицелия и в уменьшении численности грибных пропагул. Повышение концентрации свинца приводит к повышению процентного содержания форм, содержащих меланин в структуре грибных популяций.

4. Определена зависимость каталазной, уреазной и инвертазной активности от концентрации свинца. Наибольший отклик на загрязнение почвы свинцом обнаружен у каталазы. С увеличением содержания свинца в почве, в пределах изученных нами концентраций (внесенное количество – 0-1200 мг/кг и подвижная форма – 0-703,96±10,99 мг/кг), наблюдается закономерное увеличение каталазной активности; тенденция к уменьшению инвертазной активности и небольшое увеличение уреазной активности.

5. Изучение влияния свинца на фототрофные микробные комплексы почвы показало, что в целях биоиндикации состояния почвы можно использовать такие показатели, как изменение видового обилия фототрофного микробного комплекса, соотношения вклада в биомассу сообщества цианобактерий и водорослей, соотношения вклада в биомассу темноокрашенного и бесцветного грибного мицелия.

#### Библиографический список

1. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. М.: Изд-во МГУ, 1987. 256 с.

2. Гузев В.С. Тяжелые металлы как фактор воздействия на микробную систему почв / В.С. Гузев, С.В. Левин, И.П. Бабьева // Экологическая роль микробных метаболитов; под ред. Д.Г. Звягинцева. М., 1986. С. 82-104.

3. Кондакова Л.В. Альго-микологические комплексы при химическом загрязнении почвы / Л.В. Кондакова, Л.И. Домрачева, А.И. Вараксина // Водоросли в техногенных экосистемах: матер. Междунар. конф. Киев, 2005. С. 42.

4. Кураков А.В. Изменение комплекса гетеротрофных микроорганизмов при загрязнении дерново-подзолистой почвы свинцом / А.В. Кураков, Д.Г. Звягинцев,

3. Филипп // Почвоведение. 2000. № 12. С. 1448-1457.

5. Добровольский Г.В. Экологические функции почвы / Е.Д. Никитин. М.: Изд-во МГУ, 1986. 137 с.

6. Галиулин Р.В. Дегидрогеназная активность почв, загрязненных тяжелыми металлами / Р.В. Галиулин, Р.Р. Галиулина // Агрехимия. 2005. № 8. С. 83-90.

7. Орлов Д.С. О возможности использования некоторых биохимических показателей для диагностики и индикации почв / Д.С. Орлов // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв: труды Всесоюзного совещания. М., 1980. С. 4-15.

8. Практикум по агрохимии / под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

9. Фокина А.И. Влияние свинца на ферментативную активность пахотной почвы / А.И. Фокина, Е.В. Товстик // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты: матер. Всерос. науч. школы. Киров, 2006. С. 192-194.

10. Галстян А.Ш. Ферментативная диагностика почв / А.Ш. Галстян // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв: труды Всесоюзного совещания. М., 1980. С. 110-121.

11. Гельцер Ю.Г. Биологическая диагностика почв / Ю.Г. Гельцер. М.: Изд-во МГУ, 1986. 81 с.

12. Лабораторный практикум по курсу «Экология» / Е.П. Кремлев и др.; под общ. ред. Е.П. Кремлева. Гродно: ГрГУ, 2002. 159 с.

13. Домрачева Л.И. Микробиологические аспекты в экологическом мониторинге почв в районе объекта хранения химического оружия / Л.И. Домрачева, Т.Я. Ашихмина, Е.В. Дабах, Л.В. Кондакова, Г.Я. Кантор, С.Ю. Огородникова, А.И. Вараксина (А.И. Фокина) // Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации: матер. Междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2006. С. 158-161.

14. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы / А. Свирскене // Почвоведение. 2003. № 2. С. 202-211.

15. Талалайко Н.Н. Микробиологическая индикация урбаноземов города Воронежа: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.Н. Талалайко. Воронеж, 2005. 23 с.

16. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных

экосистем / В.А. Терехова. М.: Наука, 2007. 215 с.

17. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития / Л.И. Домрачева. Сыктывкар, 2005. 336 с.

18. Полянская Л.М. Микробная сукцессия в почве: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Л.М. Полянская. М., 1996. 46 с.

19. Голлербах М.М. Почвенные водоросли / М.М. Голлербах, Э.А. Штина. Л.: Наука, 1969. 228 с.

20. Практикум по микробиологии / под ред. А.И. Нетрусова. М.: Изд-кий центр «Академия», 2005. 608 с.

21. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. М.: Наука, 2005. 252 с.

22. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. М.: Изд-во МГУ, 1980. 244 с.

23. Электрод селективный ЭЛИС-131 Рь. Паспорт ГРБА. 418422-015- 09ПС.

24. Методы определения катионов и анионов в почве: метод. указания для выполнения курсовых и дипломных работ / под ред. М.Ф. Кузнецова, Е.В. Колодкиной, И.А. Глушко. Ижевск, 2002. 47 с.



УДК 63:502.62/.23(571.15)

Л.А. Маркова

## ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИГОДНОСТИ ЛАНДШАФТОВ ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ К СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

### Введение

В настоящее время сельскохозяйственное производство является мощным фактором антропогенного воздействия на окружающую среду, источником глобальных преобразований географической оболочки Земли. Хозяйственное использование земель приводит к коренной перестройке природных ландшафтов и формированию антропогенных. Применяя необходимые севообороты и удобряя почву, человек стремится поддерживать плодородие почвы для повышения урожаев. Однако при этом коренным образом меняются свойства почвы, баланс веществ, практически замкнутый в естественных условиях. Поэтому большинство современных почв обрабатываемых сельскохозяйственных угодий следует считать искусственными образованиями, созданными при участии человека, а сами агроэкосистемы – геоэкологически неустойчивыми на всех уровнях. В животноводческих агроэкосистемах геоэкологические изменения происходят не так быстро, как на обрабатываемых угодьях, но они не менее существенны, так как формируются под влиянием тысячелетий выпаса скота. Особую тревогу вызывает загрязнение окружающей среды стоками животноводческих комплексов и птицефабрик. Воз-

ника важная проблема воздействия пастбищного скотоводства на естественные ландшафты [1]. На фоне вышеуказанных проблем является актуальной оценка пригодности к сельскохозяйственному использованию современных антропогенных ландшафтов сельской местности.

### Объект и методика исследования

Объект нашего исследования – территория предгорий Алтая в административных границах Советского и Красногорского районов Алтайского края. Согласно современному состоянию почв отдельных хозяйств Советского района [2, 3, 4] их изменение за десятки лет характеризуется уменьшением доли мощных и средне-мощных в пользу маломощных (табл. 1).

Фундаментальной основой исследования послужили ландшафтные карты Алтайского края масштаба 1:500000 [5] и 1:1600000 [6], полученный синтез ландшафтной структуры района исследования был перенесён на топографическую основу масштаба 1:100000 (1998 г.). Для проведения оценочных исследований использовались сельскохозяйственные картосхемы угодий Советского и Красногорского районов масштаба 1:100000 (2004 г.), почвенные картосхемы районов и отдельных хозяйств – масштаба 1:100000 (1978 г.).