ЭКОЛОГИЯ

УДК 502.3

А. Е. ГАГЛОЕВА
В. В. БАЖЕНОВ

Омский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ОТКРЫТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИСПАРЕНИЯ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Статья посвящена разработке модели по определению количества вредных веществ, выделяющихся с открытых водных поверхностей. Для верификации модели проведен эксперимент на действующих очистных сооружениях г. Омска.

Ключевые слова: модель, загрязняющие вещества, испарение.

Предприятия по очистке сточных вод и водоподготовке помимо воздействия на гидросферу также в значительной степени оказывают влияние и на атмосферный воздух, вследствие выделения загрязняющих веществ (ЗВ) с открытых поверхностей испарения. Согласно существующему в РФ законодательству, такие выбросы подлежат контролю и нормированию, а предприятия обязаны производить плату за негативное воздействие на атмосферный воздух. Считается, что установление для предприятия предельно допустимого выброса и взимание платы является достаточным условием как для поддержания состояния окружающей среды на должном уровне, так и для стимулирования предприятий к внедрению природоохранных мероприятий.

В настоящее время инженерами-экологами предприятий при расчётах выбросов повсеместно используются методики, разработанные в 80-90-е годы прошлого столетия. Как следствие, расчёты изобилуют разного рода усредняющими коэффициентами, не-

обходимыми в основном для упрощения и ускорения проведения расчётов без использования ЭВМ. Очевидно, что подобного рода упрощения не учитывают особенностей работы технологического оборудования на предприятии, что приводит к неизбежным погрешностям в расчётах выбросов вредных веществ и, как следствие, к неконтролируемому загрязнению окружающей среды и ухудшению качества жизни населения. Кроме того, используемые в настоящее время методики по своим возможностям на порядок отстают от современного технического уровня и часто требуют для проведения расчёта данные дорогостоящих инструментальных измерений.

В результате этого наблюдается проблема: предприятие не имеет возможности чётко определить и, тем более, спрогнозировать на будущее свое воздействие на окружающую среду для расчёта затрат на внедрение природоохранного мероприятия, а дорогостоящие аналитические измерения, в условиях рыночной экономики, способны свести к нулю какой-либо экономический эффект от снижения выбросов.

Следовательно, для разрешения проблемы необходимо применение нового подхода к определению выбросов ЗВ, который, с одной стороны, обеспечит получение оперативных и достоверных данных и, с другой — будет способен проводить прогноз воздействия на окружающую среду по имеющимся данным о метеоусловиях в районе расположения предприятия.

Нами была разработана математическая модель, позволяющая определить поступление в атмосферный воздух ЗВ в результате их выделения с открытых поверхностей испарения.

Количество выделяющихся в атмосферный воздух ЗВ функционально связано с их содержанием в сточной воде, температурой воды, площадью открытой водной поверхности, температурой окружающего воздуха и скоростью ветра.

Также выделение ЗВ, содержащихся в водоеме, в атмосферный воздух в значительной мере зависит от их химических свойств. При этом может наблюдаться несколько вариантов поведения вещества в воде:

1. ЗВ могут растворяться в воде и образовывать новые химические связи, как, например, хлориды, которые вследствие гидролиза образуют раствор хлорводорода в воде, который будет частично выделяться в атмосферный воздух.

2. ЗВ могут смешиваться с водой и образовывать только межмолекулярные связи, как, например, ацетон, плотность которого ниже плотности воды. В результате ацетон будет постоянно испаряться с водной поверхности.

3. ЗВ могут образовывать эмульсии на поверхности воды, как, например, нефтепродукты, которые в виде скоплений плавают на водной поверхности и испаряются в атмосферный воздух.

4. ЗВ, состоящие из тяжелых фракций, которые оседают на дно и не оказывают непосредственного воздействия на атмосферный воздух.

Предлагаемая нами модель определения количества загрязняющих веществ, выделяющихся с открытой поверхности испарения, основывается на методе теплового баланса, с помощью которого мы определяли массу испаряющейся жидкости. Согласно [1]:

$$W_{\Sigma} = R_n \pm H \pm L_e \cdot E \pm G,$$

где W_{Σ} — суммарное теплосодержание водной массы;
R_n — радиационный баланс;
H — турбулентный теплообмен водной поверхности с атмосферой;
$L_e \cdot E$ — затраты тепла на испарение воды;
G — теплообмен между водными слоями.

Теплозапас водной массы вычислялся по измеренным значениям температуры воды в начале и в конце расчетного периода, теплоемкости и плотности воды и средней глубины объекта исследования:

$$W_{\Sigma} = \rho \cdot C \cdot T_в \cdot H_{ср} \cdot S,$$

здесь ρ — плотность воды, кг/м^3;
C — теплоемкость воды, Дж/кг·К;
$T_в$ — температура воды, К;
$H_{ср}$ — средняя глубина объекта, м;
S — площадь объекта, м^2.

Радиационный баланс — это сумма прихода и расхода лучистой энергии, поглощаемой и излучаемой атмосферой. Для атмосферы радиационный баланс состоит из [2]:

— приходной части: поглощенной прямой и рассеянной солнечной радиацией и длинноволнового излучения водной поверхности;

— расходной части: противоизлучение атмосферы.

$$R_n = Q - I_{эф},$$

где R_n — радиационный баланс, Вт;
Q — суммарная солнечная радиация, Вт;
$I_{эф}$ — эффективное излучение поверхности водоема (разность длинноволнового излучения воды и встречного излучения атмосферы).

Количество солнечной энергии, поступающей на водную поверхность, определялось по формуле [3]:

$$Q = S \cdot K \cdot S_0 \cdot \int_{\text{восход}}^{\text{заход}} \cos(\cos H_c \cdot \cos\varphi \cdot \cos\delta + \sin\varphi \cdot \sin\delta) dt,$$

где S_o — солнечная постоянная Земли, равная 1365 Вт/м^2 [3];
K — коэффициент, учитывающий часть солнечной энергии, которая рассеется в атмосфере.

Эффективное излучение поверхности водоема вычислялось по формуле [4]:

$$I_{эф} = I_в - I_a,$$

где $I_в$ — интенсивность излучения воды, Вт;
I_a — встречное излучение атмосферы, Вт.

Согласно закону Стефана – Больцмана, интенсивность излучения воды прямо пропорциональна четвертой степени температуры излучаемого тела [5]:

$$I_в = \delta \cdot \sigma \cdot T_в^4 \cdot S,$$

где δ — поглощательная способность воды, характеризующаяся отношением излучения данной поверхности к излучению абсолютно черного тела;
σ — постоянная Стефана – Больцмана, равная $5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м^2 К^4;
$T_в$ — температура воды, К.

Встречное излучение атмосферы, зависящее от температуры окружающего воздуха, влажности и балла облачности, вычислялось по формуле:

$$I_a = \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_{воз}^4 \cdot (1 + C_{1g} \cdot n^2) \cdot S,$$

где $T_{воз}$ — температура окружающего воздуха, К;
n — балл облачности;

Таблица 1

Метеорологические условия в районе расположения объекта

Время	Скорость ветра, м/с	Температура окружающей среды, °С	Атмосферное давление, мм рт. ст.
9:00	3	+22	747
12:00	2	+23	745
15:00	2	+23	745
18:00	2	+22	745

C_{1g} — коэффициент, зависящий от температуры воздуха,

$$C_{1g} = 0.15 \text{ при } T < 273.15$$
$$C_{1g} = 0.14 \text{ при } T \geq 273.15;$$

ε_a — коэффициент, зависящий от парциального давления:

$$\varepsilon_a = C_e \cdot P^{1/7} \cdot \exp^{(350/\ T_{воз})},$$

здесь C_e — коэффициент, равный 0,22;
$T_{воз}$ — температура окружающего воздуха, К;
P — парциальное давление водяного пара, Па.

Согласно [6] теплообмен между водными слоями определялся по закону Фурье, как плотность теплового потока прямо пропорциональна градиенту температуры:

$$G = -\lambda \cdot \text{grad} T_в \cdot S = -\lambda \cdot (\partial T_в / \partial n) \cdot S,$$

где λ — коэффициент теплопроводности, зависящий от температуры в данной точке, Вт/м·К;
$T_в$ — температура воды, К.

Согласно [7], турбулентный теплообмен поверхности озера с атмосферой определялся как:

$$H = \rho_a \cdot c_p \cdot A_t \cdot (T_в - T_{воз}) \cdot \nu,$$

где ρ_a — плотность воздуха, кг/м^3;
c_p — теплоемкость воды, Дж/кг·К;
$T_в$ — температура воды, К;
$T_{воз}$ — температура воздуха, К;
ν — скорость ветра, м/с;
A_t — коэффициент турбулентности.

После определения необходимых составляющих испарение (масса) загрязняющих веществ, выделяющихся с открытой водной поверхности, вычислялось по формуле:

$$E = (W_\Sigma \pm R_n \pm H \pm G)/L_e.$$

Определив массу ЗВ, испарившихся с водной поверхности в единицу времени, в дальнейшем представляется возможным использование этих данных при расчёте воздействия объекта исследования на атмосферный воздух с использованием методики ОНД-86 [8].

Для верификации предлагаемой модели был проведен эксперимент на действующих очистных сооружениях г. Омска. В качестве исследуемого объекта был выбран двухсекционный смеситель со следующими параметрами:

— длина — 66 м,

— ширина — 12 м,

— средняя глубина — 1,5 м.

Измерения проводились четыре раза в день с 9.00 до 18.00.

При проведении эксперимента фиксировались следующие метеорологические параметры: атмосферное давление, относительная влажность воздуха, температура окружающей среды и скорость ветра. Для измерения указанных параметров использовался многофункциональный прибор «Метеометр МЭС-200». Данные о погодных условиях представлены в табл. 1.

Таблица 2

Концентрация загрязняющих веществ, полученная в ходе инструментальных замеров

Время	Концентрация ЗВ, в долях ПДК	
	ацетон	бензол
9:00	0,1	0,020
12:00	0,1	0,020
15:00	0,1	0,016
18:00	0,09	0,016
Среднее значение	0,1	0,018

Таблица 3

Концентрация ЗВ, полученная в ходе расчета по предлагаемой модели

Время	Концентрация ЗВ, в долях ПДК	
	ацетон	бензол
9:00	0,14	0,026
12:00	0,13	0,023
15:00	0,13	0,023
18:00	0,13	0,023
Среднее значение	0,13	0,023

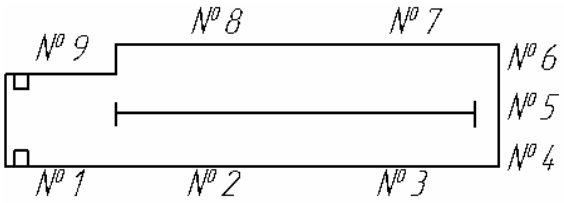

Рис. 1. Точки замера концентраций загрязняющих веществ над водной поверхностью

На исследуемом объекте фиксировались следующие параметры:

— температура воды

— концентрации ЗВ над водной поверхностью в точках, указанных на рис. 1.

Температура воды за весь период составляла +18 °С.

Отбор проб газовоздушного потока вблизи двухсекционного смесителя осуществлялся с помощью наиболее точного из всех существующих в настоящее время методов контроля загрязнений — газовой хроматографии. Результаты определения концентраций загрязняющих веществ представлены в табл. 2.

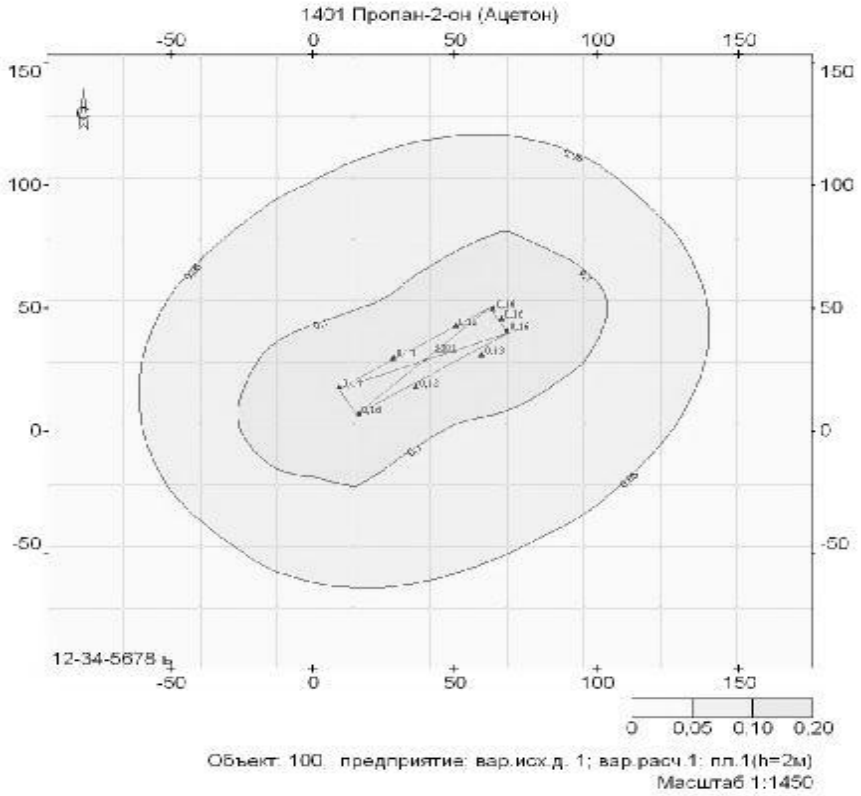

Рис. 2. Расположение расчётных точек и концентрация ацетона, создаваемая объектом исследования

Далее по вычисленным данным массы вредных веществ с помощью программы «Эколог», реализующей положения методики [8] была рассчитана концентрация загрязняющих веществ в точках отбора проб. Результаты расчёта представлены в табл. 3.

Расположение расчётных точек и концентрации ацетона представлены на рис. 2.

Как можно видеть по представленным выше данным, модель показала удовлетворительные результаты. При этом расчётные величины концентраций ЗВ в атмосферном воздухе, полученные с использованием модели, оказались в среднем 15—20 % больше определенных с помощью хроматографического метода контроля. В целом же порядок полученных данных совпадает, что говорит об адекватности работы модели.

Таким образом, предложенная нами модель может использоваться при контроле выбросов ЗВ от неорганизованных источников загрязнения и при этом обладает рядом преимуществ по сравнению с используемыми в настоящее время методиками, а именно:

1. Модель может быть адаптирована под автоматический расчёт с использованием ЭВМ, что в значительной степени снизит затраты предприятия на проведение экологического контроля.

2. Модель учитывает текущие погодные условия и их изменения АО времени, что позволяет проводить расчёт не только текущих выбросов ЗВ с поверхностей испарения, но и прогнозировать воздействие объектов на атмосферный воздух в будущем.

3. В модели сведено к минимуму использование усредняющих коэффициентов, что позволяет с минимальной погрешностью проводить контроль объектов воздействия на окружающую среду в режиме реального времени и, на основании полученных данных, принимать оперативные решения по управлению охраной окружающей среды на предприятии.

Библиографический список

1. Тихомиров, А. И. Термика крупных озер / А. И. Тихомиров. — Л. : Наука, 1982 . — 232 с.

2. Кондратьев, К. Я. Влияние облачности на радиацию и климат / К. Я. Кондратьев, В. И. Биненко. — Л. : Гидрометеоиздат , 1984 . — 240 с.

3. Коган, В. Б. Равновесие между жидкостью и паром : справочное пособие / В. Б. Коган, В. М.Фридман, В. В. Кафаров. — Л. : Наука, 1991. — 500 с.

4. Семенченко, Б. А. Физическая метеорология : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению «Гидрометеорология» и специальностям «Гидрология», «Метеорология», «Океанология» / Б. А. Семенченко. — М. : Аспект-пресс, 2002. — 415 с.

5. Юдаев, Б. Н. Техническая термодинамика. Теплопередача / Б. Н. Юдаев. — М. : Высш. шк., 1988. — 479 с.

6. Беляев, Н. М. Основы теплопередачи / Н. М. Беляев. — Киев : Вища шк., 1989. — 343 с.

7. Ткачев, П. С. Гидрофизические процессы и расчеты теплообмена, испарения и льдообразования на водных объектах : учеб. пособие / П. С. Ткачев, А. М. Васильев. — Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. — 67 с.

8. ОНД-86. Методика расчета в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Л. : Гидрометеоиздат, 1987. — 64 с.

ГАГЛОЕВА Анжелика Ефремовна, аспирантка, ассистент кафедры «Промышленная экология и безопасность».

БАЖЕНОВ Владислав Викторович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Промышленная экология и безопасность».

Адрес для переписки: e-mail: anzhelika.gagloe@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.10.2010 г.

© А. Е. Гаглоева, В. В. Баженов

УДК 504.6:629.33:534.836.2

Е. М. МИЛЕНИНА
Е. О. КАРГАПОЛОВА

Омский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ г. ОМСКА

Шумом является всякий нежелательный для человека звук. По данным специалистов, шум в больших городах ежегодно возрастает примерно на 1 дБ. Появляются все новые сверхмощные источники звука. Очень высок уровень промышленных шумов. Поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала программу по снижению шума в городах, а также включила некоторые виды физического загрязнения среды (шумовое, электромагнитные излучения и др.) в число наиболее важных экологических проблем современности.

Ключевые слова: шум, динамика, воздействие, интенсивность, уровень, защита.

XX век можно назвать самым шумным. Акустическое воздействие превышает допустимую норму, чем плохо сказывается на здоровье человека. В последние годы в крупных сибирских городах значительно увеличилось число легковых автомобилей на дорогах. Так, например, с 1990 по 2007 годы (с учетом динамики населения по субъектам РФ), по официальным данным [1, 2], у городского населения число личных автомобилей увеличилось: в Новосибирской области в 4,2 раза, Кемеровской — 3,6 раза, в Томской — 3 раза, в Свердловской — 2,9 раза, в Тюменской — 2,7 раз, в Омской — 2,4 раза (рис. 1).

Планировка и застройка сибирских городов, а также существующая дорожная сеть не рассчитаны на такой интенсивный транспортный поток, в связи с чем в последнее десятилетие резко ухудшилась экологическая ситуация не только по уровню загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами, но и по воздействию шума на прилегающие территории.

Уровень уличных шумов обуславливается интенсивностью, скоростью и характером транспортного потока. Кроме того, он зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и таких элементов благоустройства, как покрытие проезжей части и наличие зеленых насаждений. Каждый из этих факторов способен изменить уровень транспортного шума в пределах до 10 дБ. Известно, что придорожные лесополосы шириной 20 метров правильной конструкции в зависимости от породного состава могут снизить уровень шума от 10 – 12 до 20 дБ. С 80-х гг. XX века при создании новых жилых микрорайонов санитарно-защитная зона от крупной автомагистрали составляла не менее 50 метров, и засаживалась древесно-кустарниковой растительностью. По существующим санитарным нормам уровень шума в жилом массиве не должен превышать 55 дБ днем и 45 ночью [3]. В последние годы, в связи с изменением нормативно-правовой базы, касающейся городской застройки, администрации городов зачастую принимают решения о максимально возможном расширении дорожного полотна в ущерб пешеходным зонам, придорожному озеленению, расширяя границы вплоть до жилых домов и других объектов городской застройки. Двухполосные дороги превращаются в восьмиполосные, при этом резко увеличивается пропускная способность автомагистрали, а следовательно, уровень шума.

Город Омск является типичным представителем сибирского мегаполиса с сильным несоответствием густоты внутригородских дорог, распределения транспортных потоков, числом автомашин и практическим отсутствием придорожного озеленения. На рис. 2, основанном на данных Омского областного статистического ежегодника, видно, что за 17 лет количество легковых автомобилей в области возросло в 2,4 раза, в то же время число грузовых транспортных средств осталось на прежнем уровне. Несомненно, что за столь большой промежуток времени развивалась и дорожная сеть — в Черлакском, Тюкалинском и Тарском районах за последние 17 лет густота дорожной сети увеличилась в 2 раза, а в Омском районе — в 1,6 раза. Однако в натуральном исчислении увеличение общей протяженности улиц, замощенных асфальтом и пригодных для интенсивного проезда, с 1980 по 2005 г. увеличилась всего с 722 до 890 км, т.е. менее чем на 20 % по городу Омску и с 1063 до 1479 (около 30 %) по Омской области, в то время как интенсивность движения возросла в десятки раз.

В связи с актуальностью транспортной проблемы в городе были проведены натурные исследования, которые включают в себя изучение динамики транспортных потоков в период с 2005 – 2008 годов и замеров уровня шума на автомагистралях.

Ежегодно проводился подсчет транспорта с 9:30 до 9:45 часов каждую вторую пятницу сентября, что позволило определить интенсивность транспортных потоков и динамику за 4 года по следующим улицам: Заозерная (ост. Пешеходный мост), Красный Путь (ост. ОмГАУ), Королева (ост. Учхоз), Мира (ост. СибАДИ); 60 лет ВЛКСМ (ост. Мостоотряд) (рис. 3). Кроме того, в 2008 году проводились замеры шума на автомагистралях города. Для замеров использовался шумомер RFT 00094. Были выделены основные точки замеров шума (по районам города и по автомагистралям). Шум измеряли на автобусных остановках. При анализе измерений учитывались время суток, место и дни измерений. Для точности

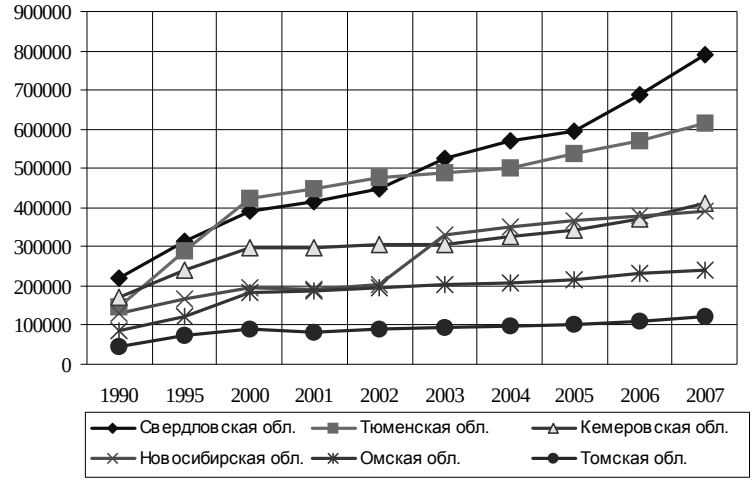

Рис. 1. Количество личных легковых автомобилей у жителей г. Омска

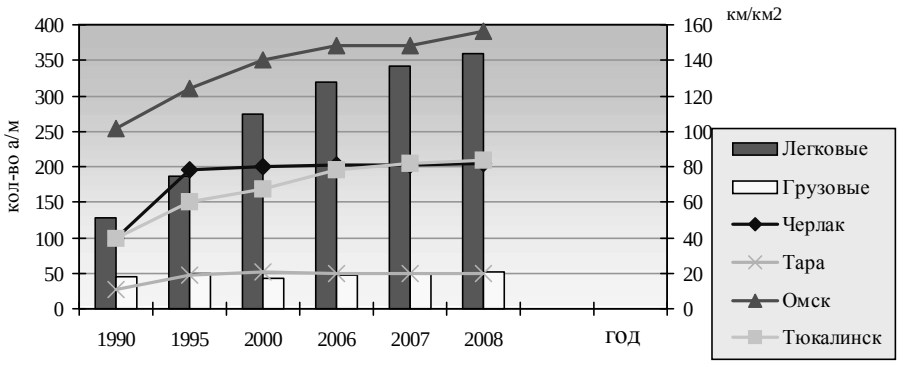

Рис. 2. Густота дорог и количество автомобилей в районах Омской области

и репрезентативной оценки выбирались несколько центральных улиц и для сравнения — менее загруженная транспортом улица. Замеры проводились в будние дни и в выходные: утром (8.00 – 9.00) , днем (12.00 – 15.00) и вечером (18.00 – 20.00). Всего получилось 12 основных точек измерений, в каждой из них проводилось от 6 до 12 замеров. В общей сложности было проведено 110 замеров на автомагистралях [4].

По нашим данным, в течение четырех лет (2005 – 2008) на каждой из улиц количество транспортных средств остается неизменно очень высоким. Несмотря на ряд мероприятий по разгрузке основной городской магистрали ул. Красный Путь — расширение дороги, регулярный ремонт асфальта, ввод в эксплуатацию метромоста через Иртыш — интенсивность движения, в створе остановки Телецентр количество машин не уменьшается, как и по остальным направлениям.

В генеральном плане г. Омска в «Схеме комплексной оценки территории г. Омска» в «Карте шумового загрязнения и электромагнитных излучений города Омска» оценивается лишь влияние шумового загрязнения от аэропорта и основных трасс самолетов. Конечно, это немаловажный фактор: в районах крупных аэропортов всегда наблюдается заметное ухудшение здоровья населения. Следует отметить, что основной ареал шумового влияния на город покрывает именно ту часть, в которой огромные проблемы от шума автодорог — Ленинградский мост и ул. Масленникова, Гагарина, Красный Путь, пр. Маркса. Так, по данным наших замеров и в будни, и в выходные дни уровень шума у дорог значительно превышает норму; причем в выходные уровень шума выше на 5 – 6 дБ (рис. 4). Это можно объяснить увеличением потока транспорта на улицах, а небольшие различия между улицами — разной интенсивностью транспортных потоков.

Самым тихим временем суток является ночной период. Но уже с 8 – 9 утра и до 20 часов уровень шума значительно, во много раз увеличивается. Например, на основной транспортной артерии города — ул. Красный Путь в вечерние часы в выходные дни уровень шума приближается к максимально допустимым значениям для территорий производственных объектов (рис. 5). Наибольший дискомфорт, а это большая часть суток, от такого близкого нахождения дороги, испытывают жители придорожных домов – после реконструкции дорожное полотно почти вплотную подошло к домам, если учесть, что стандартное оконное остекление снижает уровень шума лишь на 10 дБ. Кроме того, возрастает значение отраженного шума от зданий, поскольку поглощающие звук придорожные древесные насаждения сведены или потеряли эти свойства из-за сокращения объема кроны.

Проблемы, связанные с транспортом и шумом, с которыми сибирские города-миллионники столкнулись сравнительно недавно, уже три десятка лет беспокоят экологов и архитекторов Европы, США, Японии и других современных урбанизированных стран. Основные пути решения имеют два направления — сокращение единиц наземного транспорта и перераспределение транспортных потоков, с одной стороны, и активное озеленение — с другой. Так,

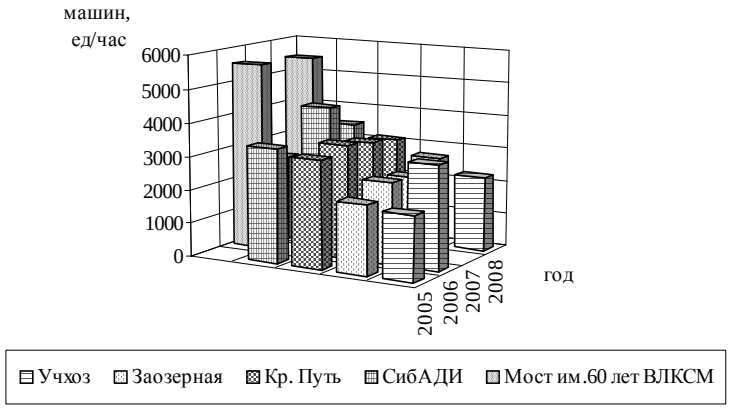

Рис. 3. Интенсивность движения транспорта на магистралях г. Омска

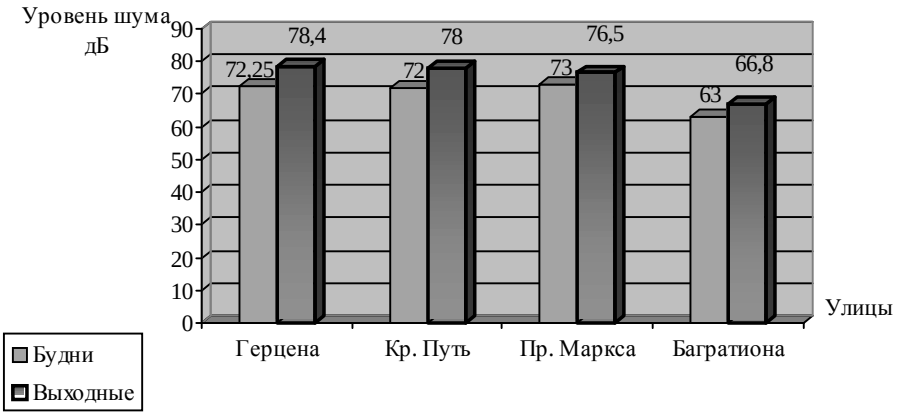

Рис. 4. Уровень шума на дорогах в выходные и будние дни

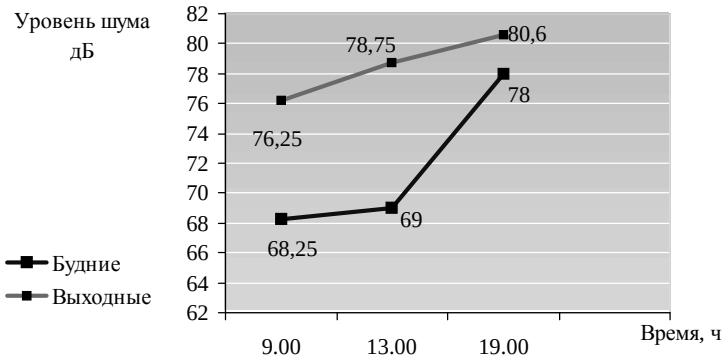

Рис. 5. Зависимость уровня шума от времени суток (ул. Красный Путь)

в Европе поощряется велосипедный транспорт — создаются протяженные пешеходно-велосипедные дорожки, специальные стоянки, бесплатный провоз велосипедов в городском общественном и железнодорожном транспорте. Примером для подражания служат высокопоставленные чиновники, приезжающие на работу на велосипедах. В Лондоне въезд в центральную часть города частному транспорту — платный. В Японии пытаются сократить число машин в городах чередованием разрешения на въезд в одни дни недели — машин с четными номерами, в другие — с нечетными. Вводятся жесткие требования к экологичности машин, в том числе и по акустическому воздействию. Но известно, что запретами проблему не решить, когда миллионы городских жителей с утра должны добраться до работы в разные концы огромного города. Здесь необходима оптимизация транспортных потоков — строительство объездных дорог, метро, введение в эксплуатацию новых магистралей внутри города (что требует больших материальных вложений на расселение жильцов реконструируемых районов), создание акустических экранов вдоль загруженных автомагистралей. Например, во многих городах Европы на улицах в центральной части города запрещено передвижение на частном и грузовом транспорте — только на общественном — трамваях и автобусах, а некоторые улицы оставлены только для пешеходного движения.

Поэтому очень актуально проводить исследования именно в зоне городской застройки, учитывая разные факторы: близкое расположение жилых домов к центральным дорогам материалы, из которых производилась постройка домов, санитарно-защитные зоны с зеленым насаждением. Данные исследования можно использовать для статистических выкладок, отражающих условия проживания горо-

жан, а также для улучшения экологической обстановки в городе.

Библиографический список

1. Сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. — URL: http://gks.ru (дата обращения : 12.10.09).

2. Транспорт и связь в России : стат. сб. / Госкомстат России. — М. : Госкомстат России, 2001. — 222 с.

3. Защита от шума. Sound protection. СНиП 23-03-2003. — СПб. : Изд-во ДЕАН, 2004. — 16 с.

4. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. Введ. 01.01.1986. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://vsegost.com/Catalog/20/20016.shtml (дата обращения : 20.01.11).

МИЛЕНИНА Елена Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности».

КАРГАПОЛОВА Елена Олеговна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности».

Адрес для переписки: e-mail: milenina.elena@ rambler.ru

Статья поступила в редакцию 25.02.2011 г.

© Е. М. Миленина, Е. О. Каргаполова

УДК 504.064:001

Л. В. НОВГОРОДЦЕВА
Е. Н. КАРЛЮК

Омский государственный технический университет

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРЕДПРИЯТИЯ ФГУП НПП «ПРОГРЕСС» г. ОМСКА

Изучен физико-химический состав выбросов, оценено влияние на экологическую обстановку атмосферы рабочей зоны предприятия ФГУП НПП «Прогресс» и других источников загрязнения Октябрьского района г. Омска. Данные исследований могут применяться для комплексной оценки воздействий на окружающую среду различных предприятий, а также в исследованиях влияния качества атмосферного воздуха на рост заболеваемости населения г. Омска.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, эколого-экономический ущерб, экологическая экспертиза.

В связи с тем, что в Омске сконцентрировано большое количество крупных производств, которые сильно загрязняют окружающую среду, в городе сложилась неблагоприятная экологическая обстановка. Недостаточно развит контроль над изменениями геохимического фона вследствие воздействия техногенных факторов.

Все это определило основную **цель исследования**: оценить влияние на экологическую обстановку атмосферы рабочей зоны предприятия ФГУП НПП «Прогресс» и других источников загрязнения Октябрьского АО г. Омска.

Научная новизна работы. Впервые проведена комплексная оценка воздействий на окружающую среду различных предприятий Октябрьского района г. Омска.

Практическое значение. Данные исследований могут применяться для комплексной оценки воздействий на окружающую среду различных предприятий Октябрьского района в частности, и города Омска в целом, а также в исследованиях влияния качества атмосферного воздуха на рост заболеваемости населения.

Материал и методы исследования. В экспериментальной части, по стандартным методикам, определены нормируемые и контролируемые выбросы, рассчитана степень рассеивания выбросов загрязняющих веществ. Также определена санитарно-защитная зона. Для расчета использовались компьютерные программы оценки воздействия на окружающую среду: УПРЗА ЭКОЛОГ, Эколог-ПРО. Определен валовый выброс загрязняющих веществ при сгорании топлива, выполнении окрасочных и сварочных работ. Особое внимание уделено утилизации отработанных люминесцентных ламп, содержащих ртуть. Для обработки результатов учитывались метеорологические параметры, физико-географические, климатические условия, технико-экономические показатели объекта.

Особенно важно то, что оценен ущерб, наносимый атмосфере при строительстве и эксплуатации объекта. Кроме того, проведена эколого-экономическая оценка величины затрат, возникших вследствие воздействия на природу. Более того, проводился расчет по веществам, обладающим эффектом суммации по предприятиям Октябрьского округа г. Омска.

Таблица 1

Токсичные вещества в воздухе в разных районах (2009 г.)

Округ	Компонент*	Уровень загрязнения
Кировский	Формальдегид, пыль, аммиак, оксид, оксид углерода, диоксид азота	Низкий (3)
Центральный	Формальдегид, диоксид азота, пыль, аммиак, оксид углерода	Повышенный (5)
Ленинский	Формальдегид, бенз(а)пирен, аммиак, оксид, оксид углерода, диоксид азота	Высокий (7)
Советский	Формальдегид, бенз(а)пирен, пыль, аммиак, оксид углерода	Высокий (9)
Октябрьский	Формальдегид, бенз(а)пирен, пыль, оксид углерода, диоксид азота	Высокий (10)

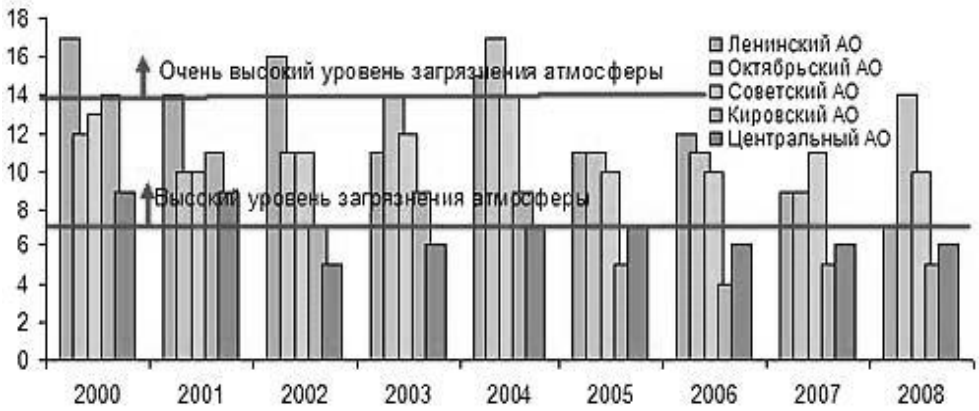

Рис. 1. Динамика загрязнения атмосферного воздуха г. Омска в период с 2000 по 2008 гг.

В воздухе города периодически обнаруживают диоксиды, формальдегиды и, чаще всего, бензапирен, вырабатываемый автотранспортом (58 % загрязнения атмосферного воздуха в городе приходится на автотранспорт). Самыми проблемными остаются Октябрьский и Советский округа [1]. В Октябрьском округе зафиксирована максимальная концентрация бензапирена, а в Советском — формальдегида (табл. 1, рис. 1).

Высокая концентрация этих веществ чревата увеличением смертности от острых и хронических заболеваний, сердечно-сосудистых патологий, рака легких.

ФГУП НПП «Прогресс» — единственная в Российской Федерации научно-исследовательская организация, разрабатывающая и изготавливающая резинокордные оболочки для систем сейсмической, акустической и вибрационной защиты сложнейших объектов военной и гражданской техники.

Раздел «Охрана окружающей среды» выполнен для оценки влияния на окружающую среду реконструкции и технического перевооружения ФГУП НПП «Прогресс» г. Омска для подготовки серийного производства резинокордной оболочки 2500-200 модели Н-611 комплекса «ЗК-3К».

Воздействие источников загрязнения на атмосферу осуществляется в период эксплуатации и в период производства строительных работ. В период строительных работ воздействие носит временный характер. В период эксплуатации имеются как источники постоянного воздействия новые, так и существующие.

Анализ существующего уровня загрязнения атмосферы не производился, так как вклад планируемого объекта незначителен, не превышает 0,1 ПДК по всем веществам, и влияние планируемого объекта на загрязнение атмосферы рассмотрено без учета фона [2].

В период эксплуатации от вновь установленного оборудования, в корпусе 2 отводятся ЗВ (соляная кислота, сера, диоксид углерод оксид, бута-1,3-диен, 2-метилбутан-1,3-диен, пропилен, этилен (1-метилэтенил) бензол, этенилбензол, 2-хлорбута-1,3-диен (хлоропрен), дибутилбензол-1,2-дикарбонат, этилацетат, эпоксиэтан, проп-2-еннитрил, бензин, углеводороды C_{12}-C_{19}, пыль резиновая), системами вентиляции В1-В28 (табл. 2, 3). От остальных источников ЗВ корпусов два отводятся на рециркуляцию.

Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на период эксплуатации выполнен по методике «Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования для предприятия радиоэлектронного комплекса» [3].

Отработанные люминесцентные лампы

В корпусе 2 предусмотрена установка люминесцентных ламп типа ЛБ 36 — 8 шт. и светильников ARNIC 236 — 16 шт.

Отходы люминесцентных ламп представляют собой тонкостенные сосуды из стекла с металлической арматурой по торцам с содержанием ртути 80—100 мг/шт. в зависимости от типа ламп (табл. 4).

Средняя масса типа ARNIC составляет 4,3 кг, ЛБ36-0,21 кг.

Отходы из-за наличия ртути относятся к первому классу опасности.

Количество отработанных люминесцентных ламп определяется по формуле:

Таблица 2

Характеристика выбросов вредных веществ

Код вещества	Наименование вещества	Класс опас-ности	Количество веществ от установленного оборудования		Количество веществ, разрешенных к выбросу в атмосферный воздух
			г/с	т/год	т/год
316	Гидрохлорид	2,0	0,00078	0,00366	0,01295
330	Сера диоксид	3	0,00006	0,00024	0,00445
337	Углерод оксид	4	0,00096	0,00051	0,05988
503	Бута-1,3-диен	2	0,00058	0,00288	0,01295
514	Изобутилен	2	0,00227	0,01189	0,06067
516	Изопрен	3	0,00076	0,00356	0,01804
521	Пропилен	3	0,00002	0,00014	0,00086
526	Этилен	3	0,00481	0,02553	0,12990
618	Бензол	2	0,00033	000164	0,00819
620	Этенилбензол	2	0,00033	0,00164	0,00819
930	2-хлорбута-1,3-диен	2	0,00058	0,00286	0,01172
1215	Дибутилбензол-1,2-дикарбонат	ОБУВ	0,00066	0,00326	0,01293
1611	Эпоксиэтан	2	0,00014	0,00068	0,00253
2001	Проп-2-эннитрил	2	0,00100	0,00485	0,03547
2754	Углеводороды	4	0,00650	0,03463	0,14350
2908	Пыль резиновая	3	0,00234	0,00921	0,00800
Итого			0,02217	0,10725	0,530227

Таблица 3

Расчет по веществам, обладающим эффектом суммации

Код	Наименование вещества	Предельно допустимая концентрация		
		Тип	Справочное значение	Расчетное
0316	Соляная кислота	ПДК м/р	0,2	0,2
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,5	0,5
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5	5
0503	Бута-1,3-диен	ПДК м/р	3	3
0514	2-Метилпроп-1-ен (изобутилен)	ПДК с/с * 10	0,2	2
0516	2-Метилбута-1,3-диен	ПДК с/с * 10	0,01	0,1
0521	Пропен (Пропилен)	ПДК м/р	3	3
0526	Этен (Этилен)	ПДК м/р	3	3
0616	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	ПДК м/р	0,2	0,2
0618	(1-Метилэтенил) бензол	ПДК с/с * 10	0,01	0,1
0620	Этенилбензол (Винилбензол, Стирол)	ПДК м/р	0,04	0,04
0930	2-Хлорбута-1,3-диен (Хлоропрен)	ПДК с/с * 10	0,01	0,1
1215	Дибутилбензол-1,2-дикарбонат (Дибутилфталат)	ПДК м/р	0,02	0,02
1240	Этилацетат	ПДК м/р	0,1	0,1
1611	Эпоксиэтан	ПДК с/с * 10	0,02	0,2
2001	Проп-2-еннитрил	ПДК с/с * 10	0,02	0,2
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)	ПДК м/р	5	5
2754	Углеводороды предельные С12-С19	ПДК м/р	1	1
2978	Пыль резиновая	ПДК м/р	0,1	0,1

Таблица 4

Тип лампы	К, шт.	Ч, ч/сут	С	Н, тыс. часов горения	Q, шт.	М, т/год
ARTIC 236	8	9	250	15000	2	0,00022
ЛБ 36	16	9	250	15000	46	0,00966
Итого						0,00988

Таблица 5

Наименование установки	Количество утилизируемых фильтров, шт.	Вес единицы, кг	Вес утилизируемых фильтров, т/год
MDB BM-4	3	160	480
MDB B-6	1	330	330
MDB BM-2	1	60	60
Итого		870	

$$Q = \frac{К \cdot Ч \cdot С}{Н},$$

где К — количество работающих ламп, шт.; Ч — время работы в сутки одной лампы (9 час/сут); С — число рабочих суток в году (250); Н — нормативный срок службы одной лампы (15 тыс. час горения); М — кол-во отходов, т/год.

Отработанные люминесцентные лампы должны складироваться в специальных контейнерах с соблюдением их целостности. При разрушении люминесцентных ламп их осколки должны быть собраны в контейнер для транспортировки, а в случае отделения ртути ее нейтрализация осуществляется в две стадии:

механическая — шарики ртути собираются влажной бумагой, после чего бумагу помещают в банки с раствором (в 1 литр воды растворяют 1 г марганцевокислого калия и 5 мл HCl), закрывают крышкой и выдерживают несколько дней;

химическая (демеркуризация) — 20 % водным раствором железа обильно смывают поверхность, затем несколько раз протирают щеткой и оставляют до полного высыхания. Через 1–2 суток поверхность промывают мыльной, а затем чистой водой. Раствор готовят из расчета 10 л на 25–30 м^2 площади помещения. Лампы должны транспортироваться в специальном контейнере в вертикальном положении.

Использованные люминесцентных лампы собираются в герметичные емкости. Временное хранение — в электрощитовой предприятия. Вывоз по мере накопления осуществляется в ЗАО «Полигон».

Количество загрязняющих веществ, уловленных в фильтрах рециркуляционных установок, представлено в табл. 5. Утилизация загрязненных фильтров осуществляется на полигон промотходов [3].

Плата за выбросы в атмосферу

Ущерб, наносимый атмосфере при эксплуатации и строительстве объекта, представлен в табл. 6, 7 соответственно и рассчитан по формуле [4]:

$$P = Q \cdot N \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ руб},$$

где Q — выбросы ЗВ при эксплуатации газопровода в т/год; N — норматив платы, согласно постановлению № 344; K_1 — коэффициент экологической значимости атмосферы территорий Российской Федерации; K_2 — коэффициент инфляции.

Выводы

Ущерб, наносимый атмосфере при эксплуатации объекта (1год), составит 8,88935 руб.

Ущерб, наносимый атмосфере при строительстве объекта (1год), составит 1259,41 руб.

Оценка ущерба, наносимого окружающей природной среде при захоронении отходов при строительстве и эксплуатации объекта

Согласно постановлению Правительства РФ от 12 июня 2003 года № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» вводится плата за выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду. Плата за лимит выбросов и за превышение лимита принята по этому документу. Расчет платы за выброс загрязняющих веществ в атмосферу определяется по формуле:

$$P = Q \cdot N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где Q — количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при эксплуатации объекта, т; N — норма платы за выброс в атмосферный воздух загрязняющих веществ (постановление Правительства РФ от 12.06.2003 г. № 410) руб/т; K_1 — коэффициент учета экологических факторов района (постановление Правительства РФ от 12.06.2003 г. № 410); K_2 — коэффициент учета выбросов загрязняющий веществ в атмосферный воздух городов; K_3 — коэффициент индекса.

Расчет платы за размещение отходов в период эксплуатации представлен в табл. 8.

Во время эксплуатации объекта плата за захоронение отходов будет составлять 1260,68 тыс. рублей.

Эколого-экономическая оценка

Эколого-экономическая оценка определена величиной затрат, возникших вследствие воздействия объекта на природу [5]. Величина затрат на возмещение ущерба выражена в виде платы за негативное воздействие на окружающую среду, которая представлена в табл. 9.

Таблица 6

Ущерб, наносимый атмосфере при эксплуатации объекта

Код вещества	Наименование вещества	Выбросы, т/год	Плата за выбросы, руб/год
316	Гидрохлорид	0,003668	0,40650
330	Сера диоксид	0,000241	0,01079
337	Углерод оксид	0,000512	0,00065
503	Бута-1,3-диен	0,002887	0,01538
514	Изобутилен	0,011892	0,53223
516	Изопрен	0,003568	0,00380
521	Пропилен	0,000145	0,00019
526	Этилен	0,025535	2,82985
618	Бензол	0,00164	0,00419
620	Этенилбензол	0,00164	0,18175
930	2-хлорбута-1,3-диен	0,002867	0,21386
1215	Дибутилбензол-1,2-дикарбонат	0,003267	0,14622
1611	Эпоксиэтан	0.000682	0,07558
2001	Проп-2-эннитрил	0,004858	0,21742
2754	Углеводороды	0,034636	3,83844
2908	Пыль резиновая	0,009217	0,41251
Итого		0,107255	8,88935

Таблица 7

Ущерб, наносимый атмосфере при строительстве объекта

Наименование вещества	Без нормы, руб/т	Выбросы топлива, т/год	Плата за выбросы, руб/год
Марганец	2050	0,001410	6,160670
Оксид железа	52	0,0163847	1,484532
Пыль	13,7	0,541779	15,818572
Фтористый водород	410	0,001149	1,004459
Диоксид азота	52	4,682299	518,90362
Оксид углерода	0,6	16,23851	20,764495
Ксилол	11,2	0,0565855	1,350664
Сажа	80	1,68	286,43328
Щебень	13,7	0,0037618	0,109835
Керосин	2,5	3,25	17,31600
Уайтспирит	15	0,0156175	0,499260
Итого (выбросы ЗВ)		**26,4875**	**869,85**
Дизельное топливо	2,5	108,43	374,08
Бензин	1,3	8,63	15,48
Итого (топливо)		**117,060**	**389,57**
Ущерб по объекту			**1259,41**

Таблица 8

Расчет платы за размещение отходов в период эксплуатации

Наименование отходов	Количество отходов, т/год	Норматив платы, руб/т	Класс опасности	Плата за отходы, тыс. руб
Фильтры	870	497	3	726,42
Люм. лампы	0,00988	1739,2	1	0,029
Мусор от уборки	1280,2	248,4	4	534,234
Итого				1260,68

Таблица 9

Платы за негативное воздействие на окружающую среду

Воздействие на окружающую среду	Наименование работ для возмещения ущерба	Затраты, тыс. руб
Период эксплуатации		
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Плата за выбросы в атмосферу	8,8893
Размещение отходов	Плата за размещение отходов	1260,68
Итого		1269,5693
Период эксплуатации		
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Плата за выбросы в атмосферу	1259,4
Размещение отходов	Плата за размещение отходов	9,97
Итого		1269,37

Результаты и их обсуждение. По степени опасности выбросы ЗВ в атмосферу относятся к категории загрязнения «допустимые», с суммарным показателем химического загрязнения Zc<16, т.е. для большинства случаев содержание компонента превышает фоновое, но не больше ПДК.

Заключение. Оценен ущерб, наносимый атмосфере при строительстве и эксплуатации объекта. Кроме того, проведена эколого-экономическая оценка величины затрат, возникших вследствие воздействия на природу.

Библиографический список

1. О состоянии и об охране окружающей среды Омской области в 2008 году / М-во сельского хозяйства и продовольствия Омской обл. — Омск : АРТЛИК, 2009. — 200 с.

2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89. — М., 2001. — 693 с.

3. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы ОНД-90. В 2 ч. — СПб, 2002. Ч. 1 — 98 с. Ч. 2 — 102 с.

4. Гавриленко, В. В. Мониторинг состояния окружающей среды : учеб. пособие / В. В. Гавриленко ; ОмГТУ. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2007. — 278 с.

5. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика : Теория и практикум : учеб. пособие / Под ред. А. П. Хаустова. — М : Изд-во РУДН, 2006. — 613 с.

НОВГОРОДЦЕВА Любовь Владимировна, кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии.
Адрес для переписки: e-mail: lybov_v@mail.ru
КАРЛЮК Елена Николаевна, студентка группы ВОС-615 специальности 280201.65 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Статья поступила в редакцию 26.05.2011 г.
© Л. В. Новгородцева, Е. Н. Карлюк

Книжная полка

Новгородцева, Л. В. Экологический мониторинг [Текст] : конспект лекций / Л. В. Новгородцева ; ОмГТУ. – Омск, 2010. – 54 с.

Рассматриваются вопросы, связанные с составом атмосферного воздуха и проблемами, которые возникают при его загрязнении в результате хозяйственной деятельности человека. Анализируется влияние метеорологических условий на распространение загрязняющих веществ. Приведены задачи и принципы организации систем мониторинга, начиная от глобального и заканчивая локальным уровнем. Даны необходимые студентам сведения об особенностях аналитических задач при мониторинге атмосферного воздуха. Рассмотрены общие закономерности атмосферных процессов урбанизированных регионов, в частности состояние атмосферного воздуха г. Омска.

Денисова, Е. С. Экономика и прогнозирование промышленного природопользования [Текст] : конспект лекций / Е. С. Денисова ; ОмГТУ. – Омск, 2010. – 54 с.

Изложены основы теории эколого-экономического анализа и управления процессов промышленного природопользования. Рассматриваются методы оценки экономического ущерба от загрязнения окружающей среды, определения эффективности природоохранных мероприятий, стоимости природных ресурсов, прогнозирования природопользования с помощью орграфов.

Аккерман, В. В. Промышленная экология [Текст] : учеб. пособие / В. В. Аккерман ; ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. – 98 с. – ISBN 978-5-8149-0855-1.

Учебное пособие содержит основные сведения о технологических системах, классификацию элементов и связей технологических систем.

УДК 502.2.08

Л. В. КУБРИНА

Омский государственный педагогический университет

АНАЛИЗ ТОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СНЕГОВЫХ ПРОБ В СЕРИИ ПЕРВИЧНОГО СКРИНИНГА НА РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКЕ (КРЕСС-САЛАТА (LEPIDIUM SATIVUM)

Изучен анализ токсичности снеговых проб в серии первичного скрининга на растительной клетке (кресс-салата (Lepidium sativum). Впервые определена токсичность снеговых проб в серии первичного скрининга на растительной клетке. Полученные данные позволяют расширить представления о генотоксическом действии снеговых проб на живые системы.

Ключевые слова: токсичность, первичный скрининг, снеговые пробы.

При реализации проекта используются средства государственной поддержки, выделенные в качестве гранта в соответствии с распоряжением Президента Российской Федерации от 16 марта 2009 года 160-рп.

Методы биотестирования и биоиндикации позволяют диагностировать состояние экосистемы по откликам на стрессовое воздействие извне отдельных компонентов биоты. Экологическая диагностика на уровне биотестирования и биомониторинга дает интегральную адекватную оценку качества среды обитания любой биологической популяции, включая человека.

В Омской области основную тяжесть экологической нагрузки несёт на себе областной центр, именно он определяет экологическую ситуацию в регионе.

Омск — крупнейший в России центр нефтепереработки и машиностроения. Здесь сосредоточено более 90 % промышленного потенциала области. Кроме того, город пронизан мощным потоком движущегося автотранспорта. Все это и определило место Омска в числе городов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Снежный покров отражает различные временные характеристики загрязнения атмосферного воздуха. В снежном покрове отражается текущее (за холодный период года) загрязнение атмосферного воздуха Изучение состава снежного покрова занимает значительное место, позволяя оценить масштабы химического загрязнения окружающей среды от источников выбросов в атмосферу.

На территории Омской области загрязнение снежного покрова сульфатами происходит в основном за счет выбросов сернистого газа, серной кислоты и сульфатов предприятиями Минэнерго, Миннефтихимпрома и котельными.

Среди специфических загрязняющих веществ в воздушном бассейне города важное место занимают металлы. Они содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов в атмосферу и являются индикаторами техногенного воздействия на окружающую среду. Распределение металлов в различных компонентах окружающей среды фиксируют источники загрязнения и зоны их воздействия [1 – 3].

Особую роль в оценке состояния окружающей среды играют биологические тесты. Это связано с тем, что результаты химического анализа, проводимого с помощью сложного аналитического оборудования, во многих случаях не позволяют оценить истинную опасность тех или иных загрязнителей на среду обитания, прогнозировать последствия их воздействия на живые организмы. Многообразные загрязняющие вещества, попадая в окружающую среду, могут претерпевать в ней различные превращения, усиливая при этом свое токсическое действие. По этой причине оказались необходимыми методы интегральной оценки качества среды (воды, почвы, воздуха). Огромную роль при этом играют методы биотестирования и биоиндикации.

Для оценки уровня загрязнений окружающей среды поллютантами применяют методы биотестирования с использование в качестве тест-объектов растения, отличающиеся чувствительностью к поллютантам, несложным культивированием и, что особенно важно, имеющие реакцию, сопоставимую с таковой других тест-объектов [4].

Методы биотестирования и биоиндикации позволяют диагностировать состояние экосистемы по откликам на стрессовое воздействие извне отдельных компонентов биоты. Экологическая диагностика на уровне биотестирования и биомониторинга дает интегральную адекватную оценку качества среды обитания любой биологической популяции, включая человека.

Цель: провести анализ токсичности снеговых проб в серии первичного скрининга на растительной клетке (кресс-салата (Lepidium sativum).

Научная новизна работы. Впервые определена токсичность снеговых проб в серии первичного скрининга на растительной клетке.

Практическое значение. Полученные данные позволяют расширить представления о генотоксическом действии снеговых проб на живые системы.

Материалы и методы работы

При оценке токсичности снеговых проб провели ряд опытов по биотестированию методом проростков тест-растений.

Таблица 1
Энергия прорастания тест-объекта кресс-салата (Lepidium sativum)

Вариант	Энергия прорастания
Контроль	94,0±0,57
Буферные пруды нефтезавода	81,0±0,57***
Полигон	84,0±0,57***
Красноярский тракт	95,0±0,57
площадь Ленина	89,0±0,57*
остановка «ул. Фрунзе»	91,0±0,57*
ДК «Шинник», Будеркина, 2	77,0±0,57***
Жилой комплекс «Кристалл», Архитекторов/Комарова	91,5±0,40*
Орджоникидзе, 13	93,0±0,57
парк Победы	94,5±0,57
Интернациональная, 6	86,0±0,57**
Дом творчества (дуб)	87,0±0,57***
Дом творчества (лиственница)	90,0±0,57*
Дом творчества (сосна)	90,0±0,57*
Дом творчества (береза)	90,0±0,57*
Агробиостанция	96,0±0,57
Русско-Полянский тракт, район комплекса Ясная Поляна	93,0±0,57
Подгородка	94,0±0,40

Примечание: * — p<0,05; ** — p< 0,01; *** — p< 0,001.

В качестве чувствительного организма использован кресс-салат. Lepidium sativum (кресс-салат) отличается быстрым ростом и почти стопроцентным прорастанием. Он рекомендуется для исследования почвы на вредные вещества для определения загрязнения воздуха.

Кресс-салат (Lepidium sativum) — однолетнее растение из семейства крестоцветных. Взрослое растение кресс-салата достигает 60 см высоты. Нижние листья черешковые, у курчавых сортов сильно рассечены, верхние сидячие линейные. Растение сильно ветвится в верхней части. Ветви оканчиваются многочисленными белыми цветками. Кресс-салат — перекрестноопыляющееся растение. Плод — небольшой округлояйцевидный стручок. Семена гладкие красновато-коричневого цвета. Это холодостойкая культура, оптимальная температура для ее роста около 15...18 °С. К влажности кресс-салат предъявляет умеренные требования, но хороший урожай получают только на увлажненной почве. Недостаток влаги в почве и сухость воздуха способствуют быстрому образованию побега, минуя фазу розетки. В летние жаркие месяцы растения быстро переходят к стеблеванию. Растение любит свет, особенно на ранних этапах развития, хотя хорошо растет при частичном затенении. При коротком дне кресс-салат дает продукцию лучшего качества и дольше не образует цветоносных стеблей, а при длинном дне и высокой температуре растения быстро стрелкуются. Вегетационный период его до технической спелости 15–25 дней, до созревания семян — 165 дней. Для кресс-салата наиболее пригодны легкие плодородные почвы (pH 6,5-6,8). Кресс-салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессов можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места (чашка Петри, кювета, поддона и т. п.). Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс-салата прорастают уже на третий-четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно ответить в течение 10–15 суток [5].

Всхожесть и энергия прорастания семян определялась по общепринятым методикам (ГОСТ 12039–82 и ГОСТ 12038–84).

Для биотестирования снеговых проб семена кресс-салата проращивали. Закладывались и снимались семена одновременно. Проводились опыты при комнатной температуре 20°С и естественном освещении. Наблюдения за прорастанием семян велись в течение шести дней. Семена для каждого варианта закладывали в чашки Петри, по 100 шт. в трех повторностях.

При проращивании семян в качестве подстилки использовалась фильтровальная бумага. Перед проращиванием семян фильтровальную бумагу увлажняли [5].

Результаты и их обсуждение

При сравнении токсического эффекта водных проб с контрольным вариантом (94,0 %) было установлено, что наименьшая энергия прорастания зарегистрированы в варианте ДК «Шинник», Будеркина, 2 (77,0 %) отличия от контроля достоверны и находятся на 99,9 % уровне значимости (табл. 1).

Снеговые пробы Буферные пруды нефтезавода, Полигон (81,0 и 84,0 % соответственно) также показывают высокий уровень токсичности (p< 0,001).

Снеговые пробы Площадь Ленина, Жилой комплекс «Кристалл», Архитекторов/Комарова (89,0 и 91,5 % соответственно) достоверно отличаются от контроля и показывают уровень токсичности (p<0,05). На том же уровне находятся пробы остановка «ул. Фрунзе», Дом творчества (лиственница), Дом творчества (сосна), Дом творчества (береза) (91,0; 90,0; 90,0 и 90,0 % соответственно).

Наибольшая энергия прорастания достоверно не отличимая от контроля, зарегистрирована в вариантах Красноярский тракт, Агробиостанция, (95,0 и 96,0 % соответственно). На том же, не отличимом от контрольного варианта, уровне достоверности находятся Русско-Полянский тракт, район комплекса Ясная Поляна, Подгородка (93,0 и 94,0 % соответственно).

Заключение. Таким образом, анализ полученных данных подтверждает токсическое действие снеговых проб на живые системы. Наиболее высокий уровень токсичности показали снеговые пробы, собранные ДК «Шинник», Будеркина, 2, Буферные пруды нефтезавода, Полигон (77,0; 81,0 и 84,0 % соответственно).

Библиографический список

1. Кубрина, Л. В. Особенности оценки экологического состояния территории по данным изучения снежного покрова в г. Омске [Текст] / Л. В. Кубрина, А. И. Григорьев, Е. В. Донец // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона : матер. III Межд. науч.-пр. конф. — Омск : Изд-во ОмГПУ, 2010. — С. 68—73.

2. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование [Текст] / под ред. О. П. Мелеховой и Е .Е. Егоровой. — М. : Академия, 2007. — 287 с.

3. Григорьев, А. И. Индикация состояния окружающей среды : монография [Текст] / А. И. Григорьев, ОмИПП — Омск, 2003. — 124 с.

4. Индикация состояния экосистем урбанизированных территорий Юго-Западной Сибири [Текст] / А. И. Григорьев [и др.]. — Омск, 2005. — 228 с.

5. Кубрина, Л. В. Биомониторинг урбанизированных территорий на примере города Омска. [Тест] / Л. В. Кубрина // Естественные науки и экология : ежегодник ОмГПУ. — Омск, 2010. — Вып. 14. — С. 150—153.

КУБРИНА Людмила Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и природопользования.
Адрес для переписки: email: kubrina-lyudmila@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.03.2011 г.
© Л. В. Кубрина

УДК 631.95:631.174:633/635

С. В. КУЛИКОВ
Н. А. ВОРОНКОВА

Омский государственный технический университет

Сибирский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии, г. Омск

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА КАЧЕСТВО РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Исследованиями, проведенными в длительном стационарном опыте при систематическом применении удобрений на черноземных почвах в южной лесостепной зоне Западной Сибири, установлено, что содержание нитратного азота, тяжелых металлов и остаточного количества пестицидов в зерне пшеницы, ячменя, зеленной массе люцерны не превышало предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: удобрения, нитратный азот, тяжелые металлы, пестициды, продукция растениеводства, экология, агроценоз.

Средства химизации являются основными факторами воздействия на агроэкосистему в агроландшафтах. Известно, что на почвы и растения оказывают действие не только питательные вещества удобрений, но и так называемые балластные элементы. Ряд микроэлементов в составе удобрений и других средств химизации, относимых к разряду тяжелых металлов, потенциально могут загрязнять почву, растения и грунтовые воды. Вследствие высокой биологической активности тяжелые металлы, попадая в природные среды в миграционно-активном состоянии, включаются в той или иной степени в биологический круговорот. Рост концентрации тяжелых металлов в окружающей среде способствует увеличению их содержания во всех компонентах экосистемы, передвижению по трофической цепи. Поэтому получение достоверной информации о содержании накопления их, а также выявление вклада различных источников тяжелых металлов в загрязнение агроценозов приобретают важное значение [1, 2].

Наиболее полная информация о влиянии агротехнологических факторов на экологическую сбаланси-

рованность агроценоза, и в том числе на накопление опасных соединений в сельскохозяйственной продукции, может быть получена в длительных стационарных опытах.

В связи с этим в задачи исследований входило изучение влияния систематического применения удобрений в севообороте, на качество получаемой продукции.

Для экологической оценки систем удобрения в севообороте определялось содержание нитратного азота, тяжелых металлов, остаточного количества пестицидов (ОКП) в зерне и соломе зерновых культур, а также в зеленой массе люцерны. Содержание данных веществ в урожае в связи с особой их вредоносностью, регламентируется предельно допустимой концентрацией (ПДК). Опасность превышения ее объясняется метаболизмом загрязняющих веществ в процессе питания и кормления, превращении их во вредоносные для здоровья соединения, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами.

Исследования проводились в стационарных опытах на основе зернопропашного (год закладки 1976 г.) и зернотравяного (год закладки 1987 г.) севооборотов в лаборатории агрохимии СибНИИСХ на полях ОПХ «Омское», расположенного в южной лесостепи Западной Сибири. Почва — чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусовый тяжелосуглинистый. Схемы опытов представлены в таблицах.

В настоящее время содержание нитратного азота в зерне пшеницы не регламентируется предельно допустимой концентрацией, все же нами был проведен анализ зерна на количество $N\text{-}NO_3$. Результаты исследований показали, что в зерне накапливается в среднем от 100 до 300 мг/кг нитратного азота. Влияние минеральных удобрений, внесенных непосредственно под культуру, на накопление нитратов в зерне не установлено.

Вместе с тем прослеживается достоверная зависимость содержания $N\text{-}NO_3$ в зерне пшеницы от уровня обеспеченности почвы нитратным азотом и подвижным фосфором. С увеличением количества нитратного азота в почве повышается накопление нитратов в зерне пшеницы. Максимальное количество его (более 200 мг/кг) обнаружено в зерне пшеницы возделываемой после чистого пара, мини-мальное в пшенице выращенной после кукурузы. Количественная зависимость содержания нитратов в зерне от обеспеченности почвы нитратным азотом описывается уравнением прямой регрессии: $У = 180{,}8 + 5{,}0X$, где У — содержание нитратного азота в зерне, мг/кг; X — содержание нитратного азота в почве, мг/кг.

С увеличением количества фосфора в почве накопление нитратов в зерне пшеницы снижается. Содержание нитратного азота в зерне пшеницы, находится в обратной зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором. Уравнение регрессии имеет вид: для пшеницы по пару: $У = 218{,}60 + 1{,}24X - 0{,}06X^2$, $r = -0{,}60 \pm 0{,}11$ для второй пшеницы после пара: $У = 363{,}62 - 15{,}09X + 0{,}23X^2$, $r = -0{,}84 \pm 0{,}08$ и для пшеницы по кукурузе: $У = 299{,}90 - 11{,}74X + 0{,}20X^2$, $r = -0{,}45 \pm 0{,}44$, где У — содержание нитратного азота в зерне, мг/кг; X — содержание подвижного фосфора в почве, мг/100 г.

С увеличением отношения количества подвижного фосфора к нитратному азоту в почве содержание $N\text{-}NO_3$ в зерне снижается. Уравнение регрессии имеет вид: $У = 299{,}20 - 12{,}09X + 0{,}24X^2$, $r = 0{,}74 \pm 0{,}19$, где У — содержание нитратного азота в зерне, мг/кг; X — соотношение P_2O_5 / $N\text{-}NO_3$ в почве.

Определенной закономерности накопления нитратного азота в зерне от содержания общего азота не наблюдалось.

Управляя условиями минерального питания зерновых культур за счет агротехнических приёмов (предшественник), а также приемов применения минеральных удобрений в севообороте возможно целенаправленное регулирование процессов накопления нитратного азота в зерне [3].

Исследованиями установлено, что содержание тяжелых металлов в зерне пшеницы и ячменя в пятой ротации (30 лет) севооборота показали, что в этих культурах свинца накапливается на уровне 0,30 – 0,42; кадмия 0,07 – 0,08 и цинка 2,30 – 3,00 мг/кг (табл. 1). Полученное содержание элементов значительно ниже предельно допустимой концентрации. Достоверного влияния на накопление в зерне пшеницы и ячменя тяжелых металлов при длительном систематическом ипримененении минеральных удобрений не установлено. Даже при внесении высоких доз фосфорных удобрений (в сумме за три ротации 1140 – 1290 кг/га) содержание тяжелых металлов в зерне пшеницы и ячменя было на уровне варианта без удобрений.

Содержание тяжелых металлов в зеленой массе люцерны 2-й ротации было на уровне: меди — 3,6 – 5,0 мг/кг; свинца — 0,26 – 0,31 мг/кг; кадмия — 0,02 – 0,06 мг/кг и цинка — 17,5 – 26,6 мг/кг (табл. 2). Концентрация их в растениеводческой продукции значительно ниже ПДК.

Четких закономерностей в качестве зеленой массы люцерны по содержанию тяжелых металлов от применяемых в севообороте систем удобрений не наблюдалось.

Можно лишь отметить тенденцию снижения кадмия в вариантах применения органических удобрений (навоз, солома) на всех удобренных фонах.

Зеленая масса люцерны 3-й ротации также соответствовала нормативным качественным показателям, содержания тяжелых металлов не превышало ПДК, и поэтому критерию была полностью пригодна для скармливания животным. Концентрация меди и

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в зерне пшеницы и ячменя в зависимости от удобрений, мг/кг

Вариант	Pb		Cd		Zn	
	пшеница	ячмень	пшеница	ячмень	пшеница	ячмень
Без удобрений	0,46	0,42	0,07	0,07	2,37	2,55
$N_{630}P_{1140}K_{360}$	0,34	0,41	0,06	0,07	2,70	2,27
$N_{630}P_{1290}K_{390}$	0,37	0,40	0,08	0,08	3,00	2,90
ПДК	0,50		0,10		50,0	

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в зеленой массе люцерны в зависимости от минеральных удобрений, навоза и соломы

Внесено удобрений за 1-ю ротацию севооборота	Содержание тяжелых металлов, мг/кг воздушно-сухого вещества			
	Cu	Pb	Cd	Zn
Люцерна 2-й ротации				
Без удобрений	5,0	2,7	0,46	26,6
Солома —11,8 т/га	4,9	2,9	0,46	25,4
Навоз — 60 т/га	4,2	2,6	0,46	19,1
Навоз (60 т/га) + солома (12,3 т/га)	4,6	2,7	0,27	23,8
$N_{170}P_{390}K_{170}$	3,4	3,1	0,45	17,3
$N_{170}P_{390}K_{170}$ + солома (13,4 т/га)	3,8	3,3	0,60	23,7
$N_{170}P_{390}K_{170}$ + навоз (60 т/га)	3,3	2,8	0,49	19,9
$N_{170}P_{390}K_{170}$ + навоз (60 т/га) + солома (14,4 т/га)	3,6	3,0	0,25	19,3
Люцерна 3-й ротации				
Без удобрений	0,42	0,24	0,02	4,64
Солома — 21,9 т/га	0,65	0,20	0,09	4,82
Навоз — 60 т/га	1,86	0,22	0,02	6,92
Навоз (120 т/га) + солома (22,7 т/га)	1,78	0,22	0,04	7,48
$N_{340}P_{780}K_{340}$	1,40	0,28	0,02	6,56
$N_{340}P_{780}K_{340}$ + солома (25,6 т/га)	1,28	0,26	0,04	5,60
$N_{340}P_{780}K_{340}$ + навоз (120 т/га)	1,78	0,22	0,04	7,48
$N_{340}P_{780}K_{340}$ + навоз (120 т/га) + солома (27,0 т/га)	1,50	0,28	0,03	6,90
ПДК	10,0	0,50	0,10	50,0

Таблица 3

Остаточное количество трефлана в зеленой массе люцерны 2-й ротации в зависимости от минеральных удобрений, навоза и соломы

Технология	Вариант	Остаточное количество трефлана, мг/кг воздушно-сухого вещества
(трефлан — 5,0 л/га)	$N_{28}P_{65}K_{28}$	0,18
	$N_{28}P_{65}K_{28}$ + солома	0,08
	$N_{28}P_{65}K_{28}$ + навоз	следы
	$N_{28}P_{65}K_{28}$ + навоз + солома	следы
ПДК		0,50

свинца в зеленой массе люцерны изменилась не значительно, в сравнении со вторым годом вегетации культуры, а содержание кадмия и цинка несколько снизилось.

Несмотря на двукратное увеличение суммарной нормы внесения удобрений, содержание тяжелых металлов в зеленой массе люцерны 3-й ротации существенно не изменилось по вариантам опыта. Наблюдалось снижение содержания Cu и Zn почти в три раза.

Жёсткая регламентация по содержанию химических загрязнений в сельскохозяйственной продукции касается, прежде всего, пестицидов. Пестициды являются единственным загрязнителем, который сознательно вносится человеком в окружающую среду. В этой связи возникает необходимость выявить приемы, позволяющие ускорить утилизацию и снизить концентрацию применяемых в агроценозе пестицидов в растениеводческой продукции.

Минеральное питание способствует более высокому уровню ферментативных реакций в клетке и в конечном итоге повышает устойчивость растений к негативному воздействию пестицидов.

Этим во многом объясняется меньшая токсичность гербицида для культурных растений и более высокая скорость разложения на фоне оптимального минерального питания, что незамедлительно сказывается на количестве и качестве урожая.

В зернотравяном севообороте пестициды использовали на интенсивном фоне возделывания сельскохозяйственных культур. Определение остаточного количества пестицидов (ОКП) в зеленой массе люцерны 2-го года жизни показало, что содержание трефлана (почвенного гербицида, используемого перед посевом культуры) в растениях не превышало предельно допустимой концентрации — 0,50 мг/кг (табл. 3).

Внесение органических удобрений (соломы, навоза) способствовало снижению остаточного количества трефлана в зелёной массе люцерны.

Так как обогащение почвы свежим энергетическим материалом в виде соломы, навоза с соответ-

ствующей микрофлорой, активизирует почвенную биоту, интенсифицируя тем самым процесс детоксикации гербицида в почве.

Таким образом, при длительном систематическом применении минеральных и органических удобрений в зернопаропропашном севообороте, на черноземных почвах лесостепной зоны Западной Сибири, качество получаемой растениеводческой продукции по содержанию нитратного азота, тяжелых металлов и остаточного количества пестицидов не ухудшается. Даже в вариантах с максимальными дозами применения удобрений качество продукции соответствовало всем экологическим и медицинским требованиям.

Библиографический список

1. Черников, В. А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие / В. А. Черников, Н. З. Милащенко, О. А. Соколов // Книга 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. — Пущино : ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. — 203 с.

2. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. — М. : Колос, 1996. — 354 с.

3. Ильин, С. С. Влияние удобрений на урожай культур и его качество в севооборотах разного типа / С. С. Ильин // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов : науч. тр. ; ВАСХНИЛ. — М. : Колос, 1980. — С. 160—178.

КУЛИКОВ Сергей Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), доцент кафедры физической химии Омского государственного технического университета.

ВОРОНКОВА Наталья Артёмовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), заведующая лабораторией агрохимии Сибирского НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии.

Адрес для переписки: e-mail : sibnhim@km.ru

Статья поступила в редакцию 21.03.2011 г.

© С. В. Куликов, Н. А. Воронкова

УДК 630*581.5+582.632.1

Ю. А. КУРИЛО
А. И. ГРИГОРЬЕВ
Е. В. ДОНЕЦ

Омский государственный педагогический университет

БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ КЛЕТОК ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ К СТРЕСС-ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Рассмотрены особенности изменения биоэлектрической активности у высших растений. Обсуждаются ключевые вопросы, показывающие зависимость сопротивления от экологических условий. Выявлена зависимость распространения электрического сопротивления в клетках древесных растений, в условиях нефтяного загрязнения в бассейне буферных прудов ОАО «Газпромнефть-Омский нефтеперерабатывающий завод (ОНПЗ)».

Ключевые слова: высшее растение, биоэлектрическая активность, электрическое сопротивление, экологические условия, стресс.

Эволюция привела к появлению у растений сложной системы адаптации к стрессовым условиям и изменениям окружающей среды. Практически любой внешний стимул, как-то: физическое, химическое или биологическое воздействие, воспринимается клеточными рецепторными системами, а затем кодируется в виде биохимической реакции, приводящей напрямую к адаптивному ответу, который может привести к изменению экспрессии генов. Гены индуцируют метаболические программы, направленные на обеспечение нормальной жизнедеятельности в изменившихся условиях [1]. Нефть и продукты ее распада не являются исключением, и их взаимодействие с клетками растений приводит к изменению сопротивления в клетках и, как следствие, может быть изменена экспрессия генов. Нефть и продукты ее распада можно рассматривать как сильнейший стрессор, влияющий на рост и развитие растений, произрастающих в неблагоприятных условиях [2].

Надо отметить, что понятие «стресс» впервые было введено в медицине [3], но затем стало применительно к растениям. Под стрессом понимается совокупность неспецифических реакций, протекающих на клеточном, тканевом, организменном уровнях в ответ на экстремальное воздействие среды [4]. Факторы, вызывающие стресс у растений, делят на три группы: физические стрессоры — температура, освещенность, влажность, повышенный уровень радиации, механическое воздействие. К химической группе относят — соли, газы, пестициды, металлы и т.д., к группе биологических стрессоров принадлежат возбудители болезней — грибы, бактерии, вирусы и т.д. Понятно, что не все растения в равной степени реагируют на неблагоприятные условия. Одни более подвержены, другие менее. В связи с этим растения относят к морозоустойчивым, засухоустойчивым, жароустойчивым, солеустойчивым культурам и сортам. Устойчивость к неблагоприятным факторам среды определяется способностью

Таблица 1

Зависимость электрического сопротивления от температуры окружающей среды

Модель	Фишер, F_t	Стьюдент, t_r	% регрессии	Корреляция
Г2ч	5,98157	−2,44572	28,51	−0,53394
Г2з	7,947573	−2,81914	34,63	−0,5885
Г3ч	6,318119	−2,51359	29,63	−0,5444
Г3з	6,485058	−2,54658	30,18	−0,5494
Г4ч	8,529819	−2,92059	36,25	−0,60209
Г4з	5,88306	−2,4255	28,17	−0,05308
Г5ч	10,16502	−3,18826	40,3	−0,63556
Г5з	7,772874	−2,78799	34,13	−0,58423
Г6ч	12,58218	−3,54714	45,61	−0,6754
Г6з	10,56551	−3,25046	41,32	−0,64286
А6ч	10,40296	−3,2236	40,95	−0,63994
А6з	7,791486	−2,79136	34,18	−0,58469

Таблица 2

Зависимость электрического сопротивления от влажности воздуха и уровня осадков

Модель	Фишер, F_t	Стьюдент, t_r	% регрессии	Корреляция	Корр.,w
Г2ч	2,7369	1,6543	15,43	0,3928	−0,014148
Г2з	3,87515	1,968541	20,53	0,4531	−0,18905
Г3ч	2,71443	1,647553	15,32	0,3915	−0,1918
Г3з	3,89146	1,97268	20,6	0,4538	−0,1521
Г4ч	1,72549	1,31358	10,31	0,3211	−0,2499
Г4з	4,38796	2,094747	22,63	0,4757	−0,1383
Г5ч	1,90576	1,380496	11,2728	0,33575	−0,2835
Г5з	1,836941	1,355338	10,91	0,3303	−0,2394
Г6ч	2,36204	1,536894	13,6	0,3688	−0,2308
Г6з	3,99053	1,997633	21,01	0,4584	−0,2073
А6ч	2,9656	1,722092	16,51	0,4062	−0,2645
А6з	3,64788	1,909927	19,56	0,442	−0,210

растения сохранять такой ход физиологического процесса, который не вызывает существенного нарушения в их согласованности. Воздействие стрессового фактора на растения вызывает появления электрических сигналов (импульсов), но надо иметь в виду, что у растений нет центральной нервной системы, откуда управляющие сигналы после поступления информации о раздражителе направляются к различным органам. У растений существуют электрические сигналы — первый потенциал действия (ПД) — первая реакция на раздражитель, вариабельный потенциал (ВП) — возникает при действии весьма сильного раздражителя, и еще выделяют потенциал покоя (ПП) [5–7]. ПД в растениях сам несет в себе возможность непосредственного влияния на функции органов и тканей, по которым он распространяется, вызывая изменения электрического сопротивления клеток и тканей. Это связано, прежде всего, с тем, что при прохождении сигнала по данному участку ткани или в месте, до которого он дошел, сильно меняется ионный состав, в особенности содержание ионов калия и хлора, которые выходят из возбудимых клеток при генерации импульса. При этом следует иметь в виду, что возникновение электрического сигнала и изменения электрического сопротивления в ответ на действие внешнего раздражителя неспецифично, то есть самые разные воздействия вызывают, как правило, однотипную электрическую реакцию. Кроме того, электрические сигналы носят и предупреждающий характер – временное повышение устойчивости органов и тканей растений к неблагоприятному воздействию. Это временное повышение устойчивости носит неспецифический характер и может рассматриваться как своеобразная передадаптация. Она служит как бы подготовкой к глубокой адаптации. Таким образом, растения, произрастая в естественных природных условиях, так или иначе реагируют на возникающие внешние раздражители.

Целью настоящей работы было выявить, как изменяется электрическое сопротивление в высших растениях (на примере березы повислой) при действии на него химического стрессора (продуктов нефтяного распада).

На первом этапе исследования (2009 г.) мы рассмотрели, как изменяется уровень сопротивления в древесине березы повислой (Betula pendula Roth) при влиянии физических стрессоров (на примере абиотических факторов — температуры воздуха, влажностью воздуха) в условиях нефтяного загрязнения. Объектом исследования служили деревья березы повислой, выращенные при естественных условиях

на территории буферных прудов ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ». При регистрации сопротивления оценивали распространения сигнала с двух противоположных сторон (с чистой — отсутствие нефтяного загрязнения, с загрязненной — с нефтяным загрязнением).

Условно обозначили, что модель группы «А» — интенсивное сплошное нефтяное загрязнение, на данном участке густой сомкнутый древостой. Модели группы «Г2», «Г3», «Г4», «Г5», «Г6» — интенсивное одностороннее нефтяное загрязнение, у бровки котлована, заполненного нефтью, на этом участке древостой формировался разреженно.

По результатам статистического анализа зависимости сопротивления от температуры воздуха было установлено, что по критериям Фишера и Стьюдента данная зависимость является достоверной ($F_r > F_t$, $t_r < t_t$), расчет вели с вероятностью 0,05; степень свободы = 2, получили результаты $F_t = 3{,}68232$, $t_t = 2{,}131$. Согласно данным критериям, должно выполняться условие: $F_r > F_t$, $t_r < t_t$. Проведя анализ, мы выявили, что зависимость сопротивления от температурного параметра во всех группах значима (табл. 1) и соответствует приведенному условию. Можно говорить о том, что уровень температуры сказывается на уровне сопротивления в древесине высших растений, кроме того, необходимо отметить, что сопротивления, измеренные со стороны нефтяного загрязнения, выше, чем то сопротивление, которое измерено у этих же моделей, но с чистой стороны. То есть температурный фактор занимает одно из ведущих мест, оказывающих влияние на сопротивление клеток растений. Это обусловлено тем, что растения относятся к числу организмов, собственная температура которых в подавляющем большинстве случаев определяется условиями внешней среды. С понижением температуры воздуха (октябрь—ноябрь) период подготовки растений к зиме мы наблюдаем увеличение сопротивления во всех группах. Подготовка растений к приобретению свойств морозостойкости определяется, прежде всего, глубоким снижением интенсивности жизненных процессов при прекращении вегетации. Снижение интенсивности сопровождается обособлением цитоплазмы, связанных с ослаблением метаболической связи между клетками, накоплением высокомолекулярных нерастворимых неорганических соединений. Одновременно в тканях возрастает относительное содержание прочносвязанной воды, идущее параллельно снижению общей оводненности, и количество свободной воды, необходимой для протекания активных жизненных процессов, и как результат — уменьшение подвижности элементов минерального питания [8]. Высокий уровень сопротивления в тканях древесных растений будет сохраняться до начала весеннего периода развития. В летний период, когда температура воздуха повышается, наблюдается незначительное снижение сопротивления в пасмурную погоду. При естественных условиях, как правило, растения подвергаются губительному воздействию высоких температур, постепенно и практически параллельно происходит медленное обезвоживание тканей, вследствие чего сопротивление электрическому току возрастает [9]. Температура — абиотический фактор, оказывающий существенное угнетающее влияние на многие аспекты жизнеспособности растений, причем данный фактор в естественных условиях рассматривается в комплексе с другими факторами, например, с влажностью воздуха [10].

Корреляционная зависимость между уровнем сопротивления и влажностью воздуха окружающей среды показала прямую зависимость между рассматриваемыми показателями, т.е. при увеличении влажности воздуха сопротивление возрастает. Исходя из условия $F_r > F_t$, $t_r < t_t$, мы проводили расчеты по критериям с вероятностью 0,05; 0,1; 0,2. При расчете F_t и t_t получили следующие данные: вероятность 0,05, $F_t = 3{,}68$, $t_t = 2{,}302$; вероятность 0,1, $F_t = 2{,}695173$, $t_t = 1{,}75305$. Анализируя расчеты, полученные при статистической обработке, видно, что во всех группах при измерении сопротивления с двух сторон идет полное соответствие, согласно приведенным выше критериям (табл. 2).

Таким образом, можно говорить, что при проведении биофизических исследований высших растений необходимо учитывать биотические и абиотические факторы, влияющие на распределение сигналов сопротивления, являющегося основной характеристикой биоэлектрических потенциалов, необходимо также учитывать физиологические особенности растений и техногенные условия их произрастания. Поскольку наши исследования проходили в естественных условиях, то рассматривалось комплексное влияние абиотических факторов (температуры, влажности) на изменения уровня сопротивления березы повислой. Следовательно, нефть и продукты ее распада также влияют на электросопротивление в древесине ствола деревьев. С целью подтверждения и более строгого обоснования данного вывода были исследованы изменения биоэлектрического сопротивления березы повислой при различных количественных воздействиях химического (нефтяного) стрессора. Исследования проводили на приведенной выше экспериментальной площадке на березе повислой [11]. Для анализа использовали три группы моделей по три растения в каждой. Опыт был заложен в первой декаде мая 2010 г. Под кроны первой группы (В) была внесена сырая нефть в количестве 3,68 кг, под вторую группу (Б) — 1, 84 кг. Модели третьей группы (А) — произрастают в естественных техногенных условиях. Все условия измерений были проведены аналогичным методом и прибором используемыми при ранних исследованиях [12, 13]. Для более высокой достоверности результатов исследования измерения проводили с двух противоположных сторон на уровне древесины. Проведя однофакторный дисперсионный анализ, можно отметить, что уровень среднего сопротивления выше во второй группе, что связано, возможно, с односторонним поступлением химических элементов распада нефти, которые поглощаются корнями через почву, и тем самым производят перераспределение движения электрических сигналов внутри клеток и тканей, идет увеличение сопротивления. Возникает адаптивная реакция растения на внешний раздражитель. Изначально сопротивление в первой и в третьей группах было равным, затем, по мере поглощения корнями продуктов нефти, оно стало меняться в сторону увеличения. Корреляционный анализ показал прямую зависимость уровня сопротивления от количества продуктов нефтяного распада. Было установлено, что по критериям Фишера и Стьюдента данная зависимость является достоверной ($F_r > F_t$, $t_r < t_t$), По критериям Фишера (F_t) и Стьюдента (t_t) расчет вели с вероятность 0,05; степень свободы = 2, получили результаты $F_t = 4{,}102821$, $t_t = 2{,}228139$. Проведя анализ, мы выявили, что зависимость сопротивления от продуктов нефтяного распада во всех группах значима и соответствует приведенному условию. Зависимость от данного фактора по регрессионному анализу составляет в первой группе до 95 %, во вто-

рой — до 66 %. Можно говорить о том, что продукты нефтяного распада существенно влияют на сопротивление в древесине ствола деревьев березы.

В целом, в ходе проведенного исследования установлено, что заведомо не одинаковые стресс-воздействия, влияя на биоэлектрическую активность клеток в прикамбиальной зоне древесных растений, вызывают вполне закономерные, поэтапные изменения, которые сходны по характеру действия. Поскольку биоэлектрическое сопротивление играет важную роль в жизнедеятельности растительных клеток, то его уместно рассматривать в качестве биофизического показателя для оценки роста и развития древесных растений в условиях нефтяного загрязнения.

Библиографический список

1. Демидчик, В. В. Система усиления стрессовых сигналов на плазматической мембране растительной клетки / В. В. Демидчик // Материалы III Международной научной конференции. — Минск, 2008. — С. 34—38.

2. Донец, Е. В. Исследование адаптации хвойных лесообразующих видов древесных растений к нефтяному стрессу / Е. В. Донец, А. И. Григорьев // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. — Омск : Изд-во ОмГПУ, 2010. — С. 46—49.

3. Селье, Г. На уровне целого организма / Г. Селье. — М., 1972. — 122 с.

4. Пахомова, В. М. Основные положения современной теории стресса и неспецифический адаптационный синдром у растений / В. М. Пахомова // Цитология. —1995. —Т. 37. — № 1—2. — С. 66—91.

5. Опритов, В. А. Анализ роли электрической активности клеток высшего растения в развитии адаптационного синдрома при охлаждении / В. А. Опритов, С. С. Пятыгин, В. О. Крауз // Физиология растений. — 1993. —Т. 40. — № 4, — С. 619—626.

6. Пятыгин, С. С. Распространяющиеся электрические сигналы в растениях / С. С. Пятыгин // Цитология. — 2008. — Т. 50. — № 2. — С. 154—159.

7. Пятыгин, С. С. Влияние температуры на способность возбудимых клеток высшего растения генерировать ритмически повторяющиеся потенциалы действия / С. С. Пятыгин, В. А. Опритов // Биоэлектрическая активность и мембранный транспорт у растений : сб. науч. тр. — Горький : Горьк. ун-т., 1987. — С. 5—12.

8. Рябчун, О. П. Диагностика морозостойкости винограда по импедансу тканей лозы / О. П. Рябчун, В. В. Исаенко, И. Я. Осадчий // Методы оценки устойчивости растений неблагоприятным условиям среды. — Л, 1976. — С. 184—190.

9. Ивакин, А. П. Оценка жароустойчивости овощных культур по электрическому сопротивлению тканей / А. П. Ивакин // Методы оценки устойчивости растений неблагоприятным условиям среды. — Л, 1976. — С. 83—86.

10. Пятыгин, С. С. Деполяризация плазматической мембраны как универсальная первичная биоэлектрическая реакция растительных клеток на действие различных факторов / С. С. Пятыгин, В. А. Воденеев, В. А. Опритов // Успехи современной биологии. — 2006. — Т. 126. — № 5. — С. 492—501.

11. Донец, Е. В. Влияние нефтяного загрязнения на биофизические параметры проростков ели сибирской / Е. В. Донец, Ю. А. Курило // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона : материалы II Международ. науч.- практ. конф. — Омск : Изд — во ОмГПУ, 2008. — С. 41—44.

12. Курило, Ю. А. Методические особенности исследования электропроводности у древесных растений / Ю. А. Курило, А. И. Григорьев, Е. В. Донец // Естественные науки и экология. Ежегодник. Вып.13 : межвуз. сб. науч. трудов. — Омск : ОмГПУ, 2009. — С. 66—71.

13. Курило, Ю. А. Исследование омического сопротивления сосны обыкновенной в период вегетации / Ю.А. Курило // Экология России и сопредельных территорий : материалы XIV Международной экологической конференции. — Новосибирск : Изд-во Новосибирский гос. ун-т, 2009. — С. 45—46.

КУРИЛО Юлия Анатольевна, старший преподаватель кафедры технологии и методики преподавания технологии, аспирант кафедры экологии и природопользования.

ГРИГОРЬЕВ Аркадий Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования.

ДОНЕЦ Евгения Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования.

Адрес для переписки:e—mail: rehbkjltvf@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20.09.2010 г.

© Ю. А. Курило, А. И. Григорьев, Е. В. Донец

Книжная полка

Калыгин, В. Г. Промышленная экология [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. Г. Калыгин. — 4-е изд., перераб. — М. : Академия, 2010. — 431 с. — ISBN 978-5-7695-5189-5.

Рассмотрены вопросы экологии разных отраслей промышленности, приоритетные принципы формирования экологически безопасных и энергосберегающих технологий обезвреживания отходов (газообразных, жидких и твердых). Приведена методика анализа влияния технических параметров процессов и аппаратов (машин) на условия образования вредных выбросов в атмо-, лито- и гидросферу; обсуждаются экологические основы устойчивого функционирования промышленных и коммунально-городских объектов в чрезвычайных ситуациях и направления эволюции систем предварительной подготовки и вторичной переработки отходов.

Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Текст] : учеб. для вузов / С. В. Белов. — М. : Юрайт, 2010. — 670 с. — ISBN 978-5-9916-0171-9. — ISBN 978-5-9692-0878-0.

Изложены вопросы возникновения учений о безопасности жизнедеятельности человека и защите окружающей его среды. Рассмотрены теоретические основы учения о человеко- и природозащитной деятельности, описаны современный мир опасностей (естественных, антропогенных, техногенных и др.) и проблемы техносферной безопасности. Подробно раскрыты вопросы защиты человека и природы от различных видов опасностей.

УДК 574:613:616.326:546.23:614.26

А. В. СИНДИРЕВА
Н. А. ГОЛУБКИНА

Омский государственный аграрный университет

Научно-исследовательский институт питания РАМН, г. Москва

ОЦЕНКА СЕЛЕНОВОГО СТАТУСА ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Установлена обеспеченность селеном жителей 32-х районов Омской области по показателю содержания элемента в сыворотке доноров крови. Интервал наблюдаемых концентраций составил 73—116 мкг/л. Показаны значительные различия в коэффициенте концентрирования селена растениями в зависимости от типа почвы. Обсуждаются наиболее перспективные пути оптимизации селенового статуса населения.

Ключевые слова: Омская область, селеновый статус, дефицит, коррекция, экологическая оценка.

Селен является одним из важнейших элементов, участвующих в процессах энергообмена, предотвращения избыточного образования активных форм кислорода и обезвреживания их. Известно, что уровень обеспеченности селеном населения тесно связан с показателями здоровья. Так, широкомасштабное исследование влияния повышенного потребления селена на частоту случаев онкологических заболеваний подтвердило защитный эффект органического селена от рака легких, предстательной железы, прямой кишки [1]. Омская область является регионом, где уровень смертности от рака населения превышен по сравнению со среднестатистическими показателями для России. Кроме того, отмечена тенденция роста количества случаев онкологических заболеваний за последние несколько лет. Поскольку рядом исследователей установлена прямая зависимость между величиной обеспеченности селеном и снижением риска возникновения и развития кардиологических и онкологических заболеваний [2], представляется необходимой оценка селенового статуса территории Омской области.

Целью настоящей работы было определение селенового статуса территории Омской области с учетом геохимических условий его содержания в системе почва — растение — животное.

Образцы сыворотки доноров крови (n = 637) получены в 32-х районных станциях переливания крови Омской области в период 01.2010 — 07.2010. Образцы сыворотки отбирали в полиэтиленовые пробирки и хранили при −4 °С до начала проведения анализа. В работе также использовали образцы мяса (говядина) из 14 районов (n = 42), образцы 31 типа, подтипа почвы (n = 94), характерных для Омской области, а также отдельные виды растений: кострец, овес, пшеница, рапс (зеленая масса), клевер, мышиный горошек и вьюнок. Все указанные образцы высушивали до постоянной массы: мясо и почву — при 90 °С, растения — при комнатной температуре, и затем гомогенизировали. Отбор образцов почвы осуществляли на глубине 0 — 20 см.

Содержание селена устанавливали флуориметрически (Alfthan, 1984). В качестве референс-стандартов использовали лиофилизованную мышечную ткань (сельскохозяйственный центр Финляндии), а также лиофилизованную сыворотку крови (Национальный институт здравоохранения, Хельсинки) с регламентированным содержанием селена 394 мкг/кг и 83 мкг/л соответственно. По окончании исследования полученные данные подвергали статистической обработке.

Известно, что на аккумуляцию селена, в т.ч. в условиях Омской области, влияют климатические условия, тип водного режима, свойства самой почвы: ее гумусированность, карбонатность, гранулометрический состав, реакция среды. Существует определенная связь содержания селена с почвенной зональностью. По природным условиям Омская область разделяется на три зоны: северную (южная тайга), лесостепную и степную. Каждая их этих зон характеризуется определенным типом почв. В своей работе мы исследовали содержание селена в характерных почвах для каждой географической зоны. Наши исследования показали, что исходя из среднего валового содержания селена (мг/кг) основные типы почв Омской области можно расположить в следующий ряд: чернозем (0,342) > лугово-черноземная (0,326) > серая лесная (0,270) > подзолистая (0,233) > дерновая (0,152). В целом содержание валового селена изменяется от 0,118 до 0,506 мг/кг (табл. 1).

Для оценки уровня обеспеченности почвы селеном приняты следующие пороговые значения концентрации микроэлемента: менее 125 мкг/кг — область селенодефицита; 125 — 175 мкг/кг — маргинальная недостаточность; 175 — 3000 мкг/кг — область оптимума; более 3000 мкг/кг — область избытка. Исходя из этих пороговых значений, можно констатировать, что для всех типов почв Омской области содержание селена соответствует условной области оптимума. Только отдельные почвы северной зоны (Муромцевский и Тарский район) находятся в зоне маргинальной недостаточности.

На содержание селена в растениях влияет комплекс факторов, среди которых следует отметить биологические особенности культуры и эдафические факторы, влияющие на доступность элемента.

Наши исследования свидетельствуют о разной биодоступности селена в растениях, произрастающих на разных типах почвы (табл. 2).

По содержанию селена в растениях, основные типы почв можно расположить в следующий ряд:

Таблица 1

Валовое содержание селена в основных типах и подтипах почв Омской области

Почва	Содержание селена, мг/кг	Lim
Дерновая	0,152± 0,034	0,118 – 0,198
Глубокодерновая	0,133± 0,015	
Среднедерновая	0,188± 0,010	
Дерново-глеевая	0,118± 0,033	
Подзолистая	0,233± 0,049	0,163 – 0,292
Дерново-подзолистая	0,253± 0,019	
Глубокоподзолистая	0,195± 0,015	
Серая лесная	0,27± 0,077	0,175 – 0,348
Светло-серая	0,244± 0,017	
Темно-серая	0,348± 0,024	
Лугово-черноземная	0,326± 0,091	0,221 – 0,458
Чернозем	0,342± 0,125	0,214 – 0,506
Обыкновенный	0,435± 0,043	
Выщелоченный	0,286± 0,018	
Оподзоленный	0,214± 0,022	
Солонец Лугово-черноземный	0,261± 0,118	0,176 – 0,396

Таблица 2

Содержание селена в растениях, произрастающих на различных типах почв Омской области

Тип почвы	Содержание в растении, мг/кг		Коэффициент накопления (Se растения/Se почвы)	
	M±SD	Lim	M±SD	Lim
Дерново-подзолистая	0,073±0,036	0,023 – 0,128	0,28±0,14	0,1 – 0,49
Дерновая	0,089±0,013	0,081 – 0,108	0,41±0,14	0,26 – 0,61
Светло-серая лесная	0,061±0,035	0,031 – 0,142	0,25±0,15	0,1 – 0,58
Темно-серая лесная	0,077±0,027	0,056 – 0,107	0,22±0,08	0,16 – 0,31
Лугово-черноземная	0,059±0,026	0,032 – 0,103	0,27±0,15	0,12 – 0,50
Чернозем выщелоченный	0,103±0,018	0,077 – 0,118	0,36±0,06	0,27 – 0,41
Чернозем обыкновенный	0,078±0,032	0,032 – 0,099	0,155±0,06	0,06 – 0,19
Солонец лугово-черноземный	0,079±0,047	0,029 – 0,167	0,32±0,25	0,07 – 0,77
Среднее значение	$\frac{0,175-0,506}{0,288\pm0,096}$	$\frac{0,029-0,167}{0,073\pm0,033}$	$\frac{0,07-0,77}{0,28\pm0,16}$	$\frac{5,9-10,3}{7,74\pm1,42}$

чернозем выщелоченный > дерновая > солонец лугово-черноземный > чернозем обыкновенный > темно-серая лесная > дерново-подзолистая > светло-серая лесная > лугово-черноземная.

Обобщенная оценка содержания селена в различных видах растений показала, что по способности накапливать элемент растения можно расположить в следующий ряд: вьюн > мышиный горошек > рапс > клевер >кострец > овес > пшеница.

В связи с широко развитым сельским хозяйством Омской области, где около 67,50 % территории занято землями сельскохозяйственного назначения, импорт продуктов питания, по-видимому, оказывает малое влияние на селеновый статус жителей по сравнению с влиянием биогеохимических характеристик среды. Оценка отдельных звеньев пищевой цепи переноса селена в условиях Омской области выявила вариации в содержании селена как в почве, так и в растениях и мясе сельскохозяйственных животных.

Содержание селена в образцах говядины находилось в интервале концентраций 223-543 мкг/кг сухой массы. Между содержанием селена в мясе крупного рогатого скота и уровнем селена в сыворотке крови жителей установлена прямая корреляция ($r = +0,66$, $P<0,005$) (рис. 1).

Средние показатели концентрации селена варьировали между районами от 73 до 116 мкг/л при величине медианы 92 мкг/л. Наиболее высокий уровень обеспеченности селеном установлен для жителей Азовского района, наименьший — для Муромцевского и Тарского (табл. 3). Индивидуальные различия составили интервал концентраций 44 – 160 мкг/л (рис. 2). Доля лиц с уровнем селена менее 80 мкг/л достигала 22,1 %, а более 115 мкг/л не превышала 10,4 %.

Географическое распределение уровней обеспеченности селеном населения исследуемого региона позволяет выделить: 1) северо-восточные районы —

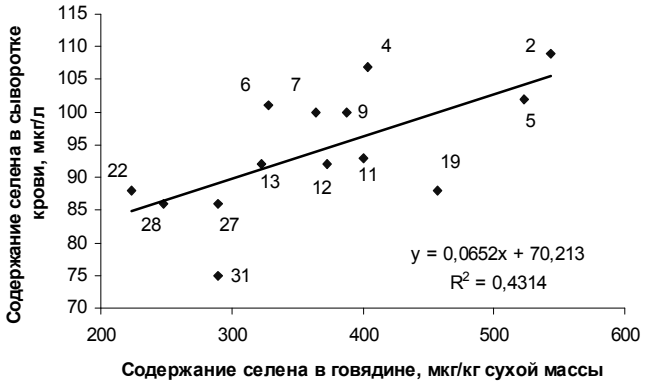

Рис. 1. Зависимость содержания селена в сыворотке крови человека от содержания селена в мясе сельскохозяйственных животных (Примечание: на графике показаны номера административных районов, соответствующие нумерации, представленной в табл. 3)

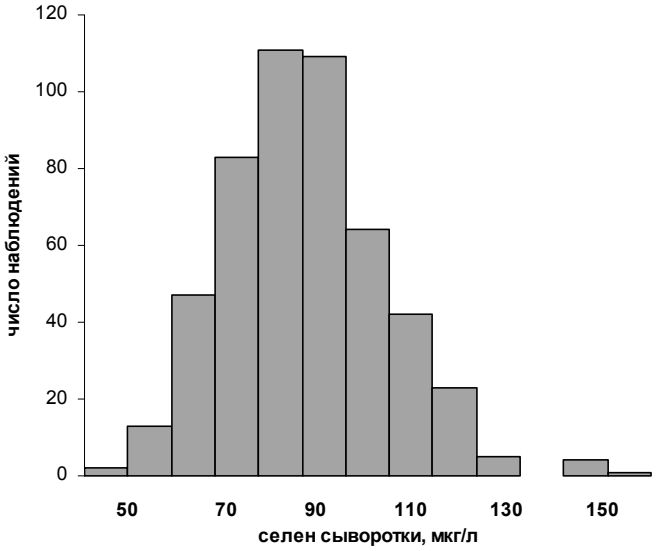

Рис. 2. Гистограмма содержания селена в сыворотке крови жителей Омской области

значительный недостаток потребления селена (Муромцевский и Тарский районы), 2) расположенные на западе районы — маргинальной недостаточности со средними концентрациями селена в сыворотке крови жителей от 80 до 88 мкг/л и 3) территории со сравнительно высокой обеспеченностью селеном (от 89 до 116 мкг селена/л сыворотки крови), расположенные на юго-востоке.

Показательно, что ввиду разнообразия типов почв в Омской области корреляция между селеном сыворотки крови жителей и валовым содержанием микроэлемента в почве отсутствует. Среди обследованных районов Омской области только Муромцевский отличался одновременно низким содержанием селена и в почве, и в сыворотке крови человека (табл. 1 – 3).

Рассматривая показатели селенового статуса жителей Омской области обращает внимание значительная вариабильность средних величин: от 73 – 75 мкг/л сыворотки крови на северо-востоке до 116 мкг/л на юге. Такая мозаичность селенового статуса характерна в целом для России.

По показателю медианы содержания селена в сыворотке крови жителей Омская область занимает в этом ряду 3-е место вместе с Томской областью [3]. Однако на настоящее время низкие уровни обеспеченности селеном (менее 75 мкг/л сыворотки крови) выявлены только в Омской области (табл. 4).

Сходство геохимических характеристик Омской и соседних Новосибирской [4] и Томской областей предполагает более обширное распространение невысокого селенового статуса населения в Западной Сибири. В частности, зонами риска могут оказаться соседние с Муромцевским и Тарским районами Омской области районы Новосибирской и Томской областей. Тем не менее окончательная оценка возможна лишь после проведения подробного эпидемиологического исследования.

Поскольку уровень обеспеченности населения селеном имеет положительную и тесную корреляцию с показателями здоровья, необходим поиск наиболее эффективных и безопасных путей оптимизации селенового статуса населения. Использование селенсодержащих удобрений, а также селенобогащенных премиксов в корм скоту и птице, по-видимому, следует считать наиболее рациональным путем оптимизации селенового статуса жителей Омской области, как сельскохозяйственного района. Оба эти пути оказываются наиболее эффективными и безопасными, потому что, во-первых, обеспечивают поступление в организм человека хорошо усваиваемых природных форм селена и, во-вторых, исключают

Таблица 3

Содержание селена в сыворотке крови жителей Омской области, мкг/л

№ на карте	Район	n	M±SD	Интервал концентраций
1	Азовский немецкий национальный р-н	18	116±12	90–153
2	Одесский	17	109±27	55–160
3	Москаленский	20	108±13	87–137
4	Горьковский	16	107±20	82–152
5	Большереченский	15	102±23	74–133
6	Таврический	15	101±17	63–133
7	Нововаршавский	18	100±18	71–158
8	Оконешниковский	15	100±11	83–128
9	Черлакский	16	100±21	44–150
	Г. Омск женщины мужчины	 60 30 30	 99±15 121±21 95±14	 76–128 72–169 87–142
10	Саргатский	18	94±14	72–121
11	Шербакульский	21	93±14	70–130
12	Тевризский	22	92±13	67–139
13	Седельниковский	17	92±12	64–114
14	Нижнеомский	18	91±12	64–125
15	Русско-Полянский	20	90±16	61–128
16	Колосовский	15	91±16	65–125
17	Павлоградский	14	89±12	66–113
18	Любинский	16	88±15	72–119
19	Омский	17	88±15	63–119
20	Знаменский	27	88±11	64–108
21	Калачинский	14	88±11	63–111
22	Усть-Ишимский	25	88±11	60–109
23	Большеуковский	21	88±10	70–128
24	Крутинский	19	87±13	58–124
25	Полтавский	17	87±13	60–114
26	Кормиловский	17	86±12	61–114
27	Называевский	22	86±12	53–103
28	Исилькульский	20	86±11	71–111
29	Тюкалинский	17	84±11	64–113
30	Марьяновский	19	80±16	58–112
31	Тарский	16	75±11	51–102
32	Муромцевский	16	73±10	56–94
Среднее		**637**	**92 ±8**	**44–160**

Таблица 4

Показатели селенового статуса отдельных населенных пунктов соседних с Омской областью регионов (по данным Н. А. Голубкиной, Т. Т. Папазяна)

Регион	Город	N	Se сыворотки крови M±SD	Интервал концентраций
Новосибирская обл.	Новосибирск	20	116±11	85–144
Красноярский край	Норильск	40	102±10	92–107
Томская обл.	Томск	25	92±13	73–116
Тюменская обл.	Сургут	30	84±14	60–125

возможность токсикозов у населения при передозировках, поскольку растения и животные в этом случае выполняют роль своего рода буфера. При этом необходимо нормирование содержания селена в системе почва — растение — животное с учетом конкретных биогеохимических условий региона.

Библиографический список

1. Clark L.C., Combs JGF, Turnbull B.W. et al The Nutritional Prevention of Cancer with selenium 1983—1993; a Randomized Clinical Trial // J. Am. Med. Ass., 1995. — Vol. 276. — P. 1957—1963.

2. Levy J. B., Jones H.W, Gordon A.C. Selenium deficiency, reversible cardiomyopathy and short-term intravenous feeding // Postgraduate Medical J., 1994. — Vol. 70. — P. 235—236

3. Голубкина, Н. А. Селен в питании: растения, животные, человек / Н. А. Голубкина. — М. : Изд-во Печатный город, 2006. — 254 с.

4. Полосина, А. В. Селен в почвообразующих породах и почвах Новосибирской области / А. В. Полосина // Сибирской экологический журнал. — 2009. — Т. 2. — С. 293—297.

СИНДИРЕВА Анна Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и биологии Омского государственного аграрного университета.
ГОЛУБКИНА Надежда Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии НИИ питания РАМН, г. Москва.
Адрес для переписки: e-mail: sindireva72@mail.ru

Статья поступила в редакцию 07.04.2011 г.
© А. В. Синдирева, Н. А. Голубкина

УДК 504.406.(1/9)

С. Б. ЧАЧИНА

Омский государственный технический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ: ЭЙХОРНИИ, РЯСКИ МАЛОЙ И ВАЛЛИСНЕРИИ СПИРАЛЕВИДНОЙ ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ОНПЗ»

Изучена аккумуляционная способность высших водных растений — эйхорнии, ряски малой, валлиснерии спиралевидной. Впервые проведена сравнительная характеристика высших водных растений по способности извлекать из сточных вод и аккумулировать фосфаты, фенол, соединения азота, СПАВ, хлориды, сульфаты и нефтепродукты. Данные исследований могут применяться для создания биологических прудов и использования для доочистки городских и промышленных сточных вод высших водных растений.

Ключевые слова: сточные воды, доочистка сточных вод, высшие водные растения.

В сточных водах, образующихся на современных предприятиях, преобладают примеси, которые не относятся к категории сильно токсичных: хлориды, сульфаты, нитраты и фосфаты натрия, калия, кальция, аммония, магния, железа, меди, органические продукты, взвешенные вещества, нефтепродукты, СПАВ, масла и т.д. Сточные воды нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств, кроме растворенных органических и неорганических веществ, могут содержать коллоидные примеси, а также взвешенные вещества, плотность которых может быть больше или меньше плотности воды.

Основными загрязнителями сточных вод ОНПЗ являются нефтепродукты и фенолы. ПДК нефтепродуктов в водоемах питьевого и рыбохозяйственного назначения составляет 0,1 мг/м^3, фенола — 0,25 мг/м^3.

Поэтому актуальным является вопрос очистки сточных вод от этих загрязнений. Норматив содержания нефтепродукта в промстоках 1,2 систем на выходе с установок, без предварительных очисток составляет 2500 мг/м^3. На заводе применяются методы очистки: механическая, флотация и биологическая, но они не дают высокой степени очистки.

Одним из способов доочистки сточных вод от биогенных веществ является использование высшей водной растительности (ВВР) — макрофитов (тростник, камыш, уруть, ряска). Способность ВВР к накоплению, утилизации, трансформации многих загрязняющих веществ делает их незаменимыми в общем процессе самоочищения водоёмов [1].

Все это определило основную **цель исследования**: изучить способность высших водных растений аккумулировать фосфаты, фенол, соединения азота,

СПАВ, хлориды, сульфаты и нефтепродукты из сточных вод ОАО «Газпромнефть ОНПЗ».

Научная новизна работы. Впервые изучена аккумуляционная способности и проведено сравнение эффективности высших водных растений эйхорнии, ряски малой, валлиснерии спиралевидной в качестве методов доочистки нефтесодержащих сточных вод.

Практическое значение. Выявлен видовой состав высших водных растений, перспективных для доочистки городских сточных вод ОАО «Газпромнефть ОНПЗ».

Материал и методы исследования. Объектами исследования являлись высшие водные растения, способные аккумулировать токсичные соединения: валлиснерия спиралевидная — *Vallisneria spiralis*, эйхорния, или водный гиацинт — *Eichornia crassipes*, ряска малая — *Lemna minor.*

Валлиснерия спиралевидная *(Vallisneria spiralis)* — настоящее водное растение, приспособленное к жизни в реках и озерах. Это растение с длинным тонким ползущим корневищем. В России (на Нижнем Дону и Нижней Волге, в Предкавказье и на Дальнем Востоке) произрастает один вид — валлиснерия спиралевидная (Vallisneria spiralis) [2].

Эйхорния, или водный гиацинт *(Eichornia crassipes).* Надводная часть его состоит из листьев и цветка, напоминающего гиацинт. С помощью корневой системы и контактирующих с водой листьев растение усваивает из воды неорганический углерод карбонатов, минеральные соли, низкомолекулярные углероды, аминокислоты и другие вещества. Эйхорния способна поглощать все лишнее, что загрязняет воду: нефтепродукты, фенолы, сульфаты, фосфаты, хлориды, нитраты, СПАВ, щелочи, тяжелые металлы. И при этом эффективно очищает водоемы, сточные воды промышленного, хозбытового, животноводческого и т. п. происхождения. Улучшает БПК и ХПК. Уничтожает патогенные микроорганизмы гнилостного ряда, нормализует общее микробное число и Коли-индекс. Есть опыт применения этого растения для очистки реки Темерник (г. Ростов-на-Дону) [3].

Ряска малая *(Lemna minor).* Это небольшое растение, плавающее на поверхности или в толще воды, состоящее из листовидных стеблей, скрепленных по несколько штук между собой, от которых темно-зеленого цвета 0,5—1 см в диаметре отходит единственный короткий нитевидный корешок. Растение содержит антоцианы, флавоноиды, соли меди, брома, железа, ванадия, кальция, кремния, следы радия, 25 % протеина, незначительное количество аскорбиновой кислоты, йод, бром. Это растение очищает водоёмы от углекислоты и снабжают кислородом, служит кормом для рыб и защиты от солнечных лучей. Ряску применяют для очистки воды, так как листецы извлекают из нее и запасают азот, фосфор, калий поглощает углекислый газ и обогащает воду кислородом. На присутствие загрязняющих веществ ряска реагирует изменением листеца и поэтому может использоваться как индикаторный организм [4].

Исследования проводились в период с 2009 по 2010 г. В процессе исследований изучалась эффективность методов очистки нефтесодержащих сточных вод ОАО «Газпромнефть ОНПЗ» и методов доочистки с использованием высших водных растений — эйхорнии, валлиснерии, ряски. Процесс контролировали по следующим показателям: pH, содержанию взвешенных веществ, сухого остатка, содержанию фосфатов (фосфора), фенола, азота общего, азота аммонийного, ХПК, БПК, хлора, СПАВ, нефтепродуктов. Показатели определяли по утвержденным методикам.

Была проведена оценка эффективности доочистки сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» с использованием эйхорнии, валлиснерии, ряски по физическим показателям.

Нами было отобрано четыре пробы сточных вод с ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»: 1 — вход на радиальные отстойники, 2 — выход с радиальных отстойников, 3 — выход сфлотаторов, 4 — выход с биологической очистки. Для сравнения с выше указанным методом фильтрации нами предложены методы доочистки (фильтрации) — доочистка сточных вод водными растениями эйхорния (проба № 5), валлиснерия (проба № 6) и ряска (проба № 7). Растения выдерживали в течение 5—7 дней в сточных водах, взятых со стадии фильтрации.

ХПК определяли фотометрическим методом, БПК — йодометрическим методом, хлориды и сульфаты — титриметрическим методом, нефтепродукты экстрагировали из воды четыреххлористым углеродом, отделяли нефтепродукты от сопутствующих органических соединений других классов на колонке, заполненной оксидом алюминия, и измеряли массовую концентрацию нефтепродуктов методом ИК-спектрометрии. Определение фенолов проводили экстракционно-фотометрическим методом после отгонки с паром. Содержание нитратов и нитритов определяли фотометрическим методом. Определение фосфат-ионов и фосфорсодержащих соединений проводилось фотоколориметрическим методом.

Результаты и их обсуждение

Взвешенные вещества. Наибольшее содержание взвешенных веществ нами отмечено в пробе № 1, что составило 284 мг/л. По мере очистки сточных вод наблюдалось снижение содержания взвешенных веществ. Наименьшее содержание взвешенных веществ отмечено в пробе № 4, что составляет 129 мг/л. Содержание взвешенных веществ после проведенной нами доочистки валлиснерией составило 48 мг/л (эффективность очистки = 83 %), а после ряски — 32 мг/л (э.о.=88,7 %) (табл. 1). Содержание взвешенных веществ во всех пробах сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» соответствует ПДК (табл. 2). Эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ после доочистки эйхорнией составляет — 96,3 %. (табл. 1).

Сухой остаток. Наибольшее содержание сухого остатка отмечено в пробе № 1, что составило 573 мг/л. Содержание сухого остатка после проведенной доочистки валлиснерией составило 236 мг/л (э.о.=58,8 %), а после доочистки ряской 125 мг/л (э.о.=78 %). Эффективность очистки сточных вод после доочистки эйхорнией составляет 87 % (табл. 1). Содержание сухого остатка в пяти пробах сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» соответствует ПДК, а пробы № 1 и № 2 не соответствуют ПДК (табл. 3).

Нефтепродукты. Наибольшее содержание нефтепродуктов нами отмечено в пробе № 1, что составило 0,7 мг/л. Содержание нефтепродуктов после проведенной нами доочистки валлиснерией составило 0,6 мг/л (э.о.=14,2 %), а после доочистки ряской — 0,5мг/л (э.о.=28,5 %). Содержание нефтепродуктов в пробах сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» соответствует ПДК, кроме проб № 1, 2, 4, что превышает ПДК (табл. 3). Эффективность очистки

Таблица 1

Результаты исследований физических показателей сточных вод на очистных сооружениях ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»

Вид стока	Характеристика запаха	Плотность, гр/см^3	pH	Взвешенные вещества, мг/л	Сухой остаток, мг/л
Вход на радиальные отстойники	Запах очень сильный, бензинный, 5 баллов	0,997	8,8	284	573
Выход с радиальных отстойников	Запах очень сильный, бензинный, 5 баллов	0,997	8,6	246	525
После флотаторов ОНПЗ	Запах сильный, бензинный, 4 балла	0,995	6,9	171	431
Вторичные отстойники Б.Б.О. (выход)	Запах слабый, аптечный, 1 балл	0,996	5,8	129	587
Валлиснерия	Запаха нет, 0 баллов	0,995	6,7	48	236
Оценка эффективн.(%)		2	23	83	58,8
Ряска	Запаха нет, 0 баллов	0,995	6,5	32	125
Оценка эффективн. (%)		2	26	88,7	78
Эйхорния (водный геоцинт)	Запаха нет	0,995	7,3	10,4	73,9
Оценка эффективн.(%)		2	17	96,3	87

Таблица 2

Результаты исследований химических показателей сточных вод на очистных сооружениях ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»

Вид стока	ХПК, мг/л	БПК, мг/л	Фосфат ионы, мг/л	Фенол	Fe, мг/л	Общий азот	Хлориды, мг/л	Соединение азотсодержащих соединений, мг/л		
								NO_2	NH_4	нефтеп
Вход на радиальные отстойники	123,9	13	4,6	0,056	0,09	145,8	134,9	0,08	121	0,7
Выход с радиальных отстойников	119,6	17,5	4,3	0,052	0,06	138,9	123,9	0,05	109,9	0,7
После флотаторов ОНПЗ	112,9	18,2	4,3	0,048	0,04	129,9	118,4	0,02	98,3	0,6
Вторичные отстойники Б.Б.О. (выход)	108,6	15,2	0,15	0,036	0,02	111,1	109,9	0,01	89,6	0,7
Валлиснерия	70,6	3,27	0,14	0,028	0,02	75	108,2	0,02	56,5	0,6
Оценка эффективн. (%)	43	74,8	97	50	77,8	48,5	19,8	75	53,6	14,2
Ряска	78,8	3,85	0,12	0,014	0,01	83,8	109	0,01	66,7	0,5
Оценка эффективн. (%)	36,4	70,3	97,3	75	88,9	42,5	19,2	87,5	45	28,5
Эйхорния (водный геоцинт)	70,6	1,44	0,1	0,002	0	72,9	107,5	0,01	63,1	0,2
Оценка эффективн. (%)	43	89	98	964	100	50	20,3	87,5	60	71,4

сточных вод после доочистки эйхорнией — 71,4 % (табл. 2, рис. 1).

Фосфаты. Наибольшее содержание фосфатов нами отмечено в пробе № 1, что составило 4,6 мг/л. По мере очистки сточных вод наблюдалось снижение содержания фосфатов. Наименьшее содержание фосфатов отмечено в пробе № 4, что составляет 0,15 мг/л. Содержание фосфатов после проведенной доочистки валлиснерией составило 0,14 мг/л (э.о.=97 %), а после доочистки ряской — 0,12 мг/л (э.о.=97,3 %). Содержание фосфатов во всех пробах сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» соответствует ПДК (табл. 3). Эффективность очистки сточных вод после доочистки эйхорнией — 98% (табл. 2, рис. 2).

Железо. Наибольшее содержание железа нами отмечено в пробе № 1, что составило 0,09 мг/л. В пробе № 4, что составляет 0,02 мг/л. Содержание железа после проведенной доочистки валлиснерией 0,02 мг/л (э.о.=77,8 %) и активированным углем составило 0,01мг/л (э.о.=88,9 %). Содержание железа во всех пробах сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» соответствует ПДК (табл.3). Эффективность очистки сточных вод после доочистки эйхорнией — 100 % (табл. 1, рис. 1).

БПК. Наибольшее содержание БПК нами отмечено в пробе № 2, что составило 17,5 мг/л. Наименьшее содержание БПК отмечено в пробе № 1, что составляет 13 мг/л. Содержание БПК после проведенной доочистки валлиснерией составило 3,27 мг/л (э.о.=74,8 %), а после доочистки ряской — 3,85мг/л (э.о.=70,3 %). Содержание БПК во всех пробах сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» соответствует ПДК (табл. 3). Эффективность очистки сточных вод после доочистки эйхорнией – 89 % (табл. 2, рис. 2).

ХПК. Наибольшее содержание ХПК нами отмечено в пробе № 1, что составило 123,9 мг/л. Наимень-

Таблица 3

Нормы сброса загрязняющих веществ в систему городской канализации

№	Показатели состава сточных вод	ПДК в очищенных стоках, мг/л	ПДК загрязняющих веществ в сточных водах, мг/л
1	Взвешенные вещества	15,74	250
2	ХПК	15	30
3	Аммиак	0,8	0,39
4	Нитриты	0,02	0,04
5	Нитраты	6,86	9
6	Фосфаты	0,59	4,6
7	Нефтепродукт	0,05	0,65
8	Хлориды	300	350
9	Фенол	0,001	0,02
10	БПК	3,44	150
11	Железо	0,1	0,5
12	pH	7,5	8,5

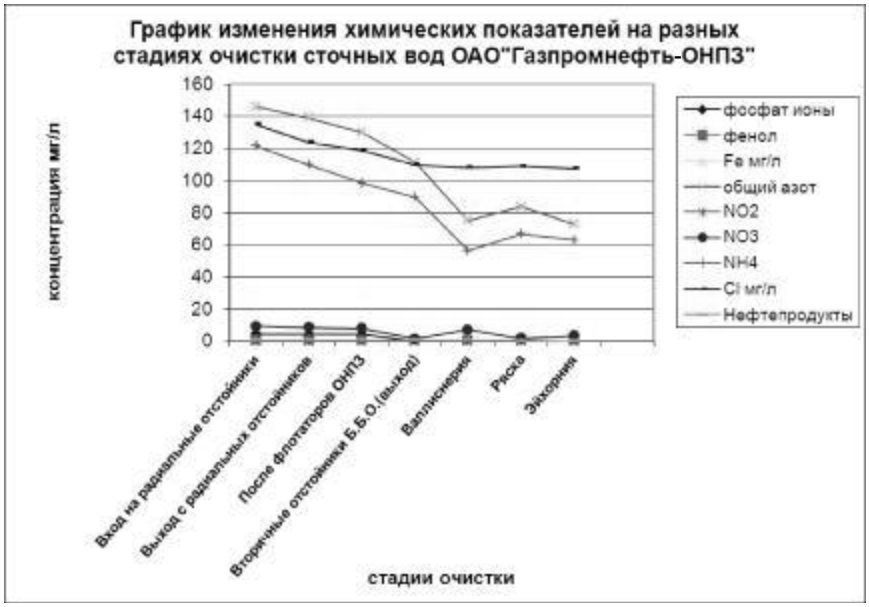

Рис. 1

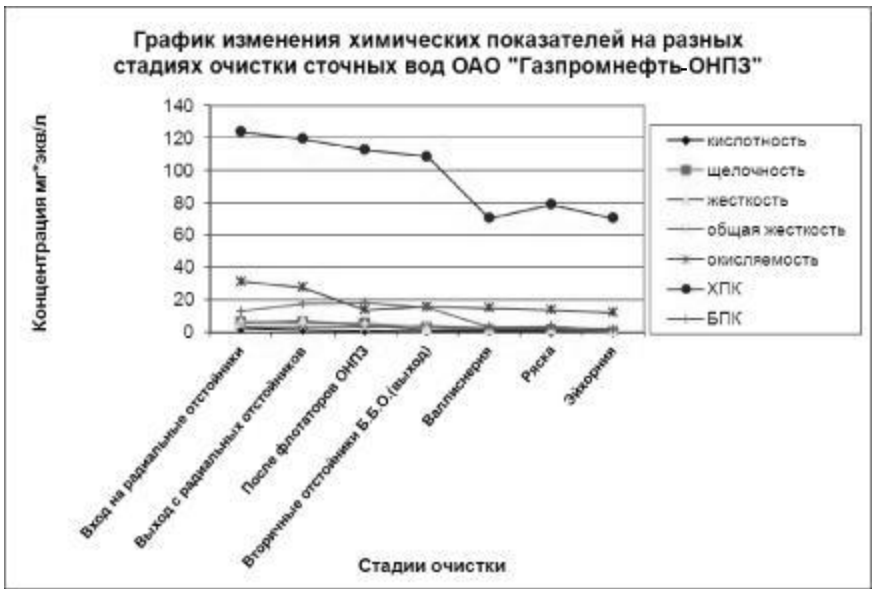

Рис. 2

шее содержание БПК отмечено в пробе № 4, что составляет 13 мг/л. Содержание ХПК после проведенной доочистки валлиснерией составило 70,6 мг/л (э.о. = 43 %), а после доочистки ряской — 3,85мг/л (э.о. = 70,3 %). Эффективность очистки сточных вод после доочистки эйхорнией — 89 % (табл. 2, рис. 2).

Хлориды. Наибольшее содержание хлоридов нами отмечено в пробе № 1, что составило 134,9 мг/л. Содержание хлоридов после доочистки валлиснерией — 108,2 мг/л (э.о. = 19,8 %), а после доочистки водным растением ряска — 109 мг/л (э.о. = 19,2 %), Содержание хлоридов во всех пробах сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ» соответствует ПДК (табл. 3). Эффективность очистки сточных вод от содержания хлоридов, после доочистки эйхорнией — 20,3 % (табл. 2, рис. 1).

Нитриты. Наибольшее содержание нитритов отмечено в пробе № 1, что составило 0,08 мг/л. Содержание нитритов после проведенной нами доочистки валлиснерией — 0,02 мг/л (э.о. = 75 %), а после доочистки ряской — 0,01 мг/л (э.о. = 87,5 %). Содержание нитритов в пяти пробах сточных вод соответствуют нормам ПДК. В двух пробах не соответствуют ПДК (табл. 3). Эффективность очистки сточных вод от содержания нитритов после доочистки эйхорнией составила 87,5 % (табл. 2, рис. 1).

Заключение. Таким образом, анализ полученных данных подтверждает видовые отличия растений по способности аккумулировать токсичные вещества. Наиболее интенсивной азотопоглощающей и фосфатопоглащающей способностью среди изученных видов обладает эйхорния. Аккумуляция фенола, ХПК, СПАВ, хлоридов, сульфатов и нефтепродуктов эйхорнией, валлиснерией и ряской осуществляется с одинаковой эффективностью. Наиболее акклиматизированной к условиям Западной Сибири является ряска малая. Она быстро размножается и не требует создания специальных условий для доочистки сточных вод. В естественных условиях для биологической доочистки сточных вод используют биологические пруды и поля орошения или поля фильтрации.

Библиографический список

1. Храмцова, Т. Г. Использование макрофитов для доочистки городских сточных вод [Текст] / Т. Г. Храмцова, Д. И. Стом, В. А. Выгода // Проблемы экологии. – 1995г. – Вып. 2. – С. 260–262.

2. Вайсман, Я. И. Использование водных растений для доочистки сточных вод [Текст] / Я. И. Вайсман, Л. В. Рудакова, Е. В. Калинина // Экология и промышленность России. – 2006. – № 11. – С. 9–11.

3. Использование эйхорнии для очистки промстоков [Текст] / Е. П. Курцевич [и др.] // Экология и промышленность России. – 2001. – № 2. – С. 21–23.

4. Высшие водные растения для очистки сточных вод [Текст] / Ю. А. Тарушкина [и др.] // Экология и промышленность России. – 2006. – № 5. – С. 36–39.

ЧАЧИНА Светлана Борисовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической химии. Адрес для переписки: e-mail: KSB3@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 14.03.2011 г.
© С. Б. Чачина

Книжная полка

Панов, В. П. Теоретические основы защиты окружающей среды [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению «Защита окружающей среды» / В. П. Панов, Ю. А. Нифонтов, А. В. Панин ; под ред. В. П. Панова. – М. : Академия, 2008. – 313 с. – ISBN 978-5-7695-4721-8.

Изложены физико-химические и технологические основы методов предотвращения загрязнения окружающей среды выбросами в атмосферу, сбросами сточных вод и твердыми отходами. Описаны методы расчета процессов и выбора наиболее рациональных способов очистки газовых и жидких отходов, охарактеризованы их преимущества и недостатки. Приведены методы утилизации твердых отходов в различных отраслях промышленности. Рассмотрены способы защиты от энергетических воздействий.

Трофименко, Ю. В. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда [Текст] / Ю. В. Трофименко. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 392 с. – ISBN 978-5-7695-5582-4.

Описаны проблемы взаимодействия транспортного сооружения с окружающей средой с учетом современных тенденций развития инженерной экологии. Подробно изложены методы оценки основных видов воздействия основных видов воздействия транспортного сооружения на окружающую социальную и природную среду, методы инженерной защиты среды на этапах проектирования, строительства и эксплуатации транспортного сооружения.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть полезно специалистам, занимающимся вопросами проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта транспортных сооружений, работникам автомобильного транспорта, служб экологического контроля и аудита.