

6. Моисеенко Т.И., Лукин А.А., Кудрявцева Л.П. и др. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. М: Наука, 2002. 476 с.
7. Moiseenko, T.I., Sharov, A.N., Vandish, O.I., Kudryavtseva, L.P., Gashkina, N.A. Long-term modification of arctic lake ecosystem: reference condition, degradation and recovery // *Limnologica*, 2009. V. 39, № 1. Pp. 1-13
8. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000.
9. Одум Ю.П. Экология. М.: Мир, 1986. 376 с.
10. Willen, E. Phytoplankton and reversed eutrophication in Lake Malaren, Central Sweden, 1965-1983 // *Br. Phycol. J.* 1987, № 22. Pp. 193-208.
11. Scavia, D., Lang, G.A., Kitchell, J.F. Dynamics of Lake Michigan plankton: A model evaluation of nutrient loading, competition, predation // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1988. № 45. Pp. 165-177.
12. Grey, C.B., Neilson, M., Johannsson, O., Fitzsimmons, J., Millard, S., Dermott, R. Lake Ontario. The book of Canadian Lakes. Monograph Series. 1994 V. 3. Pp. 14-36.
13. Hobbs, R.J. Setting effective and realistic restoration goals: key direction for researches. *Restoration Ecology*, 2007. № 5. Pp. 354-357.
14. Palmer, M.A., Ambrose, R.F., Poff, N.I. Ecology theory and community restoration ecology // *Restoration Ecology*, 2007. № 5. Pp. 291-300.
15. Rapport D.J., Regier H.A., Hutchinson T.C. Ecosystem behaviors under stress. *American Naturalist*, 1985. № 125. Pp. 617-640.

Галина Александровна ПЕТУХОВА —
профессор кафедры экологии и генетики
Тюменского государственного университета,
доктор биологических наук

Татьяна Григорьевна АКАТЬЕВА —
доцент кафедры экологии
Тюменской государственной
сельскохозяйственной академии,
кандидат биологических наук

Елена Сергеевна ПЕТУХОВА —
аспирант кафедры экологии и генетики
Тюменского государственного университета

Сергей Владимирович АРТЕМЕНКО —
студент V курса биологического факультета
Тюменского государственного университета

gpetuhova@mail.ru

УДК 681.3.574.3.575.224

**ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ,
В ТЕСТАХ НА РАСТЕНИЯХ И ЖИВОТНЫХ**

**EVALUATION OF TOXIC EFFECT OF OIL POLLUTED RIVER WATER
ON PLANTS AND ANIMALS**

АННОТАЦИЯ. Проведено изучение влияния поверхностных вод из районов нефтедобычи на растения и животных. Показано снижение выживаемости ин-

фузорий и дафний при действии тестируемых проб воды. У растений выявлено изменение длины корней, концентрации пигментов фотосинтеза и накопление тяжелых металлов в листьях. Установлено изменение эффективности работы систем антиоксидантной защиты клеток в ответ на нефтяное загрязнение среды. Показано токсическое влияние на растения и животных такого продукта защиты нефтепромыслового оборудования как ингибиторы коррозии металлов.

SUMMARY. The authors studied the influence of surface water from oil production areas on plants and animals. Survival rate of infusoria and daphnia was decreased on application of oil polluted water. The length of plant roots, concentration of photosynthetic pigments and accumulation of heavy metals in foliage were changed. The effectiveness of cell antioxidant protection systems was changed under the influence of oil polluted water. The research determined toxic effect of such products as metal corrosion inhibitors on plants and animals.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Загрязнение воды, тяжелые металлы, нефтепродукты, ингибиторы коррозии, ответные реакции растений и животных.

KEY WORDS. Pollution of water, heavy metals, oil products, inhibitors of corrosion, animal and plant reactions on oil pollution.

В настоящее время остро стоит проблема загрязнения источников водопользования, что связано с увеличением промышленного освоения водных объектов, поступлением сточных вод, увеличением плотности населения на водосборах. В целом на всей территории области речные воды загрязнены нефтепродуктами, фенолами, соединениями меди, цинка, марганца и железа. Наибольшую опасность представляет нефтяное загрязнение, обусловленное влиянием нефтегазового комплекса. Около 80% нефтепродуктов поступают в водные объекты с неорганизованным стоком. На 40% кустовых площадок и прилегающих к ним территориям грунт замазучен. Кроме аварийных разливов нефти, возникающих в результате массовых порывов труб нефтесборных сетей, потенциальным источником загрязнения являются перекачивающие станции и подводные переходы трубопроводов. При этом за счет процессов самоочищения удаляется лишь 27% поступивших в воду нефтепродуктов [1]. Целью данной работы был анализ состояния поверхностных вод из источников, расположенных в районах нефтедобычи.

Материал и методы исследования. В экспериментах использовали воду из р. Нягань-Югань. Забор воды производился в трех точках: до города вверх по течению 500 м (контроль), после водоочистных сооружений вниз по течению 500 м и после НПЗ вниз по течению 500 м. В прибрежной полосе на расстоянии не более 10 м от воды собирали растения трех видов: осока береговая (*Carex riparia*), кипрей узколистный (*Epilobium angustifolium*) и ситник Жерара (*Juncus gerardii*). Собранные растения (не менее 20 в каждом районе исследования) высушивали и подвергали сухому озолению в муфельной печи в течение 3 часов при температуре 450°. Экстракцию тяжелых металлов из золы проводили 5 М азотной кислотой. Анализ металлов (Fe, Cu, Co, Cr, Cd, Mn, Zn, Sr, Ni, Pb) производили на атомно-адсорбционном спектрофотометре С-115 в лаборатории экологической химии химического факультета ТюмГУ. В тестируемых пробах воды выращивали в течение 20 дней черенки традесканции белоцветковой (*Tradescantia albiflora*). У традесканции анализировали длину корней, частоту встречаемости перестроек хромосом в клетках корней, концентрацию пигментов фотосинтеза в листьях. Концентрацию пигментов фотосинтеза определяли в спиртовой вытяжке из

листьев на спектрофотометре «Spesol». Цитогенетический анализ проводили на препаратах, окрашенных 2% ацетоорсеином анафазным методом при увеличении 8*40. Анализировали не менее 100 анафаз в клетках корешков растений из каждого варианта эксперимента.

При анализе воды из ручья с территории Кальчинского месторождения нефти использовали семена овса (*Avena sativa*), которые проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной тестируемой водой. Регистрировали у проростков всхожесть семян, концентрацию пигментов фотосинтеза и концентрацию флавоноидов [2]. В эксперименте использовали воду из ручья в районе разлива нефти, в 25 и 35 метрах от места аварии.

При анализе воды из р. Елыково анализировали выживаемость инфузорий (*Paramecium caudatum*) и дафний (*Daphnia magna Straus*). Эксперимент с инфузориями проводили в течение 7 дней. Анализ показателей производился на 1, 3, 5 и 7-й дни. У дафний выживаемость в тестируемых пробах воды анализировали в течение 10 дней, анализ вели на 2, 4, 6, 8 и 10-й дни. В эксперименте с р. Елыково было забрано 7 проб непосредственно из русла реки, 4 пробы из притоков, 1 проба из стока и 3 пробы из болот. *Контроль 1* был выбран как самый верхний по течению реки, соответственно было исключено влияние веществ, попадающих в реку ниже по течению. Между участками *контроль 1* и *русло 1* расположен *куст 116*. Районы *русло 1* и *русло 2* разделены мостом, по которому проходит трасса. Названия участков *до меления*, *меление* и *после меления* говорят о расположении относительно понижения уровня воды в реке. Сток с песков происходит между участками *контроль 1* и *русло 1*. Пески, сток с которых учитывался, представляли собой насыпь, сформированную из диоксида кремния — продукта очистки и утилизации отходов нефтепродуктов. *Болото 1* можно охарактеризовать, как наиболее отдаленное от мест техногенной нагрузки. *Болото 2* расположено вблизи трассы. *Болото 3*, расположенное вблизи полигона *куст 117а*, было подвергнуто загрязнению нефтепродуктами и последующим операциям по ликвидации загрязнения.

При оценке токсического влияния ингибиторов коррозии металлов использовали ИКБ 2-2 и ИКБ 6-2. Ингибиторы коррозии ИКБ-2-2 и ИКБ-6-2 представляют собой жидкость темно-коричневого цвета со слабым аминным запахом. ИКБ-2-2 — смесь солей аминоксидов и имидазолинов с жирными кислотами таловых масел (50%) и керосина (50%); хорошо растворим в нефтепродуктах. ИКБ-6-2 — смесь аминоксида жирной кислоты таловых масел и полиэтиленполиамин (50%) и этилового спирта (50%); хорошо растворим в воде. Для эксперимента использовали водоросли *Scenedesmus quadricauda*, у которых регистрировали численность клеток, и дафний (*Daphnia magna Straus*), у которых регистрировали изменение поведенческих реакций.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ содержания тяжелых металлов в золе трех растений из прибрежной полосы р. Нягань-Югань показал (табл. 1), что идет накопление ряда тяжелых металлов в растениях из прибрежной зоны после г. Нягань. Отмечено высокое содержание: у ситника — кобальта, стронция и свинца; у осоки — меди, стронция, никеля, цинка; у кипрея — железа, меди, никеля и свинца.

Таблица 1

Содержание металлов в растениях из прибрежной зоны р. Нягань-Югань

Содержание металлов в золе растений (мг/кг золы)									
	Ситник Жерара	Осока речная	Кипрей узколист	Ситник Жерара	Осока речная	Кипрей узколист	Ситник Жерара	Осока речная	Кипрей узколист
Металл	Контроль			После г. Нягань в 500 м вниз по течению			После НПЗ в 500 м вниз по течению		
Fe	8454	10500	1440	7000	12500	8500	9500	1800	8500
Mn	10749	2900	9900	14200	3500	7300	5100	1100	1600
Co	15,5	—	19,2	49,2	—	33	—	41,2	—
Cu	46	16	52,8	28	32	46	24*	42	36
Cr	60,4	40	—	50	80	70	60	60	—
Sr	39,9	53,6	—	100	—	40	52*	—	248
Ni	74,9	—	42,4	88	44	52	44*	62	44
Cd	5,3	3,7	4,9	3,3	3,9	4,0	—	4,6	—
Zn	478,3	228	448	304	336	380	225	152	264
Pb	54,1	30,6	45,2	50,2	18,4	17,2	53,2	8	114

Установлено снижение содержания у ситника меди, кадмия, цинка; у осоки — марганца, свинца; у кипрея — марганца. Степень изменения концентрации тяжелых металлов в растениях увеличивалась вниз по течению реки и была наибольшей у осоки речной. Изменение концентрации тяжелых металлов в растениях прибрежной зоны свидетельствует о высоком уровне загрязнения р. Нягань-Югань ниже города Нягань. Из литературы известно о способности растений изменять содержание металлов в зависимости от условий их произрастания и величины антропогенного пресса в районах исследования [3], [4]. Полученные данные свидетельствуют об опасности использования речной воды, как для питьевых, так и для хозяйственных целей. При выращивании в лаборатории традесканции в воде из районов исследования (табл. 2) было показано статистически достоверное увеличение длины корней и частоты хромосомных перестроек в клетках корней; кроме того, было выявлено увеличение ($P < 0,05$) концентрации пигментов фотосинтеза в листьях традесканции, выращенной в пробах тестируемой воды.

Таблица 2

Изменение показателей жизнедеятельности традесканции при действии воды из р. Нягань-Югань

Вариант эксперимента	Длина корней к 20 дню эксперимента (см)	Концентрация пигментов фотосинтеза (мг/100г навески)	Частота анафаз и телофаз с нарушениями
Контроль	4,7±0,10	132,7±1,24	0,9±0,94
После г. Нягань в 500 м вниз по течению	5,3±0,17*	146,2±1,11*	2,8±0,59*
После НПЗ в 500 м вниз по течению	5,7±0,17*	154,3±1,32*	4,5±0,96*

Примечание: * — статистически достоверные различия между вариантами эксперимента и контролем при $P < 0,05$.

Результаты, полученные на традесканции, свидетельствуют о том, что токси-каны, содержащиеся в пробах воды из реки Нягань-Югань, способны активизи-ровать ростовые процессы в клетках растений, о чем свидетельствует увели-чение длины корней. Увеличение выработки пигментов фотосинтеза, вероятно, необходимо для усиления процессов биосинтеза в клетках, подверженных стрессующему действию загрязнителей. В ответ на действие загрязняющих веществ, и прежде всего — нефтепродуктов, в клетках корней возникают хро-мосомные aberrации, что свидетельствует о мутагенном действии тестируемых проб воды на растения.

Таким образом, вода из реки Нягань-Югань вызывает изменение морфоме-трических, физиологических и цитогенетических показателей растений, ведет к изменению содержания в них металлов, что свидетельствует о высокой сте-пени ее загрязнения и опасности анализируемой речной воды для такого важ-ного звена экосистемы, как продуценты.

В другой серии экспериментов мы анализировали изменение биохимических показателей растений, выращенных в лаборатории на воде из ручья, протекаю-щего по территории Кальчинского нефтяного месторождения. Район был выбран в связи с прошедшим там выбросом нефтепродуктов в результате повреждения задвижки на магистральном нефтепроводе. В качестве удобного объекта для исследования использовали проростки овса (табл. 3). В ходе проведенных ис-следований было показано увеличение ($P < 0,05$) всхожести семян, концентрации пигментов фотосинтеза и флавоноидов в растениях, выращенных на воде из районов разлива нефти. Из литературы известно [2], [5], что каротиноиды и флавоноиды относятся к системе антиоксидантной защиты клеток. Увеличение содержания флавоноидов в клетках растений при действии воды с территории нефтедобычи и транспортировки углеводородного сырья свидетельствует об активизации систем биохимической защиты в клетках, причем система флаво-ноидной защиты при подобного рода воздействии оказалась более эффективной по сравнению с системой каротиноидной защиты.

Таблица 3

Изменение показателей жизнедеятельности проростков овса при действии воды из ручья из районов Кальчинского месторождения

Вариант опыта	Всхожесть семян на 10 день (%)	Содержание пигментов фотосинтеза (мг)	Содержание каротиноидов (мг)	Содержание флавоноидов (мг)
Контроль	32,2±2,66	86,3±2,36	33,47±1,60	0,0167±0,005
Опыт 1 (место разлива нефти)	46,5±4,98*	69,5±2,75*	30,59±1,17	0,0543±0,004**
Опыт 2 (20 м от места разлива)	44,3±4,96*	64,2±2,96*	31,61±1,75	0,0219±0,005*
Опыт 3 (35 м от места разлива)	43,2±4,70*	41,5±2,85*	19,91±1,90	0,0211±0,004*

Примечание: * — статистически достоверные различия между вариантами экспери-мента и контролем ($P < 0,05$).

Изучали состояние воды в р. Елыково, которая расположена в лесном мас-сиве в 70 км. от Ханты-Мансийска. На ее левом берегу располагаются полиго-

ны по захоронению отходов. Все пробы воды были проанализированы на инфузориях и дафниях.

Установлено снижение ($P < 0,05$) выживаемости инфузорий в воде из всех участков, располагающихся ниже по течению, по отношению к *контролю 1*, что позволяет судить о влиянии таких внешних факторов, как притоки, искусственные стоки, а также техногенное загрязнение, на рассматриваемый участок реки (табл. 4).

Таблица 4

Выживаемость *Paramecium caudatum* в водах из р. Елыково, %

Объект	День наблюдения			
	1	3	5	7
Контроль 0§	11,7±0,56	11,3±0,54	11,6±0,56	11,7±0,65
По руслу р. Елыково				
Контроль 1*	19,3±0,67§	21,3±0,40§	20,3±0,17§	—
Приток 1Δ	2,3±0,60*°	0+0,24*□	0+0,24*	—
С песков□	2,1±0,33*°	2,3±0,27*Δ	0,3±0,05*	—
Русло 1°	6,0±0,37*Δ□	1,7±0,12*	0+0,24*#	—
Русло 2#	5,7±0,30*′◀■	2,3±0,28*	2,0±0,05*°′◀■	—
Приток 2′	30,7±0,66*#◀■	2,3±0,09*▼	0,7±0,07*#	—
До меления◀	11,1±0,63*#′▼	1,7±0,07*▼	0,7±0,06*#	—
Меление■	14,0±0,72*▼	1,3±0,06*▼	0,3±0,03*	—
После меления▼	5,7±0,43*◀■&	0,6±0,06*◀■&	0,3±0,05*	—
Приток 3♦	10,7±0,71*@	3,0±0,09*	0,3±0,06*	—
Приток 4@	6,3±0,53*♦	2,7±0,09*	0,3±0,05*	—
Русло 3&	10,3±0,33*▼	2,3±0,08*▼	0,3±0,05*	—
В окружающих болотах				
Болото 1 (контроль)*	3,3±0,12§	3,0±0,08§	0,3±0,05§	—
Болото 2☼	10,3±0,42*	15,7±0,47*	15,0±0,31*	12,0±0,56*
Болото 3	4,0±0,15☼	17,0±0,70*	15,0±0,31*	12,7±0,39*

Примечание: §, *, Δ, □, °, #, ′, ◀, ■, ▼, ♦, @, &, ☼ — достоверное различие с соответствующей пробой ($\alpha=0,95$).

В целом на рассматриваемом отрезке реки выживаемость инфузорий снижается ($P < 0,05$), что позволяет говорить о негативном воздействии рассмотренных выше факторов. К 7-му дню эксперимента инфузории погибают во всех пробах воды, включая *контроль 1* — вода из р. Елыково до полигона. Это свидетельствует о высокой чувствительности инфузорий к комплексу загрязнителей техногенного характера, присутствующих в тестируемых пробах воды. Вода в окрестных болотах также вызывает снижение выживаемости инфузорий в первые сроки эксперимента и их гибель к 7 дню.

Пробы воды из р. Елыково анализировали на тест-объекте *Dafnia magna*. Сравнение выживаемости дафний в воде *контроля 0* и *контроля 1* показало (табл. 5), что в последнем случае она ниже ($P < 0,05$), что свидетельствует о загрязнении воды еще до поступления на территорию полигона. Выживаемость дафний в ходе эксперимента снизилась ($P < 0,05$) во всех пробах, в т.ч. в *контроле 1*. Выживаемость дафний в ней снизилась ($P < 0,05$) с 77% до 66,7%. Если сравнить выживаемость дафний в воде из *контроля 1* и из *русла 1*, то в последнем случае она окажется ниже ($P < 0,05$) и в течение эксперимента снижается ($P < 0,05$) с 46,7% до 30%. При сравнении выживаемости дафний в воде с песков и *русла 1*, различий на 4 и 6-й дни ниже ($P < 0,05$) в первом случае. На основе вышеизложенного, можно предположить, что токсичные вещества в *русле 1* приносятся со стоками воды с песков и, возможно, небольшие концентрации веществ с водами *притока 1*. Установлено, что в *русле 2* выживаемость дафний выше ($P < 0,05$), чем в *русле 1*. При анализе выживаемости дафний в воде с участка *до меления*, мы видим картину, в целом, схожую с таковой в воде *русла 2*. Отличия проявляются в том, что на участке *до меления* на 4, 6 и 8 дни величина показателя не отличается от *контроля 1* ($P > 0,05$). На 2, 4 и 6-й дни выживаемость дафний в воде участка *до меления* ниже ($P < 0,05$), чем в *русле 2*, но на 10-й день выше ($P < 0,05$), чем в *русле 2*. В пробе *До меления* выживаемость дафний снизилась ($P < 0,05$), примерно, на 30%, что меньше ($P < 0,05$), чем в *русле 2* (48%). Это происходит, вероятно, из-за влияния воды, поступающей из *притока 2*. Поскольку на 4, 6, 8 и 10-й дни выживаемость дафний в воде из *притока 2* выше ($P < 0,05$), чем из участка *до меления*. При сопоставлении выживаемости дафний в воде из участков *до меления* и *меление*, различия не найдены ($P > 0,05$). Выживаемость дафний в воде пробы *меление* ниже ($P < 0,05$), чем в воде пробы *после меления*. При анализе выживаемости дафний в воде из проб *после меления* и *русло 3* установлено, что величина данного показателя ниже ($P < 0,05$) в воде из последней, при этом снижается ($P < 0,05$) с 16,7% до 6,7%, что свидетельствует о токсичности веществ в воде на данном участке. Различий между *притоком 3* и *притоком 4* не обнаружено ($P > 0,05$). Снижение выживаемости дафний в воде из притоков к 10-му дню эксперимента свидетельствует о накоплении токсикантов в телах рачков.

Таблица 5

Выживаемость дафний в воде из р. Елыково, %

Объект	День наблюдения				
	2	4	6	8	10
Контроль 0§	100-0,18	100-0,18	100-0,18	96,7±3,26	96,7±3,26
По руслу р. Елыково					
Контроль 1*	77,0±1,67§	73,3±1,67§	70,0±3,0§	70,0±3,0§	66,7±1,67§
Приток 1Δ	97,0±1,58 *□°	93,3±1,45 *□°	86,7±1,20 *□°	80,0±1,16 *□°	70,0±1,73□°
С песков □	50,0±1,58*Δ	40,0±1,31 *Δ°	36,7±1,40 *Δ°	36,7±1,40*Δ	33,3±1,22*Δ
Русло 1°	46,7±1,45 *Δ#	46,7±1,40 *Δ□#	43,3±1,28 *Δ□#	33,3±1,18 *Δ#	30,0±1,15*Δ#
Русло 2#	100-0,18 *°◀	97,0±1,67 *°◀	90,0±1,58 *°◀	74,0±1,16°	52,0±1,45 *°◀
Приток 2'	97,0±1,33*	87,0±1,20 *◀	84,0±1,33 *◀	84,0±1,33 *◀	61,0±0,88*◀

Окончание табл. 5

До меления ◀	93,0±1,67 #*■▼	80,0±1,67 #'▼	76,7±1,33 #'▼	73,3±1,46 '■▼	56,7±1,33 *#'▼
Меление ■	80,0±0,58 *◀▼	80,0±1,58▼	73,3±0,88▼	66,7±1,67 ◀▼	60,0±1,45*▼
После меления ▼	63,3±0,88 *◀■&	56,7±0,33 *◀■&	56,7±0,67 *◀■&	50,0±0,00 *◀■&	46,7±0,33 *◀■&
Приток 3♦	83,3±1,67&	83,3±1,33&	70,0±1,08&	66,7±1,40&	63,3±1,45&
Приток 4@	80,0±0,58&	76,7±1,45&	76,7±1,45&	63,3±1,45&	53,3±1,76*&
Русло 3&	16,7±0,56 *▼♦@	10,0±0,58 *▼♦@	10,0±0,58 *▼♦@	10,0±0,58 *▼♦@	6,7±0,04 *▼♦@
В окружающих болотах					
Болото 1 контроль*	63,3±1,33§	56,7±0,33§	56,7±0,33§	40,0±1,00§	33,3±0,88§
Болото 2☼	80,0±0,00*	70,0±1,00*	60,0±0,58*	50,0±0,58*	43,3±0,88*
Болото 3	-*☼	-*☼	-*☼	-*☼	-*☼

Примечание: §, *, Δ, □, °, #, ', ◀, ■, ▼, ♦, @, &, ☼ — достоверное различие с соответствующей пробой ($\alpha=0,95$).

В районах нефтедобычи загрязнение воды может происходить не только за счет поступления нефтепродуктов, тяжелых металлов, но и за счет ингибиторов коррозии, используемых для обработки нефтепроводов. Применение ингибиторов коррозии металлов является одним их важных мероприятий по повышению срока эксплуатации нефтепромыслового оборудования. Вместе с тем в процессе производства и применения ингибиторов при порывах трубопроводов возможно попадание их как в поверхностные водоемы, так и в водоносные горизонты.

Основными продуцентами органического вещества в водоеме являются водоросли и макрофиты, которые также регулируют баланс кислорода и углекислоты. Угнетение альгофлоры может привести к нарушению биологического равновесия в водоеме, следствием чего может явиться снижение его биопродуктивности. Установлено, что ингибиторы коррозии ИКБ-2-2 и ИКБ-6-2 оказывали как прямое токсическое, так и опосредованное действие на репродукцию водорослей *Scenedesmus quadricauda* Turp., замедляя скорость их размножения и снижая выживаемость клеток (табл. 6, 7). Низкие концентрации ингибиторов не оказывали токсического действия на водоросли в кратковременных опытах: видимо, вначале в биохимические реакции водорослей включаются продукты распада ингибиторов, оказывающие на них стимулирующее действие. В дальнейшем происходило накопление продуктов деструкции ИКБ в водорослевых клетках, что приводило к нарушению основных жизненных функций и отмиранию клеток. Причиной таких изменений может служить повреждение поверхностной мембраны, поскольку первичные изменения в живой клетке под воздействием широкого круга факторов внешней среды проявляются в реакциях биологических мембран [6]. Повреждение клеточных структур обуславливает значительное снижение жизнестойкости как водорослей, так и макрофитов.

Таблица 6

Влияние ИКБ-6-2 на численность и выживаемость *Scenedesmus quadricauda* в хроническом опыте

Сут. опыта	Концентрация ингибитора, мг/л				
	Контроль	0,01	0,1	1,0	10,0
Численность клеток, млн/мл					
0	0,29±0,02	0,29±0,02	0,29±0,02	0,29±0,02	0,29±0,02

Окончание табл. 6

7	0,47±0,11	0,50±0,09	0,33±0,06 [#]	0,31±0,07 [#]	0,19±0,04 [*]
28	1,57±0,17	1,62±0,21	0,87±0,06 [*]	0,68±0,13 [*]	—
Количество живых клеток (%)					
0	87,6±5,7	87,6±5,7	86,7±5,6	87,6±5,7	87,6±5,7
7	80,8±5,0	77,9±6,0	72,1±5,2	76,3±7,3	12,2±3,3 [*]
28	83,2±6,0	76,5±6,0	60,7±6,1 [*]	58,5±7,1 [*]	—

Таблица 7

**Влияние ИКБ-2-2 на численность и выживаемость
Scenedesmus quadricauda в хроническом опыте**

Сут. опыта	Концентрация ингибитора, мг/л				
	Контроль	0,05	0,5	5,0	50,0
Численность клеток, млн/мл					
0	0,42±0,08	0,42±0,08	0,42±0,08	0,42±0,08	0,42±0,08
7	0,51±0,10	0,54±0,06	0,53±0,11	0,56±0,12	0,59±0,11
28	1,92±0,21	1,89±0,39	1,92±0,16	1,88±0,11	1,21±0,13 [*]
Количество живых клеток (%)					
0	79,8±6,7	79,8±6,7	79,8±6,7	79,8±6,7	79,8±6,7
7	79,1±4,3	75,6±4,5	75,6±4,5	77,4±6,2	76,3±4,8
28	78,8±4,3	79,7±4,3	76,7±4,3	76,7±4,5	61,3±4,4 [*]

Реакции животных на производимое воздействие возникают при определенной концентрации токсиканта, и интенсивность их нарастает параллельно увеличению концентрации токсического агента. Высокие концентрации ИКБ-6-2 и ИКБ-2-2 в течение короткого времени (часы) вызывали у дафний нарушение характера движения: резкие скачки, вращение через голову, пассивное опускание на дно с последующей гибелью. К 4-10 сут максимальные сублетальные концентрации (LC_0) ИКБ-6-2 были в 2,6-10,5 раз, а полублетальные (LC_{50}) — в 2,6-5,6 раз ниже, чем ИКБ-2-2. При удлинении экспозиции до 30 сут. эти величины снизились незначительно, а абсолютная летальная концентрация (LC_{100}) — в 5 раз в опытах с ИКБ-6-2. В то же время другой ингибитор вызывал равнозначную реакцию у материнских особей дафний в более низких концентрациях. Аналогичная закономерность, но в меньшей степени, сохранилась и у рачков I и II поколений. Вероятно, более выраженное хроническое действие малых концентраций ИКБ-2-2 обусловлено не основными компонентами (аминоамидами и имидазолинами), а растворителем (керосином).

Выводы

Пробы воды из р. Нягань-Югань оказывали токсическое и мутагенное влияние на растения, вызывали изменение содержания металлов в растениях прибрежной полосы.

Вода из ручья в районе разлива нефти на Кальчинском нефтяном месторождении вызывала изменение биохимических показателей растений из районов исследования. У растений зарегистрировано изменение работы ферментов антиоксидантной защиты в ответ на нефтяное загрязнение воды.

Вода из р. Елыково, загрязненная стоками с полигона по захоронению отходов бурения, вызывает снижение выживаемости инфузорий и дафний, содержащихся в пробах тестируемых вод.

Одним из основных загрязнителей поверхностных вод в районах нефтедобычи является поступление нефти и продуктов бурения в почву и воду. Токсическое влияние таких веществ, как ингибиторы коррозии металлов, используемых при защите нефтепромыслового оборудования, показано на водорослях и дафниях.

Снижение показателей жизнедеятельности растений и животных, содержащихся в пробах тестируемых вод из районов нефтедобычи, свидетельствует о высокой степени загрязнения поверхностных вод в районах нефтедобычи, транспортировки сырья и утилизации отходов бурения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор: Экологическое состояние, использование природных ресурсов охрана окружающей среды. Тюмень, 2001. 214 с.
2. Филимонова М.В. Влияние экологических факторов на синтез низкомолекулярных антиоксидантов и накопление микроэлементов в лекарственных растениях подзоны средней тайги (в пределах Ханты-Мансийского автономного округа): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Сургут: Сургутский государственный университет, 2006. 23 с.
3. Дмитриева А.Г., Лысенко Н.Л., Рязанова А.В., Король В.М. Содержание хлорофилла и меди в листьях и целом растения элодеа канадской. // Физиология и токсикология гидробионтов. Ярославль, 1989. С. 44-51.
4. Нифонтова М.Г. Современные уровни содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в мохово-лишайниковом покрове предгорных и горных ландшафтов Северного Урала // Экология. 2003. № 1. С. 51-55.
5. Загоскина Н. В. Полифенолы и их роль в защите растений от действия стрессовых факторов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: М-лы VI Междунар. симпозиума, 2005. Т. 3. С. 300-302.
6. Вшивцев В.С. Влияние нефтяных углеводородов на фотосинтетические функции и состав жирных кислот мембранных липидов цианобактерии *Anabaena variabilis*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. МГУ, 1984. 24 с.

Ольга Анатольевна АЛЕШИНА —
доцент кафедры зоологии и ихтиологии,
кандидат биологических наук
Aleshina8@yandex.ru

Виктория Григорьевна КАТАНАЕВА —
доцент кафедры органической
и экологической химии,
кандидат химических наук
Vkatanaeva@utmn.ru

Тюменский государственный университет

УДК 574.663

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА В СОЛОНОВАТЫХ ОЗЕРАХ ЛЕСОСТЕПНОГО ПРИИШИМЬЯ

DISTRIBUTION AND ORGANIZATION OF MACROZOOBENTHOS IN SALT-WATER LAKES OF ISHIM FOREST-STEPPE REGION

АННОТАЦИЯ. В работе приведены сведения о видовом составе, таксономической структуре и количественном развитии макрозообентоса солоноватых озер лесостепного Приишимья Тюменской области. Выявлены зависимости солёности и химического состава воды с количественными показателями макрозообентоса.