

Т. Г. Акатьева

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В С. АРМИЗОНСКОЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ

T. G. Akatyeva

### BIOINDICATOR ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN ARMIZONSKOYE VILLAGE, TYUMEN REGION

**Аннотация.** По сведениям центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в атмосферный воздух с. Армизонское Тюменской области всеми предприятиями выбрасывается более 230 т различных веществ, из них улавливается лишь около 50% общего объема. Цель исследований: изучение качества атмосферного воздуха в с. Армизонское методом биоиндикации. Для этого были поставлены следующие задачи: выявить приоритетные загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух от некоторых предприятий с. Армизонское; оценить качество атмосферного воздуха по реакции организмов – биоиндикаторов; определить наиболее чувствительные тест – функции у древесных и травянистых растений. Оценку качества атмосферного воздуха проводили с использованием химического метода, определяя компонентный и количественный состав загрязняющих веществ в выбросах некоторых предприятий, расположенных в разных районах села. Наряду с этим применяли метод биоиндикации. В качестве биотестов использовали травянистые растения (одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* Wigg и подорожник большой *Plantago major* L.) и древесные культуры (береза бородавчатая *Betula pendula* Roth и клен американский *Aceraceae nequundo*). Результаты химического анализа показали, что в атмосферный воздух села Армизонское преимущественно поступают оксид железа, соединения марганца, взвешенные вещества. К предприятиям, наиболее загрязняющим атмосферный воздух, относятся: ЖКХ, «Армизонагрострой», ДРСУ. Наибольшую чувствительность к загрязнению атмосферного воздуха среди древесных культур проявил клен американский; у травянистых растений – одуванчик лекарственный. По результатам биоиндикации атмосферного воздуха определены наиболее и менее загрязнённые территории: ХПП и ЖКХ соответственно.

**Ключевые слова:** биоиндикация; травянистые растения; древесные культуры; тест-параметры; чувствительность.

**Сведения об авторах:** Акатьева Татьяна Григорьевна, SPIN-код: 1852-0596, канд. биол. наук, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия, akatyevat@mail.ru.

**About the author:** Akateva Tatyana Grigorievna, SPIN-code: 1852-0596, Ph.D., State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia, akatyevat@mail.ru.

#### Введение

В настоящее время из всех форм нарушенности природной среды России наиболее опасным остается загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами, оказывающими как негативное влияние на здоровье людей, так и отрицательное воздействие на животных, состояние растений и экосистем в целом.

Загрязнение атмосферного воздуха, изменение его газового состава связаны, главным образом, с различными видами хозяйственной деятельности человека [7], поскольку бурный рост объемов выпуска продукции сопровождается появлением многих новых предприятий, крупномас-

штабных производств – источников загрязнения атмосферы в суммарно увеличивающихся количествах [1, с. 3–6]. Важными факторами при этом являются урбанизированность и промышленное развитие территории (специфика предприятий, их мощность, размещение, применяемые технологии), а также климатические условия, которые определяют потенциал загрязнения атмосферы.

Основные источники поступления загрязняющих веществ – это сжигание ископаемого топлива, выжигание лесов и выбросы промышленных предприятий. При использовании аэрозолей в атмосферу поступают хлорфторуглероды, в результате работы транспорта – углеводороды, бенз(а)пирен и др.) [11].

Современные технические средства контроля состояния окружающей среды, разработанные в первую очередь для оценки степени загрязненности в промышленных условиях, – не единственные способы определения состояния природной среды. Биоиндикация в этом плане является оптимальным и активно развивающимся методом ее оценки. Биологические методы помогают диагностировать негативные изменения в природной среде при низких концентрациях загрязняющих веществ. Преимуществом методов биоиндикации является интегральный характер ответных реакций живых организмов, так как они суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом, выявляют наличие в окружающей природной среде комплекса загрязнителей [5].

### Материал и методы исследования

Армизонский район расположен в юго-восточной части Тюменской области на расстоянии 230 км от областного центра и в 72 км от железной дороги. Граничит с Курганской областью (Мокроусовский, Частоозерский районы) и пятью районами Тюменской области (Бердюжский, Голышмановский, Омутинский, Заводоуковский, Упоровский). Площадь территории – 3109 км<sup>2</sup>. Одним из наиболее характерных ландшафтов района являются многочисленные озера, самые разнообразные по величине и форме, происхождению и химическому составу воды. Всего на территории района расположено около 300 озер.

В качестве районов исследования были выбраны прилегающие территории предприятий, расположенных в разных точках села и занимающихся различной производственной деятельностью:

- Унитарное муниципальное предприятие жилищно-коммунального хозяйства (УМП ЖКХ) – оказание жилищно-коммунальных услуг населению;
- Дорожно-ремонтное строительное управление (ДРСУ) – строительство, ремонт и содержание автомобильных дорог и дорожных покрытий на территории района;
- ОАО «Армизонагрострой» – строительство гражданских и социальных зданий и сооружений;
- Хлебоприемное предприятие (ХПП) – приемка, очистка, сушка, хранение и отпуск зерна.

Качество атмосферного воздуха в с. Армизонское оценивали по результатам химического анализа, определяя содержание основных загрязняющих веществ, а также метода биоиндикации [6].

Для проведения биологических исследований растительные образцы отбирали непосредственно вблизи предприятий (опыт) и за чертой села (контроль). Для этого были использованы как травянистые растения (*Taraxacum officinale* Wigg, *Plantago major* L.), так и древесные (*Betula pendula* Roth., *Acer negundo* L.) [10].

У травянистых растений учитывали количество листьев, высоту растений, длину, ширину и площадь листовых пластинок; у березы и клена – длину и ширину листовых пластинок, длину черешков, количество зубчиков на листовой пластинке. При определении площади листьев у древесных культур предварительно определяли переводной коэффициент, а затем путем измерения длины и ширины листа производили вычисления площади листовой пластинки [10].

Статистическую обработку данных проводили по стандартной методике [4], используя метод вариационной статистики и определение корреляционной связи. Для установления коррелятивной связи были выбраны два вещества: оксид железа и соединения марганца и морфологические показатели – длина листовой пластинки и количество листьев (травянистые растения), длина и ширина листовой пластинки (древесные культуры).

### Результаты и их обсуждение

Результаты химического анализа свидетельствуют о том, что преобладающими среди загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух и превышающих установленные ПДК в 1,5–6,0 раз, оказались оксиды железа и углерода, соединения марганца, взвешенные вещества и углеводороды (табл. 1). Высокие концентрации этих веществ связаны, вероятно, со спецификой производственной деятельности предприятий. К примеру, объемы углеводородов в максимальных количествах поступали от дорожно-ремонтного строительного управления, а взвешенных веществ – от ОАО «Армизонагрострой». Количества всех видов пыли (зерновая, абразивная, древесная) и сажа определялись на уровне нормативов, либо незначительно (на 9%) их превышали.

Таблица 1

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями по отношению к ПДВ, раз**

Загрязняющие вещества	Предприятия					
	ДРСУ	ХПП	Агрострой	ЖКХ	ПО «Армизонское»	Дорожник
Оксид железа	1,08	0,12	2,67	1,53	1,00	0,71
Углеводороды	6,00	–	1,00	–	1,00	0,87
Взвешенные вещества	–	–	4,33	–	0,67	–
Соединения марганца	0,02	–	0,67	2,00	–	–
Оксид углерода	–	–	–	–	0,91	2,00

Для оценки качества атмосферного воздуха методом биоиндикации были выбраны предприятия, которые располагаются в разных точках села.

Анализ морфологических измерений показал, что на исследуемых территориях количество листьев подорожника большого отмечалось либо на уровне контроля (ХПП, ЖКХ), либо на 10–12% меньше (Агрострой, ДРСУ). Высота опытных растений незначительно (12–17%) отличалась от контрольных. Длина листовой пластинки подорожника практически на всех территориях (за исключением «Армизонагрострой») превышала контрольный уровень в 1,5–2,0 раза, тогда как ширина листа была выше контрольных значений только у ДРСУ (табл. 2).

Таблица 2

**Морфологические показатели подорожника большого *Plantago major***

Район исследования	Кол-во листьев, шт.	Высота растения, см	Листовая пластинка	
			Длина, см	Ширина, см
Контроль	7,1±0,7	15,5±0,7	7,6±0,2	5,4±0,1
ДРСУ	6,3±0,5**	19,4±0,6	15,6±1,4	9,5±1,1
ХПП	6,9±0,2*	12,8±0,5**	11,9±0,4	4,9±0,2*
ОАО «Армизонагрострой»	6,4±0,7*	13,5±0,6*	6,8±0,7*	4,5±0,3*
УМП ЖКХ	7,0±0,9*	13,7±0,5*	11,4±1,2	5,3±0,2*

Примечание: здесь и далее: \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ .

Таким образом, результаты измерений *Plantago major* свидетельствуют о том, что наиболее загрязненной оказалась территория «Армизонагрострой», т. к. по всем показателям отмечались достоверные отклонения от контроля, а менее загрязненной – ДРСУ: практически все тест-параметры превышали показатели контроля.

При оценке влияния выбросов предприятий на рост и развитие одуванчика лекарственного было установлено, что все учитываемые показатели растений, отобранных на территориях ДРСУ, ХПП, «Армизонагрострой», были ниже контрольных значений на 5 (высота растений) – 35 (ширина листовой пластинки) процентов (табл. 3).

Таблица 3

**Морфологические показатели одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* Wigg**

Район исследования	Кол-во листьев, шт.	Высота растения, см	Листовая пластинка	
			Длина, см	Ширина, см
Контроль	11,1±0,2	13,1±0,3	11,8±0,3	3,4±0,1
ДРСУ	8,0±0,5*	13,1±0,5*	9,9±0,6*	2,2±0,1**
ХПП	8,3±0,7*	12,5±0,5*	11,9±0,6	3,1±0,1*
ОАО «Армизонагрострой»	7,9±0,9**	10,3±0,2**	9,8±0,7*	2,7±0,2**
УМП ЖКХ	12,8±1,0	15,9±0,8	12,4±1,2	3,5±0,3

Согласно полученным результатам, наиболее загрязненными оказались территории «Армизонагрострой» и ДРСУ: морфологические показатели растений, отобранных вблизи этих предприятий, были достоверно ниже контрольных на 16–35%. Определена наиболее чувствительная тест-функция одуванчика – количество листьев, т. к. почти на всех территориях этот показатель составлял 71–75% от значений в контроле.

При анализе морфологических показателей березы повислой было отмечено, что на всех исследуемых территориях (кроме ДРСУ) длина листовой пластинки превышала уровень контроля на 18–49%. Наибольшее отклонение по этому показателю отмечалось у листьев березы, отобранных вблизи предприятий УМП ЖКХ и «Армизонагрострой». Превышение контрольных значений (на 38%) регистрировалось также по площади листовой пластинки – на территории ЖКХ. Меньше контрольных значений у листьев березы были отмечены такие показатели как ширина листовой пластинки (на 17% – территория ДРСУ), количество зубчиков (17% – ДРСУ, 26% – ХПП) (табл. 4).

Таблица 4

Изменение морфологических показателей березы повислой *Betula pendula*

Район исследования	Листовая пластинка			Длина черенка, см	Кол-во зубчиков, шт.
	Длина, см	Ширина, см	S, см <sup>2</sup>		
Контроль	4,3±0,5	4,2±0,18	2,1±0,04	39,2±0,52	14,0±0,8
ДРСУ	5,5±0,12	3,5±0,06*	2,3±0,04	32,4±0,54**	12,3±0,5*
ХПП	5,08±0,07	3,9±0,1*	2,0±0,07*	29,1±0,62**	13,3±0,5*
ОАО «Армизонагрострой»	5,7±0,08	4,0±0,05*	2,3±0,03	43,0±0,67	14,7±0,3
УМП ЖКХ	6,4±0,07	4,6±0,15	2,3±0,04	37,3±0,47*	19,3±0,9

Итак, согласно полученным данным, более загрязненными оказались территории ДРСУ и ХПП: практически по всем показателям зарегистрированы отклонения от контроля. Данные измерений свидетельствуют о том, что чувствительным показателем оказалось количество зубчиков на листовой пластинке березы повислой.

Использование березы повислой как организма-биоиндикатора в оценке качества атмосферного воздуха отмечается в работах и других исследователей. К примеру, по флуктуирующей асимметрии листьев березы *Betula pendula* L. были выявлены зоны различной степени загрязненности г. Тольятти [3] и некоторых населенных пунктов Забайкальского края [9].

При анализе морфологических показателей листьев клена американского было отмечено, что все учитываемые параметры были либо на уровне контроля (длина черешка – территории ДРСУ и ЖКХ), либо ниже. Наибольшие отличия от контрольных значений наблюдались по ширине (29–45%) и площади (39–53%) листовой пластинки вблизи предприятий «Агрострой» и ХПК (табл. 5).

Таблица 5

Изменение морфологических показателей клена американского *Aceraceae negundo*

Район исследования	Листовая пластинка			Длина черенка, см	Кол-во зубчиков, шт.
	Длина, см	Ширина, см	S, см <sup>2</sup>		
Контроль	10,3±0,11	7,3±0,3	44,3±1,7	10,9±0,2	7,9±0,3
ДРСУ	8,6±0,2*	4,4±0,2***	22,1±2,5***	10,8±0,6*	6,0±0,5**
ХПП	8,4±0,1*	4,0±0,6***	20,7±1,8***	9,2±0,4*	4,7±0,15***
ОАО «Армизонагрострой»	8,8±0,13*	5,2±0,3***	27±1,8**	10,1±0,2*	5,1±0,3***
УМП ЖКХ	9,2±0,13*	6,1±0,2**	37,2±4,9*	10,4±0,5*	6±0,3**

Согласно результатам измерений, менее загрязненной оказалась территория ЖКХ. Чувствительными тест-функциями являлись ширина и площадь листовой пластинки.

В целом же данные морфологических измерений растений свидетельствуют о неоднозначности полученных результатов. Вероятно, это можно объяснить тем, что степень устойчивости растения даже к одному и тому же виду загрязнения воздуха зависит от многих причин: расстояния от источника загрязнения, времени суток, погодных условий, интенсивности и режима выбросов вредных примесей, от физико-географических условий района, обеспечения растения элементами питания и пр. [8].

Результаты корреляционного анализа позволили выявить влияние основных загрязняющих веществ на морфологические показатели растений. Так, воздействие оксида железа на параметры

березы повислой составило 18–22, подорожника большого – 26–34%, что говорит о существовании прямой корреляционной связи средней степени.

Влияние соединений марганца на длину листовой пластинки подорожника большого и березы повислой составило 77–98 и 98% соответственно, что свидетельствует об обратной корреляционной связи сильной степени. При определении связи между содержанием соединений марганца и изменением ширины листовой пластинки (береза повислая) выявлена обратная корреляционная связь слабой степени, т. е. связь практически отсутствует.

На основании полученных расчетов можно заключить, что изменение длины листовой пластинки растений в наибольшей степени связано с присутствием в выбросах предприятий соединений марганца.

### Выводы

В атмосферный воздух с. Армизонского от наблюдаемых предприятий в процессе производственной деятельности в наибольшем количестве поступают оксид железа (все предприятия), углеводороды (ДРСУ), соединения марганца (Агрострой, ЖКХ), взвешенные вещества («Армизонагрострой»). К производствам, наиболее загрязняющим атмосферный воздух, относятся: ЖКХ, «Армизонагрострой», ДРСУ.

Наибольшую чувствительность к загрязнению атмосферного воздуха среди древесных культур проявил клен американский; у травянистых растений – одуванчик лекарственный.

Наиболее чувствительными показателями оказались ширина листовой пластинки и количество листьев (травянистые растения); площадь и количество зубчиков листовой пластинки (древесные культуры).

По результатам биоиндикации атмосферного воздуха определены наиболее и менее загрязненные территории: ХПП и ЖКХ соответственно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акатьева Т. Г. Использование метода биоиндикации в оценке качества атмосферного воздуха // Современная наука – агропромышленному производству. Тюмень. 2014.
2. Мухачев И. С., Медведев М. М. Эколого-рыбохозяйственные мелиорации озер Армизонского района Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 12. С. 165–174.
3. Заболотских В. В., Валиуллина В. Н. Биоиндикационные исследования экологического состояния окружающей среды города Тольятти // Евразийское Научное Объединение. 2016. Т. 1. № 5. С. 33–36.
4. Зверев А. А., Зефирова Т. Л. Статистические методы в биологии. Казань. 2013.
5. Иваныкина Т. В. Актуальность биоиндикации растений в условиях техногенного загрязнения // Вестник Амурского государственного университета. 2010. № 51. С. 81–83.
6. Мелехова О.П., Евсеева Т.И., Сарапульцева Е.И. 2015. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М.: Academia. 288.
7. Попова А. Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 2 (251). С. 4–7.
8. Татарникова В. Ю., Дашиева О. Древесные растения и городская среда //Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. № 23. С. 191–194.
9. Тюкавкина Д. В., Шитикова А. В., Звягинцев В. В. Оценка качества среды населенных пунктов // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. Пермь, 2016. С. 93–94.
10. Федорова А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: ВЛАДОС, 2001.
11. Блинов Л. Н., Полякова В. В., Соколов И. А. Основные экологические проблемы России //Научные дискуссии о ценностях современного общества. 2016. С. 40–46.

### REFERENCES

1. Akateva, T.G. (2014). Using the bioindication method in assessing the quality of atmospheric air. *In Modern Science - Agro-Industrial Production, Tyumen*. 3-6. (In Russian).
2. Mukhachev, I. S., & Medvedev, M. M. (2013). Ekologo-rybokhozyaistvennye melioratsii ozer Armizonskogo raiona Tyumenskoj oblasti. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya i prirodopol'zovanie*, (12), 165-174. (In Russian).
3. Zabolotskikh, V. V., & Valiullina, V. N. (2016). Bioindikatsionnye issledovaniya ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchei sredy goroda Tol'yatti. *Evraziyskoe Nauchnoe Ob'edinenie*, 1(5), 33-36. (In Russian).
4. Zverev, A. A., & Zefirov, T. L. (2013). Statistical methods in biology: a teaching tool. *Kazan*. 42. (In Russian).

5. Ivanykina, T. V. (2010). Aktual'nost' bioindikatsii rastenii v usloviyakh tekhnogenogo zagryazneniya. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta*, (51), 81-83. (In Russian).
6. Melekhova, O. P., Evseeva, T. I., & Sarapultseva, E. I. (2015). Biological environmental control: bioindication and bioassay. Moscow. (In Russian).
7. Popova, A. Yu. (2014). Strategic priorities of the russian federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, (2 (251)). 4-7. (In Russian).
8. Tatarnikova, V. Yu., & Dashieva, O. (2009). Drevesnye rasteniya i gorodskaya sreda. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, (23). 191-194. (In Russian).
9. Tyukavkina, D. V., Shitikova, A. V., Zvyagintsev, V. V. (2016). Assessing the quality of the environment of human settlements. In *Development of modern science: theoretical and applied aspects*, Perm. 93-94. (In Russian).
10. Fedorova, A. I. (2001). *Praktikum po ekologii i okhrane okruzhayushchei sredy*. Moscow. (In Russian).
11. Blinov, L. N., Polyakova, V. V., & Sokolov, I. A. (2016). Osnovnye ekologicheskie problemy Rossii. In *Nauchnye diskussii o tsennostyakh sovremennogo obshchestva* (pp. 40-46). (In Russian).

---

Акатьева Т. Г. Оценка качества атмосферного воздуха в с. Армизонское Тюменской области методом биоиндикации // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. № 2. С. 151–156. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/20>

Akatyeva, T. G. (2020). Bioindicator assessment of air quality in Armizonskoye village, Tyumen region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (2). 151–156. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/20>

---

дата поступления: 03 декабря 2019 г.

дата принятия: 25 апреля 2020 г.

© Акатьева Т.Г.