



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

**Редакционный совет:**

БАЛЫХИН Г. А., д.э.н., проф.  
 ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,  
 д.т.н., проф.  
 ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.  
 ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.  
 ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,  
 д.т.н., проф. (председатель)  
 КЛИМКИН В. И., к.т.н.  
 КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,  
 проф.  
 РОДИН В. Е., д.т.н., проф.  
 СОКОЛОВ Э. М., д.т.н., проф.  
 ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.  
 УШАКОВ И. Б., акад. РАН,  
 д.м.н., проф.  
 ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,  
 д.т.н., проф.  
 ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН,  
 д.м.н., проф.  
 АНТОНОВ Б. И.  
 (директор издательства)

**Главный редактор**

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

**Зам. главного редактора**

ПОЧТАРЕВА А. В.

**Ответственный секретарь**

ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.

**Редакционная коллегия:**

БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.  
 ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.  
 ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.  
 КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.  
 КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.  
 КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,  
 проф.  
 КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,  
 проф.  
 КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.  
 ЛУЦЦИ С., проф. (Италия)  
 МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.  
 МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.  
 МАТЮШИН А. В., д.т.н.  
 МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.  
 МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.  
 ПАЛЯ Я. А., д.с.-х.н., проф.  
 (Польша)  
 ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.  
 СИМАНКИН А. Ф., к.т.н., доц.  
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.  
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.  
 ФРИДЛАНД С. В., д.х.н., проф.  
 ЦЗЯН МИНЦЮНЬ, д.т.н.,  
 проф. (Китай)  
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

11(179)  
2015

## СОДЕРЖАНИЕ

### МОНИТОРИНГ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Красногорская Н. Н., Мусина С. А., Бреднева Т. О.** Анализ загрязненности и методов очистки ливневого стока урбанизированной территории . . . . . 3  
**Хатмуллина Р. М., Сафарова В. И., Сатлыкова Д. Х., Галактионова Е. Б.** К вопросу определения нефтяных углеводородов в воде. . . . . 11  
**Шайхлисламова К. Ф., Хатмуллина Р. М., Сафарова В. И., Фатьянова Е. В., Латыпова В. З.** Распределение полициклических ароматических углеводородов в системе "вода — донные отложения" водохранилища . . . . . 15

### ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

**Вдовина И. В., Тверякова И. М.** Оценка качества атмосферного воздуха в городах Республики Башкортостан. . . . . 21  
**Дубовик И. Е., Шарипова М. Ю., Красногорская Н. Н., Нафикова Э. В., Белозерова Е. А.** Эпифитные сообщества цианопрокариот и водорослей древесных растений г. Уфы и возможность их использования в биоиндикации . . . . . 27

### МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

**Курамшина Н. Г., Нуртдинова Э. Э., Курамшин Э. М.** Биологический мониторинг водных экосистем Башкортостана . . . . . 32  
**Красногорская Н. Н., Нафикова Э. В., Белозерова Е. А., Дубовик И. Е., Шарипова М. Ю.** Комплексная оценка качества воды реки Белая Республики Башкортостан. . . . . 36  
**Курамшина Н. Г., Сафина Г. И., Курамшин Э. М., Красногорская Н. Н.** Загрязнение поверхностных вод рек Республики Башкортостан. . . . . 41

### ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

**Ганцева Е. М., Муллагильдина Г. З.** Оценка риска возникновения чрезвычайной ситуации на установке замедленного коксования . . . . . 45  
**Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Воропаева А. А., Виноградов М. С., Сенник Е. В.** Проблемы подтопления и затопления селитебных территорий (по следам публикаций) . . . . . 53

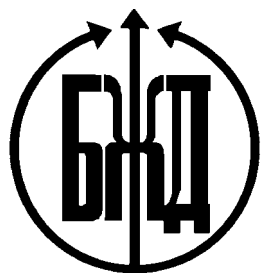
### ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА

**Низамутдинова Н. Р., Шайдулина Г. Ф., Сафарова В. И., Сираева И. Н.** Обезвреживание отходов кучного выпелачивания золота . . . . . 56  
**Акбалина З. Ф., Минигазимов Н. С., Белан Л. Н., Ремезова Ф. М.** Результаты исследований поверхностных вод в зонах размещения отходов в Республике Башкортостан . . . 61

### ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Красногорская Н. Н., Цвиленева Н. Ю.** Эволюция образовательных программ высшей школы и проблемы преподавания курса "Безопасность жизнедеятельности" как обязательной дисциплины. . . . . 67

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, и включен в систему Российского индекса научного цитирования.



# LIFE SAFETY

## BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since  
January 2001

### Editorial board

BALYKHIN G. A., Dr. Sci. (Econ.)  
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,  
Dr. Sci. (Tech.)  
GRIGORYEV S. N., Dr. Sci. (Tech.)  
DURNEV R. A., Dr. Sci. (Tech.)  
ZALIKHANOV M. Ch.,  
Acad. RAS, Dr. Sci. (Tech.)  
KLIMKIN V. I., Cand. Sci. (Tech.)  
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)  
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)  
SOKOLOV E. M., Dr. Sci. (Tech.)  
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)  
USHAKOV I. B., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Med.)  
FEDOROV M. P., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Tech.)  
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Med.)  
ANTONOV B. I.

### Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

### Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

### Responsible secretary

PRONIN I. S.,  
Dr. Sci. (Phys.-Math.)

### Editorial staff

BELINSKIY S. O.,  
Cand. Sci. (Tech.)  
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)  
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)  
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)  
KRASNOGORSKAYA N. N.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
KSENOFONTOV B. S.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
KUKUSHKIN Yu. A.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
LUZZI S. (Italy), Prof.  
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)  
MARTYNYUK V. Ph.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)  
MIRMOVICH E. G.,  
Cand. Sci. (Phis.-Math.)  
PALJA Ja. A. (Poland),  
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)  
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)  
SIMANKIN A. F., Cand. Sci. (Tech.)  
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)  
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)  
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Chem.)  
JIANG MINGJUN (China), Prof.  
SHVARTSBURG L. E.,  
Dr. Sci. (Tech.)

11(179)  
2015

## CONTENTS

### MONITORING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

- Krasnogorskaja N. N., Musina S. A., Bredneva T. O.** Analysis Methods Pollution and Storm Water Treatment Urbanized Territories . . . . . 3  
**Khatmullina R. M., Safarova V. I., Satlykova D. H., Galaktionova E. B.** To a Question of Petroleum Hydrocarbons Determination in Water . . . . . 11  
**Shaikhislamova K. F., Khatmullina R. M., Safarova V. I., Fat'ianova E. V., Latypova V. Z.** The Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Distribution in the "Water — Ground Sediments" System of Reservoir. . . . . 15

### ATMOSPHERIC AIR PROTECTION

- Vdovina I. V., Tverjakova I. M.** Assessment of Air Quality in Cities of the Republic of Bashkortostan. . . . . 21  
**Dubovik I. E., Sharipova M. J., Krasnogorskaya N. N., Nafikova E. V., Belozerova E. A.** Epiphytic Community Cyanoprokaryota and Algae of Woody Plants of Ufa and the Possibility of Their Use in Bioindication. . . . . 27

### MONITORING AND PROTECTION OF WATER RESOURCES

- Kuramshina N. G., Nurtdinova E. E., Kuramshin E. M.** Biological Monitoring of Aquatic Ecosystems of the Republic of Bashkortostan . . . . . 32  
**Krasnogorskaya N. N., Nafikova E. V., Belozerova E. A. Dubovik I. E., Sharipova M. J.** Comprehensive Assessment of the River Belaya Water Quality of the Republic of Bashkortostan. . . . . 36  
**Kuramshina N. G., Safina G. I., Kuramshin E. M., Krasnogorskaya N. N.** Pollution of the Surface Water of Rivers of the Republic of Bashkortostan . . . . . 41

### PROTECTION ISSUES IN EMERGENCIES

- Gantseva E. M., Mullagildina G. Z.** Risk Assessment of Emergency at the Delayed Coking Plant . . . . . 45  
**Ksenofontov B. S., Taranov R. A., Kozodaev A. S., Voropaeva A. A., Vinogradov M. S., Senik E. V.** Problems of Flooding on Residential Areas (in the Wake of Publications) . . . . . 53

### WASTE TREATMENT

- Nizamutdinova N. R., Shaydulina G. F., Safarova V. I., Siraeva I. N.** Waste Treatment Heap Leach Gold . . . . . 56  
**Akbalina Z. F., Minigazimov N. S., Belan L. N., Remezova F. M.** The Results of Studies of Surface Water in the Areas of Waste Disposal of Production and Consumption in the Republic of Bashkortostan. . . . . 61

### PROBLEMS OF EDUCATION IN THE FIELD OF LIFE SAFETY

- Krasnogorskaya N. N., Tsvileneva N. Yu.** Evolution of Higher Education Programs and Problems of Teaching Life Safety as the Required Course . . . . . 67

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: [bjd@novtex.ru](mailto:bjd@novtex.ru)

УДК 628.357.1

**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
**С. А. Мусина**, асп., e-mail: musinasa@gmail.com, **Т. О. Бреднева**, студент, Уфимский  
государственный авиационный технический университет

## Анализ загрязненности и методов очистки ливневого стока урбанизированной территории

*Рассмотрена проблема охраны водных объектов в городах. Установлены источники загрязнения поверхностного стока урбанизированной территории. Определены приоритетные загрязнители в условиях городского ландшафта и их влияние на окружающую среду. Дана оценка количественного состава загрязняющих веществ талого стока и предложены мероприятия по очистке поверхностного стока. Определена площадь, необходимая для очистки ливневого стока. Предложено использование конического биоплата как альтернатива горизонтальному.*

**Ключевые слова:** поверхностный сток, система ливневой канализации, очистные сооружения, талые воды, взвешенные вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы, биоплата

### Введение

Для урбанизированных территорий характерна повышенная антропогенная нагрузка. В настоящее время исследования воздействия урбанизированной территории на окружающую среду в основном сводятся к оценке шумового загрязнения и степени загрязненности атмосферного воздуха. При этом недостаточно изучен механизм и специфика загрязнения ливневых вод, а также способы их очистки.

Поскольку ливневый сток урбанизированных территорий является одним из источников загрязнения гидросферы, организованное его отведение и очистка заложены в требованиях по охране водных ресурсов [1, 2]. В связи с этим исследование технологий, позволяющих снизить экологическую опасность ливневых стоков урбанизированных территорий, следует считать актуальной научной и важной практической задачей.

Процесс формирования ливневого стока урбанизированной территории весьма сложен и зависит от таких факторов, как плотность населения, уровень благоустройства территории, ее загрязненность, количество и продолжительность осадков, длительность предшествующего сухого периода, объемы воды, израсходованные на мойку дорожных покрытий.

На качественный и количественный состав ливневого стока урбанизированной территории оказывают влияние также загрязненность атмосферы, наличие и численность промышленных

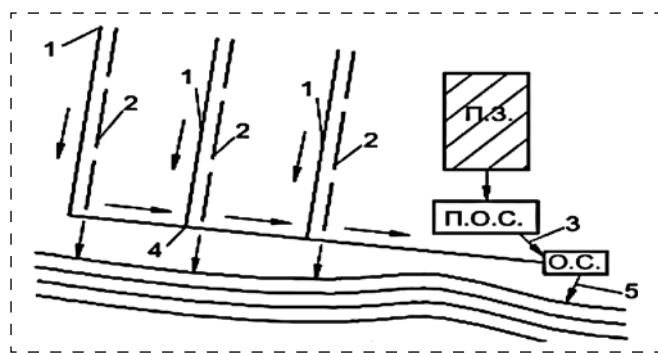
предприятий и строительных площадок, интенсивность движения на транспортных магистралях, частота уборки территории, особенности гидрологического режима местных водных объектов и климата [3].

### Источники загрязнения поверхностного стока и его влияние на водные объекты

Основными видами загрязняющих веществ, содержащихся в дождевых и талых сточных водах урбанизированных территорий, являются [3]:

- плавающий мусор (листья, ветки, бумажные и пластмассовые упаковки, пробки, тряпье и пр.);
- взвешенные вещества (пыль, частицы грунта, характер которых определяется, как правило, составом грунтов района);
- нефтепродукты (автомасла, топливо автотранспорта);
- биогенные вещества (соединения азота, фосфора, углерода);
- соли (в основном хлориды, применяемые для борьбы с гололедом в зимний период);
- микробиологическое загрязнение;
- химические вещества и тяжелые металлы, состав которых определяется составом атмосферного воздуха в районе, наличием и профилем промышленных предприятий и междождевым периодом.

Загрязняющие вещества, поступаая с ливневыми сточными водами в водные объекты, вызывают изменение физических свойств среды (нарушение



**Рис. 1. Схема раздельной системы канализации [5]:**  
 1 — хозяйственно-фекальная сеть; 2 — дождевая сеть;  
 3 — водоотвод частично очищенных вод; 4 — коллектор;  
 5 — водовод очищенной воды; П.З. — промышленная зона;  
 П.О.С. — производственные очистные сооружения; О.С. —  
 очистные сооружения

первоначальной прозрачности и окраски, появление неприятных запахов и привкусов и т. п.); изменение химического состава почвы или водоема, в частности появление в нем вредных для организмов веществ; появление плавающих веществ на поверхности воды и отложений на дне водоема; сокращение количества растворенного кислорода в воде из-за поступающих в водный объект органических веществ [4].

Для исследования качественного и количественного состава ливневого стока в период снеготаяния проводилось исследование загрязненности ливневого стока с территории г. Уфы, где существует полная раздельная система канализации (рис. 1), при которой бытовые и предварительно очищенные производственные сточные воды собираются и отводятся одной сетью (бытовая канализация), а дождевые и талые воды — другой (ливневая канализация). Ливневые воды отводятся по отдельным разрозненным коллекторам

и сбрасываются без очистки в водные объекты или на рельеф.

Ливневые коллекторы сбрасывают стоки в озера Долгое и Волчек, а также в реки Уфа, Сутолока, Белая выше питьевых водозаборов, что создает прямую угрозу качеству питьевой воды, подаваемой населению (рис. 2 — см. 2-ю стр. обложки). Загрязнение ливневым стоком водных объектов происходит преимущественно с территории города следующими путями:

- сброс в ливневую канализационную сеть (дорожная сеть с расположенными на ней объектами автотранспортной инфраструктуры: автотазправочные станции, дорожная сеть);
- сброс непосредственно в водные объекты.

При исследовании состава ливневых стоков отбор проб осуществлялся в центре города и на конце ливневой канализационной сети. Место проб, отобранных в деловом центре города, характеризует большая интенсивность транспортного потока. Стекая по запакованной асфальтом территории, ливневый сток насыщается нефтепродуктами и несет в себе большое количество взвешенных веществ.

На рис. 3 (см. 2-ю стр. обложки) показан оголовок ливневой канализационной сети (ЛКС) г. Уфы. Особенностью контрольной точки является то, что сток поступает в реку Белая без очистки, стекая по рельефу земли.

Усредненные значения концентраций приоритетных загрязняющих веществ в талом стоке и значения ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения приведены в табл. 1.

При анализе данных табл. 1 можно сделать вывод, что как для центра города, так и для оголовка ЛКС отмечается превышение значений концентрации над ПДК<sub>р.х.</sub> по всем рассматриваемым элементам. При этом очевидно, что в центре города превышение концентрации загрязняющих веществ над ПДК<sub>р.х.</sub> выше.

Таблица 1

Сравнительная характеристика состава ливневого стока

| Загрязняющее вещество | Концентрация измеренная, мг/л |              | ПДК <sub>р.х.</sub> , мг/л | Превышение фактической концентрации над ПДК <sub>р.х.</sub> |              |
|-----------------------|-------------------------------|--------------|----------------------------|---|--------------|
|                       | Центр города                  | Оголовок ЛКС |                            | Центр города  | Оголовок ЛКС |
| ХПК                   | 37,950                        | 17,820       | 15,000                     | 2,530   | 1,188        |
| Взвешенные вещества   | 503,330                       | 49,610       | 79,750                     | 6,311   | 0,622        |
| Нефтепродукты         | 14,200                        | 8,360        | 0,050                      | 284,000   | 167,200      |
| Железо общее          | 6,540                         | 1,257        | 0,100                      | 65,400  | 12,570       |
| Медь                  | 0,542                         | 0,0089       | 0,005                      | 108,400   | 1,780        |
| Цинк                  | 2,845                         | 0,126        | 0,010                      | 284,500   | 12,600       |
| Никель                | 0,613                         | 0,016        | 0,010                      | 61,300  | 1,600        |
| Марганец              | 5,170                         | 0,168        | 0,010                      | 517,000   | 16,800       |
| Свинец                | 0,278                         | < 0,0007     | 0,006                      | 46,333  | —            |

Для оголовка ЛКС характерны более низкие показатели значений концентрации, что может быть связано с фильтрацией ливневого стока через песок, которым забиты канализационные коллекторы.

Максимальное значение концентрации отмечается для *взвешенных веществ*, которые имеют минеральное происхождение (песок, глина, глинистые частицы, нерастворимые соли). К органической части взвесей можно отнести коллоидные гуминовые соединения, продукты распада органического вещества [6]. Более 95 % взвешенных веществ в водные объекты поступает с поверхностными стоками. Взвешенные частицы глины и органического вещества делают воду мутной. Донные отложения, формирующиеся в водоемах и водотоках в дождливую погоду, нарушают жизнедеятельность микроорганизмов, что отрицательно сказывается на биоценозе и процессах самоочищения. Окисление органических примесей этих донных отложений приводит к ухудшению кислородного режима водоема в течение длительного времени после выпадения осадков.

В соответствии с требованиями рыбохозяйственного водопользования содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться ниже выпуска сточных вод более чем на 0,25 мг/л для водоемов I категории рыбохозяйственного водопользования и на 0,75 мг/л — II категории [7].

Высокое содержание *нефтепродуктов* в ливневом стоке связано с протечками топлива, моторного и трансмиссионного масел, смазочных материалов из различных систем автомобиля. При протечках на поверхность автодороги поступают отдельные капли нефтепродуктов, частота попадания и объем которых зависят от изношенности двигателя, тщательности и правильности его эксплуатации [8].

Нефтепродукты, попавшие на дорожное полотно, испаряются, впитываются в поры асфальта, в покрышки автомобилей, смываются дождями. Поэтому не все нефтепродукты попадают в водную среду. Исследования трансформации нефтепродуктов, попавших на дорожное полотно, выполненные в работе [8], показали, что бензин и дизельное топливо очень быстро испаряются. Моторное масло впитывается в асфальт. Уже через сутки после попадания масла на асфальт с его поверхности удаётся смыть 11,5 % от первоначального количества, а через 7 суток — 1,24 %.

Еще одной особенностью нефтяных загрязнений является способность захватывать и концентрировать другие загрязнения, например, тяжелые металлы. Когда нефть распределится на большой площади, то сильно возрастает вероятность протекания различных реакций, так как вещества, растворимые в нефти, получают возможность

участвовать в разнообразных химических процессах.

В случае образования пленки концентрирование происходит на поверхности и возможно в самой пленке. Концентрирование металлов изменяет их токсичность и усложняет молекулярный перенос в пленке вследствие реакций между металлами и органическими соединениями. Эти процессы могут также вызвать концентрирование в замкнутой биологической цепи питания с участием низших организмов.

Соединения *тяжелых металлов* довольно устойчивы. Поступая в водоемы, они включаются в круговорот веществ и подвергаются различным превращениям. Неорганические соединения быстро связываются буферной системой воды и переходят в слаборастворимые гидроксиды, карбонаты, сульфиды и фосфаты, а также образуют металлоорганические комплексы, адсорбируются донными осадками. Под воздействием живых микроорганизмов ртуть, олово, мышьяк подвергаются метилированию, превращаясь в более токсичные алкильные соединения. Кроме того, металлы способны накапливаться в различных организмах и передаваться в возрастающих количествах по трофической цепи. Коэффициент материальной кумуляции тяжелых металлов в живых организмах колеблется от сотен до нескольких тысяч [9].

#### Способы снижения негативного воздействия ливневого стока

Способом снижения негативного воздействия ливневого стока на прилегающую территорию и водные объекты является своевременный организованный сбор поверхностных сточных вод в систему водоотвода с их последующей очисткой, которая предполагает снижение концентрации приоритетных загрязнителей до требований ПДК<sub>р.х.</sub>

Управлением коммунального хозяйства и благоустройства г. Уфы разработана целевая программа по комплексному развитию системы ливневой канализации города, реализация которой рассчитана до 2024 г. Программой предусмотрено проектирование и строительство четырех очистных сооружений, 2,5 км напорного и 86 км самотечного коллектора [10].

В рамках реализации программы предложено несколько принципиально различных способов очистки ливневых вод, которые можно разделить на две группы.

1. Способы очистки на основе физических, химических или физико-химических процессов.

2. Способы очистки, основанные на естественных биологических процессах самоочищения, протекающих в почве и водоемах.

Очистка ливневых сточных вод способами первой группы возможна до любых концентраций, но требует высоких затрат реагентов, фильтров, электроэнергии, работы обслуживающего персонала.

Из способов второй группы преимущество имеет очистка сточных вод с помощью гидробиотических площадок (биоплато), поскольку является природоприближенным методом. Этот вид очистки основан на естественном эффекте усвоения, задержания, осаждения и разложения различных загрязнителей в малых водоемах в результате жизнедеятельности высшей водной растительности и естественных гидрохимических процессов [10]. На рис. 4 показаны различные типы биоплато.

При очистке сточных вод на биоплато чаще всего используют такие виды высших водных растений (ВВР), как: камыш, тростник озерный, рогоз узколистый и широколистный, рдест гребенчатый и курчавый, спироделла многокоренная, элодея, водный гиацинт (эйхорния), касатик желтый, сусак, стрелолист обычный, гречиха земноводная, резуха морская, ирис и пр.

При очистке загрязненных сточных вод водные растения выполняют следующие функции:

- фильтрационную (способствуют оседанию взвешенных веществ);
- поглотительную (поглощение биогенных элементов и некоторых органических веществ);
- накопительную (способность накапливать некоторые металлы и органические вещества, которые трудно разлагаются);
- окислительную (в процессе фотосинтеза вода обогащается кислородом);

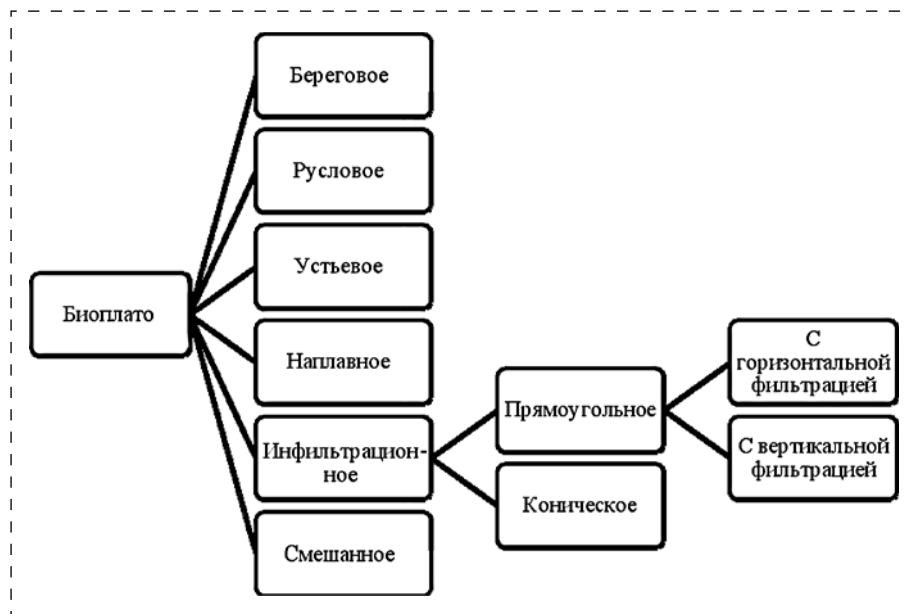


Рис. 4. Различные типы биоплато

Таблица 2

**Эффективность очистки поверхностных и сточных вод с помощью камыша и тростника [12]**

| Загрязняющие вещества        | Эффект очистки, %     |
|------------------------------|-----------------------|
| Взвешенные вещества          | 83...90               |
| Аммонийный азот (общий азот) | 77...90               |
| Фосфор                       | 67...90               |
| Тяжелые металлы              | Высокая эффективность |
| Нефть и нефтепродукты        |                       |
| Патогенные микроорганизмы    | >90                   |

Таблица 3

**Некоторые показатели эффективности очистки вод с использованием высшей водной растительности [13]**

| Контролируемый показатель | До очистки | После очистки |
|---------------------------|------------|---------------|
| ХПК, мгО/л                | 50,3       | 10,0          |
| БПК, мгО <sub>2</sub> /л  | 13,7       | 6,4           |
| Щелочность, мг-экв/л      | 2,4        | 2,0           |
| Жесткость, мг-экв/л       | 1,6        | 1,0           |
| Хлориды, мг/л             | 37,9       | 14,5          |
| Сульфаты, мг/л            | 98,0       | 42,1          |
| Фосфаты, мг/л             | 1,4        | 0,3           |
| Нитраты, мг/л             | 6,2        | 0,25          |
| Аммонийный азот, мг/л     | 6,9        | 0,94          |
| Взвешенные вещества, мг/л | 280,0      | 42,0          |
| Сухой остаток, мг/л       | 430,5      | 10,4          |
| Coli-индекс               | 1563       | 420           |
| Coli-титр                 | 0,9        | 1,5           |

— детоксикационную (растения способны накапливать токсичные вещества и преобразовывать их в нетоксичные) [11].

Высшие водные растения извлекают из воды и грунта не только необходимые им биогенные элементы, но и соединения тяжелых металлов, синтетические поверхностно-активные вещества и токсичные вещества (табл. 2). Поглощение растениями минеральных веществ характеризуется видовой специфичностью и может достигать довольно существенных величин. Из табл. 2 следует, что камыш и тростник с высокой эффективностью очищают стоки, содержащие взвешенные вещества, тяжелые металлы, нефтепродукты и патогенные микроорганизмы. Показатели очистки вод с использованием ВВР показаны в табл. 3.

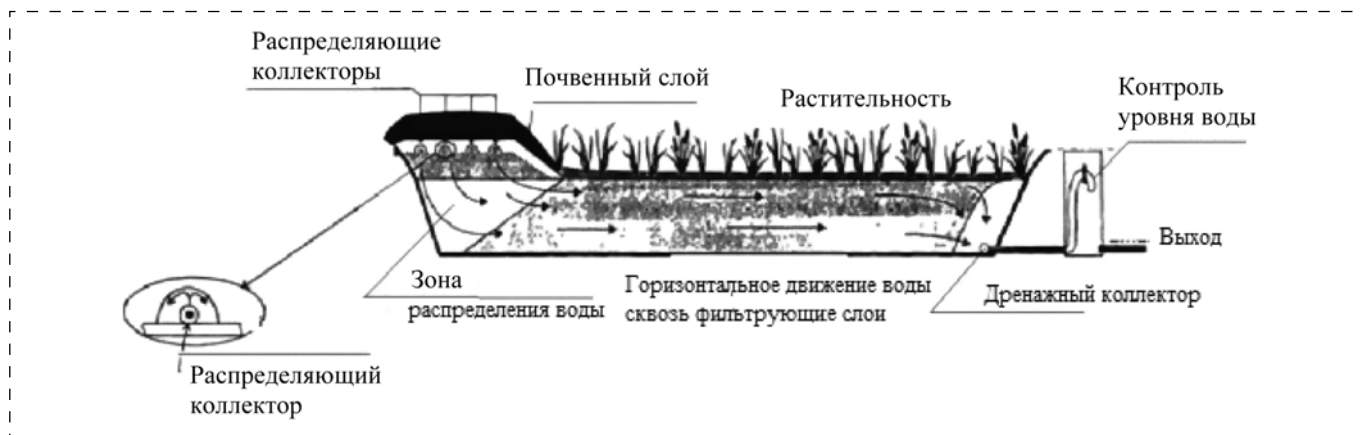


Рис. 5. Схема инфильтрационного биооплата прямоугольной формы с горизонтальной фильтрацией [14]

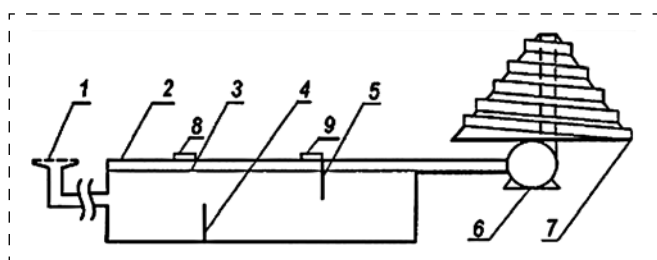


Рис. 6. Установка очистки стоков [15] с помощью инфильтрационного биооплата конической формы:

1 — водосборный коллектор; 2 — приемно-отстойная камера; 3 — уровень воды; 4, 5 — секции для отделения взвешенных веществ и пленочных нефтепродуктов; 6 — насос; 7 — биооплат конической формы; 8, 9 — люки для выемки взвешенных веществ и пленочных нефтепродуктов

На рис. 5 показана схема инфильтрационного биооплата прямоугольной формы с горизонтальной фильтрацией.

Проведен сравнительный анализ применения различных конструкций биооплата для очистки рассматриваемого ливневого стока г. Уфы. Рассмотрены конструкции инфильтрационного биооплата прямоугольной (рис. 5) и конической формы (рис. 6).

Очистка сточных вод инфильтрационным биооплатом прямоугольной формы с горизонтальной фильтрацией осуществляется в результате движения стока в горизонтальной плоскости через заросли высших водных растений. Поступление сточных вод происходит через распределительные коллекторы, а удаление — через дренажный коллектор. Представленная на рис. 5 схема инфильтрационного биооплата имеет существенный недостаток — ограниченные функциональные возможности при размещении в условиях города.

При организации биооплата конической формы (см. рис. 6) повышается удобство эксплуатации и расширяются функциональные возможности за счет уменьшения необходимой территории при сохранении эффективности очистки стоков.

Определение параметров очистных сооружений ливневого стока заключается в расчете площади участков биоинженерных сооружений (биооплата) и в подборе их оптимальных геометрических размеров.

Общая площадь инфильтрационного биооплата  $S$  (м<sup>2</sup>) прямоугольной формы рассчитывалась по формуле [16]

$$S = \frac{Q_{\text{сут}} \tau (m_k + n_k)}{h_k m_k}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — суточный расход ливневых стоков, м<sup>3</sup>/сут.;  $\tau$  — время очистки ливневого стока, сут.;  $n_k$  — расстояние между каналами биооплата, м;  $m_k$  — ширина канала биооплата, м;  $h_k$  — глубина канала биооплата, м.

Суточный расход ливневых стоков  $Q_{\text{сут}}$  (м<sup>3</sup>/сут) рассчитывался по формуле

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_d}{t_d}, \quad (2)$$

где  $Q_d$  — годовое количество дождевых сточных вод (ливневых стоков), м<sup>3</sup>/год;  $t_d$  — среднегодовое число дождливых дней (сут/год).

Годовое количество дождевых сточных вод  $Q_d$  (м<sup>3</sup>/год) определялось по формуле [17]:

$$Q_d = H_g \psi F, \quad (3)$$

где  $H_g$  — среднегодовой слой осадков в теплый период года, мм/год (338 мм/год или 0,338 м/год);  $\psi$  — общий коэффициент стока (0,85);  $F$  — общая площадь водосбора, га (7,2 га или 72 000 м<sup>2</sup>).

Имея приведенные выше данные, можно рассчитать годовое количество дождевых сточных вод:

$$Q_d = 0,338 \cdot 0,85 \cdot 72\,000 = 20\,685,6 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Среднегодовое число дождливых дней для г. Уфы составляет 102 сут/год [18]. Суточный расход ливневых стоков  $Q_{сут}$  ( $m^3/сут$ ) при выпадении 338 мм осадков согласно формуле (2) равен:

$$Q_{сут} = 20\,685,6/102 = 202,8.$$

При расчетах принято время очистки ливневого стока  $\tau = 1$  сутки. Глубина посадки тростника обыкновенного 0,8...1,2 м, поэтому глубину канала  $h_k$  прямоугольного биоплата принимаем в интервале от 0,8 до 1,2 м. Расстояния между каналами  $n_k$  нет, ширина канала  $m_k$  равна 1 м ( $n_k = 0$  м,  $m_k = 1$  м).

Рассчитаем общую площадь инфильтрационного биоплата  $S$  ( $m^2$ ) прямоугольной формы, при глубине биоплата  $h_k = 1$  м, согласно формуле (1):

$$S = \frac{202,8 \cdot 1 \cdot (1 + 0)}{1 \cdot 1} = 202,8.$$

Таким образом, зная площадь инфильтрационного биоплата прямоугольной формы, можно определить размеры каждой стороны биоплата.

Площадь, которую будет занимать биоплато конической формы, предполагает вид Архимедовой спирали. Вид сверху на такое биоплато приведен на рис. 7.

Уравнение, описывающее Архимедову спираль в полярных координатах,

$$r = H\varphi, \quad (4)$$

где  $r$  — кривая, описывающая Архимедову спираль;  $H$  — шаг спирали;  $\varphi$  — угол поворота, рад.

Площадь биоплата, ограниченная кривой  $r = f(\varphi)$ , вычисляется по формуле

$$S = \frac{1}{2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} r^2 d\varphi, \quad (5)$$

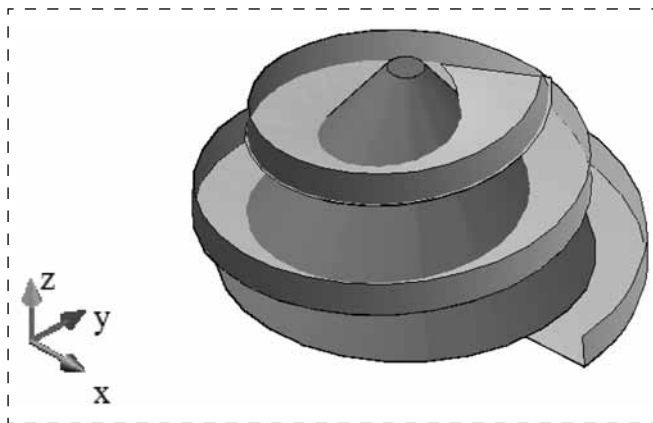


Рис. 7. Инфильтрационное биоплато конической формы

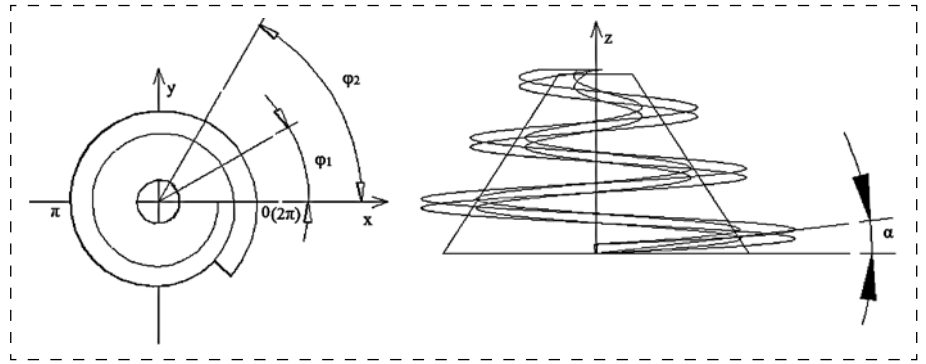


Рис. 8. Схема для определения уравнения площади сектора

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — пределы изменения полярного угла (рис. 8) [19].

Таким образом, уравнение площади сектора, ограниченного дугой спирали и двумя радиус-векторами  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , соответствующими углам  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , будет выглядеть следующим образом:

$$S_1 = \frac{1}{2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} H^2 \varphi^2 d\varphi = \frac{1}{2} H^2 \frac{\varphi^3}{3} \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} = \frac{H^2(\varphi_2^3 - \varphi_1^3)}{6}. \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует, что площадь, ограниченная полярной осью и первым витком спирали Архимеда ( $\varphi_1 = 0$ ;  $\varphi_2 = 2\pi$ ):

$$S_1 = \frac{H^2(2\pi^3)}{6} = \frac{4}{3} \pi^3 H^2. \quad (7)$$

Поскольку спираль вытянута по оси  $z$ , то площадь одного витка будет определяться также углом  $\alpha$ , который ограничивает скорость подъема, поэтому формулу (7) можно представить в виде:

$$S_1 = \frac{4}{3} \pi^3 H^2 \cos \alpha. \quad (8)$$

После преобразований определили площадь, ограниченную полярной осью и  $n$ -м витком спирали Архимеда

$$S_n = \frac{4\pi^3 H^2 (n^3 - (n-1)^3)}{3} \cos \alpha. \quad (9)$$

Поскольку эффективная площадь, которая будет использована для посадки растений последующих витков спирали, ограничивается предыдущим витком, найдено приращение эффективной площади

$$\Delta S = 8\pi^3 H^2 (n-1) \cos \alpha. \quad (10)$$

Для очистки рассматриваемого стока необходима площадь 202,8  $m^2$ . Методом последовательных



приближений определено количество уровней посадки растений — 5, следовательно, уравнение расчета площади посадки растений в коническом биолато будет выглядеть следующим образом:

$$S_k = \frac{4}{3}\pi^3 H^2 \cos \alpha + 8\pi^3 H^2 \cos \alpha + 16\pi^3 H^2 \cos \alpha + 24\pi^3 H^2 \cos \alpha + 32\pi^3 H^2 \cos \alpha. \quad (11)$$

Решая уравнение (11) относительно параметра  $H$ , принимая угол подъема  $\alpha = 10^\circ$ , получим  $H = 0,29$ .

Подставляя полученное значение  $H$  в формулу (11), рассчитаем эффективную площадь инфильтрационного биолато конической формы:

$$S_k = 3,41 + 19,87 + 39,73 + 59,61 + 80,19 = 202,8 \text{ м}^2.$$

Поскольку глубина посадки растений 0,8 м, то высота конического биолато составляет  $0,8 \cdot 5 = 4$  м. Очевидно, что наибольший радиус имеет пятый виток спирали. По формуле (9) можно определить площадь шестого витка, которая составляет  $82,05 \text{ м}^2$ , что соответствует радиусу 5,11 м. На основе полученных данных можно сделать вывод, что для организации конического биолато необходимо меньшее количество свободной площади.

В ходе проведенных исследований установлено, что основными видами загрязняющих веществ, содержащихся в талых сточных водах г. Уфы, являются взвешенные вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы. Рассчитана площадь горизонтального биолато  $202,8 \text{ м}^2$ , которая необходима для очистки рассматриваемого ливневого стока. Проведено сравнение размеров инфильтрационных биолато конической и прямоугольной формы. Определено, что биолато конической формы предпочтительнее вследствие того, что в этом случае необходима меньшая площадь.

### Список литературы

1. **Водный кодекс** Российской Федерации" от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 31.12.2014).
2. **СанПиН 4630—88** Санитарные правила и нормы "Охрана поверхностных вод от загрязнения".
3. **Бульская И. В., Волчек А. А.** Сток с урбанизированных территорий и его очистка // Вестник БГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. — 2013. — № 2. — С. 88—92.
4. **Вельнер Х. А.** Сток биогенных веществ и управление им. Антропогенное эвтрофирование природных вод // Материалы III Всесоюзного симпозиума. — Черноголовка, 1985. — С. 11—17.

5. **Яковлев С. В., Карелин Я. А., Жуков А. И., Колобаев С. К.** Канализация: Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1975. — 632 с.
6. **Очистка** воды от взвешенных веществ. Water Cleaning from suspend solids. URL: [http://ecodelo.org/2516-ochistka\\_vody\\_ot\\_vzveshennykh\\_veshchestv\\_water\\_cleaning\\_from\\_suspended\\_solids-5aya\\_mezhdunarodn](http://ecodelo.org/2516-ochistka_vody_ot_vzveshennykh_veshchestv_water_cleaning_from_suspended_solids-5aya_mezhdunarodn) (дата обращения 24.05.2015).
7. **Бухтияров В. И.** Проблемы защиты водного бассейна от воздействия субъектов топливного рынка // Материалы международной конф. "Экологическая и пожарная безопасность современных АЗС". — М., 1998. — С. 86—89.
8. **Отчет** "Экологическое обоснование схемы отведения и очистки ливневых вод с мостовых переходов и полотна автомобильной дороги". Руководитель работы Ю. П. Богданов. СПб.: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, 2001.
9. **Тяжелые металлы** и их соединения. Экология. Справочник. URL: <http://ru-ecology.info/> (дата обращения 24.05.2015).
10. **Справочник** по современным технологиям очистки природных и сточных вод и оборудованию / Kruger International Consult A/S, Denmark, V. F. Karpuhin. — Copenhagen: Ministry of Environment and Energy, Danish Environment Protection Agency, Printed by Schultz Grafiks, 2001. — 253 p.
11. **Тимофеева С. С.** Биотехнология обезвреживания сточных вод // Хим. и технология воды. — 1995. — Т. 17, № 5. — С. 525—532.
12. **Механизм** очистки сточных вод с помощью тростника и камыша. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/005.pdf> (дата обращения 24.05.2015).
13. **Репин Б. Н., Русина О. Н., Афанасьева А. Ф.** Биологические пруды для очистки сточных вод пищевой промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1999. — 207 с.
14. **Очистные сооружения** на автомобильных дорогах. URL: [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/534602/ochistnye\\_sooruzheniya\\_na\\_avtomobilnykh\\_dorogakh\\_obzornaya\\_informatsiya.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/534602/ochistnye_sooruzheniya_na_avtomobilnykh_dorogakh_obzornaya_informatsiya.pdf) (дата обращения 24.05.2015).
15. **Патент РФ № 2386593.** Установка очистки стоков автотранспортной станции / Н. Н. Красногорская, А. Н. Елизарьев, Р. Г. Ахтямов, Е. А. Скачкова, Л. М. Якупова // Заявитель ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет, заявл. № 20081142779/15 от 28.10.2008, дата опубликования 20.04.2010.
16. **Исаева О. Ю.** Исследование перспективных методов очистки сточных вод от тяжелых металлов с целью создания эколого-геохимических барьерных зон: Дис. ... канд. техн. наук / Уфимский государственный авиационный технический университет. — Уфа, 2006. — 174 с.
17. **Рекомендации** по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. — М.: ФГУП НИИ ВОД-ГЕО, 2006. — 55 с.
18. **Всемирный Погодный Информационный сервис.** Климатическая информация. URL: <http://wwis.meteoinfo.ru/107/c00659.htm> (дата обращения 24.05.2015).
19. **Прикладная математика.** Справочник математических формул. Примеры и задачи с решениями. URL: <http://www.pm298.ru/reshenie/0dg.php> (дата обращения 24.05.2015).



N. N. Krasnogorskaja, Professor, Head of Chair, S. A. Musina, Postgraduate,  
T. O. Bredneva, Student, Ufa State Aviation Technical University

## Analysis Methods Pollution and Storm Water Treatment Urbanized Territories

*The problem considered water protection in the cities. Sources of pollution of surface runoff urbanized area established. Analysed of waste in the city center and on the headroom stormwater. The main types of pollutants contained in rain and snow sewage urbanized areas identified. Averaged concentrations of priority pollutants in runoff thawed installed. The effect of the priority pollutants stormwater urbanized area environmental installed. Found that among the various methods of stormwater treatment considered promising close to nature methods. The possibility reviewed of using bioplato with higher aquatic vegetation as a way to reduce the negative impact of storm water urban area on the environment. The area is determined required for stormwater treatment. It is proposed to use as an alternative to the conical biological plateau horizontal.*

**Keywords:** surface flow, the system of storm sewage, treatment facilities, melt waters, suspended solids, petroleum products, heavy metals, biological plateau

### References

1. **Vodnyj kodeks** Rossijskoj Federacii" ot 03.06.2006 No. 74-FZ (red. ot 31.12.2014).
2. **SanPiN 4630—88** Sanitarnye pravila i normy "Ohrana poverhnostnyh vod ot zagriznjenja.
3. **Bul'skaja I. V., Volchek A. A.** Stok s urbanizirovannyh territorij i ego ochistka. *Vestnik BGTU. Ser. Vodohozjajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geojekologija*. 2013. No. 2. P. 88—92.
4. **Vel'ner, H. A.** Stok biogenykh veshhestv i upravlenie im. Antropogennoe jevtrofirovanie prirodnyh vod. *Materialy III Vsesojuznogo simpoziuma*. Chernogolovka, 1985. P. 11—17.
5. **Jakovlev S. V., Karelin Ja. A., Zhukov A. I., Kolobanov S. K.** Kanalizacija. Uchebnik dlja vuzov. Izd. 5-e, pererab. i dop. Moskva: Strojizdat, 1975. 632 p.
6. **Ochistka** vody ot vzveshennykh veshhestv. Water Cleaning from suspend solids URL: [http://ecodelo.org/2516-ochistka\\_vody\\_ot\\_vzvshennykh\\_veshchestv\\_water\\_cleaning\\_from\\_suspended\\_solids-5aya\\_mezhdunarodn](http://ecodelo.org/2516-ochistka_vody_ot_vzvshennykh_veshchestv_water_cleaning_from_suspended_solids-5aya_mezhdunarodn) (data accessed 24.05.2015).
7. **Buhtijarov V. I.** Problemy zashhity vodnogo bassejna ot vozdeystvija sub#ektov toplivnogo rynka. *Materialy mezhdunarodnoj konf.: Jekologicheskaja i pozharnaja bezopasnost' sovremennyh AZS*. M., 1998. P. 86—89.
8. **Otchjot** "Jekologicheskoe obosnovanie shemy otvedenija i ochistki livnyh vod s mostovyh perehodov i polotna avtomobil'noj dorogi". Rukovoditel' raboty Ju. P. Bogdanov, Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij nauchno-issledovatel'skij institut Akademii kommunal'nogo hozjajstva im. K. D. Pamfilova, 2001.
9. **Tjzhelye metally** i ih soedinenija. Jekologija. Spravochnik. URL: <http://ru-ecology.info/> (data accessed 24.05.2015).
10. **Spravochnik** po sovremennym tehnologijam ochistki prirodnyh i stochnyh vod i oborudovaniju / Kruger International Consult A/S, Denmark, V. F. Karpuhin. Copenhagen: Ministry of Environment and Energy, Danish Environment Protection Agency, Printed by Schultz Grafiks, 2001. 253 p.
11. **Timofeeva S. S.** Biotehnologija obezvrezhivaniya stochnyh vod. *Him. i tehnologija vody*. 1995. Tom 17, No. 5. P. 525—532.
12. **Mehanizm** ochistki stochnyh vod s pomoshh'ju trostnika i kamysha. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/005.pdf> (data accessed 24.05.2015).
13. **Repin B. N., Rusina O. N., Afanas'eva A. F.** Biologicheskie prudy dlja ochistki stochnyh vod pishhevoj promyshlennosti. M.: Pishhevaja promyshlennost', 1999. 207 p.
14. **Ochistnye sooruzhenija** na avtomobil'nyh dorogah. URL: [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/534602/ochistnye\\_sooruzheniya\\_na\\_avtomobilnykh\\_dorogakh\\_obzornaya\\_informatsiya.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/534602/ochistnye_sooruzheniya_na_avtomobilnykh_dorogakh_obzornaya_informatsiya.pdf) (data accessed 24.05.2015).
15. **Patent RF № 2386593**. Ustanovka ochistki stokov avtozapravochnoj stancii / N. N. Krasnogorskaja, A. N. Elizar'ev, R. G. Ahtjamov, E. A. Skachkova, L. M. Jakupova. Zajavitel' GOU VPO Ufimskij gosudarstvennyj aviacionnyj tehničeskij universitet, zajavl. № 20081142779/15 ot 28.10.2008, data opublikovaniya 20.04.2010.
16. **Isaeva O. Ju.** Issledovanie perspektivnyh metodov ochistki stochnyh vod ot tjzhelyh metallov s cel'ju sozdanija jekologo-geohimicheskikh bar'ernyh zon: Dis. ... kand. tehn. nauk. Ufimskij gosudarstvennyj aviacionnyj tehničeskij universitet. Ufa, 2006. 174 p.
17. **Rekomendacii** po raschetu sistem sbora, otvedenija i ochistki poverhnostnogo stoka s selitebnyh territorij, ploshhadok predpriyatij i opredeleniju uslovij vypuska ego v vodnye ob#ekty. M.: FGUP NII VODGEO, 2006. 55 p.
18. **Vsemirnyj Pogodnyj Informacionnyj servis**. Klimaticheskaja informacija. URL: <http://wwis.meteoinfo.ru/107/c00659.htm> (data accessed 24.05.2015).
19. **Prikladnaja matematika**. Spravochnik matematicheskikh formul. Primery i zadachi s reshenijami. URL: <http://www.pm298.ru/reshenie/0dg.php> (data accessed 24.05.2015).

**Р. М. Хатмуллина**, канд. хим. наук, нач. отдела, e-mail: guugak@mail.ru,  
**В. И. Сафарова**, д-р хим. наук, нач. Управления, **Д. Х. Сатлыкова**, вед. спец.,  
**Е. Б. Галактионова**, канд. хим. наук, гл. спец.,  
Управление государственного аналитического контроля, Уфа

## К вопросу определения нефтяных углеводородов в воде

*Представлены результаты исследования природной воды, загрязненной нефтяными углеводородами неизвестного происхождения, проводимого с помощью методов ИК-спектрофотометрии, хромато-масс-спектрометрии и газожидкостной хроматографии. Установлено, что при повышенных содержаниях бензола, толуола и других ароматических соединений концентрация нефтепродуктов, найденная методом ИК-спектрофотометрии, значительно ниже суммы ароматических углеводородов. Выявлено, что при наличии в пробах высоких концентраций алифатических углеводородов, изо- и циклоалканов показатель "нефтепродукты" позволяет провести оценку загрязненности воды нефтяными компонентами по стандартной методике.*

**Ключевые слова:** нефтяные углеводороды, нефтепродукты, ИК-спектрофотометрия, хромато-масс-спектрометрия, ароматические углеводороды

### Введение

Нефтехимические и нефтеперерабатывающие предприятия относятся к одним из наиболее интенсивных источников загрязнения окружающей среды [1]. Переработка нефти технологически связана с использованием водных ресурсов, поэтому подобные предприятия территориально привязаны к водоемам и, таким образом, являются потенциальными загрязнителями гидросферы. Например, в Республике Башкортостан (РБ) более 80 % загрязняющих веществ поступает в водные объекты со сточными водами химических и нефтехимических предприятий [2, 3]. В связи с этим наличие достоверной информации о загрязненности гидросферы нефтяными углеводородами (УВ) в зоне влияния нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий является необходимым элементом экоаналитического контроля и мониторинга.

Как известно, нефть представляет собой сложную смесь множества компонентов, имеющих разные физико-химические свойства, токсичность, миграционную способность и т. д. [4, 5]. Попадая на дневную поверхность, она оказывается абсолютно в других условиях, и процессы, происходящие с нефтяными УВ в окружающей среде, также становятся качественно иными. Так, при поступлении нефти в водный объект в первую очередь выветриваются и испаряются более легкие ее компоненты. Некоторые УВ сорбируются на взвешенных частицах, подвергаются разложению микроорганизмами, химическому

окислению и т. д. Часть УВ образует водонепроницаемую эмульсию, при этом меняется плотность нефти и с течением времени образуются нефтяные агрегаты, которые оседают на дно водоема, формируя техногенные илы и угнетая жизнедеятельность гидробионтов [6].

Многокомпонентный состав нефти создает определенные трудности при анализе вод, особенно в тех случаях, когда загрязнение происходило в течение длительного периода времени нефтепродуктами неизвестного происхождения из различных источников. В настоящее время для оценки нефтяного загрязнения гидросферы используется показатель "нефтепродукты". В соответствии с определением, принятым Комиссией по унификации методов анализа вод стран — членов СЭВ в 1968 г. и Международным симпозиумом в Гааге в 1968 г., под "нефтепродуктами" понимают сумму неполярных и малополярных соединений, извлекаемых из воды с помощью четыреххлористого углерода (или гексана) и отделенных от полярных соединений колоночной хроматографией [7, 8]. Таким образом, показатель "нефтепродукты" характеризует суммарное содержание алифатических, ароматических и алициклических УВ, входящих в состав нефти. Исследованиями показано, что значение этого показателя зависит от многих факторов (способа измерения сигнала, состава стандартной смеси, взятой для калибровки, и др.) [9–13].

Цель данной работы — анализ результатов определения нефтепродуктов и ароматических УВ в природной воде.



## Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись пробы воды из скважин, пробуренных на территории, подвергающейся длительному воздействию нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий. Пробы воды для исследования отбирали в соответствии с ГОСТ 51592—2000 [14].

Концентрацию нефтепродуктов в пробах воды определяли методом ИК-спектрофотометрии [15]. Метод заключается в однократной экстракции эмульгированных и растворенных нефтепродуктов из воды четыреххлористым углеродом, очистке экстракта от сопутствующих полярных органических соединений на колонке, заполненной оксидом алюминия, и измерении концентрации нефтепродуктов (в аналитической трактовке этого термина) на приборе КН-2.

Состав нефтяных УВ в пробах воды исследовали методами хромато-масс-спектрометрии (ХМС) и газожидкостной хроматографии. Концентрацию ароматических УВ определяли методом ХМС [16]. Анализ выполняли на хромато-масс-спектрометрической системе GCMS-QP 2010 фирмы "Shimadzu" (Япония).

## Обсуждение результатов

Результаты анализа проб воды, загрязненных нефтяными УВ, представлены в таблице. Как видно из таблицы, концентрация нефтепродуктов в исследованных пробах воды варьирует в диапазоне от 0,42 до 67,2 мг/дм<sup>3</sup>. Методом ХМС в этих же пробах идентифицированы алканы, алкены, изоалканы, циклоалканы, ароматические

Результаты определения нефтепродуктов и ароматических углеводородов в воде

| Номер скважины | Концентрация, мг/дм <sup>3</sup> |        |
|----------------|----------------------------------|--------|
|                | Нефтепродукты*                   | ΣАУВ** |
| 1              | 0,69                             | 0,0026 |
| 2              | 7,5                              | 0,2313 |
| 3              | 10,2                             | 0,202  |
| 4              | 4,7                              | 0,006  |
| 5              | 0,6                              | 0,152  |
| 6              | 5,25                             | 9,88   |
| 7              | 6,66                             | 15,71  |
| 8              | 5,06                             | 9,75   |
| 9              | 4,0                              | 6,38   |
| 10             | 0,42                             | 10,46  |
| 11             | 67,2                             | 45,4   |
| 12             | 55,3                             | 43,67  |

\* Нефтепродукты определены методом ИК-спектрофотометрии; \*\*АУВ — ароматические углеводороды определены методом ХМС.

УВ [17, 18]. В таблице приведено также суммарное содержание ароматических УВ.

Сопоставление результатов, полученных методами ХМС и ИК-спектрофотометрии и представленных в таблице, показывает их значительное расхождение в некоторых случаях. Например, в пробе воды, отобранной из скважины 3, концентрация нефтепродуктов в ~50 раз больше суммарной концентрации ароматических УВ, найденных методом ХМС, что в целом закономерно, так как с помощью ИК-спектрофотометрии определяется сумма неполярных и малополярных УВ, в число которых входят и ароматические соединения.

В пробе воды из скважины 10 концентрация нефтепродуктов ниже, чем сумма ароматических УВ в ~25 раз. В этой пробе зафиксированы повышенные содержания бензола, толуола и других ароматических соединений, которые методом ИК-спектрофотометрии определяются с меньшей чувствительностью. Как видно из данных таблицы, в некоторых случаях это приводит к существенному занижению показателя "нефтепродукты".

Анализ результатов идентификации, проведенной методом ХМС, указывает также на то, что уровень концентраций изо- и циклоалканов в пробе воды из скважины 10 меньше, чем в воде из скважины 3, т. е. при наличии в пробах высоких концентраций алифатических УВ, изо- и циклоалканов показатель "нефтепродукты" позволяет провести оценку загрязненности воды нефтяными компонентами по стандартной методике.

Если в воде одновременно присутствуют значительные концентрации алифатических УВ, циклоалканов и ароматических веществ (например, пробы воды из скважин 11, 12), то в этом случае результаты определения показателя "нефтепродукты" примерно сопоставимы с данными ХМС анализа. Чувствительность определения алифатических УВ, изо- и циклоалканов методом ИК-спектрофотометрии выше, чем ароматических соединений. Поэтому это приводит к "сглаживанию" результатов анализа, полученных разными методами, и кажущемуся уменьшению погрешности определения нефтепродуктов. Отметим, что данные, полученные методом ХМС (см. таблицу), отражают только ароматическую составляющую нефтяных УВ.

Результаты исследования модельных растворов с известными концентрациями УВ методом ИК-спектрофотометрии до 40 раз отличаются от заданных значений в зависимости от состава внесенных в воду соединений. Проведенные эксперименты с добавками образцов товарных нефтепродуктов (бензинов, дизельного топлива,

нефти, нефтяных УВ неизвестного происхождения) также подтверждают, что результаты ИК-спектрофотометрического анализа в значительной степени зависят от компонентного состава пробы.

### Заключение

Таким образом, для достоверной оценки загрязненности природной воды нефтяными углеводородами, поступающими из множественных источников, требуется индивидуальный подход с учетом целей исследования. ИК-спектрофотометрия является незаменимым методом для экспрессной оценки загрязненности воды нефтяными УВ. Однако в тех случаях, когда источник поступления нефтепродуктов и их состав неизвестен, использование только этого метода анализа может стать причиной некорректной оценки качества воды.

### Список литературы

1. **Абросимов А. А.** Экология переработки углеводородных систем. М.: Химия. — 2002. — 608 с.
2. **Миркин Б. М.** Экология и устойчивое развитие Республики Башкортостан: учеб. пособие. — Уфа: ИП Хабиров И. З. — 2010. — 296 с.
3. **Фаухутдинов А. А., Сафарова В. И., Ткачев В. Ф., Магасумова А. Т., Шайдулина Г. Ф., Сафаров А. М.** и др. Влияние объектов нефтедобычи и нефтепереработки на качество природных вод // Башкирский химический журнал. — 2008. — Т. 15. — № 1. — С. 87–93.
4. **Рябов В. Д.** Химия нефти и газа. — М.: ИД "ФОРУМ". — 2009. — 334 с.
5. **Петров А. А.** Углеводороды нефти. — М.: Наука. — 1987. — 262 с.
6. **Тетельмин В. В., Язев В. А.** Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. Серия "Нефтегазовая инженерия". — Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект". — 2011. — 352 с.
7. **Лурье Ю. Ю.** Унифицированные методы анализа вод. — М.: Химия. — 1973. — 376 с.
8. **Лурье Ю. Ю.** Аналитическая химия промышленных сточных вод. — М.: Химия. — 1984. — 448 с.
9. **Шагидуллин Р. Р.** Комбинированный ИК-, УФ-спектральный метод определения нефтезагрязнений вод // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2002. — № 12. — Том 68. — С. 17–22.
10. **Павленко Л. Ф., Анохина Н. С., Корпакова И. Г., Темердашев З. А.** О выборе стандартных смесей при определении "углеводородного индекса" в водных объектах методами инфракрасной и люминесцентной спектроскопии // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2010. — Т. 76. — № 4. — С. 71–74.
11. **Воронцов А. М.** Обобщенные показатели состояния в системе индексов качества природных сред: проблемы и перспективы // Экологическая химия. — 2004. — № 14. — С. 1–10.
12. **Вершинин В. И., Антонова Т. В., Федорова М. А.** Надежность интегральных показателей как оценок суммарных содержаний углеводородов и фенолов в природных и сточных водах (обзор) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2013. — № 10. — С. 3–10.
13. **Кудрявцев А. А., Знаменщикова А. Н., Волкова С. С., Паничева Л. П.** Модельная смесь углеводородов для ИК-спектрофотометрии и флуориметрии нефтепродуктов // Вестник государственного Тюменского университета. — 2011. — № 5. — С. 56–62.
14. **ГОСТ 51592—2000.** Вода. Общие требования к отбору проб. — М.: Стандартинформ. — 2000. — 31 с.
15. **ПНД Ф 14.1:2:4.168—2000** Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовых концентраций нефтепродуктов в питьевых, поверхностных и сточных водах методом ИК-спектрометрии. — М., 2000. — 23 с.
16. **ФР 1.31.2005.01411** Методика выполнения измерений массовых концентраций летучих органических соединений в пробах природных, очищенных сточных вод, атмосферных осадков, снежного покрова методом хромато-масс-спектрометрии. — Уфа, 2008.
17. **Мухаматдинова А. Р., Сафаров А. М., Сафарова В. И., Климина И. Б., Хатмуллина Р. М., Магасумова А. Т.** Идентификация нефтепродуктов в объектах окружающей среды // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 11. — С. 33–38.
18. **Мухаматдинова А. Р., Сафаров А. М., Магасумова А. Т., Хатмуллина Р. М.** Оценка влияния предприятий нефтехимического комплекса на объекты окружающей среды // Георесурсы. — 2012. — № 8. — С. 46–50.

**R. M. Khatmullina**, Head of Section, e-mail: guugak@mail.ru,  
**V. I. Safarova**, Head of Department, **D. H. Satlykova**, Leading Specialist,  
**E. B. Galaktionova**, Chief Specialist, Department of the State Analytical Control, Ufa

## To a Question of Petroleum Hydrocarbons Determination in Water

*The research results of natural water polluted by petroleum hydrocarbons from unknown source are presented. The oil products concentration in water samples was determined by IR-spectrophotometry method. The petroleum hydrocarbons composition in water samples is investigated by gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography methods. Alkanes, alkenes, isoalkanes, cycloalkanes, aromatic hydrocarbons are identified in the water samples. It is established the petroleum products concentration obtained by the infrared spectrophotometry method is significantly lower aromatic hydrocarbons sum at high concentrations of benzene, toluene and*



other aromatic compounds. It is revealed if there are high concentrations of aliphatic hydrocarbons, isoalkanes and cycloalkanes, the "oil products" indicator allows to carry out a water pollution assessment by oil products by standard technique. The analysis of model solutions with commercial oil products samples additives (gasoline, diesel fuel, oil, petroleum hydrocarbons of unknown origin) confirms dependence infrared spectrophotometric analysis results from the sample component composition.

**Keywords:** petroleum hydrocarbons, petroleum products, IR-spectrometric, GC/MS, oil pollution assessment

## References

1. **Abrosimov A. A.** *Ecologiya pererabotki uglevodorodnykh sistem* [Ecology of hydrocarbon processing systems], Moscow: Khimiia, 2002. 608 p. (in Russian).
2. **Mirkin B. M.** *Ekhologiya i ustoichivoe razvitiye Respubliki Bashkortostan* [Ecology and sustainable development of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: IP Habibov I. Z., 2010. 296 p. (in Russian).
3. **Faukhutdinov A. A., Safarova V. I., Tkachev V. F., Magasumova A. T., Shaidulina G. F., Safarov A. M.** *Vlianie ob'ektov nefteobrybnykh i neftepererabotki na kachestvo prirodnykh vod* [The impact of oil production and refining facilities on the natural water]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemistry Journal]. 2008. Vol. 15. No. 1. P. 87–93 (in Russian).
4. **Riabov V. D.** *Khimiia nefiti i gaza* [Chemistry of oil and gas]. Moscow: ID "Forum", 2009. 334 p. (in Russian).
5. **Petrov A. A.** *Uglevodorody nefiti* [Petroleum hydrocarbons]. Moscow: Science, 1987. 262 p. (in Russian).
6. **Tetel'min V. V., Iazev V. A.** *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas sector. A series of Oil and Gas Engineering]. Dolgoprudnyi: "Intellect", 2011. 352 p. (in Russian).
7. **Lur'e U. U.** *Unifitsirovannyye metody analiza vod* [Standardized methods of water analysis]. Moscow: Khimiia, 1973. 376 p. (in Russian).
8. **Lur'e U. U.** *Analiticheskaya khimiia promyshlennykh stochnykh vod* [Analytical chemistry of industrial wastewater]. Moscow: Khimiia, 1984. 448 p. (in Russian).
9. **Shagidullin R. R.** *Kombinirovannyi IK-, UF-spektral'nyi metod opredeleniya neftezagryazneniya vod* [Combined IR-, UV-spectral method for the determination of water contaminants]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov* [Industrial laboratory. Diagnostics of materials]. 2002. Vol. 68. No. 12. P. 17–22 (in Russian).
10. **Pavlenko L. F., Anokhina N. S., Korpakova I. G., Temerdashev Z. A.** *O vybore standartnykh smesey pri opredelenii "uglevodorodnogo indeksa" v vodnykh ob'ektakh metodami infrakrasnoi i liuminestsentnoi spektroskopii* [On the choice of standard mixtures at determination "Hydrocarbon index" in water bodies by the methods of infrared and fluorescent spectroscopy]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov* [Industrial laboratory. Diagnostics of materials]. 2010. Vol. 4. P. 71–74 (in Russian).
11. **Vorontsov A. M.** *Obobshchennyye pokazateli sostoyaniya v sisteme indeksov kachestva prirodnykh vod: problemy i perspektivy* [Summary measures of state in a system of indices of environmental quality: Problems and Prospects]. *Ekologicheskaya khimiia* [Environmental chemistry]. 2004. No. 14. P. 1–10 (in Russian).
12. **Vershinin V. I., Antonova T. V., Fedorova M. A.** *Nadezhnost' integral'nykh pokazatelei kak otsenok summarnykh sodержaniy uglevodorodov i fenolov v prirodnykh i stochnykh vodakh (obzor)* [Reliability integral indicators as estimates of the total content of hydrocarbons and phenols in natural waters and waste waters (Review)]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov* [Industrial laboratory. Diagnostics of materials]. 2013. No. 10. P. 3–10 (in Russian).
13. **Kudriavtsev A. A., Znamenshchikova A. N., Volkova S. S., Panicheva L. P.** *Model'naya smes' uglevodorodov dlia IK-spektofotometrii i fluorimetrii nefteproduktov* [The model mixture of hydrocarbons for the IR-spectrofotometry and fluorimetry petroleum]. *Vestnik gosudarstvennogo Tiimenskogo universiteta* [Bulletin of Tyumen State University]. 2011. No. 5. P. 56–62 (in Russian).
14. **GOST 51592–2000.** *Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [State Standard 51592–2000. Water. General requirements for sampling]. Moscow: Standartinform Publ., 2000. 31 p. (in Russian).
15. **PND F 14.1:2:4.168–2000** *Kolichestvennyy khimicheskii analiz vod. Metodika izmereniya massovykh kontsentratsii nefteproduktov v pit'evykh, poverhnostnykh i stochnykh vodakh metodom IK-spektrometrii* [The list of standard documents the federal. Quantitative chemical analysis of water. Methods of measuring the mass concentration of petroleum products in drinking, surface and sewage water by IR-spectrometric]. Moscow, 2000. 23 p. (in Russian).
16. **FR 1.31.2005.01411** *Metodika vypolneniya izmereniya massovykh kontsentratsii letuchikh organicheskikh soedineniy v probakh prirodnykh, ochishchennykh stochnykh vod, atmosferykh osadkov, snezhnogo pokrova metodom khromato-mass-spektrometrii* [Federal Register.1.31.2005.0 1411 Methods of measurement of mass concentrations of volatile organic compounds in samples of natural, treated wastewater, precipitation, snow cover by GC/MS]. Ufa, 2008. (in Russian).
17. **Mukhamatdinova A. R., Safarov A. M., Safarova V. I., Klimina I. B., Khatmullina R. M., Magasumova A. T.** *Identifikatsiya nefteproduktov v ob'ektakh okruzhaiushchei sredy* [The identification of petroleum products in the environment]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life Safety]. 2012. No. 11. P. 33–38 (in Russian).
18. **Mukhamatdinova A. R., Safarov A. M., Magasumova A. T., Khatmullina R. M.** *Otsenka vliyaniya predpriyatii neftekhimicheskogo kompleksa na ob'ekty okruzhaiushchei sredy* [Evaluation of the influence of the enterprises of a petrochemical complex on the environment]. *Georesursy* [Georesources]. 2012. No. 8. P. 46–50 (in Russian).

**К. Ф. Шайхлисламова**, вед. спец., e-mail: guugak@mail.ru,  
**Р. М. Хатмуллина**, канд. хим. наук, нач. отдела,  
**В. И. Сафарова**, д-р хим. наук, проф., начальник Управления,  
**Е. В. Фатьянова**, канд. техн. наук, нач. отдела, Управление государственного  
аналитического контроля, Уфа,  
**В. З. Латыпова**, д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой, Казанский Федеральный  
Университет

## Распределение полициклических ароматических углеводородов в системе "вода — донные отложения" водохранилища

*Представлены результаты наблюдений за содержанием полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в воде и донных отложениях водохранилища. Установлено, что концентрации бенз(а)пирена и других ПАУ в исследованных пробах воды сопоставимы с уровнем концентраций этих соединений в водах фоновых районов мира. Выявлена тенденция возрастания содержаний ПАУ в донных отложениях водохранилища. Проведен расчет коэффициентов накопления ПАУ в донных отложениях. Полученные данные сопоставлены с метеорологическими условиями, наблюдавшимися в период наблюдений.*

**Ключевые слова:** водохранилище, донные отложения, полициклические ароматические углеводороды, бенз(а)пирен

Водоохранилища представляют собой искусственные водоемы, образованные на водоток водоподпорными сооружениями с целью хранения воды и регулирования естественного речного стока [1, 2]. Их создание способствует улучшению водоснабжения региона водными ресурсами, дает возможность использовать гидроэнергетический потенциал рек, защищает от наводнений и т. д. [3–5].

Сооружение водохранилищ приводит к изменению гидрологического режима реки. В течение первых 4...7 лет во вновь созданном водоеме протекают в основном биологические процессы, которые затем стабилизируются, биологическая продуктивность снижается и в течение 10...15 лет формируется растительный покров. В это же время происходит изменение видового состава зоопланктона и соотношения его отдельных групп [4]. Гидрохимический режим водохранилища определяется химическим составом веществ, поступающих с водой реки, интенсивностью водообмена, скоростью протекания окислительно-восстановительных реакций и т. д.

По сравнению с рекой в водохранилище уменьшается скорость течения воды, что способствует более интенсивному осаждению взвешенных частиц (наносов), в результате чего в нем начинают формироваться донные отложения [6–8]. При этом выделяют три характерных участка заиления: верхний, средний и нижний [7]. На верхнем

участке оседают перемешивающиеся по дну взвешенные частицы и их более крупные фракции. В этом случае образуются гряды отложений. На среднем участке наносы поступают в основном из притоков и овражно-балочной сети. На нижнем участке, примыкающем к плотине, накапливаются мелкие фракции илистых и глинистых частиц, которые постепенно перемешиваются к плотине. Далее большая часть этих наносов оседает, а другая часть, взмучиваясь, выносится [7]. Таким образом, образуются разные типы донного грунта, которые отличаются как химическим, так и гранулометрическим составом.

Как известно, донные отложения играют важную роль в функционировании водной экосистемы. Они участвуют во внутриводоемном круговороте веществ и энергии и являются средой обитания многочисленных групп водных организмов [9]. Кроме того, в них депонируются органические и неорганические загрязняющие вещества.

Среди сотен веществ, попадающих в водные объекты, особого внимания требуют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обладающие канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами [10–12]. Известно, что ПАУ могут накапливаться в объектах окружающей среды, перераспределяться между сопряженными средами, превращаться в более токсичные соединения [9]. В связи с этим проблема контроля



содержания этих соединений в различных объектах является актуальной.

В данной работе представлены результаты определения ПАУ в воде и донных отложениях водохранилища.

### Экспериментальная часть

Анализ проб воды и донных отложений проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе фирмы "Shimadzu" (Япония), включающем в себя флуориметрический детектор с программированием длин волн; градиентный насос; инжектор Rheodyne, проточный дегазатор элюента, термостат, аналитическую колонку Vydac 201 TP 54-C<sub>18</sub> (250 × 2,1 мм; 5 μм). Разделение компонентов выполняли при градиентном режиме элюирования смесью ацетонитрила и воды со скоростью 0,35 мл/мин. Идентификацию ПАУ осуществляли по временам удерживания. Обработку полученных данных проводили с помощью программного обеспечения LC Solution. Концентрации определяемых ПАУ рассчитывали методом внешнего стандарта.

Отбор проб воды и донных отложений проводили в соответствии с Водным кодексом РФ [2] и работой [10]. Пробы отбирали в верхнем и нижнем бьефах водохранилища. Наблюдения проводили в течение четырех лет (в летний и осенний периоды).

### Результаты и их обсуждение

В Республике Башкортостан существует и эксплуатируется более 440 водохранилищ и прудов, из которых наиболее крупными являются Павловское водохранилище (1400 млн м<sup>3</sup>) на реке Уфа, Юмагузинское на реке Белая (600 млн м<sup>3</sup>), Нугушское (400 млн м<sup>3</sup>) на реке Нугуш, Кармановское (134 млн м<sup>3</sup>) на реке Буй [13].

Юмагузинское водохранилище расположено на реке Белая в пределах горной части Башкортостана. Оно обеспечивает сезонное, недельное, суточное регулирование стока реки Белая, аккумулируя до 20 % весеннего стока. Водохранилище имеет огромное значение для городов Мелеуз, Кумертау, Салават, Ишимбай, Стерлитамак и других населенных пунктов, расположенных в среднем течении реки Белой [13]. На качество воды и донных отложений водохранилища оказывают влияние сбросы предприятий г. Белорецка и стоки населенных пунктов, расположенных в верхнем течении реки. Кроме того, источниками загрязнения могут быть атмосферные выпадения, транспорт, выбросы отопительных систем и т. д. Результаты анализа придонной воды Юмагузинского водохранилища представлены в табл. 1.

Санитарно-гигиенические нормы (предельно допустимые концентрации — ПДК) в воде водных объектов установлены только для бенз(а)пирена (0,01 мкг/дм<sup>3</sup>), который принят в качестве индикаторного соединения группы ПАУ, и нафталина

Таблица 1

Диапазоны варьирования концентрации полициклических ароматических углеводородов в воде Юмагузинского водохранилища (2011–2014 гг.)

| Определяемый ингредиент | Концентрация ПАУ, мкг/дм <sup>3</sup> |                |                |                |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                         | Лето                                  |                | Осень          |                |
|                         | Верхний бьеф                          | Нижний бьеф    | Верхний бьеф   | Нижний бьеф    |
| Нафталин                | <0,005...0,025                        | <0,005         | <0,005         | <0,005...0,030 |
| Аценафтилен             | <0,005                                | <0,005         | <0,005         | <0,005         |
| Аценафтен               | <0,005                                | <0,005         | <0,005         | <0,005         |
| Флуорен                 | <0,005                                | <0,005         | <0,005         | <0,005         |
| Фенантрен               | 0,006...0,011                         | <0,005...0,011 | <0,005...0,022 | <0,005...0,012 |
| Антрацен                | <0,005                                | <0,005         | <0,005         | <0,005         |
| Флуорантен              | <0,005...0,008                        | <0,005...0,014 | <0,005         | <0,005         |
| Пирен                   | <0,005                                | <0,005         | <0,005...0,007 | <0,005...0,006 |
| Бенз(а)антрацен         | <0,001                                | <0,001         | <0,001         | <0,001...0,001 |
| Хризен                  | <0,001...0,001                        | <0,001...0,001 | <0,001...0,002 | <0,001...0,002 |
| Бенз(б)флуорантен       | <0,001                                | <0,001         | <0,001         | <0,001         |
| Бенз(к)флуорантен       | <0,001                                | <0,001         | <0,001         | <0,001         |
| Бенз(а)пирен            | <0,001                                | <0,001...0,001 | <0,001         | <0,001         |
| Дибенз(а, h)антрацен    | <0,001                                | <0,001...0,001 | <0,001         | <0,001         |
| Бензо(г, h, i)перилен   | <0,001...0,001                        | <0,001         | <0,001...0,001 | <0,001         |
| Индено(1,2,3-с, d)пирен | <0,001                                | <0,001         | <0,001...0,002 | <0,001...0,001 |



**Диапазоны варьирования концентрации полициклических ароматических углеводородов в донных отложениях Юмагузинского водохранилища (2011–2014 гг.)**

| Определяемый ингредиент         | Концентрация ПАУ, мкг/кг |             |              |             |
|---------------------------------|--------------------------|-------------|--------------|-------------|
|                                 | Лето                     |             | Осень        |             |
|                                 | Верхний бьеф             | Нижний бьеф | Верхний бьеф | Нижний бьеф |
| Нафталин                        | <0,5...1,5               | <0,5...2,5  | 0,5...88,0   | <0,5...4,9  |
| Аценафтен                       | <0,5                     | <0,5...8,7  | <0,5         | <0,5        |
| Флуорен                         | <0,5...1,0               | <0,5...0,8  | 0,6...3,7    | <0,5...1,6  |
| Фенантрен                       | 2,2...6,9                | 0,7...2,3   | 1,8...7,0    | 1,1...3,7   |
| Антрацен                        | <0,5                     | <0,5...0,9  | <0,5         | <0,5        |
| Флуорантен                      | <0,5...4,8               | 0,6...4,2   | 0,8...2,5    | 1,2...1,6   |
| Пирен                           | <0,5...2,4               | 0,7...2,3   | <0,5...3,0   | <0,5...1,1  |
| Бенз( <i>a</i> )антрацен        | <0,5                     | <0,5...0,7  | <0,5         | <0,5        |
| Хризен                          | <0,5...2,1               | 0,6...1,8   | <0,5...1,1   | <0,5...0,6  |
| Бенз( <i>b</i> )флуорантен      | <0,5...1,9               | 0,7...1,5   | 1,4...1,9    | <0,5...1,0  |
| Бенз( <i>k</i> )флуорантен      | <0,5                     | <0,5        | <0,5         | <0,5        |
| Бенз( <i>a</i> )пирен           | <0,5                     | <0,5...1,9  | <0,5...0,6   | <0,5        |
| Дибенз( <i>a,h</i> )антрацен    | <0,5...0,8               | <0,5        | <0,5...1,0   | <0,5        |
| Бензо( <i>g,h,i</i> )перилен    | <0,5...0,8               | <0,5...1,6  | <0,5...1,6   | <0,5...0,9  |
| Индено(1,2,3- <i>c,d</i> )пирен | <0,5...1,2               | 0,9...1,3   | <0,5...3,3   | <0,5...0,6  |

(4 мкг/дм<sup>3</sup>). Как видно из полученных данных (см. табл. 1), превышение нормативов для этих соединений в исследованных пробах воды не обнаружено. Концентрации бенз(*a*)пирена сопоставимы с уровнем концентраций этого соединения в воде фоновых районов мира [14].

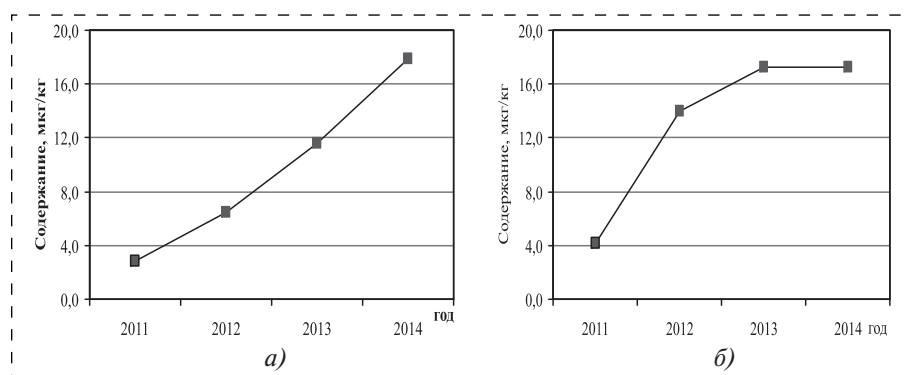
Следует отметить, что вода поверхностных водных объектов является динамичным компонентом природной среды. Самоочищение водной экосистемы происходит вследствие разбавления поступающих в нее примесей, окисления, адсорбции и т. д. Поскольку ПАУ обладают малой растворимостью в воде, они могут сорбироваться на взвешенных частицах, присутствующих в водной фазе, и оседать с ними на дно. Поэтому изучение донных отложений позволяет получить более полную картину экологического состояния водного объекта. В табл. 2 приведены результаты анализа проб донных отложений, отобранных в верхнем и нижнем бьефах Юмагузинского водохранилища.

Динамика суммарного содержания ПАУ в исследованных пробах показана на рис. 1, из которых видно, что отмечается тенденция накопления этих соединений в донных отложениях.

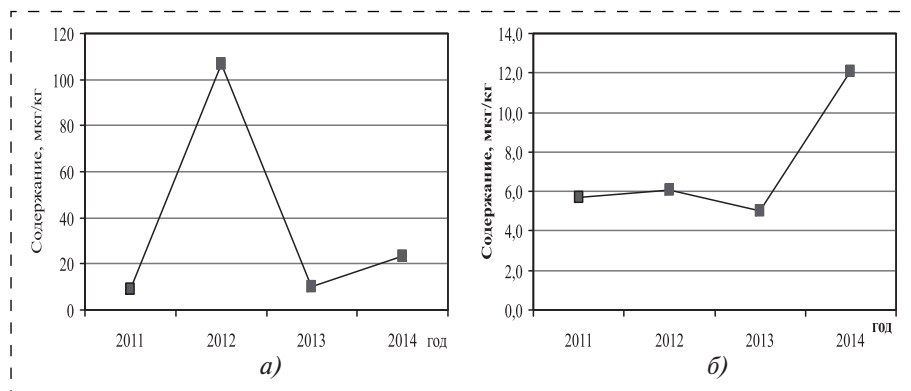
В пробах, отобранных в верхнем бьефе Юмагузинского водохранилища в летнюю межень,

суммарное содержание ПАУ увеличилось за время наблюдений в 6,4 раза. За весенний период в объемном слое существенно возрастает количество взвешенных частиц вследствие увеличения скорости течения воды, повышения ее уровня, что приводит к поступлению загрязнений с водосборной территории водотока. К летней межени уровень воды снижается, происходит постепенное оседание взвешенного вещества и депонирование токсикантов в донных отложениях.

Как видно из рис. 1, более интенсивное накопление ПАУ в донных отложениях характерно для верхнего бьефа водохранилища. Бьефы водохранилища представляют собой часть водотока: верхний бьеф находится с верховой стороны водоподпорного сооружения, нижний с низовой



**Рис. 1. Динамика содержания ПАУ в донных отложениях Юмагузинского водохранилища:**  
*a* — верхний бьеф; *б* — нижний бьеф (летняя межень)



**Рис. 2.** Динамика содержания ПАУ в донных отложениях Юмагузинского водохранилища: *а* — верхний бьеф; *б* — нижний бьеф (осенний период)

стороны [15]. Создание водохранилищ приводит к изменению гидрологического режима в обоих бьефах. Например, из-за увеличения зеркала водной поверхности возрастает испарение воды. В большей степени это характерно для верхнего бьефа, что приводит к более интенсивным процессам накопления загрязняющих примесей в донных отложениях.

Динамика содержания ПАУ в пробах донных отложений, отобранных в осенний период, показана на рис. 2.

Максимальное содержание ПАУ, найденное в 2012 г. в донных отложениях в верхнем бьефе водохранилища, примерно на порядок выше максимумов содержаний этих веществ в пробах, отобранных в нижнем бьефе в 2014 г., т. е. в большей степени загрязнены ПАУ донные осадки верхнего бьефа.

Скачкообразное изменение содержания ПАУ в донных отложениях осенью может быть связано с метеорологическими условиями (табл. 3), наблюдавшимися в период исследования [16].

По количеству осадков и температуре воздуха можно оценить увеличение (или уменьшение) объемов воды в водотоке и определить степень разбавления/испарения воды. Количество осадков, выпавших в день, округлено до полных суток (день/ночь). Один ливневый неполный день приравнен одному полному дождливому дню, один

неполный день снега равен одному дождливому неполному дню. Например, четыре неполных дня ливней равно четырем полным дождливым дням и т. д.

Метеорологические условия, наблюдавшиеся в летнее время 2011–2014 гг., примерно сопоставимы. Осенью 2011 г. количество дождливых дней было меньше, чем в 2012 г., но в 2011 г. было больше ливней [16]. Кроме того, в 2012 г. летом средняя температура составила 26 °С, что выше, чем в 2011 г. В 2013 г. было больше осадков, однако средняя температура воздуха от температуры в 2012 г. отличается незначительно. Эти условия, по-видимому, способствовали разбавлению воды и снижению концентраций загрязняющих веществ. В 2014 г. отмечалось наименьшее количество осадков по сравнению с предыдущими годами, что привело к увеличению содержания ПАУ в пробах донных отложений и в верхнем и нижнем бьефах водохранилища (см. рис. 1, 2).

Представленные результаты показывают, что донные отложения являются накопителями токсикантов, содержащихся в водной фазе. Концентрации этих веществ в воде могут быть незначительными, однако постоянное их присутствие хоть и в следовых количествах приводит к неизбежному загрязнению донных отложений. Рассчитанные коэффициенты накопления ПАУ в донных отложениях ( $C_{до}/C_{вод}$ ) варьируют в диапазоне 151...12 727.

Таким образом, экоаналитический контроль и оценка экологического состояния водных объектов не может быть достаточно полной без анализа донных отложений. Полученные данные позволяют не только оценить загрязненность донных отложений, но и изучить закономерности процессов самоочищения [11, 17, 18]. Результаты анализа донных отложений водохранилищ могут также явиться источником информации для коррекции

Таблица 3

Метеорологические условия, наблюдавшиеся в течение 2011–2014 гг. в РБ

| Условия                   | 2011 г. |       | 2012 г. |       | 2013 г. |       | 2014 г. |       |
|---------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                           | Лето    | Осень | Лето    | Осень | Лето    | Осень | Лето    | Осень |
| Количество осадков, сутки | 11      | 9,5   | 12,5    | 12,5  | 9       | 15,5  | 15,5    | 2,5   |
| $t_{max}$ , °С            | 33      | 29    | 35      | 24    | 34      | 26    | 33      | 21    |
| $t_{min}$ , °С            | 9       | –1    | 17      | 1     | 14      | 1     | 11      | 6     |
| $t_{ср}$ , °С             | 21      | 14    | 26      | 13    | 25      | 12    | 22      | 16    |

программы мониторинга, а также для выявления очагов загрязнения.

Для улучшения состояния водохранилищ необходимым является правильный режим его эксплуатации, ограничение антропогенной нагрузки на водную экосистему и соблюдение природоохранных мер на водосборе водотока [6].

### Список литературы

1. **ГОСТ 19179—73.** Гидрология суши. Термины и определения. — М.: Издательство стандартов, 2009. 34 с.
2. **Водный кодекс РФ.** Федеральный конституционный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ // Собрание законодательства РФ от 5 июня 2006 г. № 23.
3. **Арсеньев Г. С.** Основы управления водными ресурсами водохранилищ. — СПб.: РГГМУ, 2003. — 78 с.
4. **Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарипов В. А.** Водохранилища. — М.: Мысль, 1987. — 325 с.
5. **Арсеньев Г. С.** Основы управления гидрологическими процессами: водные ресурсы. — СПб.: РГГМУ, 2005. — 231 с.
6. **Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А.** Гидрология. — М.: Высшая школа, 2007. — 463 с.
7. **Железняков Г. В., Неговская Т. А., Овчаров Е. Е.** Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. — М.: Колос, 1984. — 426 с.
8. **Караушев А. В.** Речная гидравлика. — Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1969. — 417 с.
9. **Райнин В. Е., Виноградова Г. Н.** Техногенное загрязнение речных экосистем. — М.: Научный мир, 2002. — 140 с.
10. **Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К.** Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. — М.: Химия, 1996. — 319 с.
11. **РД 52.24.609—2013.** Методические указания. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов. — Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ "ГХИ", 2013. — 43 с.
12. **Шагидуллин Р. Р.** Эколого-аналитический контроль равнинного водохранилища: дис. ... д-ра хим. наук: 03.02.08. — Казань, 2011. — 336 с.
13. **Фаткуллин Р. А.** Природные ресурсы Республики Башкортостан и рациональное их использование. — Уфа: Китап, 1996. — 176 с.
14. **Ровинский Ф. Я., Теплицкая Т. А., Алексеева Т. А.** Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — 224 с.
15. **СО 34.21.308—2005.** Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. — СПб., 2005. — 51 с.
16. **Сайт прогноза погоды "Gismeteo".** — URL: <http://www.gismeteo.ru> (дата обращения 12.12.2015).
17. **ГОСТ 17.1.5.01—80.** Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
18. **ISO 5667-12:1995.** Качество воды. Отбор проб. Часть 12. Руководство по отбору проб из донных отложений.

**K. F. Shaikhislamova**, Leading Specialist, **R. M. Khatmullina**, Head of Section, e-mail: [guugak@mail.ru](mailto:guugak@mail.ru), **V. I. Safarova**, Head of Department, **E. V. Fat'ianova**, Head of Section, Department of the State Analytical Control, Ufa, **V. Z. Latypova**, Professor, Head of Chair, Kazan Federal University

## The Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Distribution in the "Water — Ground Sediments" System of Reservoir

*The observations results over the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) content in reservoir water and ground sediments are presented. Monitoring of water and ground sediments was conducted for four years in the summer and autumn periods. Samples were taken in the headwater and downstream pool. Comparability of benzo(a)pyrene and other PAH concentrations levels in studied water samples and in water of world background areas reservoirs is established. The tendency of PAH concentrations increase in the reservoir ground sediments is revealed. The calculation of PAH accumulation coefficients in ground sediments is carried out. Accumulation of PAH in the reservoirs headwater ground sediments is more intensive. The obtained data are compared with the meteorological conditions observed during supervision.*

**Keywords:** reservoir, bottom sediments, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), benzo(a)pyrene, HPLC

### References

1. **GOST 19179—73.** *Gidrologiia sushii. Terminy i opredeleniia* [State Standart 19179-73. Hydrology of land. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 34 p. (in Russian).
2. *Vodnyi kodeks RF: Federal'nyi konstitutsionnyi zakon ot 3 iunია 2006 g.* [Water code of the Russian Federation: the Federal constitutional law from June, 3rd, 2006] (in Russian).
3. **Arsen'ev G. S.** *Osnovy upravleniia vodnymi resursami vodokhranilishch* [The basics of water resources management of reservoirs]. St. Petersburg: RGGMU, 2003. 78 p. (in Russian).
4. **Avakian A. B., Saltankin V. P., Sharapov V. A.** *Vodokhranilishcha* [Reservoirs]. Moscow: Mysl', 1987. 325 p. (in Russian).



5. **Arsen'ev G. S.** *Osnovy upravleniia gidrologicheskimi protsessami: vodnye resursy* [Fundamentals of management of hydrological processes: water resources]. St. Petersburg: RGGMU, 2005. 231 p. (in Russian).
6. **Mikhailov V. N., Dobrovol'skii A. D., Dobroliubov S. A.** *Gidrologiia* [Hydrology]. Moscow: Vysshiaia shkola, 2007. 463 p. (in Russian).
7. **Zhelezniakov G. V., Negovskaia T. A., Ovcharov E. E.** *Gidrologiia, gidrometriia i regulirovanie stoka* [Hydrology, hydrometry and flow regulation]. Moscow: Kolos, 1984. 426 p. (in Russian).
8. **Karushev A. V.** *Rechnaia gidravlika* [River hydraulics]. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izd., 1969. 417 p. (in Russian).
9. **Rainin V. E., Vinogradova G. N.** *Tekhnogennoe zagriaznenie rechnykh ekosistem* [Technogenic pollution of river ecosystems]. Moscow: Nauchnyi mir, 2002. 139 p. (in Russian).
10. **Maistrenko V. N., Khamitov R. Z., Budnikov G. K.** *Ekologo-analiticheskii monitoring supertoksikantov* [Ecological and analytical monitoring of supercotoxicants]. Moscow: Khimia, 1996. 319 p. (in Russian).
11. **RD 52.24.609—2013.** *Metodicheskie ukazaniia. Organizatsiia i provedenie nabludenii za sodержaniem zagriazniaiushchikh veshchestv v donnykh otlozheniiakh vodnykh ob'ektov* [Methodical instructions. Organization and carrying out observations on the content of pollutants in the bottom sediments of water bodies]. Rostov-na-Donu: Rosgidromet, 2013. 43 p. (in Russian).
12. **Shagidullin R. R.** *Ekologo-analiticheskii kontrol' ravninnogo vodokhranilishcha*. Diss. dokt. khim. nauk [Ecological and analytical control of the plain reservoirs]. Dr. chem. sci. diss.]. Kazan', 2011. 336 p. (in Russian).
13. **Fatkullin R. A.** *Prirodnye resursy Respubliki Bashkortostan i ratsional'noe ikh ispol'zovanie* [Natural resources of the Republic of Bashkortostan and their rational use]. Ufa: Kitap, 1996. 176 p. (in Russian).
14. **Rovinskii F. Ia., Teplitskaia T. A., Alekseeva T. A.** *Fonovyi monitoring politsiklicheskikh aromatischeskikh uglevodorodov* [Baseline monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988. 224 p. (in Russian).
15. **SO 34.21.308—2005.** *Gidrotekhnika. Osnovnye poniatiia. Terminy i opredeleniia* [Hydraulic engineering. Basic concepts. Terms and definitions]. St. Petersburg. 2005. 51 p. (in Russian).
16. **Sait prognoza pogody "Gismeteo"** [Website weather]. URL: <http://www.gismeteo.ru> (data accessed 12.12.2015) (in Russian).
17. **GOST 17.1.5.01—80.** *Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniia k otboru prob donnykh otlozhenii vodnykh ob'ektov dlia analiza na zagriaznennost'* [State Standart 17.1.5.01—80. Protection of Nature. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water bodies for analysis of pollution] (in Russian).
18. **ISO 5667-12:1995.** *Kachestvo vody. Otbor prob. Chast' 12. Rukovodstvo po otboru prob iz donnykh otlozhenii* [Water quality. Sample selection. Part 12. Manual on sampling of bottom sediments].

## Информация

### VII Международная выставка по промышленной безопасности и охране труда

## SAPE 2016

Главный Медиациентр Сочи с 18 по 22 апреля 2016 года вновь станет местом проведения выставки SAPE, которая второй год подряд состоится совместно с Всероссийской неделей охраны труда. Успех нового формата SAPE 2015, отмеченный всеми без исключения участниками и посетителями, подтверждает высокий интерес со стороны профильных компаний к участию в этом событии и в 2016 году. На сегодняшний день порядка 30 российских и международных компаний подтвердили участие в VII Международной выставке по промышленной безопасности и охране труда SAPE 2016.

SAPE 2016 вновь станет бизнес площадкой для лидеров российского рынка спецодежды, средств индивидуальной защиты, оборудования для предотвращения и устранения последствий чрезвычайных ситуаций на производствах. Впервые в выставке примут участие производители лечебно-профилактического питания для сотрудников вредных производств, организаторы санаторно-курортного лечения. Центральная тема экспозиции посвящена импортозамещению, но при этом будут представлены и лучшие зарубежные технологии и разработки.

Организатор выставки, Выставочный павильон "Электрификация", создаст экспонентам и посетителям SAPE 2016 оптимальные условия для эффективной работы и установления новых деловых контактов.

Подробнее с условиями участия в выставке можно ознакомиться на официальном сайте: [www.sape-expo.ru](http://www.sape-expo.ru).

УДК 504.3.054

**И. В. Вдовина**, канд. техн. наук, доц., e-mail: vdovina\_iv@mail.ru,  
Уфимский государственный авиационный технический университет,  
**И. М. Тверякова**, магистрант, Башкирский государственный педагогический  
университет, Уфа

## Оценка качества атмосферного воздуха в городах Республики Башкортостан

*Приведены результаты анализа качества атмосферного воздуха в промышленных городах Республики Башкортостан. С использованием стандартных показателей оценен уровень загрязнения атмосферного воздуха, выделены основные загрязняющие вещества, характерные для городов республики и проанализированы основные источники поступления этих загрязняющих веществ в атмосферу.*

**Ключевые слова:** загрязнение, атмосфера, Республика Башкортостан, город, передвижной источник, стационарный источник, индекс загрязнения атмосферы, стандартный индекс, наибольшая повторяемость, нефтепереработка

Республика Башкортостан (РБ) является одним из основных нефтедобывающих регионов страны, центром химической промышленности и машиностроения. Ведущими отраслями специализации являются топливная промышленность, химия и нефтехимия, электроэнергетика, металлургия, машиностроение, сельскохозяйственная, легкая и пищевая промышленности.

Численность автотранспорта на сегодня в Республике Башкортостан составляет более одного миллиона единиц, поэтому загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспортных средств — одна из самых острых экологических проблем в республике.

Целью данного исследования явился анализ изменения качества атмосферного воздуха в городах Республики Башкортостан за период 1998—2013 гг. по данным официальных государственных докладов о состоянии окружающей среды в Республике Башкортостан.

### Характеристика объектов исследования

Объектами исследования явились пять крупных промышленных городов Республики Башкортостан: Уфа, Стерлитамак, Салават, Туймазы, Благовещенск.

Город Уфа — столица Республики Башкортостан, расположенная на берегу реки Белая при впадении в нее рек Уфа и Дема [1]. Площадь территории составляет 70,793 тыс. га, протяженность города с севера на юг — 53,5 км, с запада на восток — 29,8 км. Численность населения

(на 1 января 2015 г.) по данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан 1115,8 тыс. чел. Количество организаций и учреждений в сфере промышленности 5179 ед., в том числе предприятия машиностроительного, приборостроительного, нефтеперерабатывающего и нефтехимического профилей [2]. Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся на девяти стационарных станциях государственной наблюдательной сети за состоянием окружающей среды [3].

Город Стерлитамак — второй по территории город Республики Башкортостан площадью 10,852 тыс. га с населением (на 1 января 2015 г.) 278,7 тыс. человек. Транспортная удаленность от Уфы — 130 км. Расположен на юге республики, на левом берегу реки Белая. Промышленность представлена предприятиями химического производства (71,6 %). Системообразующими предприятиями городского округа города Стерлитамак являются ОАО "Башкирская содовая компания", ОАО "Синтез-Каучук", ОАО "Стерлитамакский нефтехимический завод", ФКП "Авангард" [4]. Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся на пяти стационарных станциях государственной наблюдательной сети за состоянием окружающей среды [3].

Город Салават площадью 11,302 тыс. га с населением (на 1 апреля 2015 г.) 155,107 тыс. чел. расположен на Южном Урале, на левом берегу реки Белая в 178 км от Уфы [1]. Промышленность представлена в основном обрабатывающими производствами. Развитие промышленности в округе



определяет вид экономической деятельности: производство кокса, нефтепродуктов. Доминирующее положение в данном виде деятельности занимает ОАО "Газпром нефтехим Салават". Также на территории города располагаются такие предприятия, как ОАО "Салаватстекло", ОАО "Салаватнефтемаш", ООО "Салаватский катализаторный завод", ОАО "Салаватский химический завод", ООО "Ремонтно-механический завод" [5]. Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся на трех стационарных станциях государственной наблюдательной сети за состоянием окружающей среды [3].

Город Туймазы площадью 2,7 тыс. га и населением (на 1 января 2015 г.) 68,037 тыс. чел. находится на западе республики в центре Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Район расположения города Туймазы богат нефтью, песчаниками, залежами гипса, агрономическими рудами, что определяет промышленную направленность данного административного образования. Здесь функционируют предприятия машиностроения, нефтехимии, легкой и пищевой промышленности. Системообразующими предприятиями являются ОАО "УТС-Туймазыхиммаш", ОАО "Туймазинский завод автобетоновозов", ОАО "Туймазытехуглерод" [6]. Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся на одной стационарной станции государственной наблюдательной сети за состоянием окружающей среды [3].

Город Благовещенск расположен на территории Прибельской равнины на правом берегу реки Белой в 44 км к северу от города Уфы. Численность населения (на 1 января 2015 г.) составляет 35,013 тыс. чел. Системообразующими предприятиями Благовещенского района являются ОАО "Полиэф" и ОАО "Благовещенский арматурный завод". Доминирует химическое производство (ОАО "Полиэф") — 74,7 % общего объема обрабатывающих предприятий, 19,3 % приходится на производство машин и оборудования (ОАО "Благовещенский арматурный завод") [7]. На территории г. Благовещенска также функционируют ремонтно-эксплуатационная база паромохода "Волготанкер", производство тары из гофрокартона ООО "ПерекрестокЪ", завод теплоизоляционных материалов ООО "Агидель". Здесь расположен такой специализированный объект, как Благовещенское отделение филиала "Приволжский территориальный округ" ФГУП "РосРАО", которое является правопреемником Благовещенского специализированного комбината "Радон". Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся на двух стационарных станциях государственной наблюдательной сети за состоянием окружающей среды [3].

Как видно из краткой характеристики объектов исследования, выбранные города РБ являются промышленно нагруженными, т. е. на сравнительно небольшой территории располагаются крупные предприятия различных отраслей промышленности, что безусловно создает предпосылки для ухудшения экологической обстановки в данных городах.

## Материалы и методы

В качестве информационной базы для изучения динамики качества атмосферного воздуха в городах РБ послужили официальные издания Государственных докладов "О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан", ежегодно подготовляемых и публикуемых Министерством природопользования и экологии РБ, и Государственных докладов "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Башкортостан" Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан.

Анализ динамики состояния атмосферного воздуха осуществляется на основе трех стандартных показателей, предусмотренных РД 52.04.667—2005 [8]: индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), стандартного индекса (СИ) и наибольшей повторяемости превышения предельно допустимой концентрации (НП).

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) — показатель, характеризующий комплексное воздействие загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе. Данный показатель является количественной характеристикой уровня загрязнения атмосферы отдельной примесью, учитывающего различие в скорости возрастания степени вредности веществ, приведенной к вредности диоксида серы, по мере увеличения [8]. Данный индекс, учитывающий воздействие  $n$  загрязняющих веществ, рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{\text{ср.}i}}{\text{ПДК}_{\text{ср.}i}} \right)^{c_i}, \quad (1)$$

где  $q_{\text{ср.}i}$  — среднегодовая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества;  $\text{ПДК}_{\text{ср.}i}$  — его средне-суточная предельно допустимая концентрация;  $c_i$  — безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень вредности  $i$ -го загрязняющего вещества к степени вредности диоксида серы.

Значения  $c_i$  равны 1,5; 1,3; 1,0 и 0,85 соответственно для 1-го, 2-, 3- и 4-го классов опасности загрязняющих веществ. Чтобы значения ИЗА были сравнимы для разных городов или за разные интервалы времени в одном городе, необходимо рассчитывать их для одинакового количества ( $n$ ) загрязняющих веществ.

Стандартный индекс (СИ) — это коэффициент для выражения концентрации примеси в единицах ПДК, т. е. значение максимальной измеренной концентрации, приведенное к ПДК. Индекс СИ определяется по данным измерений на всех постах (станциях) за одной примесью или на всех постах (станциях) за всеми примесями. Этот индекс устанавливается путем сравнения всех полученных за день значений концентраций для всех примесей за все сроки наблюдений, а для города — всех значений СИ на всех постах (станциях) и выделения наибольшего значения СИ. Рассчитывается по формуле:

$$\text{СИ} = \frac{q_{\max}}{\text{ПДК}}, \quad (2)$$

где  $q_{\max}$  — максимальная измеренная концентрация примеси в атмосферном воздухе, ПДК — предельно допустимая концентрация этой же примеси в атмосферном воздухе.

Величина НП — наибольшая повторяемость превышения ПДК любого вещества в городе измеряется в %. Значение НП определяется как наибольшее из всех значений повторяемости превышения ПДК по данным измерений на всех постах (станциях) за одной примесью, или на всех постах (станциях) за всеми примесями, соответственно, за месяц или год. Определяется по формуле:

$$\text{НП} = \max\left(\frac{m}{h} \cdot 100\right), \quad (3)$$

где  $m$  — количество превышений разовыми концентрациями на посту (станции) или на всех постах города уровня ПДК;  $h$  — количество наблюдений за рассматриваемый период ( $h \geq 50$ ).

Для качественной оценки состояния атмосферного воздуха используются критерии, приведенные в таблице.

Критерии оценки загрязнения воздуха [3]

| Градация | Загрязнение воздуха                               | Индекс | Оценка  |
|----------|---|--------|---------|
| I        | Низкое, мало влияет на здоровье                   | СИ     | 0...1   |
|          |   | НП, %  | 0       |
|          |   | ИЗА    | 0...4   |
| II       | Повышенное  | СИ     | 2...4   |
|          |   | НП, %  | 1...19  |
|          |   | ИЗА    | 5...6   |
| III      | Высокое, неблагоприятное для здоровья             | СИ     | 5...10  |
|          |   | НП, %  | 20...49 |
|          |   | ИЗА    | 7...13  |
| IV       | Очень высокое, очень неблагоприятное для здоровья | СИ     | >10     |
|          |   | НП, %  | >50     |
|          |   | ИЗА    | >14     |

## Обсуждение результатов

Первоначальный анализ проводился для выявления динамики валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу городов РБ от стационарных и передвижных источников. Валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу городов РБ за период 1998—2013 гг. представлен на рис. 1 (см. 3-ю стр. обложки).

Как видно из представленных данных, произошло снижение количества валовых выбросов в среднем на 30 %, в основном за счет снижения выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников. Значительный вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах республики с развитой промышленностью составляет: в Уфе — 51,6 %, Стерлитамаке — 36 %, Салавате — 31,6 %. В городах с менее развитой промышленностью вклад автотранспорта в суммарное загрязнение атмосферного воздуха в отдельных случаях достигает более 90 %.

Несмотря на то что Республиканский парк автотранспортных средств увеличился на 96 156 ед. (7 %) и по данным Управления ГИБДД МВД по РБ на 01.01.2014 г. составил 1 474 317 ед., изменилась качественная структура автомобильного парка. Удельный вес российских брендов в структуре рынка продаж легковых автомобилей снизился с 34 % в 2010 г. до 25 % в 2011 г. и до 21 % в 2012 г. Одновременно доля иностранных брендов, произведенных на территории страны, выросла с 34 % в 2010 г. до 45 % в 2012 г. Возросла также и доля импорта: с 32 % в 2010 г. до 34 % в 2012 г. [9].

Анализ качественного состава выбросов (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки) показал, что в валовых выбросах преобладают оксид углерода (64,6 %), летучие органические соединения (ЛОС) (20,5 %), сернистый ангидрид (5 %) и диоксид азота (9,9 %).

Мониторинг состояния атмосферного воздуха осуществляется Башкирским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Башкирское УГМС) в городах: Уфа, Стерлитамак, Салават, Благовещенск, Туймазы. Общее количество постов наблюдений составляет 20 единиц [3].

На основе анализа данных Государственных докладов с 1998—2013 гг. (рис. 3 — см. 3-ю стр. обложки) выявлено, что г. Уфа и г. Стерлитамак относятся к числу городов с очень высоким уровнем загрязнения атмосферы, г. Салават относится к числу городов с высоким уровнем загрязнения атмосферы, г. Благовещенск относится к числу городов с повышенным уровнем загрязнения атмосферы, но в 2007 г., в нем наблюдался очень высокий уровень загрязнения атмосферы, это объясняется переносом вредных примесей от



предприятий северной промзоны г. Уфы в период длительных неблагоприятных метеоусловий (НМУ) с высоким уровнем содержания сероводорода. Город Туймазы также относится к числу городов с повышенным уровнем загрязнения атмосферы.

По представленным зависимостям установлено, что до 2009 г. наибольший уровень загрязнения по показателю ИЗА наблюдается для г. Уфы. После 2009 г. происходит снижение показателя ИЗА. Уменьшение выбросов от передвижных источников по сравнению с предыдущим годом на 67,0 тыс. т произошло вследствие сокращения городского парка автомототранспортных средств на 6,7 %, а также падения объемов грузоперевозок и расхода топлива.

Снижение объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников нефтеперерабатывающих заводов произошло вследствие выполнения ряда природоохранных мероприятий, основные из них:

- ввод установки автоматизированного герметичного налива светлых нефтепродуктов в железнодорожные цистерны;

- прекращение сжигания мазута в топливопотребляющих установках, проведение реконструкции водоблоков, включающей ликвидацию нефтеловушек с открытой поверхностью на ОАО "Уфимский НПЗ";

- оборудование резервуаров алюминиевыми понтонами на ОАО "Ново-Уфимский НПЗ" и ОАО "Уфанефтехим".

Снижение выбросов от теплоэлектроцентралей связано с уменьшением расхода топлива (на 5,5 %), а также доли мазута в топливном балансе Уфимских ТЭЦ. Кроме того, на теплоэлектроцентралях г. Уфы внедрен ряд природоохранных мероприятий по снижению негативного воздействия на атмосферный воздух: автоматизация режима горения на Уфимской ТЭЦ-1 и Уфимской ТЭЦ-4, уплотнение газоходов паровых котлов на Уфимской ТЭЦ-4 и Уфимской ТЭЦ-3. На предприятии химической промышленности — ОАО "Уфаоргсинтез" из технологической схемы выведены два факела.

В расчете на одного жителя города объем выбросов

загрязняющих веществ в атмосферу в 2009 г. составил 0,309 т [10]. А после 2009 г. наибольшее загрязнение атмосферного воздуха наблюдается в г. Sterлитамак, так как большой вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят предприятия электроэнергетики — Sterлитамакская и Ново-Sterлитамакская ТЭЦ — 7,408 тыс. т, или 11,8 %. Несмотря на уменьшение количества сожженного топлива, поступление загрязняющих веществ в атмосферу на Sterлитамакских теплоэлектроцентралях по сравнению с 2008 г. возросло на 2,56 тыс. т за счет увеличения доли мазута в топливном балансе. А также на ОАО "Сода" валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу составил 41,946 тыс. т, что больше уровня предыдущего года на 1,302 тыс. т [10].

Анализируя показатель стандартного индекса (рис. 4), отмечено, что наибольшие превышения максимально разовых концентраций наблюдались в г. Уфе в 2001, 2009, 2010 и 2012 гг. В эти годы в летний период отмечались частые залповые выбросы нефтеперерабатывающих предприятий, расположенных в промышленной зоне, что вызвало массу обращений граждан в природоохранные службы и к Президенту Республики Башкортостан. При этом за 2013 г. наибольшие значения СИ наблюдались для сероводорода в г. Уфа, этилбензола в г. Салават, бенз(а)пирена в городах Sterлитамак и Туймазы, диоксида азота в г. Благовещенск [3].

По представленным графикам (см. рис. 4) видно, что в целом тренд, отражающий динамику СИ в г. Sterлитамаке и г. Туймазы, показывает

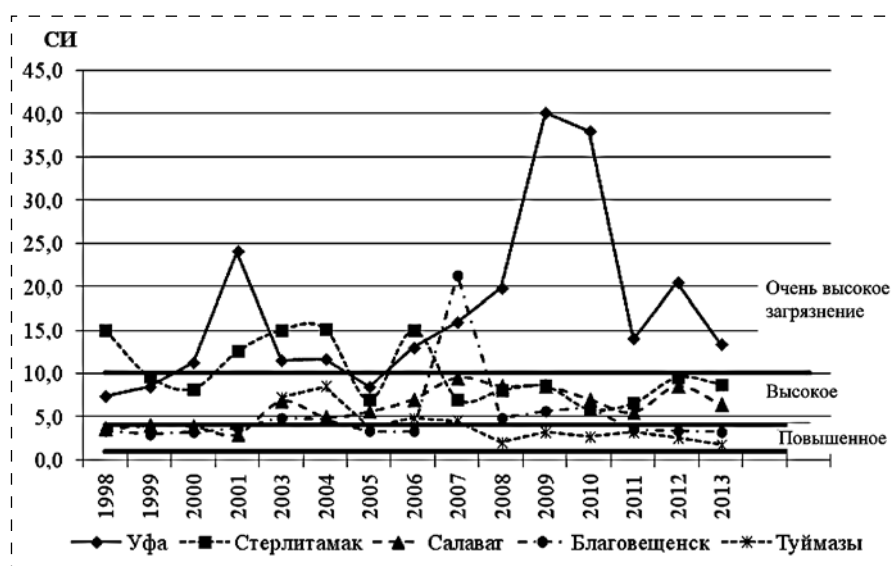


Рис. 4. Динамика изменения стандартного индекса (СИ) по Республике Башкортостан за 1998–2013 гг.



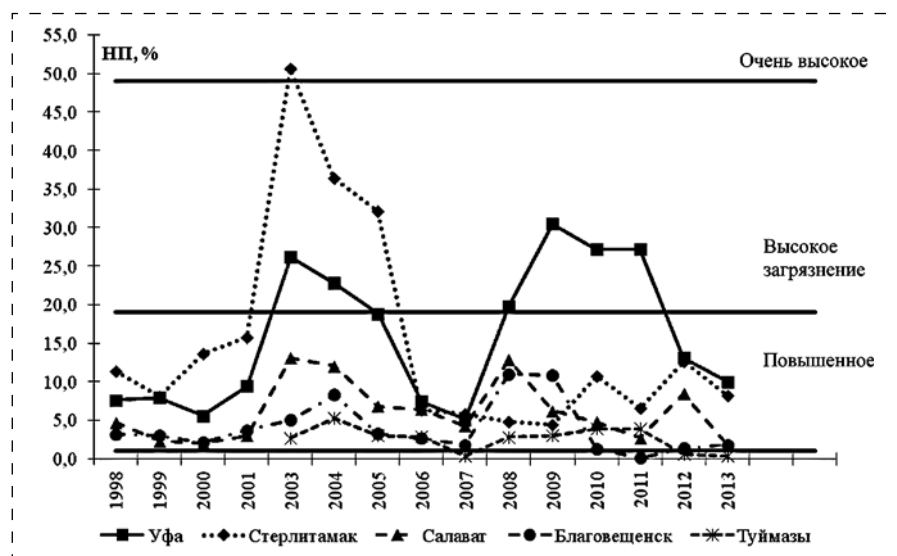


Рис. 5. Динамика наибольшей повторяемости превышения ПДК любого вещества в городе (НП) по Республике Башкортостан за 1998–2013 гг.

## Выводы

Анализ данных показал, что уровень загрязнения в городах Республики Башкортостан на протяжении 15 лет остается стабильно высоким, что особенно характерно для центров нефтепереработки и нефтехимии, таких как Уфа, Стерлитамак, Салават. Для остальных городов республики наиболее значимым источником загрязнения является автомобильный транспорт.

## Список литературы

снижение уровня кратковременного загрязнения по показателю СИ, а тренды для г. Уфы, г. Салавата и г. Благовещенска показывают увеличение уровня кратковременного загрязнения по показателю СИ. Это объясняется тем, что наибольшие превышения максимально разовых концентраций наблюдались именно в данных городах.

Анализируя показатель наибольшей повторяемости превышения ПДК любого вещества в городе (рис. 5), отмечено, что наибольшие повторяемости наблюдались в г. Стерлитамаке в 2003, 2004 и 2005 гг., а также в г. Уфе в 2009, 2010 и 2011 гг. В эти годы в г. Стерлитамаке наибольшие повторяемости превышения ПДК отмечались по диоксиду азота, а в г. Уфе — по этилбензолу.

По данным государственного доклада [11] приоритетными загрязняющими веществами атмосферного воздуха городов и районов республики, концентрации которых превышали предельно допустимые за последние 3 года, были этилбензол, этинилбензол, формальдегид, дигидросульфид, диметилбензол, оксиды азота, гидрохлорид, бензол, взвешенные вещества. Загрязнение атмосферного воздуха этилбензолом выше гигиенических нормативов выявлено в четырех городах: Благовещенске, Стерлитамаке, Уфе, Салавате. Это объясняется тем, что на территории Уфы, Стерлитамака и Салавата находятся крупные нефтеперерабатывающие заводы, а Благовещенск очень близко расположен к промышленной зоне г. Уфы.

1. **Башкортостан:** Краткая энциклопедия / Гл. ред. Р. З. Шакуров. — Уфа: Науч. изд-во "Башкирская энциклопедия", 1996. — 672 с.
2. **Паспорт** города Уфа. Социально-экономические показатели по состоянию на 01.01.2015 г. URL: <https://www.ufacity.info/ufa/passport.php> (дата обращения 14.05.2015).
3. **Государственный доклад** "О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2013 году" — Уфа, 2014. — 336 с.
4. **Инвестиционный паспорт** городского округа город Стерлитамак. — Стерлитамак, 2015.
5. **Инвестиционный паспорт** городского округа город Салават. — Салават, 2015.
6. **Инвестиционный паспорт** муниципального района Туймазинский район Республики Башкортостан. — Туймазы, 2012.
7. **Инвестиционный паспорт** муниципального района Благовещенский район Республики Башкортостан. — Благовещенск, 2012.
8. **Руководящий документ** РД 52.04.667—2005 "Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию" (утв. Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 1 февраля 2006 г.).
9. **Кондратьев В. Б., Афанасьев С. А.** Российская автомобильная промышленность // Перспективы. Электронный журнал по состоянию на 14.04.2014. URL: [http://www.perspektivy.info/rus/ekob/rossijskaja\\_avtomobilnaja\\_promyshlennost\\_2014-04-14.htm](http://www.perspektivy.info/rus/ekob/rossijskaja_avtomobilnaja_promyshlennost_2014-04-14.htm) (дата обращения 14.05.2015).
10. **Государственный доклад** "О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2009 году". — Уфа, 2010. — 189 с.
11. **Государственный доклад** "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Башкортостан в 2014 году" — Уфа, 2015. — 249 с.



**I. V. Vdovina**, Associate Professor, e-mail: vdovina\_iv@mail.ru, Ufa State Aviation Technical University, **I. M. Tverjakova**, Undergraduate, Bashkir State Pedagogical University, Ufa

## Assessment of Air Quality in Cities of the Republic of Bashkortostan

*The purpose of this article is to assess the ambient air quality in the cities of the Republic of Bashkortostan and the change for the period 1998–2013 years on the basis of state reports on the environment.*

*The objects of the study were 5 large industrial cities: Ufa, Sterlitamak, Salavat, Tuimazy, Blagoveshchensk.*

*Analysis of the atmospheric air dynamics is carried out on the basis of three standard indicators provided: air pollution index (API), a standard index (SI) and the highest repeatability of exceeding the maximum allowable concentration (HR).*

*A significant contribution of vehicles to air pollution in large cities of the country with a developed industry is Ufa — 51,6 %, Sterlitamak — 36 %, Salavat — 31,6 %.*

*Analysis of the qualitative composition of total emissions showed that carbon monoxide (64,6 %), volatile organic compounds (20,5 %), sulfur dioxide (5 %) and nitrogen dioxide (9,9 %) are predominated.*

*Revealed that the Ufa and the Sterlitamak were among the cities with the highest levels of air pollution, the Salavat is among the cities with high, adverse health air pollution, the Blagoveshchensk and the Tuimazy is among the cities with increased level of air pollution.*

**Keywords:** *pollution, the atmosphere, the Republic of Bashkortostan, city, mobile sources, stationary source, the index of air pollution, standard index, the highest repeatability, petroleum refining*

### References

1. **Bashkortostan:** encyclopedia / Gl. red. R. Z. Shakurov. Ufa: Nauch. izd-vo "Bashkirskaja enciklopedija", 1996. 672 p.
2. **Passport** Ufa city. Socio-economic indicators as of 01.01.2015. URL: <https://www.ufacity.info/ufa/passport.php> (data accessed 14.05.2015).
3. **State report** "State of Natural Resources and Environment of the Republic of Bashkortostan in 2013". Ufa, 2014. 336 p.
4. **Investment passport** of the city district Sterlitamak. Sterlitamak, 2015.
5. **Investment passport** of the city district Salavat. Salavat, 2015.
6. **Investment passport** of the municipal district Tujmazinskij rajon Respubliki Bashkortostan. Tujmazy, 2012.
7. **Investment passport** of the municipal district Blagoveshchenskij rajon Respubliki Bashkortostan. Blagoveshchensk, 2012.
8. **Guidance Document** 52.04.667—2005 "Documents on the state of air pollution in urban areas to inform the public authorities, the public and the public. General requirements for the design, construction, presentation and content, 2006.
9. **Kondrat'ev V. B., Afanas'ev S. A.** Russian Automotive Industry // Prospects. Electronic journal. Publication date 14.04.2014. URL: [http://www.perspektivy.info/rus/ekob/rossijskaja\\_avtomobilnaja\\_promyshlennost\\_2014-04-14.htm](http://www.perspektivy.info/rus/ekob/rossijskaja_avtomobilnaja_promyshlennost_2014-04-14.htm) (data accessed 14.05.2015).
10. **State report** "State of Natural Resources and Environment of the Republic of Bashkortostan in 2009". Ufa, 2010. 189 p.
11. **State report** "On the state sanitary and epidemiological welfare of the population in the Republic of Bashkortostan in 2014". Ufa, 2015. 249 p.

*Информация*

26—29 апреля 2016 г.

Минприроды России проведет международную выставку-форум

"ЭКОТЕХ"

Москва, МВЦ "Крокус-ЭКСПО"

Выставочная экспозиция затронет природоохранные направления деятельности по всем компонентам природной среды: воде, воздуху, лесным и земельным ресурсам. На выставке будут представлены современные технологии и продукция в сфере обращения с отходами, энергосбережения, транспорта, управления городской средой, экологического мониторинга и контроля, экологических услуг, в том числе внедрения "зеленых" стандартов проектирования и строительства.

Контакты: <http://www.ecotech-expo.ru/ecotech/>

УДК 582.26

**И. Е. Дубовик**, д-р биол. наук, проф., e-mail: dubovikie@mail.ru,  
**М. Ю. Шарипова**, д-р биол. наук, доц., Башкирский государственный университет, г. Уфа,  
**Н. Н. Красногорская**<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф. зав. кафедрой,  
**Э. В. Нафикова**, канд. геогр. наук, доц., **Е. А. Белозерова**, асп., Уфимский государственный авиационный технический университет

## **Эпифитные сообщества цианопрокариот и водорослей древесных растений г. Уфы и возможность их использования в биоиндикации**

*Приведены данные анализа влияния промышленного загрязнения на биоразнообразие эпифитных цианопрокариот и водорослей древесных растений г. Уфы и возможность их использования в биоиндикации. Установлено, что основную долю в эпифитных цианопрокариотно-водорослевых сообществах составляют зеленые водоросли, по морфотипам преобладают одноклеточные неподвижные водоросли. Не зафиксированы морфометрические и цитологические различия между клетками цианопрокариот и водорослей исследованных зон. Выявлено, что эпифитные цианопрокариоты и водоросли, в отличие от почвенных, не являются индикаторами аэротехногенного загрязнения.*

**Ключевые слова:** биоиндикация, эпифитные цианопрокариоты и водоросли, аэротехногенное загрязнение, экологический мониторинг, эколого-таксономическая характеристика

Многие цианопрокариоты и водоросли приспособились к жизни во вневодных обитаниях — в почве и на ее поверхности, на скалах, стволах деревьев и других наземных биотопах. Наземными аэрофильными, воздушными, аэрофитными цианопрокариотами и водорослями называют такие виды, которые живут на суше на камнях, древесине, коре и различных других твердых субстратах, а также, как эпифиты, на других растениях и обладают способностью переносить в вегетативном состоянии временное высыхание без образования каких-либо специальных покоящихся органов [1, 2]. Отмечается, что примерно 300...500 водорослевых клеток в 1 м<sup>3</sup> в воздухе встречаются даже в обычной домашней пыли в сухой, солнечный летний день [3].

Изучение водных и почвенных водорослей и цианопрокариот урбанизированных территорий и зон техногенных загрязнений, в том числе и на территории г. Уфы, показало, что они диагностируют антропогенное воздействие и могут использоваться для мониторинга [4—6]. В некоторых работах отмечается возможность использования эпифитных цианопрокариот и водорослей в целях экологического мониторинга [7—11].

В данной работе изучено влияние промышленного загрязнения на биоразнообразие эпифитных цианопрокариот и водорослей г. Уфы, а также рассмотрена возможность их использования в биоиндикации. Основной задачей исследования

явилось определение видового состава эпифитных цианопрокариотно-водорослевых сообществ, их таксономического и экологического состава на территории г. Уфы в зонах слабого (контроль) и сильного (промышленного) загрязнения.

Изучение сообществ проводилось во время стационарных исследований в 2011—2013 гг. Было выбрано два участка в зонах различной степени загрязнения: первый расположен в северной части г. Уфы в пределах 1 км от источников нефтехимического загрязнения — группы Уфимских нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ). Это зона с высоким уровнем аэротехногенного загрязнения окружающей среды. Средний уровень загрязнения воздушными выбросами в виде различных углеводородов 2,8 ПДК. Лесонасаждения в основном искусственного происхождения. Древостой смешанный березово-липовый с примесью елей, рябин и тополей. В качестве объекта для сравнения была выбрана ограниченная для свободного посещения территория региональной фоновой метеостанции, расположенная в зоне слабого загрязнения г. Уфы (контроль). Лесонасаждения в основном искусственного происхождения. Древостой березово-липовый с примесью тополей, рябин и елей. Данная территория является зоной слабой загазованности [12].

В качестве объектов для стационарного исследования были выбраны пять наиболее распространенных видов древесных растений: хвойных



(ель сибирская — *Picea obovata* Ledeb.) и лиственных (береза повислая — *Betula verrucosa* Ehrh., тополь черный — *Populus nigra* L., липа сердцелистная — *Tilia cordata* Mill., рябина обыкновенная — *Sorbus aucuparia* L.).

Во время проведения исследований образцы коры (всего 316) отбирали на высоте 150...155 см от поверхности почвы. Образцы коры размером приблизительно 5×5 см и толщиной 2...5 мм отбирали с нескольких деревьев одного вида в трехкратной повторности с каждого дерева.

При анализе особенностей альгофлоры использовались следующие коэффициенты и индексы:

1. Индекс энтропии Шеннона ( $\bar{H}$ ) [13], который вычисляется по формуле:  $\bar{H} = -\sum p_i \lg p_i$ , где  $p_i$  — значимость  $i$ -го вида (встречаемость); использовался для оценки видового разнообразия;

2. Коэффициент сходства флористического состава Серенсена (K) [14]:  $K = \frac{2c}{a+b} 100 \%$ , где  $a$  — число видов в одной альгофлоре;  $b$  — число видов в другой альгофлоре;  $c$  — число видов общих для двух альгофлор.

#### Эколого-таксономическая характеристика эпифитных цианопрокарियो-водорослевых сообществ г. Уфы

В результате проведенных исследований на коре древесных растений г. Уфы всего выявлено 105 видовых и внутривидовых таксонов цианопрокарियो и водорослей, относящихся к 61 роду, 26 семействам, 12 порядкам и 5 классам из четырех отделов: цианопрокарियोты, зеленые, желтозеленые и диатомовые водоросли (табл. 1). Ведущая роль принадлежит зеленым водорослям и цианопрокарियोтам, на долю которых приходится

соответственно 41 и 40 % от общего числа выявленных видов эпифитных сообществ. Желтозеленые и диатомовые водоросли представлены в меньшем числе — 12 и 7 % соответственно. Такое соотношение основных таксонов характерно для дендрофильных сообществ в целом [15—18].

Восемь семейств, наиболее крупных по числу видов, разновидностей и форм, включают 51 видовой и внутривидовой таксон (62,8 % от общего числа таксонов). Из зеленых водорослей богатством видов отличаются 3 семейства (хлорококковые, хлорелловые, трентеполиеые), из цианопрокарियो ведущая позиция наблюдалась у четырех семейств: псевдоанабеновых, ностоковых, микроцистовых, формидиевых.

Наибольший вклад во флористическое богатство эпифитных сообществ вносят роды: лептолингбия (7 видов), носток (6), формидиум (6), хлорелла (5), трентеполия (4), хлорококкум (4), спирулина, плеврохлорис — по 3 вида. Они включают 36,2 % от общего числа видов флоры. Большинство обнаруженных родов (43) были представлены одним видом.

Распределение эпифитных сообществ по форофитам показало, что наибольшее разнообразие отмечено на стволах таких деревьев, как береза повислая — 55 видовых и внутривидовых таксонов (68 % от общего числа обнаруженных альгоэпифитов), тополь черный — 46 (57 %), липа сердцелистная — 40 (49 %), ель сибирская — 38 (47 %), рябина обыкновенная — 31 (38 %). По-видимому, это связано с тем, что поверхность коры взрослых деревьев березы, тополя, липы довольно неровная, шершавая, глубоко растрескивающаяся. В щелях такой коры скапливается пыль, влага, частицы почвы, растительные остатки, продукты постепенного разрушения самой коры [3, 19].

Также отмечено, что независимо от породы дерева, максимальное число видов эпифитных

Таблица 1

Таксономическая структура сообществ эпифитных цианопрокарियो и водорослей г. Уфы

| Отдел   | Число  |          |          |       |                                  |
|---|--|----------|----------|-------|----------------------------------|
|   | классов  | порядков | семейств | родов | видовых и внутривидовых таксонов |
| Цианопрокарियोты  | 1  | 3        | 7        | 20    | 42                               |
| Зеленые водоросли   | 1  | 4        | 11       | 26    | 43                               |
| Желтозеленые водоросли  | 2  | 3        | 5        | 10    | 13                               |
| Диатомовые водоросли  | 1  | 2        | 3        | 5     | 7                                |
| Всего   | 5  | 12       | 26       | 61    | 105                              |
| Спектр экобиоморф (видов, имеющих сходные морфологические черты, эколого-физиологические особенности) | Ch <sub>33</sub> P <sub>19</sub> CF <sub>9</sub> X <sub>9</sub> C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> B <sub>7</sub> Aer <sub>6</sub> PF <sub>3</sub> M <sub>1</sub> amph <sub>1</sub> hydr <sub>1</sub> |          |          |       |                                  |

водорослей насчитывалось в летний и осенний периоды исследования. Вероятно, помимо структуры коры древесных растений на эпифитные водоросли также оказывают влияние абиотические факторы (режим увлажнения, температура окружающей среды). Ранее указывалось, что основной источник поступления водорослей в воздух — почва, которая в районах умеренного климата в зимний период покрыта снегом и поэтому после схода снега количество пыли в атмосфере резко возрастает, увеличивается и содержание водорослей [18, 20].

Анализ эпифитных цианопрокариот и водорослей по морфотипам показал преобладание группы одноклеточных неподвижных (коккоидных) — 40 видовых и внутривидовых таксонов (38 % от общего числа) и нитчатых (трихальных) форм (Н) — 37 (35 %), в том числе ветвящихся и неветвящихся цианопрокариот и водорослей, меньшее число видов из группы колониально-одноклеточных (колониально-коккоидных) — 17 (16 %) и колониально-нитчатых (колониально-трихальных) — 10 (10 %), менее всего одноклеточных подвижных (монадных) — 1 вид (1 %).

Сравнение спектра экобиоморф сообществ [2] для контрольной ( $\text{Ch}_{23}\text{P}_{11}\text{CF}_6\text{H}_6\text{Aer}_5\text{X}_5\text{C}_4\text{B}_2\text{PF}_2\text{amph}_1\text{hydr}_1$ ) и загрязненной зон ( $\text{Ch}_{19}\text{P}_8\text{CF}_6\text{C}_6\text{Aer}_5\text{X}_4\text{B}_4\text{H}_3\text{PF}_2\text{amph}_1$ ) показало их незначительные различия.

### Эколого-таксономическая характеристика эпифитных цианопрокариот и водорослей в условиях аэротехногенного загрязнения г. Уфы

Эпифитные цианопрокариоты и водоросли из контрольной зоны города представлены 66 видами и внутривидовыми таксонами, относящимися к 41 роду, 20 семействам, 12 порядкам и 5 классам из четырех отделов: цианопрокариоты, зеленые, желтозеленые и диатомовые водоросли (табл. 2). Ведущими семействами являлись

хлорококковые, псевдоанабеновые, ностоковые, микроцистовые, хлорелловые, улотриксковые, трентеполиеые, формидиевые, хлоросарциновые.

В зоне комплекса нефтехимических заводов было обнаружено несколько меньшее видовое разнообразие — 58 видовых и внутривидовых таксонов альгоэпифитов, относящихся к 40 родам, 21 семейству, 11 порядкам и 5 классам из четырех отделов: цианопрокариоты, зеленые, желтозеленые и диатомовые водоросли. На загрязненной территории, по сравнению с фоновой, несколько уменьшалось число видов из семейств псевдоанабеновых, улотриксковых, формидиевых, хлоросарциновых. Однако увеличивалось видовое разнообразие из семейств ностоковых, микроцистовых, хлорелловых.

Однако изучение сообществ коры древесных растений, произрастающих вблизи автомагистралей г. Уфы позволило выявить довольно большое видовое разнообразие — 63 вида цианопрокариот и водорослей, что происходит за счет увеличения числа цианопрокариот, преимущественно представителей родов лептолингия, формидиума, сцитонемы. Вероятно, наличие цианопрокариот в микробном пуле сообществ значительно повышает адаптационный потенциал при различных стрессовых воздействиях.

Во всех трех зонах в состав доминантного комплекса сообществ входят в основном типичные аэрофильные виды родов трентеполия и десмококкуса. В целом, видовой состав выявленных доминантных эпифитных водорослей является характерным для наземных аэрофитных местообитаний умеренной и субтропической зон [21], не выявлено значительных отличий на исследованных территориях с различной степенью загрязнения. Данные виды в Европе считаются высоко устойчивыми. Они процветают в местах, где большинство лишайников исчезает из-за высокого атмосферного загрязнения [22].

Оценка состояния жизненной активности эпифитных цианопрокариот и водорослей, проведенная

Таблица 2

Таксономическая структура эпифитных цианопрокариот и водорослей в промышленной (П), контрольной (К) зонах и вдоль автодорог (Д) г. Уфы

| Число                            | Отдел           |    |    |         |    |    |              |   |   |            |   |   | Всего |    |    |
|----------------------------------|-----------------|----|----|---------|----|----|--------------|---|---|------------|---|---|-------|----|----|
|                                  | Цианопрокариоты |    |    | Зеленые |    |    | Желтозеленые |   |   | Диатомовые |   |   | П     | К  | Д  |
|                                  | П               | К  | Д  | П       | К  | Д  | П            | К | Д | П          | К | Д |       |    |    |
| Классов                          | 1               | 1  | 1  | 1       | 1  | 2  | 2            | 2 | 2 | 1          | 1 | 1 | 5     | 5  | 6  |
| Порядков                         | 3               | 4  | 3  | 4       | 4  | 5  | 2            | 3 | 2 | 2          | 1 | 1 | 11    | 12 | 11 |
| Семейств                         | 5               | 5  | 7  | 10      | 11 | 11 | 3            | 3 | 3 | 3          | 1 | 1 | 21    | 20 | 22 |
| Родов                            | 11              | 12 | 15 | 20      | 22 | 22 | 5            | 6 | 3 | 4          | 2 | 1 | 40    | 41 | 41 |
| Видовых и внутривидовых таксонов | 23              | 26 | 27 | 26      | 32 | 31 | 5            | 6 | 4 | 4          | 2 | 1 | 58    | 66 | 63 |



по регистрации интенсивности свечения хлорофилл-содержащих клеток, показала, что в эпифитных сообществах всех исследованных участков преобладали живые (активно метаболизирующие) клетки.

Таксономический состав, экологическая структура, характер доминирующих видов в сообществах на двух сравниваемых территориях выражены в равной степени, хотя экологические условия, включающие в себя характеристики коры древесных растений (структура, ее кислотность, степень загрязнения) различны. Коэффициент общности Серенсена, полученный при сравнении флоры сообществ исследованных территорий, составил 69 %. Это свидетельствует об их космополитизме. Значения индекса разнообразия Шеннона для контрольной и промышленной зоны практически не отличались и составили 3,9 и 3,8 соответственно.

### Выводы

1. В результате проведенных исследований на коре древесных растений городской территории обнаружено 105 видовых и внутривидовых таксонов цианопрокариот и водорослей, среди них в контрольной зоне идентифицировано 66 видовых и внутривидовых таксонов эпифитных цианопрокариот и водорослей, относящихся к 4 отделам, 5 классам, 20 семействам, 41 роду. В зоне промышленного загрязнения обнаружено 58 видовых и внутривидовых таксонов цианопрокариот и водорослей из 4 отделов, 5 классов, 11 порядков, 21 семейств, 40 родов.

2. Установлено, что основную долю в эпифитных цианопрокариотно-водорослевых сообществах составляют зеленые водоросли, по морфотипам преобладают одноклеточные неподвижные водоросли. Ведущими в спектре экобиоморф нарушенной и фоновой территории явились Ch- и P-жизненные формы. Также не зафиксированы морфометрические и цитологические различия между клетками цианопрокариот и водорослей исследованных зон.

Изученные древесные растения по степени уменьшения видового разнообразия можно расположить в следующем порядке: береза повислая → тополь черный → липа сердцелистная → ель сибирская → рябина обыкновенная.

3. Выявлено, что максимальное развитие эпифитных цианопрокариот, водорослей наблюдалось летом и осенью. Остальные сезоны оказались менее благоприятными для развития эпифитных цианобактериально-водорослевых сообществ. Такая тенденция наблюдалась на протяжении всего периода исследований.

Наземные эпифитные цианопрокариоты и водоросли, в отличие от водных и почвенных, не

являются четкими индикаторами аэротехногенного загрязнения и их не рекомендуется использовать для мониторинга.

### Список литературы

1. **Водоросли.** Справочник / Под ред. С. П. Вассера. — Киев: Наук. думка, 1989. — 608 с.
2. **Штина Э. А., Голлербах М. М.** Экология почвенных водорослей. — М.: Наука, 1976. — 143 с.
3. **Reisser W.** Algae living on trees // *Life in Extreme Habitats and Astrobiology.* — 2004. — Vol. 4. — P. 389–395.
4. **Дубовик И. Е., Шарипова М. Ю., Закирова З. Р.** Синезеленые водоросли почв особо охраняемых природных территорий // *Почвоведение.* — 2007. — Т. 40. — № 2. — С. 184–188.
5. **Шарипова М. Ю.** Альгологическая оценка экотонных сообществ в зонах промышленного загрязнения / *Экология.* — 2007. — № 1.
6. **Шарипова М. Ю., Дубовик И. Е.** Комплексное исследование альгофлоры г. Уфы // *Вестник Башкирск. унта.* — 2004. — № 4. — С. 45–51.
7. **Дубовик И. Е.** Состав и распространение эпифитных водорослей урбанизированных территорий // *Материалы XI Съезда Русского ботанического общества.* — Барнаул, 2003. — Т. 1. — С. 95–96.
8. **Малышева О. А.** Сообщества эпифитных водорослей как компонент древесных и кустарниковых консорциев. — М., 1986. — 11 с. Деп. в ВИНТИ.
9. **Brakenhielm S., Qinghong L.** Spatial and temporal variability of algal and lichen epiphytes on trees in relation to pollutant deposition in Sweden // *Water, Air and Soil Pollution.* — 1995. — P. 61–74.
10. **Freystein K., Salisch M., Reisser W.** Algal biofilms on tree bark to monitor airborne pollutants // *Biologia. Section Botany.* — 2008. — P. 866–872.
11. **Hänninen O.** A method for facilitating the use of algae growing on tree trunks as bioindicators of air quality / Ruuskanen J., Oksanen J. // *Environmental monitoring and assessment.* — 1993. — 28 — P. 215–220.
12. **Никитин И. Ю.** К проблеме индустриальной дендроэкологии и нефтехимического производства // *Влияние промышленных предприятий на окружающую среду.* — М.: Наука, 1987. — С. 132–138.
13. **Одум Ю.** Основы экологии. — М.: Мир, 1975. — 744 с.
14. **Кузьянметов Г. Г., Дубовик И. Е.** Методика изучения почвенных водорослей: Учебное пособие. — Уфа, 2001. — 56 с.
15. **Дубовик И. Е.** Состав и распространение эпифитных водорослей в городских экосистемах // *Мировое сообщество: проблемы и пути решения.* — 2005. — № 18. — С. 114–119.
16. **Дубовик И. Е., Шарипова М. Ю.** Разнообразие и структура сообществ эпифитных водорослей открытого и закрытого грунта Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН // *Вестник Башкирского государственного университета.* — 2014. — Т. 19, № 1. — С. 85–89.
17. **Егорова И. Н.** Эпифитная альгофлора Прибайкалья: видовое разнообразие и экологические особенности: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Улан-Удэ, 2006. — 19 с.
18. **Кузьянметов Г. Г.** Распространение водорослей атмосферным воздухом зимой // *Экология.* — 1978. — № 5. — С. 91–93.
19. **Barkman J. J.** Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. — Assen: van Gorcum, 1958. — 628 p.
20. **Дубовик И. Е.** Перемещение водорослей аэрофитона и их поселения на различных субстратах // *Альгология.* — 2002. — Т. 67. — № 1. — С. 125–132.
21. **Дариенко Т. М., Михайлок Т. И., Войцехович А. А.** Водоросли-биодеструкторы памятников культуры Массандровского и Ливадийского дворцов // *Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития. Материалы III Междунар. научно-практич. конф.* — Ишим, 2008. — С. 85–87.
22. **Rindi F.** Diversity, distribution and ecology of green algae and cyanobacteria in urban habitats // *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments.* — 2007. — P. 619–638.

I. E. Dubovik, Professor, e-mail: dubovikie@mail.ru,  
 M. J. Sharipova, Associate Professor, Bashkir. State University, Ufa,  
 N. N. Krasnogorskaya, Professor, Head of Chair, E. V. Nafikova, Associate Professor,  
 E. A. Belozerova, Postgraduate, Ufa State Aviation Technical University

## Epiphytic Community Cyanoprokaryota and Algae of Woody Plants of Ufa and the Possibility of Their Use in Bioindication

*There were studied the influence of industrial pollution on the biodiversity of epiphytic cyanoprokaryota and algae of woody plants of Ufa and the possibility of their use in bioindication. In studies there were revealed on the bark of woody plants in the urban area 105 species and infraspecific taxa cyanoprokaryota and algae, among them in the control area identified 66 species and infraspecific taxa of epiphytic cyanoprokaryota and algae belonging to 4 divisions, 5 classes, 20 families, 41 old. In the area of industrial pollution were found 58 species and infraspecific taxa cyanoprokaryota and algae of the 4 divisions, 5 classes, 11 orders, 21 families, 40 genera. It is established that the major share of epiphytic cyanoprokaryota-algal cenoses are green algae, according to the morphotypes predominate fixed single-celled algae. The Ch — and P — life-forms were leading in the spectrum of ecobiomorf of disturbed and control areas. Also, we have not recorded morphometric and cytological differences between cells cyanoprokaryota and algae of investigated areas. The maximum development of epiphytic cyanoprokaryota and algae were observed in summer and autumn. Epiphytic cyanoprokaryota and algae, unlike soil, is no indicator of air pollution.*

**Keywords:** bioindication, epiphytic cyanoprokaryota and algae, aerotechnogenic pollution, environmental monitoring, ecological and taxonomic characteristics

### References

1. **Vodorosli.** Spravochnik / Pod red. S. P. Vassera. Kiev: Nauk. dumka, 1989. 608 p.
2. **Shtina Je. A., Gollerbah M. M.** Jekologija pochvennyh vodoroslej. M.: Nauka, 1976. 143 p.
3. **Reisser W.** Algae living on trees. *Life in Extreme Habitats and Astrobiology.* 2004. Vol. 4. P. 389—395.
4. **Dubovik I. E., Sharipova M. Yu., Zakirova Z. R.** Blue-green algae in the soils of specially protected natural territories in the Cis—Ural and southend region. *Eurasian soil science.* 2007. Vol. 40. No. 2. P. 163—167.
5. **Sharipova M. Yu.** Algological assessment of ecotonal communities in zone of industrial pollution. *Russian J. of Ecology.* 2007. Vol. 38. No. 2. P. 135—139.
6. **Sharipova M. Yu., Dubovik I. E.** Integrated study of algae flora of Ufa. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2004. No. 4. P. 45—51.
7. **Dubovik I. E.** Sostav i rasprostranenie jepifitnyh vodoroslej urbanizirovannyh territorij. *Materialy HI S'ezda Russkogo botanicheskogo obshhestva.* Barnaul. 2003. V. 1. P. 95—96.
8. **Malysheva O. A.** Soobshhestva jepifitnyh vodoroslej kak komponent drevesnyh i kustarnikovyh konsorcij. M., 1986. 11 p. Dep. v VINITI.
9. **Brakenhielm S., Qinghong L.** Spatial and temporal variability of algal and lichen epiphytes on trees in relation to pollutant deposition in Sweden. *Water, Air and Soil Pollution.* 1995. P. 61—74.
10. **Freystein K., Salisch M., Reisser W.** Algal biofilms on tree bark to monitor airborne pollutants. *Biologia. Section Botany.* 2008. P. 866—872.
11. **Hänninen O.** A method for facilitating the use of algae growing on tree trunks as bioindicators of air quality / Ruuskanen J., Oksanen J. *Environmental monitoring and assessment.* 1993. No. 28. P. 215—220.
12. **Nikitin I. Ju.** K probleme industrial'noj dendrojekologii i neftehimicheskogo proizvodstva. *Vlijanie promyshlennyh predpriyatij na okruzhajushhuju sredu.* M.: Nauka, 1987. P. 132—138.
13. **Odum Ju.** Osnovy jekologii. M.: Mir, 1975. 744 p.
14. **Kuzjahmetov G. G., Dubovik I. E.** Metodika izuchenija pochvennyh vodoroslej. Uchebnoe posobie. Ufa, 2001. 56 p.
15. **Dubovik I. E.** Sostav i rasprostranenie jepifitnyh vodoroslej v gorodskih jekosistemah. *Mirovoe soobshhestvo: problemy i puti reshenija.* 2005. No. 18. P. 114—119.
16. **Dubovik I. E., Sharipova M. Ju.** Raznoobrazie i struktura soobshhestv jepifitnyh vodoroslej otkrytogo i zakrytogo grunta Botanicheskogo sada-instituta Ufimskogo nauchnogo centra RAN. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2014. Vol. 19. No. 1. P. 85—89.
17. **Egorova I. N.** Jepifitnaja al'goflora Pribajkal'ja: vidovoe raznoobrazie i jekologicheskie osobennosti: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Ulan-Udje, 2006. 19 p.
18. **Kuzjahmetov G. G.** Rasprostranenie vodoroslej atmosferym vozduhom zimoi. *Jekologija.* 1978. No. 5. P. 91—93.
19. **Barkman J. J.** Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes / Assen: van Gorcum, 1958. 628 p.
20. **Dubovik I. E.** Peremeshhenie vodoroslej ajerofitona i ih poselenija na razlichnyh substratah. *Al'gologija.* 2002. Vol. 67. No. 1. P. 125—132.
21. **Darienko T. M., Mihajljuk T. I., Vojcehovich A. A.** Vodorosli-biodestruktury pamjatnikov kul'tury Massandrovsckogo i Livadijsckogo dvorcov. *Urbojekosistemy: problemy i perspektivy razvitija. Materialy III Mezhdunar. nauchno-praktich. konf.* Ishim, 2008. P. 85—87.
22. **Rindi F.** Diversity, distribution and ecology of green algae and cyanobacteria in urban habitats. *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments.* 2007. P. 619—638.

УДК 574.632

**Н. Г. Курамшина**, д-р биол. наук, проф., e-mail: n-kuramshina@mail.ru,  
**Э. Э. Нуртдинова**, магистрант, Уфимский государственный университет  
экономики и сервиса,  
**Э. М. Курамшин**, д-р хим. наук, проф., Уфимский государственный нефтяной  
технический университет

## Биологический мониторинг водных экосистем Башкортостана

*Определена концентрация тяжелых металлов у различных рыб среднего течения реки Белая. Установлено, что содержание тяжелых металлов в мышечных тканях леща, судака, окуня, стерляди находится в пределах допустимого уровня. Подтверждена реальность экологического риска, связанного с формированием техногенных аномалий в районе разработки рудного месторождения.*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, мышечная ткань и печень рыб, река Белая, малые реки в зоне рудных месторождений

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в природных водах обусловлено геохимическим фоном и влиянием антропогенных источников [1]. Водные экосистемы техногенных территорий как конечное звено миграции загрязняющих веществ испытывают значительное антропогенное воздействие, связанное с возрастанием притока ТМ и биогенных элементов [2–4]. Из большого числа ТМ широкое распространение в окружающей среде получили медь, цинк, свинец, кадмий и ртуть. Многие из них вызывают серьезные заболевания человека и животных и являются причиной врожденных уродств. В водоемах восточной части Республики Башкортостан (РБ) имеет место следующее распределение микроэлементов: кобальт ( $14,0 \pm 2,8$  мкг/дм<sup>3</sup>), марганец  $12,0 \pm 1,07$  мкг/дм<sup>3</sup>, медь ( $19,0 \pm 2,17$  мкг/дм<sup>3</sup>) [2, 5, 6]. Интервалы изменения содержания ТМ в открытых водоемах РБ составляют: медь (3,5...14,0 мкг/дм<sup>3</sup>); цинк (5,0...24,0 мкг/дм<sup>3</sup>); свинец (1,1...2,5 мкг/дм<sup>3</sup>); кадмий (0,3...1,2 мкг/дм<sup>3</sup>); марганец (16...55 мкг/дм<sup>3</sup>) [5–7].

**Объект и методы исследования.** Целью настоящей работы являлось изучение накопления ТМ (медь, цинк, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, железо, хром) у разных представителей рыб в среднем течении реки Белая (табл. 1, 2) и в водотоках Башкирского Зауралья в районе разработки рудного месторождения (табл. 3, 4). Определение тяжелых металлов проводилось в спинных мышцах рыб и печени в биологических пробах в аттестованной лаборатории методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе "Квант-2А" согласно требованиям ГОСТ 30178–96 "Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный

метод определения токсичных элементов". Для характеристики уровня содержания тяжелых металлов в тканях рыбы полученные концентрации сравнивали с утвержденными санитарно-гигиеническими нормами по СанПиН 2.3.2.560–96 "Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов".

**Результаты.** Рыбы завершают звено трофических цепей водоема и накапливают ТМ, содержащиеся в абиотических (грунт, вода) и биотических (фито-, зоопланктон, фито-, зообентос и др.) составляющих экосистемы [7]. Представленные результаты показали, что содержание изученных ТМ в мышечных тканях леща, судака, окуня, стерляди среднего течения реки Белая находится в пределах ПДУ (табл. 1). При этом такие ТМ, как ртуть, мышьяк, хром не обнаружены, а содержание цинка, кадмия, свинца не превышало физиологические нормативы. У всех представителей рыб имело место превышение физиологического норматива по меди, а по железу — только у леща (см. табл. 1).

Последовательный ряд убывания содержания ТМ в мышечных тканях рыб имеет следующий вид:

*лещ* — Fe > Zn > Cu > Pb > As > Cd;

*окунь* — Fe > Cu > Zn > Pb > Cd > As;

*судак* — Fe > Zn > Cu > Pb > Cd > As;

*стерлядь* — Fe > Cu > Zn > Pb > As > Cd.



**Содержание тяжелых металлов в рыбах (река Белая, среднее течение)**

| ТМ        | ПДУ*,<br>мг/кг | Содержание ТМ в мышцах рыб, мг/кг |             |             |               | Физиологическая<br>норма [4] |
|-----------|----------------|-----------------------------------|-------------|-------------|---------------|------------------------------|
|           |                | Лещ                               | Окунь       | Судак       | Стерлядь      |                              |
| Свинец Pb | 1,0            | 0,25 ± 0,01                       | 0,07 ± 0,02 | 0,35 ± 0,01 | 0,3 ± 0,01    | 0,41                         |
| Кадмий Cd | 0,2            | 0,002 ± 0,001                     | 0,03 ± 0,01 | 0,05 ± 0,01 | 0,002 ± 0,001 | 0,06                         |
| Ртуть Hg  | 0,6            | Не обн.                           | Не обн.     | Не обн.     | Не обн.       | —                            |
| Мышьяк As | 1,0            | 0,025                             | 0,025       | 0,025       | 0,025         | —                            |
| Железо Fe | —              | 59,0 ± 0,3                        | 12,8 ± 0,2  | 11,6 ± 0,1  | 3,9 ± 0,6     | 22,72                        |
| Медь Cu   | 10,0           | 2,0 ± 0,5                         | 3,7 ± 0,2   | 2,65 ± 0,23 | 1,65 ± 0,11   | 0,30                         |
| Цинк Zn   | 40,0           | 2,30 ± 0,02                       | 2,10 ± 0,02 | 3,30 ± 0,06 | 1,56 ± 0,01   | 7,80                         |
| Хром Cr   | 0,5            | Не обн.                           | Не обн.     | Не обн.     | Не обн.       | —                            |

$P < 0,05$ ; \* ПДУ — предельно-допустимый уровень концентрации металлов в мышцах рыб по СанПиН 2.3.2.560—96.

Таблица 2

**Коэффициент накопления тяжелых металлов в рыбах  
(река Белая, среднее течение)**

| Рыба     | Коэффициент накопления ТМ в мышцах рыб |              |            |            |
|----------|--|--------------|------------|------------|
|          | Свинец<br>Pb                           | Кадмий<br>Cd | Медь<br>Cu | Цинк<br>Zn |
| Лещ      | 0,250                                  | 0,010        | 0,200      | 0,058      |
| Окунь    | 0,070                                  | 0,150        | 0,370      | 0,053      |
| Судак    | 0,350                                  | 0,250        | 0,265      | 0,083      |
| Стерлядь | 0,300                                  | 0,010        | 0,165      | 0,039      |

Степень аккумуляция ТМ в рыбах, выраженная через коэффициент перехода тяжелых металлов

из водной среды в гидробионты  $K_{п} \left( K_{п} = \frac{C_{р}^{ТМ}}{C_{в}^{ТМ}} \right)$ ,

где  $C_{р}^{ТМ}$ ,  $C_{в}^{ТМ}$  — концентрация ТМ в рыбе и воде, найденная для меди и цинка, изменяется следующим образом:

медь (окунь — 3000; судак — 2300; лещ — 1700; стерлядь — 1400);

цинк (судак — 1375; лещ — 958; окунь — 875; стерлядь — 660).

Результаты по определению содержания ТМ в мышечной ткани рыб сопоставлены с соответствующими величинами ПДУ и найдены значения коэффициента накопления тяжелых металлов  $K_{н}$  ( $K_{н} = C_{р}^{ТМ}/ПДУ$ ). Следует отметить, что содержание ТМ в мышцах рыб существенно ниже соответствующих значений предельно допустимого уровня. Коэффициент накопления ТМ для всех исследованных рыб имеет довольно низкие значения, у хищных рыб — судака и окуня они близки, а наибольшая величина  $K_{н}$  характерна для организма судака (табл. 2).

Реальность экологического риска, связанного с формированием техногенных аномалий в районе разработки рудного месторождения, была подтверждена определением содержания ТМ в рыбах, выловленных в реках Белая и Худолаз ниже и выше г. Сибай и в озере Култубан (табл. 3).

В качестве тест-объектов выбраны щука, плотва, карась серебряный. Для сравнительной

Таблица 3

**Содержание ТМ в поверхностных водах и ихтиофауне в разных регионах Башкортостана**

| Объект   | Медь<br>Cu  | Цинк<br>Zn   | Свинец<br>Pb | Кадмий<br>Cd |
|--|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Речная вода, мкг/дм <sup>3</sup>                   |             |              |              |              |
| Река Белая   | 2,50        | 0,22         | —            | —            |
| Река Худолаз (выше и ниже сброса загрязненных вод) | 19,0...49,0 | 26,0...208,0 | 1,20...2,00  | 0,40...9,00  |
| Озеро Култубан                                     | 5,00 ± 1,13 | 26,0 ± 9,53  | 1,00 ± 0,13  | 1,00 ± 0,08  |
| Рыба (мышцы), мг/кг                                |             |              |              |              |
| судак (река Белая)                                 | 2,65 ± 0,23 | 3,30 ± 0,06  | 0,35 ± 0,01  | 0,05 ± 0,01  |
| щука (река Худолаз)                                | 2,36 ± 0,03 | 8,29 ± 1,25  | 0,26 ± 0,02  | 0,12 ± 0,02  |
| плотва (река Худолаз)                              | 2,04 ± 0,03 | 6,02 ± 1,05  | 0,20 ± 0,02  | 0,10 ± 0,02  |
| карась (озеро Култубан)                            | 1,92 ± 0,05 | 3,54 ± 0,28  | 0,03 ± 0,02  | 0,02 ± 0,01  |

Характеристика содержания ТМ в органах и тканях рыб водных объектов Башкирского Зауралья

| Показатель        |                            |                | Содержание ТМ, мг/кг |              |             |             |
|-------------------|----------------------------|----------------|----------------------|--------------|-------------|-------------|
| Рыба              | Район обитания             | Органы и ткани | Медь Cu              | Цинк Zn      | Свинец Pb   | Кадмий Cd   |
| ПДУ, мг/кг        |                            |                | 10                   | 40           | 1           | 0,2         |
| Щука              | Река Худолаз, выше сбросов | Мышцы          | 1,98 ± 0,04          | 3,45 ± 0,19  | 0,03 ± 0,01 | 0,02 ± 0,01 |
|                   |                            | Печень         | 3,01 ± 0,03          | 4,69 ± 0,21  | 0,02 ± 0,01 | 0,03 ± 0,02 |
|                   | Река Худолаз, ниже сбросов | Мышцы          | 2,36 ± 0,03          | 8,29 ± 1,25  | 0,26 ± 0,02 | 0,12 ± 0,02 |
|                   |                            | Печень         | 6,73 ± 1,17          | 22,13 ± 1,78 | 0,41 ± 0,04 | 0,27 ± 0,03 |
| Плотва            | Река Худолаз, выше сбросов | Мышцы          | 1,72 ± 0,04          | 2,75 ± 0,21  | 0,04 ± 0,01 | 0,02 ± 0,01 |
|                   |                            | Печень         | 2,78 ± 0,01          | 2,85 ± 0,14  | 0,02 ± 0,01 | 0,03 ± 0,01 |
|                   | Река Худолаз, ниже сбросов | Мышцы          | 2,04 ± 0,03          | 6,02 ± 1,05  | 0,26 ± 0,02 | 0,12 ± 0,02 |
|                   |                            | Печень         | 6,73 ± 1,17          | 18,21 ± 1,02 | 0,35 ± 0,03 | 0,16 ± 0,02 |
| Карась серебряный | Озеро Култубан             | Мышцы          | 1,92 ± 0,05          | 3,54 ± 0,28  | 0,03 ± 0,02 | 0,02 ± 0,01 |
|                   |                            | Печень         | 3,01 ± 0,03          | 5,73 ± 0,29  | 0,04 ± 0,03 | 0,03 ± 0,02 |

оценки уровней содержания ТМ в рыбах из разных мест вылова исследованы мышечная ткань и печень, как орган наиболее предрасположенный к биоаккумуляции (табл. 4).

Концентрации тяжелых металлов в мышечной ткани плотвы и щуки, выловленных в реке Худолаз (выше сброса загрязненных вод), и карасей серебряных из озера Култубан не превышали ПДУ. Наибольшее содержание меди и цинка отмечено в щуке, выловленной в реке Худолаз, после впадения загрязненных вод реки Карагайлы [2].

В рядах ранжирования ТМ лидируют цинк и медь: *печень* — Zn > Cu > Cd > Pb; *мышцы* — Zn > Cu > Pb > Cd (см. табл. 4).

**Заключение.** Отмечено различие аккумуляции металлов по органам и тканям рыб с разным типом питания: щука — хищник, плотва и карась — бентофаги. Для щук, в отличие от мирных рыб, ожидалось повышенные значения коэффициента накопления ТМ, что можно объяснить ее местом в трофических цепях водоема — она стоит выше других рассмотренных видов. Однако эти различия оказались не столь существенными.

Различный уровень аккумуляции отдельных ТМ в органах и тканях рыб обусловлен физиологическими особенностями организма, характером питания, зоной вылова рыб (см. табл. 4).

Полученные результаты свидетельствуют, что фактор зоны вылова рыбы оказывает значительное

влияние на биоаккумуляцию тяжелых металлов, особенно в печени.

#### Список литературы

1. Ермаков В. В., Карпова Е. А., Корж В. Д., Остроумов С. А. Инновационные аспекты биогеохимии / Отв. ред. М. А. Федонкин, С. А. Остроумов. — М.: ГЕОХИ РАН, 2012. — 340 с.
2. Курамшина Н. Г., Курамшин Э. М., Лыгин С. А. Комплексный мониторинг тяжелых металлов водных экосистем в условиях техногенеза // Сб. мат. Всерос. Конф. "Геохимия биосферы" к 90-летию А. И. Перельмана. 15–17 ноября, 2006. — М., 2006. — С. 186–188.
3. Курамшина Н. Г., Кутлин Н. Г. Экомониторинг поверхностных вод Башкирского Зауралья // Сб. науч. труд. Межд. НПК "Биологические науки в 21 веке". 20–22 ноября 2008. — Бирск, 2008. — С. 173–181.
4. Филенко О. Ф., Михеева И. В. Основы водной токсикологии. — М.: Колос, 2007. — 142 с.
5. Курамшина Н. Г., Курамшин Э. М., Вахитов В. А. Комплексная система биологического мониторинга природных сред Башкортостана. Экологический мониторинг тяжелых металлов // Информационный выпуск № 4. — М., 1997. — С. 77–101.
6. Курамшина Н. Г., Курамшин Э. М., Лапиков В. В. и др. О состоянии поверхностных вод Башкортостана: "Река Белая — экологическая проблема" // Сборник докладов республиканской научно-практической конференции Водохозяйственный комплекс республики Башкортостан: экологические проблемы, состояние, перспективы". — Уфа, 2005. — С. 3–14.
7. Попов П. А., Андросова Н. В., Аношин Г. Н. Накопление и распределение тяжелых и переходных металлов в рыбах Новосибирского водохранилища // Вопросы ихтиологии. — 2002. — Т. 42. — № 2. — С. 264–270.

**N. G. Kuramshina**, Professor, e-mail: n-kuramshina@mail.ru,  
**E. E. Nurtdinova**, Undergraduate, Ufa State University of Economics and Service,  
**E. M. Kuramshin**, Professor, Ufa State Oil Technical University

## Biological Monitoring of Aquatic Ecosystems of the Republic of Bashkortostan

*The contents of heavy metals in muscle tissue of bream, pike-perch, perch, sturgeon middle reaches of the Belaya river is located within the remote control. All representatives of the fish exceed the physiological norm on copper, and iron — only bream. Concentration of heavy metals in fish muscle changes as follows: bream — Fe > Zn > Cu > Pb > As > Cd; perch — Fe > Cu > Zn > Pb > Cd > As; pike — Fe > Zn > Cu > Pb > Cd > As; sturgeon — Fe > Cu > Zn > Pb > As > Cd. The degree of transition TM of the water environment in the aquatic organisms found for copper and zinc, varies within wide limits: copper (perch-3000; pike-2300; bream-1700; sturgeon-1400); zinc (pike -1375; bream-958; perch-875; sturgeon-660). The content of heavy metals in muscle and liver of fish caught in the area of development of ore deposits (Sibay), did not exceed the RC In the ranks ranking TM lead zinc and copper: liver — Zn > Cu > Cd > Pb; muscle — Zn > Cu > Pb > Cd.*

**Keywords:** heavy metals, muscle tissue and liver of fish, Belaya river, small rivers in the zone of ore deposits.

### References

1. Ermakov V. V., Karpova E. A., Korzh V. D., Ostro-umov S. A. Innovacionnye aspekty biogeohimii / Otv. red. M. A. Fedonkin, S. A. Ostroumov. M.: GEOHI RAN, 2012. 340 p.
2. Kuramshina N. G., Kuramshin Je. M., Lygin S. A. Kompleksnyj monitoring tjazhelyh metallov vodnyh jekosistem v uslovijah tehnogeneza. *Sb. mat. Vseros. Konf. "Geohimija biosfery" k 90-letiju. A. I. Perel'mana*. 15—17 nojabrja, 2006. Moskva, 2006P. 186—188.
3. Kuramshina N. G., Kutlin N. G. Jekomonitoring poverhnostnyh vod Bashkirskogo Zaural'ja. *Sb. nauch. trud.mezhd. NPK "Biologicheskie nauki v 21 veke" 20—22 nojabrja. 2008*. Birsik, 2008. P. 173—181.
4. Filenko O. F., Miheeva I. V. Osnovy vodnoj toksikologii. M.: Kolos, 2007. 142 p.
5. Kuramshina N. G., Kuramshin Je.M., Vahitov V. A. Kompleksnaja sistema biologicheskogo monitoringa prirodnyh sred Bashkortostana. Jekologicheskij monitoring tjazhelyh metallov. *Informacionnyj vypusk* No. 4. Moskva, 1997. P. 77—101.
6. Kuramshina N. G., Kuramshin Je. M., Lapikov V. V. i dr. O sostojanii poverhnostnyh vod Bashkortostana: "Reka Belaja-jekologicheskaja problema". *Sbornik dokladov respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii Vodohozajstvennyj kompleks respubliky Bashkortostan: jekologicheskie problemy, sostojanie, perspektivy*". Ufa, 2005. P. 3—14.
7. Popov P. A., Androsova N. V., Anoshin G. N. Nakoplenie i raspredelenie tjazhelyh i perehodnyh metallov v rybah Novosibirskogo vodohranilishhaю *Voprosy ihtologii*. 2002. Vol. 42. No. 2. P. 264—270.

## Информация

### Международный водный форум

### "Вода: экология и технология" ЭКВАТЭК

26—28 апреля 2016 г.

Москва, Выставка достижений народного хозяйства (ВДНХ)

*Основные тематические разделы:*

- Охрана водных ресурсов
- Водоподготовка для питьевых и промышленных нужд, энергетики
- Локальные водоочистные устройства
- Водоотведение: сточные воды городов и населенных мест; промышленные сточные воды; сельскохозяйственные стоки; утилизация осадков сточных вод
- Предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций для водных объектов и водопользования
- и др.

Контакты: <http://www.ecwatech.ru/>



**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, e-mail: nk.ufa@mail.ru,  
**Э. В. Нафикова**, канд. геогр. наук, ст. препод, **Е. А. Белозерова**, асп.,  
Уфимский государственный авиационный технический университет,  
**И. Е. Дубовик**, д-р биол. наук, проф., **М. Ю. Шарипова**, д-р биол. наук, доц.,  
Башкирский государственный университет, Уфа

## Комплексная оценка качества воды реки Белая Республики Башкортостан

*Приведены данные комплексной оценки качества воды реки Белая по показателю удельного комбинаторного индекса загрязненности воды в разные фазы гидрологического режима. Рассмотрены результаты химического анализа проб воды, полученных на четырех пунктах наблюдения (створах) за период с 1990 по 2007 г. Определена пригодность качества воды реки Белая в исследуемых створах для различных видов водопользования (рыбохозяйственного, культурно-бытового и хозяйственно-питьевого). Выявлена кратность превышения содержания загрязняющих веществ в воде реки Белая над ПДК<sub>рх</sub> и ПДК<sub>кб</sub>. Установлено, что приоритетными загрязнителями реки Белая являются соединения марганца и нефтепродукты.*

**Ключевые слова:** водосборный бассейн, качество воды, предельно допустимая концентрация, загрязняющие вещества, геоинформационные системы, гидрохимические параметры, удельный комбинаторный индекс загрязнения воды

### Введение

Оценка существующего экологического состояния водотоков является необходимым элементом безопасности жизнедеятельности, рационального использования и охраны водных ресурсов. По данным ООН к 2025 г. более половины, а к 2050 г. — до трех четвертей населения планеты могут столкнуться с дефицитом пресной воды. Обеспечение чистой пресной водой — залог устойчивого развития, тогда как ее нехватка становится ограничителем экономического роста в развивающихся странах. По этой причине 28 июля 2010 г. Генеральная ассамблея ООН включила право на воду в перечень базовых прав человека. В настоящее время из-за загрязнения водоисточников 46 % от общей численности мирового населения не имеют доступа к питьевой воде. В связи с этим исследования качества водных ресурсов особенно актуальны [1].

Исследованию качества и условий формирования химического состава речных вод посвящен целый ряд работ, среди которых основными направлениями являются:

- изучение влияния гидрологического режима на химический состав речных вод (Шикломанов И. А., 1988; Скакальский Б. Г., 1991; Бреховских В. Ф., 2003);
- оценка воздействия агротехнических мероприятий и поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий на гидрохимический режим речных вод (Алекин О. А., 1964;

Балков В. А., 1978; Лойгу Э. О., Вельнер Х. А., 1980; Тютюнова Ф. И., 1987; Галимов Г. Ф., 1987; Андрейчик М. Ф., 2003);

- трансформация химического состава речных вод под влиянием промышленных стоков (Иванник В. М. с соавт., 1986; Уразаева Ф. Х., 1997; Никаноров А. М., Страдомская А. Г., 2003; Фащевская Т. Б., 2006);
- изменение состояния водотоков в пределах урбанизированных территорий (Шкундина Ф. Б., 1995; Парфенова Г. К., 2003; Левшина С. И., 2005; Шелутко В. А., Торопова Н. М., 2006; Васильева Н. В., 2006, Яценко Е. С., 2006);
- исследование роли природных факторов и условий местности в формировании качества поверхностных вод (Никаноров А. С., 2001; Гареев А. М., 2001; Тарасов О. В., 2004; Алекин О. А., 1948; Соколов А. А., 1952; Давыдов Л. К., 1955; Перельман А. И., 1961; Посохов Е. В., 1965 и др.).

Однако по результатам проведенных исследований трудно установить взаимосвязь между качественными и количественными характеристиками речных вод.

### Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования выбрана река Белая — крупнейшая водная артерия Республики Башкортостан, река второго порядка Волжского бассейна. Протяженность реки Белая составляет 1430 км, площадь бассейна — 142 тыс. км<sup>2</sup>,

средний уклон 0,00039. Река протекает через все крупные промышленные центры Башкортостана и служит источником водоснабжения многочисленных городов и поселков, расположенных вдоль ее берегов [2].

Исследованию качества воды реки Белая и ее притоков в условиях антропогенного воздействия посвящен целый ряд работ [2—6, 7]. Среди многочисленных притоков реки Белой подробно рассмотрены химические составы рек: Мелеуз, Нугуш, Ашкадар, Селеук, Зилим и Сим (Зенин А. А., Сергеева О. В., 1990; Загорский В. А., 1996; Уразаева Ф. Х., 1997 и др.). Проведены достаточно подробные исследования состава реки Уфа (Абдрахманов Р. Ф., 1991; Воронков П. П., 1970; Кантор Л. И., 1998; Кривопалова З. Ф., Загитова Л. Р., Малушко Т. Ф., Маннанова С. А., 2002; Курамшина Н. Г., 2005). Однако комплексная оценка с учетом качественных и количественных характеристик всего водосборного бассейна реки Белая не производилась.

*Комплексная оценка степени загрязненности воды водного объекта* — это представление о степени загрязненности воды либо о ее качестве, однозначно отражающее через ту или иную систему показателей в той или иной форме либо определенным образом ограниченную совокупность характеристик состава и свойств воды относительно критериев, чаще нормативов, для определенного вида водопользования.

Наиболее информативными комплексными оценками, получаемыми по данному методу, являются: удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ).

В зависимости от вида и степени развития хозяйственной деятельности на водосборе, а также имеющихся исходных материалов применяются различные методы оценки влияния антропогенных факторов на изменение качества вод (Никаноров А. М., 2001; Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д., 2003), в частности: гидрохимический и статистический методы.

*Гидрохимический метод* базируется на оценке превышения уровня загрязнения водной среды по отношению к предельно допустимой концентрации (Фруммин Г. Т., Скакальский Б. Г., Драбкова В. Г., 1995).

Для учета многолетних и сезонных изменений качества речных вод, а также учета антропогенного воздействия на водотоки большое распространение получили **статистические методы** (Семенов В. А., Семенова В. И., 2003, Кантор Л. И., 2004, Бреховских В. Ф., 2005 и др.). Обработка исходных гидрохимических показателей методами математической статистики позволяет устанавливать закономерности формирования химического

состава речных вод в условиях постоянства антропогенной нагрузки в пределах водосборной площади и неизменности гидрологического режима водотоков.

При определении качества речных вод возникает проблема выбора контролируемых показателей. В настоящее время установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования по более чем 1000 химическим веществам, присутствующим в воде (Шитиков В. К. с соавт., 2003). Осуществить наблюдения за таким количеством показателей довольно сложно и дорого, поэтому необходима их оптимизация, учитывающая локальные особенности формирования химического состава вод.

В настоящей работе для оценки качества воды реки Белая использованы гидрохимические показатели, полученные на четырех пунктах (створах) сети Башкирского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Башкирское УГМС) за период с 1990 по 2007 г. Сформирована база данных "Гидрохимические показатели реки Белая и ее притоков" за исследуемый период [8]. Рассмотрены результаты химического анализа более 1000 ежемесячных проб воды за период 1990—2007 гг., опубликованные в материалах Государственного водного кадастра [9].

#### **Оценка пригодности качества речной воды для различных видов водопользования**

С целью оценки качества речной воды для использования в рыбохозяйственном, хозяйственно-питьевом и культурно-бытовом назначении для каждого показателя качества в пределах статистически однородных периодов вычислены следующие характеристики:

- среднеарифметическое многолетнее значение показателя ( $C_{cp}$ );
- минимальное ( $C_{min}$ ) и максимальное ( $C_{max}$ ) значение показателя;
- многолетнее изменение значения показателя ( $C_{max} - C_{min}$ );
- кратность превышения нормативов качества воды для рыбохозяйственного (ПДК<sub>рх</sub>) и культурно-бытового, хозяйственно-питьевого водопользования (ПДК<sub>кб</sub>).

Анализ полученных данных с использованием статистических методов позволил дать характеристику пригодности водотоков для различных видов водопользования по каждому из исследуемых компонентов для каждого створа. Показатели качества воды реки Белая, значения которых



Таблица 1

Кратность превышения содержания загрязняющих веществ в воде реки Белая над ПДК<sub>рх</sub> и ПДК<sub>кб</sub> за период 1990—2007 гг.

| Показатель качества речной воды                      | Пункт наблюдения за качеством воды реки Белая |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|  | г. Белорецк                                   |                   | г. Стерлитамак    |                   | г. Уфа            |                   | г. Бирск          |                   |
|  | ПДК <sub>рх</sub>                             | ПДК <sub>кб</sub> | ПДК <sub>рх</sub> | ПДК <sub>кб</sub> | ПДК <sub>рх</sub> | ПДК <sub>кб</sub> | ПДК <sub>рх</sub> | ПДК <sub>кб</sub> |
| Общая минерализация, мг/дм <sup>3</sup>              | <1  | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>                  | <1  | <1                | 1,12              | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Азот нитритный, мг/дм <sup>3</sup>                   | 3   | <1                | 1,5               | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Азот нитратный, мг/дм <sup>3</sup>                   | <1  | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>                          | <1  | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>                         | <1  | <1                | <1                | <1                | 1,15              | <1                | <1                | <1                |
| БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 1,5   | 1,5               | 1,25              | 1,25              | <1                | <1                | 1,1               | 1,1               |
| ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>                             | 1,6   | 1,6               | 1,13              | 1,13              | 1,92              | 1,92              | 1,3               | 1,3               |
| Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>                           | <1  | <1                | <1                | <1                | 5                 | 5                 | <1                | <1                |
| Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>                    | 4   | <1                | 3,2               | <1                | 3,8               | <1                | 2,1               | <1                |
| СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>                             | <1  | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Железо общее, мкг/дм <sup>3</sup>                    | 5,8   | 1,93              | 5                 | 1,67              | 3,8               | 1,3               | 1,1               | <1                |
| Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>                            | <1  | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Никель, мкг/дм <sup>3</sup>                          | <1  | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                | <1                |
| Медь, мкг/дм <sup>3</sup>                            | 2,7   | <1                | 5,1               | <1                | 4,6               | <1                | 1,6               | <1                |
| Марганец, мкг/дм <sup>3</sup>                        | 820   | 8,2               | 840               | 8,4               | 1070              | 10,7              | 530               | 5,3               |

превышают ПДК для рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в створах гг. Белорецка, Стерлитамака, Уфы и Бирска сведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, во всех исследуемых створах речная вода по показателям "нефтепродукты", "медь" непригодна для рыбохозяйственного водопользования, по показателям "ХПК", "железо общее", "марганец" непригодна для всех видов водопользования. Важно отметить, что в створе г. Уфы содержание фенолов превышает ПДК в 5 раз, тогда как по показателю "БПК" превышений не наблюдается.

### Выявление приоритетных загрязнителей реки Белая

Выявление приоритетных загрязняющих веществ для речных вод конкретного бассейна является практически значимым, поскольку позволяет определить первоочередность проведения природоохранных мероприятий. В качестве критерия выбора ведущих показателей загрязнения речных вод использована их экологическая опасность.

Анализ качества воды показал, что в каждом створе значительное влияние на загрязненность воды реки Белая оказывают соединения марганца и нефтепродуктов. Кратность превышения ПДК по марганцу и нефтепродуктам в исследуемых створах реки Белая за 1990—2007 гг. (в каждый гидрологический сезон) представлена в табл. 2 и 3.

В качестве критерия отнесения загрязняющих веществ к приоритетным, принято отношение

числа проб речной воды с превышением ПДК для рыбохозяйственного водопользования к общему количеству проб, взятых на анализ за период исследования, равное 0,3 (на основании международного стандарта [10]).

Как видно из табл. 2, наибольшая концентрация марганца наблюдается в весенний сезон в створах городов Белорецк, Уфа и Стерлитамак (н. г.). Следует отметить, что концентрация марганца выше городов Бирск и Стерлитамак меньше по сравнению с его значениями в створах, расположенных ниже городов.

Из табл. 2 и 3 видно, что во все рассматриваемые сезоны года среднегодовые значения ПДК

Таблица 2

Кратность превышения ПДК по соединениям марганца в створах реки Белая за период 1990—2007 гг.

| Место отбора пробы воды | Кратность превышения ПДК марганца |                |                     |                        |
|-------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|------------------------|
|                         | зимний сезон                      | весенний сезон | летне-осенний сезон | среднегодовое значение |
| г. Бирск н. г.          | >1                                | >2             | <1                  | >1                     |
| г. Бирск в. г.          | <1                                | >1             | <1                  | <1                     |
| г. Стерлитамак в. г.    | >1                                | >3             | >1                  | >2                     |
| г. Стерлитамак н. г.    | >1                                | >4             | >2                  | >2                     |
| г. Уфа                  | >1                                | >3             | >3                  | >2                     |
| г. Белорецк             | >1                                | >5             | <1                  | >2                     |

в. г. — выше города; н. г. — ниже города.

Таблица 3

Кратность превышения ПДК по нефтепродуктам в створах реки Белая за период 1990—2007 гг.

| Место отбора пробы воды | Кратность превышения ПДК нефтепродуктов |                |                     |                         |
|-------------------------|---|----------------|---------------------|-------------------------|
|                         | зимний сезон                            | весенний сезон | летне-осенний сезон | средне-годовое значение |
| г. Бирск н. г.          | >2                                      | >2             | >2                  | >2                      |
| г. Бирск в. г.          | >1                                      | <1             | >3                  | >2                      |
| г. Стерлитамак в. г.    | >2                                      | <1             | >1                  | >1                      |
| г. Стерлитамак н. г.    | >2                                      | <1             | >2                  | <1                      |
| г. Уфа                  | >3                                      | <1             | <1                  | >1                      |
| г. Белорецк             | >3                                      | >4             | >1                  | >2                      |

марганца и нефтепродуктов превышают ПДК<sub>р.х</sub> во всех контрольных пунктах наблюдения. В весенний сезон происходит большее увеличение концентрации марганца, по сравнению с зимним и летне-осенним сезонами.

Для нефтепродуктов в зимний сезон отмечается большее повышение содержания в речной воде, чем в летне-осенний период. С наступлением же весеннего половодья происходит снижение их концентрации в связи с увеличением водности реки и, соответственно, процессами разбавления и перемешивания.

Загрязнение марганцем связано с геологическими особенностями рассматриваемой территории, а загрязнения нефтепродуктами происходит вследствие воздействия крупного комплекса нефтехимических производств республики.

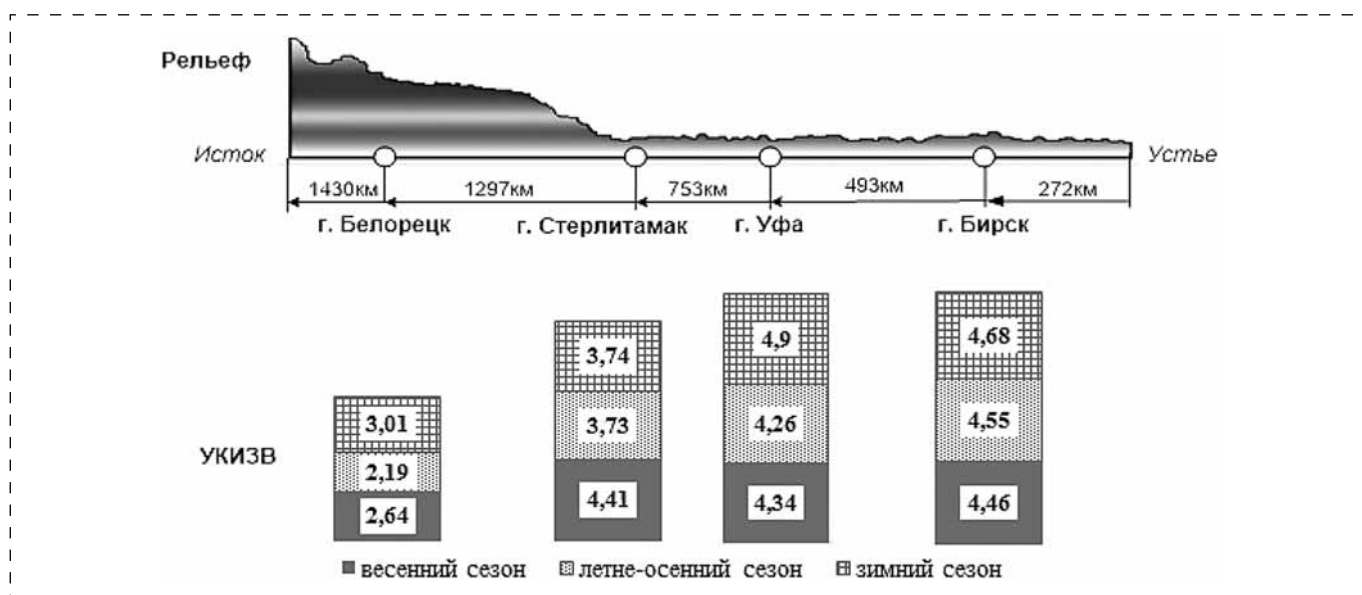
### Результаты комплексной оценки качества воды реки Белая

Комплексная оценка качества воды реки Белая проводилась по показателю "удельный комбинаторный индекс загрязненности воды" (УКИЗВ) в весенний, летне-осенний и зимний гидрологические сезоны. Подробное описание методики комплексной оценки приведено в РД 52.24.643 — 2002 [11].

Расчет значения комбинаторного индекса загрязненности и относительная оценка качества воды проводились в два этапа: сначала по каждому изучаемому ингредиенту и показателю загрязненности воды, затем по комплексу загрязняющих веществ и на основе этих данных выводилась результирующая оценка.

Результаты расчета среднесезонного УКИЗВ воды в сопоставлении с физико-географическими условиями расположения водотока для створов реки Белая представлены на рисунке.

Результаты комплексной оценки качества воды реки Белая показывают, что наименьшие среднесезонные низкие значения индекса загрязненности характерны для створа, расположенного у истока реки — г. Белорецк, самые высокие — в створах г. Уфа и г. Бирск вблизи устья, что обусловлено сильным антропогенным воздействием на качество воды по течению реки. Самые низкие значения отмечаются в летне-осенний сезон (УКИЗВ — 2,19) согласно РД 52.24.643—2002 [11] вода "загрязненная", самые высокие характерны для зимней межени (УКИЗВ 4,9) — "грязная".



Изменение УКИЗВ реки Белая в местах отбора воды в весенний, летне-осенний и зимний сезоны (1990 — 1997 гг.)



## Выводы

Комплексная оценка качества воды реки Белая показала зависимость качества воды от фаз гидрологического режима (наименьшие значения УКИЗВ характерны для весеннего и летне-осеннего сезонов, наибольшие — в период зимней межени). Таким образом, выявлена необходимость рассмотрения качества и количества воды в интегрированном виде.

Результаты оценки качества воды реки Белая использовались при расчете геоэкологического риска количественного и качественного истощения водных ресурсов реки Белая [2].

## Список литературы

1. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. — М.: Наука, 2006. — 221 с.
2. Гареев А. М. Оптимизация водоохранных мероприятий в бассейне реки. Географо-экологический аспект. — СПб., 2001. — 188 с.
3. Красногорская Н. Н., Феропонтов Ю. И., Нафикова Э. В. Оценка геоэкологического состояния водотока по показателям качества воды и истощению водных ресурсов // Проблемы региональной экологии. — 2012. — № 5. — С. 20—27.

4. Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Рогозина Т. А. Оценка качества водных объектов в условиях антропогенного воздействия. — Уфа: УГАТУ, 2006. — 278 с.
5. Фашевская Т. Б. Оценка антропогенного воздействия на гидрохимический режим водных объектов (на примере р. Белая): дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. — СПб., 2006. — 185 с.
6. Абдрахманов Р. Ф. Гидроэкология Башкортостана. — Уфа: Информреклама, 2005. — 344 с.
7. Балков В. А. Водные ресурсы Башкирии. — Уфа: Башкирское книжное издательство, 1978. — 123 с.
8. Гидрохимические показатели реки Белая и ее притоков / Н. Н. Красногорская, Е. М. Ганцева, Э. В. Нафикова, Е. А. Белоzerова, Е. Э. Макунян., Р. Р. Ямилева. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620517.
9. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Реки и озера. Серия 2. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Бассейны рек Камы и Урала. Бассейны рек на территории Республики Башкортостан. — Уфа: БашУГМС, 1990—2007. — С. 1—156.
10. ГОСТ 27384—2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств. — Введ. 2003-01-01. — М.: ИПК Издательство стандартов. 2002. — 5 с.
11. РД 52.24.643—2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / В. П. Емельянова, Е. Е. Лобченко. — Введ. 2004-01-01. — М.: Гидрохимический институт (ГХИ) Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2002. — 35 с.

N. N. Krasnogorskaya, Professor, Head of Chair, e-mail: nk.ufa@mail.ru,

E. V. Nafikova, Associate Professor, E. A. Belozeroва, Postgraduate,  
Ufa State Aviation Technical University,

I. E. Dubovik, Professor, M. J. Sharipova, Associate Professor, Bashkir State University, Ufa

## Comprehensive Assessment of the River Belaya Water Quality of the Republic of Bashkortostan

*The paper proposes a comprehensive assessment of the river Belaya water quality by using specific combinatorial index of water pollution in the different phases of hydrological regime. The results of chemical analysis of water samples obtained at 4 observation points (monitoring posts) for the period from 1990 to 2007 are considered. The suitability of the water quality of the river Belaya in the posts under study is determined for different types of water use. The multiplicity of excess of pollutants above maximum permissible concentrations in the river Belaya water is revealed. It is also established that the priority pollutants of the river Belaya are manganese compounds and petroleum products.*

**Keywords:** catchment basin, water quality, maximum permissible concentration, polluting substances, geographic information systems, hydrochemical parameters, specific combinatorial index of water pollution

## References

1. Danilov-Danil'jan V. I., Losev K. S. Potreblenie vody: jekologicheskij, jekonomicheskij, social'nyj i politicheskij aspekty. M.: Nauka, 2006. P. 221.
2. Gareev A. M. Optimizacija vodoohrannyh meroprijatij v bassejne reki. Geografo-jekologicheskij aspekt. SPb., 2001. P. 188.
3. Krasnogorskaja N. N., Ferapontov Ju. I., Nafikova E. V. Ocenka geojekologicheskogo sostojanija vodotoka po pokazateljam kachestva vody i istoshheniju vodnyh resursov. *Problemy regional'noj jekologii*. 2012. No. 5. P. 20—27.
4. Krasnogorskaja N. N., Fashhevskaja T. B., Rogozina T. A. Ocenka kachestva vodnyh obektov v uslovijah antropogennogo vozdejstvija. Ufa: UGATU, 2006. 278 p.
5. Fashhevskaja T. B. Ocenka antropogennogo vozdejstvija na gidrohimicheskij rezhim vodnyh obektov (na primere r. Belaja): dis. ... kand. geog. nauk: 25.00.36. SPb., 2006. 185 p.
6. Abdrahmanov R. F. Gidrojekologija Bashkortostana. Ufa: Informreklama, 2005. — 344 p.
7. Balkov V. A. Vodnye resursy Bashkirii. Ufa: Bashkirskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1978. 123 p.

8. Gidrohimicheskie pokazateli reki Belaja i ee pritokov / N. N. Krasnogorskaja, E. M. Ganceva, E. V. Nafikova, E. A. Belozeroва, E. Je. Makunjan., R. R. Jamileva. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2014620517.
9. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Razdel 1. Poverhnostnye vody. Reki i ozera. Serija 2. Ezhagodnye dannye o kachestve poverhnostnyh vod sushi. Bassejny rek Kamy i Urala. Bassejny rek na territorii Respubliki Bashkortostan. Ufa: BashUGMS, 1990—2007. P. 1—156.
10. ГОСТ 27384—2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств. Введ. 2003-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов. 2002. 5 p.
11. РД 52.24.643—2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / В. П. Емельянова, Е. Е. Лобченко. Введ. 2004-01-01. М.: Гидрохимический институт (ГХИ) Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2002. 35 p.



**Н. Г. Курамшина**, д-р биол. наук, проф., e-mail: n-kuramshina@mail.ru,  
**Г. И. Сафина**, асп., Уфимский государственный университет экономики и сервиса,  
**Э. М. Курамшин**, д-р хим. наук, проф., Уфимский государственный нефтяной  
технический университет,  
**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
Уфимский государственный авиационный технический университет

## Загрязнение поверхностных вод рек Республики Башкортостан

*Приведены результаты исследования концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах реки Белая и ее притоков в 2007–2013 гг., приведено их сопоставление с соответствующими нормативными показателями, которое показало, что наибольшему загрязнению подвержена река Дема. Данные анализа состояния поверхностных вод среднего и нижнего течения реки Дема за исследуемый период показали уменьшение концентрации соединений железа при движении к устью реки, что связано с ее самоочищающей способностью.*

**Ключевые слова:** реки Белая, Дема и притоки, тяжелые металлы, нефтепродукты, показатели экологического риска, загрязнение

Поверхностные водные объекты Республики Башкортостан испытывают негативное влияние промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. На долю предприятий топливно-энергетического, химического и нефтехимического комплексов приходится 52,3 % от общего объема сброса сточных вод, на долю жилищно-коммунального хозяйства — 40,7 %. Свыше 78 % от общей массы загрязняющих веществ, поступающих в водоемы со сточными водами, приходится на долю предприятий химической и нефтехимической отраслей [1–3]. Загрязнение поверхностных вод также происходит при разработке нефтяных месторождений, поскольку при этом используются методы воздействия на нефтяные пласты различными химически активными добавками (полимерами, силикатами, щелочами, ПАВ и др.). Их применение сопровождается сложными процессами деструкции, адсорбции и взаимодействия с компонентами пород и пластовых вод, что ведет к вторичному загрязнению пласта за счет накопления не вовлеченных в процесс химических реагентов [4, 5]. Постоянное загрязнение природных вод нефтепродуктами и тяжелыми металлами (ТМ) приводит к аккумуляции в гидробионтах, нарушению многих физиологических функций, снижению темпа роста, изменению численности и биомассы, изменению видового разнообразия и состава. Следовательно, экологическое состояние территории может быть оценено путем изучения качества воды ее рек, поскольку водные экосистемы урбанизированных территорий, как конечное звено миграции

загрязняющих веществ, испытывают значительное антропогенное воздействие, проявляющееся в возрастании притока тяжелых металлов и биогенных элементов [6–8].

**Объект и методы исследования.** Целью данной работы являлась оценка загрязнения поверхностных вод рек Башкортостана нефтепродуктами за период 2007–2013 гг., выявление наиболее загрязненного водотока с последующим определением индекса экологического риска по нефтепродуктам и тяжелым металлам. В качестве объектов исследования рассмотрены река Белая и ее притоки первого и второго порядка. Отбор, хранение и консервирование проб осуществлялось в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592–2000 "Вода. Общие требования к отбору проб". Химический анализ отобранных проб на содержание нефтепродуктов проводился колоночной хроматографией с ИК-окончанием; концентрации тяжелых металлов определялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии [9].

**Результаты.** Оценка концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах реки Белая и ее притоков, их сопоставление с соответствующими нормативными показателями ( $ПДК_{рх}$ ) свидетельствуют о наибольшем загрязнении вод реки Дема (табл. 1). Значение коэффициента  $K_k$ , характеризующего превышение содержания загрязняющих веществ (ЗВ) по сравнению с  $ПДК_{рх}$ , достигает 7,78 ( $K_k = C_{ср}/ПДК_{рх}$ , где  $C_{ср}$  — средняя концентрация ЗВ,  $ПДК_{рх}$  — предельно допустимая концентрация ЗВ в водоемах рыбохозяйственного назначения [10]).



Таблица 1

## Динамика содержания нефтепродуктов в поверхностных водах рек Республики Башкортостан в 2007–2013 гг.

| Река    | Пункт отбора | Среднегодовая концентрация $C_{ср}$ , мг/дм <sup>3</sup> |       |       |       | $C_{ср}$ , мг/дм <sup>3</sup><br>(2007–2013) | $K_k = \frac{C_{ср}}{ПДК_{рх}}$ |
|---------|--------------|--|-------|-------|-------|--|---------------------------------|
|         |              | 2007   | 2011  | 2012  | 2013  |  |                                 |
| Белая   | Уфа          | 0,145  | 0,135 | 0,122 | 0,115 | 0,129  | 2,58                            |
| Ашкадар | Стерлитамак  | 0,113  | 0,078 | 0,104 | 0,050 | 0,086  | 1,72                            |
| Инзер   | Азово        | 0,127  | 0,083 | 0,084 | 0,194 | 0,122  | 2,44                            |
| Уршак   | Булгаково    | 0,106  | 0,078 | 0,122 | 0,112 | 0,105  | 2,10                            |
| Уфа     | Верхний Суян | 0,445  | 0,087 | 0,332 | 0,274 | 0,285  | 5,70                            |
| Ай      | Лаклы        | 0,195  | 0,210 | 0,167 | 0,226 | 0,199  | 3,98                            |
| Киги    | Кондаковка   | 0,738  | 0,509 | 0,209 | 0,394 | 0,370  | 7,40                            |
| Дема    | Кармышево    | 0,473  | 0,430 | 0,400 | 0,251 | 0,389  | 7,78                            |
| Мияки   | Мияки-Тамак  | 0,460  | 0,205 | 0,309 | 0,280 | 0,314  | 6,28                            |
| Юрюзань | Чулпан       | 0,283  | 0,210 | 0,337 | 0,299 | 0,282  | 5,64                            |

\* ПДК<sub>рх</sub> для нефтепродуктов составляет 0,05 мг/дм<sup>3</sup> [11].

Состояние поверхностных вод реки Дема оценивалось в двух створах: в среднем течении (село Кармышево) и в 2 км от устья реки Дема у г. Уфы (табл. 2). В период 2007–2013 гг. качество речной воды в среднем течении сохранялась в рамках 4-го

класса ("грязная"), с возможным переходом в категорию "очень и чрезвычайно грязной". Значение удельной величины комбинаторного индекса загрязненности поверхностных вод УКИЗВ = 1...16 (большему его значению соответствует худшее

Таблица 2

## Состояния поверхностных вод реки Дема и ее притока в 2007–2013 гг.

| Ингредиент                                       | ПДК <sub>рх</sub> , мг/дм | Содержание ЗВ, мг/дм <sup>3</sup> |           |          | $K_k = \frac{C_{ср}}{ПДК_{рх}}$ |
|--|---------------------------|-----------------------------------|-----------|----------|---------------------------------|
|  |                           | $C_{min}$                         | $C_{max}$ | $C_{ср}$ |                                 |
| Река Дема (село Кармышево)                       |                           |                                   |           |          |                                 |
| Железо (общ.)                                    | 0,10                      | 0,24                              | 0,54      | 0,39     | 3,90                            |
| Медь*  | 0,001                     | 2,2                               | 4,9       | 3,55     | 3,52                            |
| Цинк*  | 0,01                      | 2,6                               | 28,0      | 15,3     | 1,53                            |
| Нефтепродукты                                    | 0,05                      | 0,31                              | 0,47      | 0,39     | 7,90                            |
| ХПК  | 15,0                      | 21,4                              | 24,2      | 22,8     | 1,52                            |
| Река Дема (в 2 км от устья)                      |                           |                                   |           |          |                                 |
| Железо (общ.)                                    | 0,10                      | 0,04                              | 0,11      | 0,07     | 0,70                            |
| Медь*  | 0,001                     | 0,72                              | 2,54      | 1,63     | 1,63                            |
| Цинк*  | 0,01                      | 1,28                              | 3,54      | 2,41     | 0,24                            |
| Никель*  | 0,01                      | 2,62                              | 3,77      | 3,20     | 0,32                            |
| Марганец*  | 0,01                      | 36,5                              | 80,8      | 58,7     | 5,87                            |
| Нефтепродукты                                    | 0,05                      | 0,05                              | 0,119     | 0,08     | 1,60                            |
| ХПК  | 15,0                      | 25,4                              | 31,1      | 28,3     | 1,89                            |
| Приток река Дема – река Мияки (село Мияки-Тамак) |                           |                                   |           |          |                                 |
| Железо (общ.)                                    | 0,1                       | 0,32                              | 0,60      | 0,46     | 4,60                            |
| Медь*  | 0,001                     | 1,33                              | 5,06      | 3,20     | 3,20                            |
| Цинк*  | 0,01                      | 2,80                              | 6,34      | 4,57     | 0,46                            |
| Никель*  | 0,01                      | 5,29                              | 15,9      | 10,60    | 1,06                            |
| Нефтепродукты                                    | 0,05                      | 0,21                              | 0,46      | 0,33     | 6,60                            |
| ХПК  | 15,0                      | 20,7                              | 27,1      | 23,9     | 1,59                            |

\*Содержание этих загрязняющих веществ приведено в мкг/дм<sup>3</sup>.

качество) в среднем течении реки Дема, обусловленное одновременным присутствием 14...15 загрязняющих веществ, равнялось 4,69 [11].

Анализ поверхностных вод среднего течения реки Дема (село Кармышево) за исследуемый период показал, что имело место увеличение содержания ингредиентов. При этом наблюдается превышение значений средних концентраций ЗВ соответствующих значений ПДК для железа — примерно в 4 раза, меди — в 3,52 и цинка — в 1,53 раза и нефтепродуктов — примерно в 8 раз. Значение интегрального показателя загрязненности воды (ХПК) увеличилось от 21,4 до 22,8 мг/дм<sup>3</sup> и значительно (примерно в 1,5 раза) превосходило нормативное значение (см. табл. 2). Оценка экологического риска по показателю  $K_k$  показала, что наибольший негативный вклад в ухудшение качества воды вносят соединения железа, меди, марганца и нефтепродукты.

Состояние поверхностных вод реки Дема (в 2 км от устья) за анализируемый период ухудшилось (значение УКИЗВ = 4,24), качество воды по-прежнему оценивалось 4-м классом — как "грязная" [11]. Анализ поверхностных вод реки Дема на данном участке показал превышение ПДК<sub>рх</sub> для меди — в 1,63 и марганца — в 5,87 раза. Содержание нефтепродуктов и значение интегрального показателя загрязненности воды ХПК существенно (в 1,6 и примерно в 2 раза, соответственно) превосходило нормативные значения. Оценка экологического риска по показателю  $K_k$  показала, что наибольшее негативное влияние оказывают соединения меди, марганца и нефтепродукты.

Состояние поверхностных вод реки Мияки, небольшого притока реки Демы, оценивалось у села Мияки-Тамак. В период 2007—2013 гг. отмечался рост загрязненности воды, значение УКИЗВ повысилось до величины 4,73 [11]. Качество воды оценивалось 4-м классом — как "грязная". Экологическое состояние реки остается напряженным, поскольку результаты гидрохимического анализа поверхностных вод показали превышение ПДК<sub>рх</sub> для железа — в 4,6, меди — в 3,2, нефтепродуктов — в 6,6 раза. Средняя концентрация цинка и никеля в рассматриваемый период не превышала значение ПДК<sub>рх</sub> (см. табл. 2). Оценка экологического риска по показателю  $K_k$  показала, что наибольший вклад в ухудшение качества воды вносят соединения железа, меди и нефтепродукты.

### Выводы

Исследование концентрации нефтепродуктов в поверхностных водах реки Белая и ее притоков в 2007—2013 гг., их сопоставление

с соответствующими нормативными показателями показало, что наибольшему загрязнению подвержена река Дема. Изучение качества поверхностных вод среднего и нижнего течения реки Дема и в устье правого притока за исследуемый период показало уменьшение концентрации соединений железа при движении к устью реки (показатель  $K_k$  изменялся от 4,6 до 0,7). При этом содержание соединений меди слабо изменялось на всем протяжении реки, но имело довольно высокие значения ( $K_k = 3,20...3,52$ ). В верхнем и среднем течении реки Дема и в ее притоке Мияке концентрация нефтепродуктов многократно превосходила значение ПДК<sub>рх</sub> ( $K_k = 6,6...7,9$ ), в устье реки Дема показатель  $K_k$  по нефтепродуктам снижался до величины 1,6, что, по-видимому, связано с ее самоочищающей способностью.

### Список литературы

1. **Габитов Г. Х., Сафонов Е. Н., Гилязов Р. М., Лозин Е. В.** Состояние и развитие нефтедобывающей отрасли Республики Башкортостан // Нефтяное хозяйство. — 2005. — № 4. — С. 150—153.
2. Государственный доклад "О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2010 году" Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан. — Уфа, 2011. — 339 с.
3. **Государственный доклад "О состоянии и использовании водных ресурсов Республики Башкортостан в 2009 году"** Федерального агентства водных ресурсов Камского бассейнового водного управления Отдела водных ресурсов по Республике Башкортостан. — Уфа, 2010. — 100 с.
4. **Абдрахманов Р. Ф.** Гидроэкология Башкортостана. Уфа, Информреклама, 2005. — 344 с.
5. **Беляева А. С., Кунакова Р. В.** Применение химических методов и технологий извлечения остаточной нефти на месторождениях Республики Башкортостан — Уфа: Гилем, 2010. — 216 с.
6. **Линник П. Н., Набиванец Б. И.** Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. — Л., Гидрометеоиздат, 1986. — 268 с.
7. **Халимов Р. Ф., Курамшина Н. Г.** Тяжелые металлы в природных водах реки Уфа // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. — 2009. — № 1. — С. 88—92.
8. **Курамшина Н. Г., Латыпов А. Б.** Тяжелые металлы в природных средах Башкортостана // Сб. науч. тр. Междунар. НПК "Региональные экологические проблемы современности", 24 марта 2006 г. Ч. 1. — Уфа. 2006. — С. 142—156.
9. **Курамшина Н. Г., Нуртдинова Э. Э., Кулак Ю. Н., Николаева С. В., Курамшин Э. М.** Сравнительная характеристика состояния природных вод в зоне влияния нефтяных месторождений Башкортостана // Безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 12. — С. 24—26.
10. **Перечень** рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. — М.: ВНИРО, 1999. — 304 с.
11. **Ежегодники** качества поверхностных вод по территории деятельности ГУ "Башкирское УГМС". — Уфа, 2007—2010.



**N. G. Kuramshina**, Professor, e-mail: n-kuramshina@mail.ru, **G. I. Safina**, Postgraduate, Ufa State University of Economy and Service,  
**E. M. Kuramshin**, Professor, Ufa State Oil Technical University,  
**N. N. Krasnogorskaya**, Professor, Head of Chair, Ufa State Aviation Technical University

## Pollution of the Surface Water of Rivers of the Republic of Bashkortostan

*Research of concentration of oil products in a surface water of river Belaya and its inflows in 2007-2013, their comparison to the corresponding standard indicators showed that the Dyoma river is subject to the greatest pollution. Studying of quality of a surface water of an average and lower current of the Dyoma river and in the mouth of the right inflow for the studied period showed reduction of concentration of compounds of iron at the movement to the mouth of the river (the indicator of  $K_K$  changed from 4,6 to 0,7). Thus, the content of compounds of copper poorly changed throughout the river, but had quite high values ( $K_K = 3,20...3,52$ ). In the top and average current of the Dyoma river and in its inflow concentration of oil products repeatedly surpassed value maximum-permissible concentration for fishery reservoirs ( $K_K = 6,6...7,9$ ), in the mouth of the river Dyoma the indicator of  $K_K$  decreased to the size of 1,6 that is apparently connected with its itself clearing ability.*

**Keywords:** rivers Belaya, Dyoma and tributary, heavy metals, oil products, indiccs of risk ecological, pollution

### References

1. **Gabitov G. H., Safonov E. N., Giljazov R. M., Lozin E. V.** Sostojanie i razvitie neftedobyvajushhej otrasli Respubliki Bashkortostan. *Neftjanoe hozjajstvo*. 2005. No. 4. P. 150—153.
2. **Gosudarstvennyj doklad** "O sostojanii prirodnyh resursov i okruzhajushhej srede Respubliki Bashkortostan v 2010 godu" Ministerstva prirodopol'zovanija i jekologii Respubliki Bashkortostan. Ufa, 2011. 339 p.
3. **Gosudarstvennyj doklad** "O sostojanii i ispol'zovanii vodnyh resursov Respubliki Bashkortostan v 2009 godu" Federal'nogo agentstva vodnyh resursov Kamskogo bassejnovogo vodnogo upravlenija Otdela vodnyh resursov po Respublike Bashkortostan. Ufa, 2010. 100 p.
4. **Abdrahmanov R. F.** Gidrojekologija Bashkortostana. Ufa: Informreklama, 2005. 344 p.
5. **Beljaeva A. S., Kunakova R. V.** Primenenie himicheskikh metodov i tehnologij izvlechenija ostatochnoj nefti na mestorozhdenijah Respubliki Bashkortostan. Ufa: Gilem, 2010. 216 p.
6. **Linnik P. N., Nabivanec B. I.** Formy migracii metallov v presnyh poverhnostnyh vodah. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 268 p.
7. **Halimov R. F., Kuramshina N. G.** Tjazhelye metally v prirodnyh vodah reki Ufa. *Problemy biogeohimii i geohimicheskoj jekologii*. 2009. No. 1. P. 88—92.
8. **Kuramshina N. G., Latypov A. B.** Tjazhelye metally v prirodnyh sredah Bashkortostana. *Sb. nauch. tr. Mezhdunar. NPK "Regional'nye jekologicheskie problemy sovremennosti"*, 24 marta 2006. Ch. 1. Ufa, 2006. P. 142—156.
9. **Kuramshina N. G., Nurtidinova Je. Je., Kulak Ju. N., Nikolaeva S. V., Kuramshin Je. M.** Sravnitel'naja charakteristika sostojanija prirodnyh vod v zone vlijanija neftjanyh mestorozhdenij Bashkortostana. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2013. No. 12. P. 24—26.
10. **Perechen'** rybohozjajstvennyh normativov: predel'no-dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnyh urovnej vozdeystvij (OBUV) vrednyh veshhestv dlja vody vodnyh ob#ektov, imejushhij rybohozjajstvennoe znachenie. M.: VNIRO, 1999. 304 p.
11. **Ezhegodniki** kachestva poverhnostnyh vod po territorii dejatel'nosti GU "Bashkirskoe UGMS". Ufa, 2007—2010.

### Информация

**XVI Международный форум  
ЭКОЛОГИЯ БОЛЬШОГО ГОРОДА  
6—8 апреля 2016 г.**

**Санкт-Петербург, Конгрессно-выставочный центр ЭКСПОФОРУМ, Павильон Н**

*Тематические разделы форума:*

Управление отходами: технологии и оборудование; Рациональное водопользование, очистка сточных вод, водоподготовка, водоотведение, водоснабжение; Экологическая реабилитация территорий и водных объектов; Экологический мониторинг; Информационное обеспечение природоохранной деятельности; Экологические технологии в строительстве; Аллея "Зеленых технологий"

Контакты: [www.ecology.expoforum.ru](http://www.ecology.expoforum.ru)

УДК 629.039.58

**Е. М. Ганцева**, канд. техн. наук, доц., e-mail: e.gantseva@yandex.ru,  
**Г. З. Муллагильдина**, студент, Уфимский государственный авиационный  
технический университет

## Оценка риска возникновения чрезвычайной ситуации на установке замедленного коксования

*Рассмотрены вопросы оценки риска возникновения чрезвычайной ситуации на установке замедленного коксования с применением метода качественной оценки риска (HAZOP) и методов количественной оценки риска ("дерево отказов" и "дерево событий"). Установлено, что наиболее опасным технологическим элементом установки замедленного коксования является реакторный блок. С целью определения вероятности разгерметизации реактора установки замедленного коксования, построено "дерево отказов" и рассчитана вероятность наступления головного события. Для определения вероятности реализации различных сценариев развития аварии, построено "дерево событий" при разгерметизации реактора установки замедленного коксования, которое позволило определить, что наиболее опасным сценарием развития чрезвычайной ситуации является полная разгерметизация реактора с взрывом газозадымленного облака и пожаром пролива.*

**Ключевые слова:** анализ риска, установка замедленного коксования, реактор, HAZOP, дерево отказов, дерево событий, пожар, взрыв

**Актуальность.** Развитие нефтеперерабатывающей промышленности в России делает актуальной задачу совершенствования методик оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) в процессе эксплуатации различных нефтеперерабатывающих установок. Установки являются сложными техническими объектами повышенной опасности с большим количеством потенциальных источников развития чрезвычайных ситуаций, наносящих большой материальный и экологический ущерб.

В соответствии с государственной программой по модернизации нефтеперерабатывающих мощностей к 2020 году, с целью повышения глубины переработки до 85 %, предполагается строительство новых установок по переработке нефтяных остатков, в том числе установок гидрокрекинга и замедленного коксования, в частности, в ходе реализации программы предполагается провести реконструкцию восьми установок замедленного коксования [1].

В рамках разработки технической документации на новые и реконструируемые установки, необходимо декларирование промышленной безопасности, экспертиза промышленной безопасности, обоснование технических решений по обеспечению безопасности проектируемых опасных производственных объектов. На всех этих этапах требуется проведение анализа риска

возникновения ЧС. Анализ риска представляет собой структурированный процесс, целью которого является определение вероятности неблагоприятных последствий аварий для объекта [2].

В настоящее время в России используются методы количественного анализа риска с помощью методик "дерево отказов" и "дерево событий". Проведение количественного анализа позволяет сравнивать различные объекты по единым показателям риска. Данные методики обладают рядом недостатков. При использовании метода "дерево событий" необходимо идентифицировать все возможные начальные события. При разработке "дерева отказов" необходимо учитывать все важные пути, приводящие к конечному событию. Применение количественных методик оценки риска ЧС для сложных нефтеперерабатывающих установок является трудоемким процессом и, зачастую, не позволяет получить адекватную оценку риска, из-за недостаточного объема статистических данных.

Повысить эффективность оценки риска ЧС в этом случае возможно с помощью использования методов качественной оценки риска (HAZOP, РНА). Применение методов качественной оценки риска в России сдерживается тем, что это не является обязательным при разработке декларации промышленной безопасности, экспертизе промышленной безопасности потенциально опасных объектов. В отличие от отечественных

нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ), ведущие зарубежные компании уже на этапе проектирования опасных производственных объектов на территории России, требуют обязательного проведения качественной оценки риска [3].

Методы качественной оценки риска позволяют провести анализ потенциально "слабых мест", событий, действий для исследования потенциальных опасностей при различных режимах эксплуатации в производственной системе, выявить критические места и критические режимы эксплуатации конкретных элементов системы, что необходимо для исследования возможных причин отказов в технологическом процессе установок.

Совместное применение качественной и количественной оценки риска позволяет добиться синергетического эффекта и за счет этого существенно снизить трудоемкость процесса оценки, повысить достоверность оценок, снизить уровень неопределенностей оценок вероятностей базисных событий. Следовательно, проблема использования качественной оценки риска в ходе разработки проектной документации по строительству или реконструкции потенциально опасных объектов является актуальной.

**Характеристика объекта.** Рассмотрим особенности совместного применения методик качественной и количественной оценки рисков на примере оценки рисков возникновения ЧС при эксплуатации установок замедленного коксования. Ключевыми параметрами для анализа риска аварии технологического оборудования являются частота нежелательных событий и анализ последствий реализации опасности, получаемые на основе анализа статистических данных аварий на аналогичном оборудовании.

Характерной особенностью установок замедленного коксования является наличие большого объема пожаровзрывоопасного сырья и продуктов. В ходе технологического процесса градиент температур между элементами конструкций и окружающей средой превышает 450 °С, что приводит к быстрому износу оборудования установки. Установки замедленного коксования, применяемые в России, были построены более 20 лет назад, следовательно, износ основных производственных фондов этих установок превышает 50 %, что обуславливает высокую вероятность возникновения ЧС, вызванных взрывами и пожарами.

По статистическим данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору был проведен анализ количества пожаров и взрывов на нефтеперерабатывающих объектах за 2006—2014 гг. [4]. Статистика опасных событий на нефтеперерабатывающих объектах за 2006—2014 гг. представлена на рис. 1.

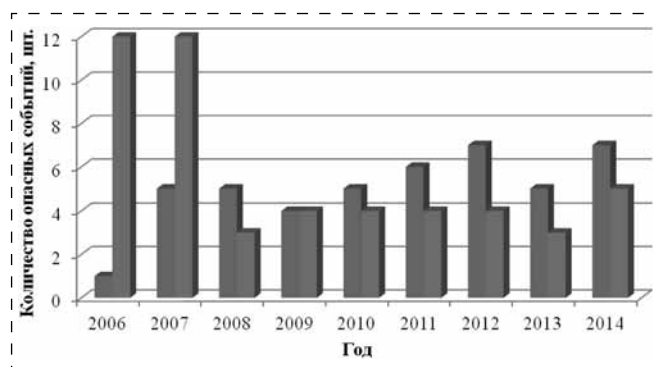


Рис. 1. Статистика опасных событий на НПЗ за 2006—2014 гг.: слева — взрывы; справа — пожары

Как видно из рисунка, с 2009 г. общее число опасных событий на НПЗ в России имеет тенденцию к увеличению.

Причины аварий на нефтеперерабатывающих объектах можно классифицировать следующим образом:

- организационно-технические (ошибки персонала, отсутствие сырья, материалов) — 24 %;
- технологические (изменение нормативных значений давления, температуры, расхода, некачественное сырье) — 41 %;
- механические (отказ оборудования, систем контроля и автоматизации) — 35 %.

Аварии на открытых площадках наиболее опасны, чем в замкнутых производственных зданиях, вследствие разветвленности сети технологических коммуникаций, большой плотности насыщения территории технологическими установками.

Пожаровзрывоопасность отдельных блоков наружных технологических установок определяется характером сырья, готовой продукции, параметрами технологического процесса и особенностями оборудования [4]. Причины возникновения аварий на НПЗ, связанные с технологическим оборудованием, и распределение аварий по видам оборудования НПЗ за 2006—2014 гг. приведено ниже: технологические трубопроводы — 31 %; насосные станции — 19 %; емкостные аппараты — 15 %; колонны — 11 %; печи — 11 %; промканализация — 9 %; резервуарные парки — 4 %.

Анализ чрезвычайных ситуаций, произошедших на НПЗ, показывает, что на производствах наиболее распространенным видом аварий является разгерметизация технологического оборудования, в результате чего возможно образование парогазового облака с его дальнейшим воспламенением (взрывом) или разлив продуктов нефтепереработки с их последующим возгоранием, а также возможное токсическое заражение промышленной территории.

В период 2006—2013 гг. в России на установках замедленного коксования и на аналогичных установках произошло 10 аварий.

Ниже приведены статистические данные по причинам аварий на установках замедленного коксования за 2006—2014 гг.: неудовлетворительное состояние технических устройств — 33 %; нарушение технологии производств — 32 %; несовершенство технологии или конструктивные недостатки — 16 %; нарушение регламента ремонтных работ — 14 %; неисправность (отсутствие) средств противоаварийной защиты — 5 %.

Анализ причин аварий на установках замедленного коксования показал, что они носят механический и технологический характер. Как правило, аварии возникают на технологических трубопроводах, емкостях и насосных станциях. Основными причинами аварий являются неудовлетворительное состояние технических устройств, нарушение технологии производств и несовершенство технологии или конструктивные недостатки.

**Исследование опасности и работоспособности.** Для проведения качественной оценки риска, зарубежные НПЗ используют метод анализа эксплуатационных характеристик и опасных факторов Hazard and Operability Study (HAZOP). Данный метод в целом не противоречит существующим российским стандартам.

Проведение качественной оценки риска существенно повышает достоверность анализа потенциальных опасностей и позволяет определить требования к функциям безопасности и цели снижения риска.

Метод HAZOP позволяет выявить потенциальные отклонения, вследствие нарушения процессов, отказов оборудования или ошибки оператора [5].

В процессе оценки опасности и работоспособности технологическую линию установки разделяют на технологические блоки и проводят анализ каждого блока, чтобы обнаружить, какие отклонения от намеченного исполнения могут произойти, что может быть причиной возможных отклонений [6].

Наиболее опасным технологическим блоком установки замедленного коксования является реакторный блок, следовательно, для выявления наиболее опасных последствий аварий на установке необходимо провести анализ эксплуатационных характеристик и опасных факторов данного блока.

Входными данными при проведении исследований методом HAZOP являются любые документы, описывающие функции и элементы исследуемой установки, например, чертежи,

технологические карты, схемы управления процессом, схемы размещения оборудования, планы действий при чрезвычайных ситуациях.

Для достижения этих целей проводят систематический анализ того, как каждая часть технологического процесса реагирует на изменение основных параметров при использовании подходящего управляющего слова, например, "больше", "меньше", "слишком долго" или "слишком быстро". Метод HAZOP применяется при участии специалистов, обладающих знаниями и опытом эксплуатации и технического обслуживания технологических установок опасных производственных объектов.

Обсуждение происходит в формате "мозгового штурма", в процессе которого формулируются и оцениваются все возможные опасности [6]. Все предполагаемые опасности, их причины и последствия фиксируются в протоколе. Для регистрации и оценки всех данных создают электронную таблицу. Результаты исследования представлены в табл. 1.

**Количественная оценка рисков.** Для идентификации и анализа факторов, которые могут способствовать возникновению аварии или инцидента, применяется метод "дерева отказов" [6].

Данный метод используется для определения качественной оценки при идентификации причин отказа и путей, приводящих к конечному событию, и количественной оценки при вычислении вероятности конечного события, если известны значения вероятностей начальных событий.

С целью определения вероятности разгерметизации реактора установки замедленного коксования построено "дерево отказов", которое представлено на рис. 2.

Рассчитаем вероятность головного события для рассматриваемого "дерева отказов". Вероятность наступления события определяется по приведенным ниже формулам.

Вероятность наступления события  $A$  при операторе "или"

$$P(A) = \left( 1 - \prod_{i=1}^n P(A_i) \right).$$

Вероятность наступления события  $A$  при операторе "и"

$$P(A) = \prod_{i=1}^n P(A_i).$$

Результаты расчетов представлены в табл. 2. Исходя из данных таблицы вероятность головного события (разгерметизация реактора установки замедленного коксования) составляет  $1,4 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.



Таблица 1

Результаты анализа опасностей и работоспособности реакторного блока установки замедленного коксования

| Справочное слово | Дополнительное справочное слово | Отклонение                              | Причины  | Опасность   | Последствия  |
|------------------|---------------------------------|---|--|---|--|
| Температура      | Больше                          | Высокая температура в коксовой камере   | 1. Стояние гильз термопара или потеря контакта на задвижках термопара, отказ преобразователя<br>2. Увеличение максимально допустимой высоты всасывания из емкости насоса, подающего воду на охлаждение                 | Отсутствие данных на мониторе оператора. Высокая температура приводит к повышению давления и разгерметизации реактора   | Выброс углеводородного газа или пролив смеси тяжелого газойля и гудрона с дальним воспламенением паргазовоздушного облака или пролива смеси от источника зажигания. Повреждение соседнего оборудования. Возможна гибель персонала  |
|                  | Меньше                          | Низкая температура в коксовой камере    | 1. Низкая температура окружающей среды, нарушение технологии монтажа трубопроводов<br>2. Неисправность отопительных устройств и термоизоляции  | Замерзание воды в технологических трубопроводах реакторного блока. Стенки труб подвергнутся чрезмерным нагрузкам, что приведет к разрыву трубопроводов или образованию трещин в них | Образование пролива тяжелого газойля, застывание пролива тяжелого газойля на площадке установки замедленного коксования. Повреждение соседнего оборудования. Возможна гибель персонала   |
| Давление         | Больше                          | Высокое давление в коксовой камере      | 1. Обрыв цепи питания преобразователя сигнала датчика давления<br>2. Короткое замыкание в цепи питания преобразователя датчика давления  | Отсутствие данных на мониторе оператора. Высокое давление может привести к нарушению прочности основного материала или сварных швов   | Выброс углеводородного газа или пролив смеси тяжелого газойля и гудрона с дальним воспламенением паргазовоздушного облака или пролива смеси от источника зажигания   |
|                  | Меньше                          | Низкое давление в коксовой камере       | 1. Разрыв мембраны датчика давления<br>2. Короткое замыкание в цепи питания преобразователя датчика давления   | Увеличение выделения летучих веществ в коксовой камере  | Коксование при низких температурах приводит к интенсивному пенообразованию и, как следствие, к вероятности переброса пены в ректификационную колонну, а затем — в печь, что способствует закоксовыванию аппаратуры и, соответственно, снижению межремонтного пробега установки. Вероятна необходимость остановки установки |
| Уровень          | Больше                          | Высокий уровень сырья в коксовой камере | Запирающий орган проходного крана не перемещается, находясь в промежуточном положении<br><br>1. Короткое замыкание в цепи питания уровня<br>2. Запирающий орган проходного крана не закрывается из положения «открыто» | Высокий уровень сырья в первом реакторе, в то время как второй реактор не закончил свой цикл декоксования   | Вероятна необходимость остановки установки   |
|                  | Меньше                          | Низкий уровень сырья в коксовой камере  | Запирающий орган проходного крана не закрывается из положения «закрыто»  | Низкая производительность из-за интенсивного пенообразования и, как следствие, невозможности более полного использования объема камеры коксования                                   | Ухудшение качества кокса. Закоксовывание аппаратуры, снижение межремонтного пробега установки  |



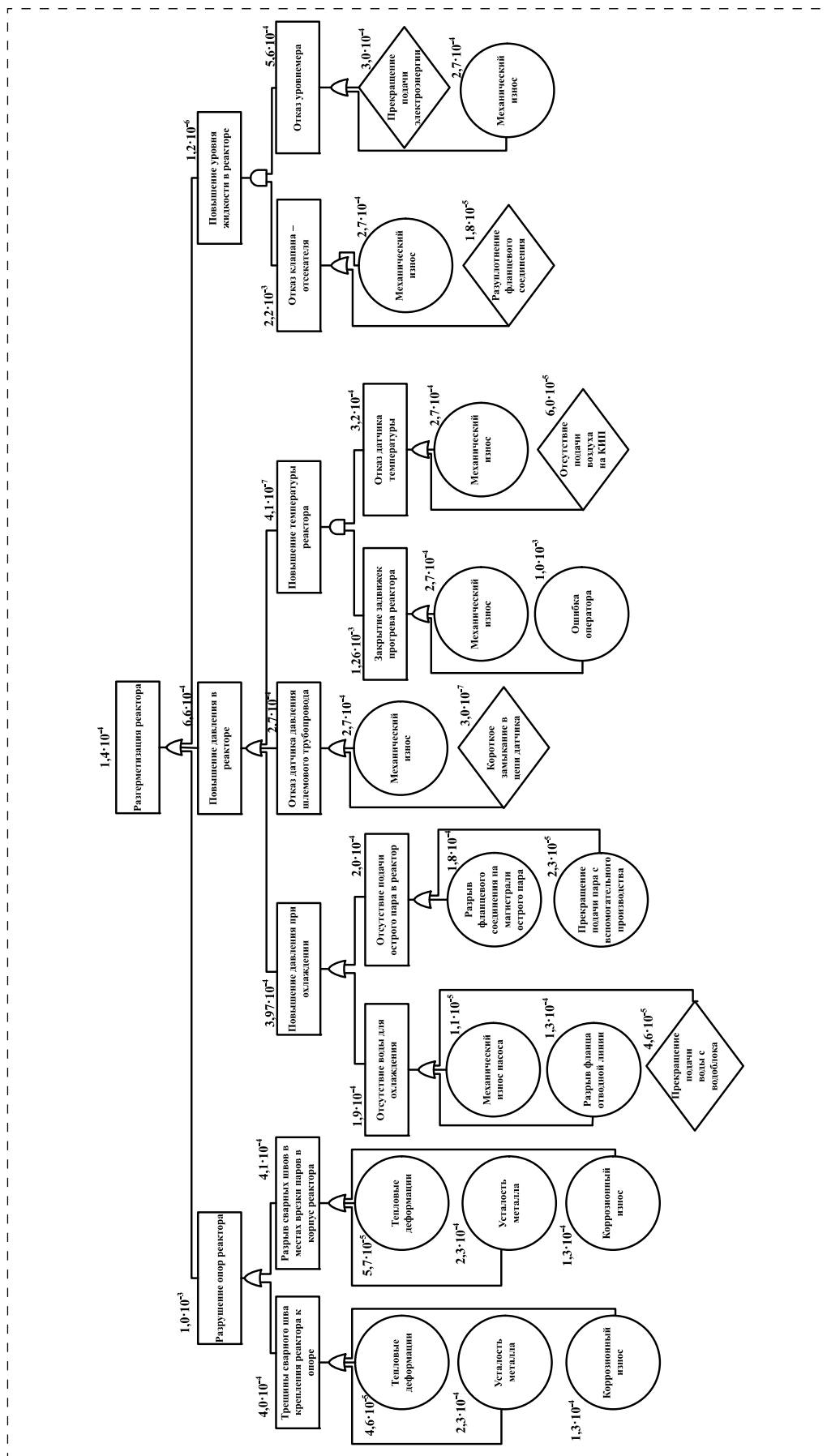


Рис. 2. "Дерево отказов" при разгерметизации реактора установки замедленного кокования



Таблица 2

## Вероятности головного события

| Обозначение события | Название события  | Вероятность наступления события, год <sup>-1</sup> |
|---------------------|---|--|
| 1                   | Разгерметизация реактора                                    | $1,4 \cdot 10^{-4}$                                |
| 2                   | Разрушение опор реактора                                    | $1,0 \cdot 10^{-4}$                                |
| 3                   | Повышение давления в реакторе                               | $6,6 \cdot 10^{-4}$                                |
| 4                   | Повышение уровня жидкости в реакторе                        | $1,2 \cdot 10^{-6}$                                |
| 5                   | Трещины сварного шва крепления реактора к опоре             | $4,0 \cdot 10^{-4}$                                |
| 6                   | Разрыв сварных швов в местах врезки паров в корпус реактора | $4,1 \cdot 10^{-4}$                                |
| 7                   | Повышение давления при охлаждении                           | $3,9 \cdot 10^{-4}$                                |
| 8                   | Отказ датчика давления                                      | $2,7 \cdot 10^{-4}$                                |
| 9                   | Повышение температуры реактора                              | $4,1 \cdot 10^{-7}$                                |
| 10                  | Отказ клапана – отсекавателя                                | $2,2 \cdot 10^{-3}$                                |
| 11                  | Отказ уровнемера  | $5,6 \cdot 10^{-4}$                                |
| 12                  | Тепловые деформации   | $4,6 \cdot 10^{-5}$                                |
| 13                  | Усталость металла   | $2,3 \cdot 10^{-4}$                                |
| 14                  | Коррозионный износ  | $1,3 \cdot 10^{-4}$                                |
| 15                  | Тепловые деформации   | $5,7 \cdot 10^{-5}$                                |
| 16                  | Усталость металла   | $2,3 \cdot 10^{-4}$                                |
| 17                  | Коррозионный износ  | $1,3 \cdot 10^{-4}$                                |
| 18                  | Отсутствие воды для охлаждения                              | $1,9 \cdot 10^{-4}$                                |
| 19                  | Отсутствие подачи острого пара в реактор                    | $2,1 \cdot 10^{-4}$                                |
| 20                  | Механический износ  | $2,7 \cdot 10^{-4}$                                |
| 21                  | Короткое замыкание в цепи датчика                           | $3,0 \cdot 10^{-7}$                                |
| 22                  | Закрытие задвижек прогрева реактора                         | $1,2 \cdot 10^{-3}$                                |
| 23                  | Отказ датчика температуры                                   | $3,2 \cdot 10^{-4}$                                |
| 24                  | Разуплотнение фланцевого соединения                         | $1,8 \cdot 10^{-5}$                                |
| 25                  | Заклинивание штока клапана – отсекавателя                   | $2,1 \cdot 10^{-3}$                                |
| 26                  | Прекращение подачи электроэнергии                           | $3,0 \cdot 10^{-4}$                                |
| 27                  | Механический износ  | $2,7 \cdot 10^{-4}$                                |
| 28                  | Механический износ насоса                                   | $1,1 \cdot 10^{-5}$                                |
| 29                  | Разрыв фланца отводной линии                                | $1,3 \cdot 10^{-4}$                                |
| 30                  | Прекращение подачи воды с водоблока                         | $4,6 \cdot 10^{-5}$                                |
| 31                  | Разрыв фланцевого соединения на магистрали острого пара     | $1,8 \cdot 10^{-4}$                                |
| 32                  | Прекращение подачи пара с вспомогательного производства     | $2,3 \cdot 10^{-5}$                                |
| 33                  | Ошибка оператора  | $1,0 \cdot 10^{-3}$                                |
| 34                  | Механический износ  | $2,7 \cdot 10^{-4}$                                |
| 35                  | Отсутствие подачи воздуха на КИП                            | $6,0 \cdot 10^{-5}$                                |
| 36                  | Механический износ  | $2,7 \cdot 10^{-4}$                                |

Для определения вероятности реализации различных сценариев развития аварии, построено "дерево событий" при разгерметизации реактора установки замедленного коксования.

Метод дерева событий позволяет провести качественное описание возможных последствий в виде комбинаций событий, представляющих собой различные следствия начального события и количественную оценку вероятности Р появления событий, и относительной значимости различных последствий отказа [6]. Дерево событий при разгерметизации коксовой камеры установки замедленного коксования представлено на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что наиболее опасным сценарием развития чрезвычайной ситуации является полная разгерметизация реактора с взрывом газозоудного облака и разрушением соседнего оборудования.

Наиболее вероятным сценарием развития чрезвычайной ситуации является частичная разгерметизация реактора с выбросом углеводородного газа и образованием газозоудного облака с последующим его воспламенением от источника зажигания, после чего произойдет пролив смеси в пределах обвалования и пожар пролива при воздействии источника зажигания.

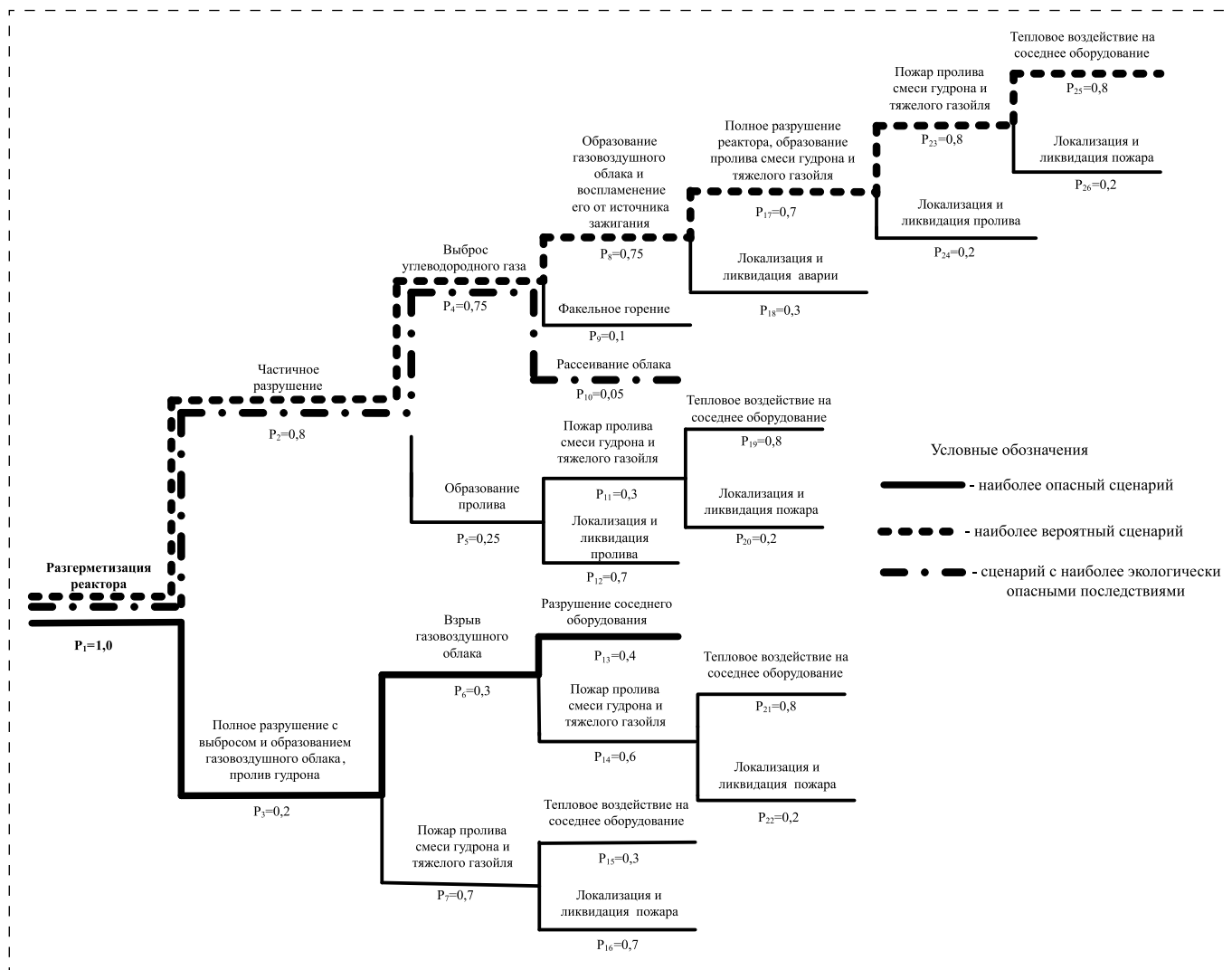


Рис. 3. Дерево событий при разгерметизации реактора установки замедленного коксования

Наиболее экологически опасным сценарием развития чрезвычайной ситуации является выброс углеводородных газов без воспламенения при частичной разгерметизации реактора.

По данным, представленным на рис. 3, определим:

— вероятность развития ЧС по наиболее вероятному сценарию

$$P_{\text{вер}} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_4 \cdot P_8 \cdot P_{17} \cdot P_{23} \cdot P_{25} \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 2,82 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1};$$

— вероятность развития ЧС по наиболее опасному сценарию развития

$$P_{\text{оп}} = P_1 \cdot P_3 \cdot P_6 \cdot P_{13} \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 1,0 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 3,36 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1};$$

— сценария с наиболее опасными экологическими последствиями

$$P_{\text{эк}} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_4 \cdot P_{10} \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,05 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Таким образом, вероятность развития ЧС по наиболее опасному сценарию равна  $3,36 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ , вероятность развития ЧС по наиболее вероятному сценарию равна  $2,82 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$ , вероятность развития ЧС по наиболее экологически опасному сценарию равна  $4,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ .

### Выводы и результаты

1. Получена совместная качественная и количественная оценка риска возникновения чрезвычайной ситуации в результате разгерметизации реактора установки замедленного коксования с помощью методов HAZOP, "дерево отказов" и "дерево событий".



2. Применение метода HAZOP позволило определить основные причины и последствия разгерметизации камеры коксования. На основе результатов исследования методом HAZOP проведена количественная оценка риска возникновения чрезвычайной ситуации на установках замедленного коксования. В результате выявлены основные причины отказов оборудования установки и их последствия. Рассчитана вероятность разгерметизации реактора, которая равна  $1,4 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

3. Проведено ранжирование различных сценариев развития чрезвычайной ситуации, рассчитаны вероятности их реализации.

#### Список литературы

1. **Нефтепереработка** в России: курс на модернизацию. URL: [www.ey.com/Publication/vw/EY-downstream-in-russia-course](http://www.ey.com/Publication/vw/EY-downstream-in-russia-course) (дата обращения 20.03.2015).

2. **Применение** методов анализа опасностей HAZID и HAZOP при проектировании газотранспортного терминала / М. В. Лисанов, В. В. Симакин, А. И. Макашенко, П. И. Дворниченко, А. В. Ермеев-Райхерт // *Безопасность труда в промышленности*. — 2008. — № 8.
3. **Егоров А. Ф.** Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств: учеб. пособие для вузов. — М.: КолосС, 2010. — 526 с.
4. **Лебедева М. И., Богданов А. В., Колесников Ю. Ю.** Обеспечение промышленной и экологической безопасности на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах: аналит. обзор. URL: <http://academygps.ru> (дата обращения 20.03.2015).
5. **Потехин В. А.** Анализ опасностей технологических процессов и стадии проектирования. — СПб.: Экспертиза, 2013.
6. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011.** Менеджмент риска. Методы оценки риска. Справочная система Гарант. URL: <http://base.garant.ru/70389400/> (дата обращения 10.03.2015).

**E. M. Gantseva**, Associate Professor, e-mail: [e.gantseva@yandex.ru](mailto:e.gantseva@yandex.ru),  
**G. Z. Mullagildina**, Student, Ufa State Aviation Technical University

## Risk Assessment of Emergency at the Delayed Coking Plant

*The present article considers issues of risk assessment of emergency at the delayed coking plant using the method of qualitative risk assessment (HAZOP) and the methods of quantitative risk assessment ("fault tree" and "event tree"). The joint qualitative and quantitative risk estimate allows achieving of synergy effect and considerable increase of estimation adequacy, lowering of vagueness level in estimate of probabilities of basic events. It is established, that the most hazardous technological element of the delayed coking plant is the reactor unit. The analysis of operational characteristics and hazardous factors of this unit has been carried out for revealing the most dangerous outcomes of accidents at the plant. In order to determine a probability of depressurization of the delayed coking plant reactor a fault tree has been created and the probability of the top event calculated. The event tree analysis has been applied for estimating probabilities of possible scenarios following the reactor depressurization. The analysis revealed that the most dangerous scenario of the emergency development is the complete depressurization of the reactor with the explosion of gas-air cloud and spillage fire.*

**Keywords:** risk assessment, delayed coking plant, reactor, HAZOP, fault tree, event tree, fire, explosion

#### References

1. **Нефтепереработка** в России: курс на модернизацию. URL: [www.ey.com/Publication/vw/EY-downstream-in-russia-course](http://www.ey.com/Publication/vw/EY-downstream-in-russia-course) (data accessed 20.03.2015).
2. **Применение** методов анализа опасностей HAZID и HAZOP при проектировании газотранспортного терминала / М. В. Лисанов, В. В. Симакин, А. И. Макашенко, П. И. Дворниченко, А. В. Ермеев-Райхерт. *Безопасность труда в промышленности*. 2008. No. 8.
3. **Егоров А. Ф.** Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических, нефтеперерабатывающих и

- нефтехимических производств: Учеб. пособие для вузов. — М.: КолосС, 2010. 526 p.
4. **Лебедева М. И., Богданов А. В., Колесников Ю. Ю.** Обеспечение промышленной и экологической безопасности на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах: аналит. обзор. URL: <http://academygps.ru> (data accessed 20.03.2015).
5. **Потехин В. А.** Анализ опасностей технологических процессов и стадии проектирования. СПб.: Экспертиза, 2013.
6. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011.** Менеджмент риска. Методы оценки риска. Справочная система Гарант. URL: <http://base.garant.ru/70389400/> (data accessed 10.03.2015).

**Б. С. Ксенофонов**, д-р техн. наук, проф., e-mail: borisflot@mail.ru,  
**Р. А. Таранов**, ст. преп., **А. С. Козодаев**, канд. техн. наук, доц., **А. А. Воропаева**, инж.,  
**М. С. Виноградов**, асп., **Е. В. Сеник**, асп., МГТУ им. Н. Э. Баумана

## Проблемы подтопления и затопления селитебных территорий (по следам публикаций)

*Рассмотрены данные проведенных исследований по проблеме подтопления и затопления селитебных территорий. В настоящее время проблема подтоплений территорий в результате выпадения осадков в объеме месячной нормы и более является частым явлением не только в приморских районах, но и внутри континентальных территорий.*

*Приведены примеры затопления территорий городов вследствие сильных ливней, произошедшие в 2015 г., демонстрирующие серьезную степень опасности при выпадении осадков в объемах, близких к месячной норме осадков, по существу в течение одного дождя.*

*Рекомендованы мероприятия по снижению риска возникновения подтопления и затопления селитебных территорий.*

**Ключевые слова:** риск, селитебная территория, подтопление, ливень, интенсивность осадков, система водоотведения, чрезвычайная ситуация

В журнале "Безопасность жизнедеятельности" были опубликованы статьи по теме подтопления и затопления селитебных территорий, в том числе в случае выпадения сильных ливней [1—6]. Основной темой этих работ было рассмотрение причин выпадения сильных ливней, оценки негативных явлений после выпадения сильных ливней на селитебных территориях. Была также предложена методика определения примерного риска проявления последствий на уровне чрезвычайных ситуаций (ЧС) и рекомендации по предотвращению ЧС и их последствий.

В упомянутых выше статьях было отмечено, что в последние десятилетия наблюдается тенденция выпадения сильных ливней, оцениваемых месячными нормами осадков. Так, в Сочи в течение нескольких часов выпало осадков более двухмесячной нормы. Местная система водоотведения оказалась не готовой к приему таких больших объемов воды. Местные (и не только) власти оказались не способными не только вести мониторинг развития негативных природных явлений, но и своевременно предупреждать население о возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также ликвидировать их последствия.

Среди особых проявлений негативных явлений, связанных с подтоплением и затоплением селитебных территорий, отметим также событие в г. Крымск Краснодарского края, в Приамурье на больших территориях (2013 г.). По указанным территориям был нанесен значительный материальный ущерб, имеются, к сожалению, человеческие жертвы. Все это требует усилить разработку новых

подходов к исключению появления подобных ситуаций. В настоящее время можно рекомендовать следующие первоочередные мероприятия:

— внести изменения в нормативные документы, касающиеся водоотведения поверхностного стока с селитебных территорий, где решающим фактором должен быть объем образующегося поверхностного стока в результате выпадения сильных ливней; ранее этот объем рассчитывали исходя из усредненных показателей;

— поддерживать систему канализации поверхностного стока в надлежащем состоянии, особенно на пониженной части застроенной селитебной территории;

— произвести расчистку русел рек, протекающих вблизи или непосредственно по селитебной территории;

— более четко выстраивать системы предупреждения о подобных ЧС; для оповещения населения должна быть внедрена система регулярной (мобильной) связи и других средств.

Более масштабными являются рекомендации по регулированию притоков больших рек путем строительства дамб и водохранилищ, а также застройка новых территорий на возвышенных частях рельефа.

В 2015 г. сильные ливни охватили Грузию, Центральную Россию, Урал, Кубань. В числе городов, которые серьезно пострадали от стихии, Тбилиси, Сочи, Липецк, Москва, Курск, Ижевск, Пермь, Екатеринбург, Ростов-на-Дону и др.

Так, в 2015 г.:

14 июня в Тбилиси произошло разрушительное наводнение из-за сильного дождя. В результате



удара стихии погибли 19 человек. Сильнее всего от наводнения пострадали территория вокруг реки Вере и район столичного зоопарка.

20 июня в Москве вследствие выпадения месячной нормы осадков затопленными оказались, в частности, Тверская улица, многие низменные территории столицы и Подмосковья. Из-за ливня на полтора часа была прекращена работа станции "Щелковская".

20 июня за 12 часов в Курске выпало 62 мм осадков при месячной норме 71 мм.

23 июня за сутки в Свердловской области и Екатеринбурге выпало 70 % месячной нормы осадков.

24–25 июня в Сочи выпала более чем двухмесячная норма осадков, в результате были подтоплены аэропорт и вокзал, жилые дома, в ряде районов города был объявлен режим ЧС. В зону затопления в Сочи попали 1916 жилых домов, из них 983 повреждены. В них проживали порядка 4 тыс. человек. Также в зону подтопления попало 98 объектов муниципальной собственности, в том числе шесть школ и детских садов, три больницы и поликлиники, 22 объекта уличного освещения, 41 улица и 10 объектов культуры. Общий ущерб от стихии, по предварительным данным, составил 760 млн руб.

24 июня на Липецк обрушились сильные дожди, за четыре часа в областном центре выпало 34 мм осадков — это 55 % от многолетней месячной нормы, которая в июне составляет для города 62 мм.

24 июня в результате грозы и сильного ливня в Пермской области более 8 тыс. человек остались без электричества.

25 июня на Воронежскую область обрушился сильный ливень. В Воронеже только за час выпала треть месячной нормы осадков — 24 мм.

29 июня пострадали Ижевск и Ростов-на-Дону, где за сутки выпала месячная норма осадков.

Указанные примеры показывают на серьезную степень опасности, появляющейся при выпадении осадков в объемах, близких к месячной норме осадков, по существу в течение одного дождя. Такие явления для наших селитебных зон граничат с явлениями, подобными ЧС. Чтобы предупредить негативные последствия подобных явлений, требуется разработка новых нормативных документов отведения поверхностного стока, что особенно важно для таких больших городов, как Москва, и для таких, где идет массовая застройка жилых микрорайонов. Возможно, нужна новая нормативная база с ужесточением правил застройки, связанных с рельефом и усиленным отводом поверхностного стока. В настоящее время можно рекомендовать мероприятия, которые сейчас уже могут дать результат.

Напомним о некоторых важных и в то же время простых рекомендациях, более подробно изложенных в предшествующих публикациях [1–6].

Расположение жилой застройки на возвышенных местах позволяет избежать подтопления, а в критической ситуации и затопления. Анализ примеров возможной застройки в пониженных местах рельефа показывает на сложности не только в развитии рельефного ландшафта, но и на опасность обрушения построенных зданий [7].

Важнейшее значение для исключения подтопления селитебных территорий имеет структура грунтов. В случае суглинков и глин различной породы проблема естественного водоотвода затруднена, что приводит к повышенному риску подтопления территории.

В других случаях, в частности на песчаных грунтах, как правило, естественный водоотвод не затруднен, и риск подтопления минимален. Это должно учитываться при расчете расхода поверхностного стока.

Особое значение имеет конструкция зданий, в частности при наличии подвального или полуподвального помещения. Такие здания должны строиться на возвышенных местах. В случае размещения зданий на местах с пониженным рельефом здание необходимо строить на сваях.

Водоотвод с селитебных территорий необходимо рассчитывать при проектировании жилых микрорайонов и промышленных зон. Важнейшее значение при этом имеет определение расхода поверхностного стока. Имеющаяся в настоящее время методика [8] не учитывает максимального выпадения осадков в рассматриваемом районе и структуру грунтов. В связи с этим был разработан новый подход к определению поверхностного стока с учетом отмеченных недостатков известной методики, который может быть использован в конкретной практической деятельности [3, 9].

Вышеприведенные рекомендации касаются в основном нового строительства. Кроме кардинального изменения подходов к проблеме водоотведения требуется систематическая работа органов исполнительной власти в основном на региональном и муниципальном уровне. Ведь даже в Москве четверть территории вообще не имеет дождевой канализации, около 20 % действующих водосточных сетей исчерпали свой технический ресурс [10].

Не удивительно, что после прошедших в конце июля 2015 г. ливней столица опять поплыла.

В общем, требуется большая и планомерная работа. Пока же в основном как и в других проблемных случаях, речь идет об увеличении штрафов с юридических и физических лиц, ответственных за содержание в порядке водоприемных устройств и соблюдение правил их эксплуатации. Конечно, и это необходимо (речь не о штрафах, а о порядке), но этого явно недостаточно.

## Список литературы

1. Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Воропаева А. А., Виноградов М. С., Сенник Е. В. Оценка риска подтопления автомобильных тоннелей // Безопасность жизнедеятельности. 2015. — № 8. — С. 40—45.
2. Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Воропаева А. А., Виноградов М. С., Сенник Е. В. Проблемы подтопления и затопления селитебных территорий: возможные пути решения // Безопасность жизнедеятельности. 2015. — № 7. — С. 23—27.
3. Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Воропаева А. А., Виноградов М. С., Сенник Е. В. Сравнение методов расчета поверхностного стока селитебных территорий // Безопасность жизнедеятельности. — 2015. — № 2. — С. 49—57.
4. Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Виноградов М. С., Петрова Е. В., Воропаева А. А. О возможностях предотвращения подтопления и затопления территорий // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 6. — С. 24—28.
5. Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Баллина А. А. Анализ риска подтопления и затопления селитебных территорий в случаях выпадения сильных ливней. Часть I // Безопасность жизнедеятельности. 2013. — № 6. Приложение. — С. 1—24.
6. Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Баллина А. А. Анализ риска подтопления и затопления селитебных территорий в случаях выпадения сильных ливней Часть II // Безопасность жизнедеятельности. 2013. — № 7. Приложение. — С. 1—24.
7. Сенищеникова И. М. Теория формирования и методы развития урболандшафтов на овражно-балочном рельефе (для строительства): автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.36 / [Место защиты: ФГБОУ ВПО "МГСУ"]. Москва, 2011.
8. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. — М.: ФГУП "НИИ ВОДГЕО", 2006. — 56 с.
9. Опыт обоснования расчетных максимумов дождевого стока для строительства внегородских автомобильных дорог. — М.: "TRANSPORT", 1979. — 82 с.
10. Олифирова С. Столица больше не поплывет? // Комсомольская правда. 30.07.2015.

**B. S. Ksenofontov**, Professor, **R. A. Taranov**, Senior Lecturer, **A. S. Kozodaev**, Associate Professor, **A. A. Voropaeva**, Engineer, **M. S. Vinogradov**, Postgraduate, **E. V. Senik**, Postgraduate, Bauman Moscow State Technical University

## Problems of Flooding on Residential Areas (in the Wake of Publications)

*In this article summarized the research on the problem of flooding on residential areas. Now the problem of flooding areas as a result of rainfall in the amount of the monthly norm and is more frequent, not only in coastal areas, but also on the continent, especially in Eurasia.*

*The paper presents examples of flooding due to heavy rains cities that have taken place in 2015. These examples show the serious extent of the danger of appearing in the rainfall in volumes close to the monthly precipitation norm, essentially for one rain.*

*Recommended measures to reduce the risk of flooding and flooding of residential areas.*

**Keywords:** risk, residential area, flooding, rainfall, precipitation intensity, drainage system, emergency

### References

1. Ksenofontov B. S., Taranov R. A., Kozodaev A. S., Voropaeva A. A., Vinogradov M. S., Senik E. V. Ocenka riska podtoplenija avtomobil'nyh tonnelej. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2015. No. 8. P. 40—45.
2. Ksenofontov B. S., Taranov R. A., Kozodaev A. S., Voropaeva A. A., Vinogradov M. S., Senik E. V. Problemy podtoplenija i zatoplenija selitebnyh territorij: vozmozhnye puti reshenija. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2015. No. 7. P. 23—27.
3. Ksenofontov B. S., Taranov R. A., Kozodaev A. S., Voropaeva A. A., Vinogradov M. S., Senik E. V. Sravnenie metodov rascheta poverhnostnogo stoka selitebnyh territorij. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2015. No. 2. P. 49—57.
4. Ksenofontov B. S., Taranov R. A., Kozodaev A. S., Vinogradov M. S., Petrova E. V., Voropaeva A. A. O vozmozhnostjah predotvrashhenija podtoplenija i zatoplenija territorij. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2014. No. 6. P. 24—28.
5. Ksenofontov B. S., Taranov R. A., Kozodaev A. S., Balina A. A. Analiz riska podtoplenija i zatoplenija selitebnyh territorij v sluchajah vypadenija sil'nyh livnej Chast' I. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2013. No. 6. Prilozhenie. P. 1—24.
6. Ksenofontov B. S., Taranov R. A., Kozodaev A. S., Balina A. A. Analiz riska podtoplenija i zatoplenija selitebnyh territorij v sluchajah vypadenija sil'nyh livnej Chast' II // *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2013. — No. 7. Prilozhenie. P. 1—24.
7. Senjushhenkova I. M. Teorija formirovanija i metody razvitija urbolandshaftov na ovrazhno-balochnom rel'eфе (dlja stroitel'stva): avtoreferat dis. ... doktora tehniceskijh nauk: 25.00.36 / [Mesto zashhity: FGBOU VPO "MGSU"]. Moskva, 2011.
8. Rekomendacii po raschetu sistem sbora, otvedenija i ochistki poverhnostnogo stoka s selitebnyh territorij, ploshhadok predpriyatij i opredeleniju uslovij vypuska ego v vodnye ob#ekty. M.: FGUP "NII VODGEO", 2006. — 56 p.
9. Opyt obosnovanija raschetnyh maksimumov dozhddevogo stoka dlja stroitel'stva vneгородskih avtomobil'nyh dorog. M.: "TRANSPORT", 1979. 82 p.
10. Olifirova S. Stolica bol'she ne poplyvet? Komsomol'skaya Pravda. 30.07.2015.

УДК 504.054:504.062

**Н. Р. Низамутдинова**, канд. хим. наук, гл. специалист отдела,  
**Г. Ф. Шайдулина**, канд. техн. наук, нач. аналитической службы,  
**В. И. Сафарова**, д-р хим. наук, нач. Управления, e-mail: ugak5@mail.ru,  
**И. Н. Сираева**, канд. хим. наук, гл. специалист отдела,  
Управление государственного аналитического контроля, Уфа

## Обезвреживание отходов кучного выщелачивания золота

*Приведены данные сравнительного анализа методов обезвреживания отработанных твердых и жидких отходов предприятия кучного выщелачивания золота, содержащих цианид натрия, с применением пероксида водорода и гипохлорита натрия. Процесс обезвреживания цианосодержащих твердых и жидких отходов: отработанного рудного штабеля, дренажной воды, отработанного маточного раствора — является первым этапом рекультивационных работ, проводимых на предприятии кучного выщелачивания золота. Процедура обезвреживания ядовитых цианидов необходима во время инцидентов и аварий, связанных с переливами и утечками продуктивных и маточных растворов.*

*С целью идентификации органических поллютантов, образующихся при воздействии сильных окислителей на отработанные технологические растворы кучного выщелачивания, использован метод хромато-масс-спектрометрии.*

*Проведенные исследования показали, что при выборе технологии обезвреживания отработанных растворов кучного выщелачивания золота необходимо учитывать возможность протекания побочных процессов с образованием токсичных хлорорганических соединений. Появление в обезвреженных растворах кучного выщелачивания золота опасных хлорорганических токсикантов недопустимо, в связи с этим предпочтительным является применение пероксида водорода.*

**Ключевые слова:** обезвреживание цианистых стоков, кучное выщелачивание золота, загрязнение экосистем, идентификация, хромато-масс-спектрометрия, хлорорганические соединения

### Введение

Применяемые в последние 100 лет классические методы получения золота, по мнению многих специалистов, достигли своих потенциальных возможностей [1—4]. В настоящее время широкое применение получила современная геотехнология кучного выщелачивания (КВ) золота. Этот метод считается экологически и экономически благоприятным [3, 5—7]. Он основан на применении высокотоксичного реагента (цианида натрия), образующего водорастворимые соединения золота и серебра. При этом совместно с целевыми компонентами технологии в раствор переходят практически все элементы, присутствующие в золотоносной руде [1—7].

Завершающим этапом жизненного цикла любого производства являются рекультивационные работы, в частности, работы по утилизации и обезвреживанию токсичных отходов. Для объектов КВ этот этап связан с обезвреживанием цианидов в жидких и твердых отходах производства: отработанных технологических растворах и в рудном штабеле.

На практике используется несколько способов обезвреживания жидких и твердых отходов золотодобывающей промышленности [5—7]. Чаще всего детоксикация заключается в обработке отходов сильными окисляющими реагентами, наиболее эффективные из которых — пероксид водорода и гипохлорит натрия. Конечным продуктом окисления цианидов ионом гипохлорита и пероксидом водорода является цианат-ион, гидролизующийся с образованием нетоксичного бикарбоната аммония [8, 9]. Однако такое обезвреживание цианосодержащих отходов является недостаточно изученным и отработанным процессом. Широко используемый метод обработки цианосодержащих отходов гипохлоритом натрия или хлорной известью не является экологически безопасным, так как сопровождается образованием токсичных хлорорганических соединений [10—12]. Неизвестны также последствия применения пероксида водорода, обладающего сильными окислительными свойствами.

Таким образом, разработка методов обезвреживания токсичных отходов золотодобывающей



промышленности является важнейшей задачей инновационной деятельности предприятий, способствующей повышению экологичности производства.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования в данной работе служили:

- дренажная вода отработанного штабеля КВ;
- образцы отработанной руды предприятия КВ;
- отработанный технологический раствор предприятия КВ (маточный раствор).

При исследовании использовались следующие методы анализа: атомно-абсорбционный анализ с пламенной и электротермической атомизацией, а также в варианте "холодного пара". Идентификацию продуктов побочных процессов, образующихся при обезвреживании цианидов в твердых и жидких отходах предприятия КВ, проводили с помощью хромато-масс-спектрометрии (ХМС). Определение макро- и микрокомпонентов в твердых отходах производства КВ осуществляли методом рентгено-флуоресцентного анализа (РФА).

Анализ проб проводился с помощью отечественного оборудования: фотозлектроколориметра КФК-3, ртутного анализатора "Юлия-2К", а также приборов фирмы Shimadzu: энергодисперсионного спектрометра EDX-800HS, атомно-абсорбционного спектрофотометра AA-6800, хромато-масс-спектрометра GCMS QP-2010.

Биотестирование отходов КВ осуществлялось с использованием стандартных тест-объектов: дафний (*Daphnia magna Straus*) и инфузорий (*Paramecium caudatum*).

### Обсуждение результатов

Твердые отходы КВ золота представляют собой отработанную руду, складированную в штабеле, орошение которого раствором цианистого натрия прекращено. Они содержат остаточные количества миграционно способных водорастворимых соединений золота, серебра и других металлов, роданистого и цианистого натрия, что предопределяет негативное воздействие отходов КВ на окружающую среду. Элементный состав образца отходов из отработанного законсервированного штабеля представлен в табл. 1.

Отработанный штабель КВ остается долговременным источником загрязнения окружающей среды. Так, дренажные воды, образующиеся в результате фильтрации сквозь тело штабеля атмосферных осадков, содержат токсичные загрязняющие вещества, в том числе цианиды и роданиды.

Таблица 1

Элементный состав твердых отходов предприятия КВ (отработанная руда в штабеле)

| Элемент | Содержание, % | Элемент | Содержание, % |
|---------|---------------|---------|---------------|
| Si      | 25,32         | Mn      | 0,170         |
| Al      | 8,82          | Zn      | 0,080         |
| Fe      | 7,50          | P       | 0,080         |
| Ca      | 3,21          | Cr      | 0,042         |
| K       | 1,82          | Pb      | 0,019         |
| Mg      | 1,70          | Ni      | 0,016         |
| Na      | 0,29          | Sr      | 0,005         |
| Ti      | 0,20          | Zr      | 0,003         |
| S       | 0,18          | Se      | 0,006         |
| As      | 0,12          | Hg      | 0,200         |
| Cu      | 0,11          | Sb      | 0,006         |

Таблица 2

Состав дренажной воды отработанного рудного штабеля предприятия КВ

| Определяемый ингредиент | Содержание, мг/дм <sup>3</sup> | Определяемый ингредиент | Содержание, мг/дм <sup>3</sup> |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Цианиды                 | 3,15                           | Кадмий                  | <0,001                         |
| Роданиды                | 249                            | Свинец                  | <0,006                         |
| Железо                  | 0,19                           | Ртуть                   | 0,073                          |
| Марганец                | 0,22                           | Мышьяк                  | 0,013                          |
| Никель                  | 0,64                           | Селен                   | 1,910                          |
| Кобальт                 | 0,27                           | Сурьма                  | 0,006                          |
| Хром                    | 0,02                           | Серебро                 | 0,080                          |
| Медь                    | 26,8                           | Золото                  | 0,005                          |
| Цинк                    | 0,11                           | —                       | —                              |

В табл. 2 представлены результаты анализа дренажной воды, вытекающей из-под отработанного штабеля, не орошаемого цианистыми растворами более восьми лет. В ней присутствуют цианиды и роданиды в концентрациях на уровне 90 и 2490 ПДК, соответственно, а также токсичные элементы (Cu, Hg, As, Se, Ag и др.) в подвижной водорастворимой форме. Высокое содержание токсичных компонентов предопределяет потенциальную опасность твердых отходов КВ для подземных вод.

Следует также отметить, что полученные результаты опровергают существующее в научной литературе [5, 6, 13, 14] представление о том, что цианиды, накопленные материалом штабеля, быстро разрушаются под воздействием природных факторов.

Кроме дренажных вод отработанного штабеля КВ, жидким отходом является отработанный (маточный) раствор, состав которого приведен в табл. 3. Он обогащен токсичными металлами, цианидами, роданидами и другими загрязняющими веществами.



Таблица 3

**Состав отработанного (маточного) раствора предприятия КВ**

| Определяемые ингредиенты          | Содержание загрязняющих ингредиентов, мг/дм <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|--|
| рН, ед                            | 10,1...11,4  |
| Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup> | 6,7...7,0  |
| Сухой остаток                     | 3780...3896  |
| Нитрат-ион                        | 30,0...38,5  |
| Нитрит-ион                        | 0,11...6,42  |
| Сульфат-ион                       | 241...485  |
| Роданид-ион                       | 429...662  |
| Хлорид-ион                        | 1238...1504  |
| Цианиды общие                     | 577...858  |
| Цианид-ион                        | 165...223  |
| Железо                            | 0,25...0,52  |
| Кадмий                            | < 0,001...0,012  |
| Кальций                           | 121...144  |
| Кобальт                           | < 0,01...0,11  |
| Магний                            | 1,38...11,4  |
| Марганец                          | < 0,01...0,02  |
| Медь                              | 207...248  |
| Мышьяк                            | 0,02...0,30  |
| Натрий                            | 750...940  |
| Никель                            | 2,40...3,58  |
| Ртуть                             | 0,183...0,337  |
| Селен                             | 0,63...1,63  |
| Хром общ.                         | < 0,01...0,03  |
| Цинк                              | 13,20...41,40  |

В табл. 4 приведены результаты биотестирования твердых и жидких отходов КВ, из которых следует, что твердая часть рудного штабеля и дренажный раствор, образующийся в результате инфильтрации атмосферных выпадений, являются отходами III класса опасности; отработанный маточный раствор — I класса опасности [15].

Лабораторный эксперимент по выбору наименее токсичного реагента для обезвреживания цианидов в отходах предприятия КВ золота

Таблица 4

**Результаты биотестирования жидких и твердых отходов КВ**

| Объект изучения  | Безвредная кратность разбавления | Класс опасности |
|--|----------------------------------|-----------------|
| Отработанная руда законсервированного более 8 лет назад штабеля КВ | 1000                             | III             |
| Дренирующая жидкость отработанного штабеля КВ                      | 1000                             | III             |
| Отработанный маточный раствор КВ                                   | 100 000                          | I               |

Таблица 5

**Результаты обезвреживания маточного раствора КВ золота пероксидом водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

| Определяемые ингредиенты                    | Содержание загрязняющих веществ в маточном растворе, мг/дм <sup>3</sup> |  |           |           |
|---|---|--|-----------|-----------|
|   | до обезвреживания   | после обезвреживания H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> |           |           |
|   |   | Опыт № 1*  | Опыт № 2* | Опыт № 3* |
| рН  | 10,8  | 10,1   | 9,8       | 9,6       |
| Цианид                                      | 819,5   | 526  | 100       | 0,48      |
| Роданид                                     | 288,3   | 240  | 83,8      | 0,45      |
| Кислород-содержащие органические соединения | —   | 0,002  | 0,055     | 0,25      |

\* Соотношение между суммарной массой цианистых соединений (цианидов и роданидов) и массой H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: опыт № 1 — стехиометрическое количество, опыт № 2 — 5-кратный избыток H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и опыт № 3 — 10-кратный избыток H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> относительно стехиометрического количества.

Таблица 6

**Результаты обезвреживания маточного раствора КВ золота гипохлоритом натрия NaOCl**

| Определяемые ингредиенты         | Содержание загрязняющих веществ в маточном растворе, мг/дм <sup>3</sup> |                            |           |           |
|----------------------------------|---|----------------------------|-----------|-----------|
|                                  | до обезвреживания   | после обезвреживания NaOCl |           |           |
|                                  |   | Опыт № 1*                  | Опыт № 2* | Опыт № 3* |
| рН                               | 10,8  | 12,41                      | 12,31     | 12,23     |
| Цианид                           | 819,5   | 618,9                      | 0,32      | 0,33      |
| Роданид                          | 288,3   | 613                        | 0,21      | 0,28      |
| Активный хлор                    | <0,05   | <0,05                      | 537       | 4247      |
| Хлорорганические соединения      | —   | 0,007                      | 1,74      | 2,08      |
| Броморганические соединения      | —   | —                          | 0,017     | 0,071     |
| Хлорбром-органические соединения | —   | —                          | 0,0125    | 0,052     |

\* Соотношение между суммарной массой цианистых соединений (цианидов и роданидов) и массой NaOCl: опыт № 1 — стехиометрическое количество, опыт № 2 — 5-кратный избыток NaOCl и опыт № 3 — 10-кратный избыток NaOCl относительно стехиометрического количества.

проведен с отработанным маточным раствором КВ, куда вносили заданное количество пероксида водорода или гипохлорита натрия, и выдерживали от 1 до 48 ч. Цианиды при этом разрушались с образованием малотоксичных соединений. Побочным процессом в этих экспериментах являлось образование органических соединений, идентификация которых после соответствующей подготовки пробы была проведена методом ХМС.

Установлено, что при использовании пероксида водорода в качестве обезвреживающего агента образуются азот- и серосодержащие соединения, производные циклогексана, спирты, карбоновые кислоты, суммарное содержание которых приведено в табл. 5. При использовании гипохлорита натрия образуются токсичные галоген-, кислород-, бром- и азотсодержащие органические соединения (табл. 6).

Как видно из табл. 5 и 6, при стехиометрическом соотношении цианидов и окисляющего агента органические соединения практически не образуются, но и окисление цианидов тоже не происходит. Увеличение соотношения в сторону окислителя приводит к устранению цианидов, но в то же время способствует протеканию побочных процессов.

Проведенный эксперимент свидетельствует о том, что при выборе технологии обезвреживания отработанных растворов КВ необходимо учитывать возможные протекания побочных процессов с образованием токсичных органических соединений.

Обезвреживание циансодержащих твердых и жидких отходов (отработанного рудного штабеля, дренажной воды, отработанного маточного раствора) является начальным этапом рекультивационных работ на предприятиях КВ. Кроме того, процедура обезвреживания ядовитых цианидов бывает крайне необходима во время инцидентов и аварий, связанных с переливами и утечками продуктивных и маточных растворов, к сожалению, неизбежных в реальных производственных условиях.

Сравнивая экологические последствия применения двух наиболее часто используемых реагентов для устранения цианидов, можно сделать вывод о том, что появление в обезвреженных растворах КВ опасных хлорорганических токсикантов недопустимо, поэтому предпочтительным является применение пероксида водорода.

## Список литературы

1. **Аренс Ж. В.** Физико-химическая геотехнология: Учебное пособие. — М: МГУ, 2001. — 656 с.
2. **Мелентьев Г. Б., Шелков Е.М., Делицын Л. М.** Перспективы производственно-экономического возрождения и социально-экологической реабилитации Московского бурогоугольного бассейна с использованием геоэкологических и энерготехноэкологических инноваций // В сб. "Техногенные ресурсы и инновации в техноэкологии". — М: ОИВТ РАН, 2008. — С. 27—40.
3. **Кутлиахметов А. Н., Сафарова В.И., Шайдулина Г. Ф.** и др. Образование и миграция галогенуглеводородов в природных средах при подземном хлоридном выщелачивании благородных металлов // Проблемы региональной экологии. — 2012. — № 3. — С. 46—53.
4. **Кутлиахметов А. Н., Сафарова В. И., Шайдулина Г. Ф., Низамутдинова Н. Р.** Сравнительный анализ экологической безопасности различных способов переработки золотосодержащих руд (на примере Республики Башкортостан) // Экология урбанизированных территорий. — 2012. — № 2. — С. 49—57.
5. **Подземное и кучное** выщелачивание урана, золота и других металлов: т. 1: Золото / Под ред. М. М. Фазлулина. — М.: Изд. дом "Руда и металлы", 2005. — 358 с.
6. **Подземное и кучное** выщелачивание урана, золота и других металлов: т. 2: Золото / Под ред. М. М. Фазлулина. — М.: Изд. дом "Руда и металлы", 2005. — 328 с.
7. **Антонинова Н. Ю.** Экологическая реабилитация установок кучного выщелачивания: на примере Сафьяновского месторождения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. — Пермь, 2007. — 19 с.
8. **Петров С. В.** Исследование и разработка технологии обезвреживания отходов кучного выщелачивания золота под воздействием природных факторов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Иркутск: 2003. — 18 с.
9. **Низамутдинова Н. Р.** Научное обоснование системы комплексного эколого-аналитического мониторинга окружающей среды юго-восточных районов Республики Башкортостан: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. — Казань, 2015. — 16 с.
10. **Александрова Т. Н., Липина Л. Н.** Обоснование методов обезвреживания цианистых стоков при переработке золотосодержащих руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 9. — С. 116—121.
11. **Меретуков М. А.** Золото: химия, минералогия, металлургия. — М.: "Руда и металлы", 2008. — 528 с.
12. **Низамутдинова Н. Р., Кутлиахметов А. Н., Сафарова В. И., Шайдулина Г. Ф.** Особенности воздействия золоторудной промышленности на окружающую среду // Сборник материалов: Экология РФ: обзор проблем, динамики, текущего состояния и перспектив". — Москва—Пермь: ООО "Стиль-МГ". — 2013. — С. 312—319.
13. **Дементьев В. Е., Дружина Г. Я., Гудков С. С.** Кучное выщелачивание золота и серебра. — Иркутск: ОАО "Иргиредмет", 2004. — 352 с.
14. **Лодейщиков В. В.** Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: в 2 т. — Иркутск: Иргиредмет, 1999. — 775 с.
15. **Приказ** Министерства природных ресурсов России от 15 июня 2001 г. № 511 "Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды" // Экономика и жизнь. — 2001. — № 35.



**N. R. Nizamutdinova**, Chief Specialist, **G. F. Shaydulina**, Head of Analytical Services, **V. I. Safarova**, Head of Department, e-mail: ugak5@mail.ru, **I. N. Siraeva**, Chief Specialist, Department of State Analytical Control, Ufa

## Waste Treatment Heap Leach Gold

*Article comparative analysis methods of neutralization of waste liquid and solid waste enterprise gold heap leaching, containing sodium cyanide with hydrogen peroxide and sodium hypochlorite. The process of disposal of solid and liquid wastes containing cyan exhaust stacks of ore, drainage water, waste mother liquor — is the first stage of remediation works carried out in the company of gold heap leaching. The procedure for disposal of toxic cyanide needed during incidents and accidents associated with the overflow and leakage productive and mother liquors.*

*For the purpose of identification of organic pollutants generated during exposure to strong oxidizers waste technological solutions heap leaching method used gas chromatography-mass spectrometry.*

*Studies have shown that when choosing technology of waste disposal solutions heap leaching of gold is necessary to consider the possibility of occurrence of side processes with the formation of toxic organochlorines. The appearance of the solutions in the neutralized gold heap leaching of hazardous toxicants organochlorine unacceptable, therefore it is preferable to use hydrogen peroxide*

**Keywords:** neutralization of cyanide waste, heap leaching of gold, pollution of ecosystems, identification, chromatography-mass spectrometry, organochlorines

### References

1. **Arens Zh. V.** Fiziko-himicheskaja geotekhnologija: Uchebnoe posobie. M.: MGGU, 2001. 656 p.
2. **Melentev G. B., Shelkov E.M., Delicyn L. M.** Perspektivy proizvodstvenno-jekonomicheskogo vozrozhdenija i socialno-jekologicheskoy rebialitacii Moskovskogo burougolnogo bassejna s ispolzovaniem geojekologicheskikh i jenergo-tehnologicheskikh innovacij. *Sbornik "Tehnogennye resursy i innovacii v tehnologijah"*. M.: OIVT RAN, 2008. — P. 27–40.
3. **Kutliahmetov A. N., Safarova V. I., Shajdulina G. F.** i dr. Obrazovanie i migracija galogenuglevodorodov v prirodnyh sredah pri podzemnom hlorldnom vyshhelachivanii blagorodnyh metallov. *Problemy regionalnoj jekologii*. 2012. No. 3. P. 46–53.
4. **Kutliahmetov A. N., Safarova V. I., Shajdulina G. F., Nizamutdinova N. R.** Sravnitelnyj analiz jekologicheskoy bezopasnosti razlichnyh sposobov pererabotki zoloto-soderzhashhih rud (na primere Respubliki Bashkortostan). *Jekologija urbanizirovannyh territorij*. 2012. No. 2. P. 49–57.
5. **Podzemnoe i kuchnoe** vyshhelachivanie urana, zolota i drugih metallov: T. 1: Zoloto. Pod red. M. M. Fazlullina. M.: Izd. dom "Ruda i metally", 2005. 358 p.
6. **Podzemnoe i kuchnoe** vyshhelachivanie urana, zolota i drugih metallov: T. 2: Zoloto. Pod red. M. M. Fazlullina. M.: Izd. dom "Ruda i metally", 2005. 328 p.
7. **Antoninova N. Ju.** Jekologicheskaja reabilitacija ustanovok kuchnogo vyshhelachivaniya: na primere Safjanovskogo mestorozhdenija: avtoref. dis. ... kand. teh. nauk: 25.00.36. Perm, 2007. 19 p.
8. **Petrov S. V.** Issledovanie i razrabotka tehnologii obezvezhivaniya othodov kuchnogo vyshhelachivaniya zolota pod vozdejstviem prirodnyh faktorov: Avtoref. dis. .... kand. tehn. nauk. Irkutsk, 2003. 18 p.
9. **Nizamutdinova N. R.** Nauchnoe obosnovanie sistemy kompleksnogo jekologo-analiticheskogo monitoringa okruzhajushhej sredy jugo-vostochnyh rajonov Respubliki Bashkortostan: Avtoref. dis. ... kand. him. nauk. Kazan, 2015. 16 p.
10. **Aleksandrova T. N., Lipina L. N.** Obosnovanie metodov obezvezhivaniya cianistyh stokov pri pererabotke zoloto-soderzhashhih rud. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten*. 2010. No. 9. P. 116–121.
11. **Meretukov M. A.** Zoloto: himija, mineralogija, metallurgija. M.: Ruda i metally, 2008. 528 p.
12. **Nizamutdinova N. R., Kutliahmetov A. N., Safarova V. I., Shajdulina G. F.** Osobennosti vozdejstvija zolotorudnoj promyshlennosti na okruzhajushhuyu sredu. *Sbornik materialov: Jekologija RF: obzor problem, dinamiki, tekushhego sostojanija i perspektiv*. Moskva—Perm: OOO "Stil-MG". 2013. P. 312–319.
13. **Dementev V. E., Druzhina G. Ja., Gudkov S. S.** Kuchnoe vyshhelachivanie zolota i serebra. Irkutsk: OAO "Irgiredmet", 2004. 352 p.
14. **Lodejshnikov V. V.** Tehnologija izvlechenija zolota i serebra iz upornyh rud: v 2 t. Irkutsk: Irgiredmet, 1999. 775 p.
15. **Prikaz** Ministerstva prirodnyh resursov Rossii ot 15 ijunya 2001 g. № 511 "Kriterii otnesenija opasnyh othodov k klassu opasnosti dlja okruzhajushhej prirodnoj sredy". *Jekonomika i zhizn*. 2001. No. 35.

**З. Ф. Акбалина**, канд. хим. наук, зам. директора, e-mail: info@nii-bgd.ru,  
**Н. С. Минигазимов**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,  
**Л. Н. Белан**, д-р геол.-мин. наук, директор, Научно-исследовательский институт безопасности жизнедеятельности Республики Башкортостан, Уфа,  
**Ф. М. Ремезова**, нач. отдела, Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, Уфа

## Результаты исследований поверхностных вод в зонах размещения отходов в Республике Башкортостан

*Дана оценка воздействия объектов размещения отходов на поверхностные воды в нескольких регионах Республики Башкортостан. Поверхностные воды практически не защищены от загрязнения, поступающего с зон размещения отходов, поэтому по их химическому составу можно судить о степени и характере загрязнения территорий. По результатам химического анализа проб дана оценка степени загрязнения водного объекта, находящегося возле зоны хранения отходов. Даны рекомендации о необходимости разработки: схемы мониторинга поверхностных и подземных вод, и о последующем мониторинге в районах зон размещения отходов; плана мероприятий по выводу из эксплуатации несанкционированных зон хранения отходов, их ликвидации с последующей рекультивацией земель.*

**Ключевые слова:** *поверхностные и подземные воды, химический анализ воды, объекты размещения промышленных и твердых бытовых отходов*

### Введение

В настоящее время объекты размещения твердых бытовых и промышленных отходов являются опасными источниками загрязнения подземных вод, поскольку не оборудованы противодиффузионным экраном, эксплуатируются без должной изоляции инертным материалом и без необходимого уплотнения отходов.

В твердых бытовых отходах (ТБО) изначально всегда присутствует фильтрат, что обусловлено высокой влажностью пищевых отходов. Однако основная подпитка тела отходов водой происходит за счет атмосферных осадков. В результате давления вышележащих масс отходов, эта вода отжимается и формируется фильтрат, проникновение которого в почву и подземные воды может привести к значительному загрязнению гидросферы [1, 2].

### Материалы и методы

При обследовании объектов размещения отходов отобраны пробы воды для количественного химического анализа на содержание определяемых компонентов. Пробы воды отбирались из водоемов выше и ниже зоны расположения отходов.

Содержание массовых концентраций ионов аммония, сульфат-ионов, нитрат-ионов, нитрит-ионов, анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в природной воде определены фотометрическим методом с помощью спектрофотометра ПЭ-5400В (ЗАО "НПО Экрос", Россия). Хлорид-ионы, жесткость и химическое потребление кислорода (ХПК) в природной воде определены титриметрическим методом, сухой остаток — гравиметрическим. Водородный показатель воды измерен потенциометрическим методом на ионометрическом преобразователе Экотест-2000 (Россия).

Для определения массовой концентрации нефтепродуктов в воде применен метод ИК-спектроскопии на анализаторе нефтепродуктов ИКН-025 (Россия). Тяжелые металлы определялись методом атомно-адсорбционной спектроскопии с атомизацией в пламени воздух-ацетилен на приборе "Carl Zeiss Jena" марки AAS-3 (Германия).

Анализ на содержание фенолов в воде выполнен по методическим указаниям "Хромато-масс-спектрометрическое определение концентраций фенолов и хлорпроизводных в воде" на хромато-масс-спектрометре FOCUS DSQ II (фирма "Finnigan", США).



## Результаты и обсуждение

### 1. Результаты анализа проб воды вблизи зоны хранения ТБО, расположенной возле с. Ижболдино (МР Янаульский район Республики Башкортостан (РБ))

Зона хранения ТБО расположена в 100 м юго-восточнее села Ижболдино, в 2 км от реки Атлегач. Абсолютная отметка уреза воды реки Атлегач — 101 м, абсолютная отметка дна полигона ТБО — около 153 м. Поверхность участка полигона имеет уклон на юго-запад.

Для определения фоновых химических составов поверхностных вод на территории изучаемой площади приняты данные съемки масштаба 1:200 000, 1974—1975 гг. Фоновая минерализация в реке Атлегач, по данным, отобраным 13.09.1974 г. у д. Красный Холм, составила 0,9...1,3 г/дм<sup>3</sup>, нитраты не обнаружены, жесткость 7,80 °Ж.

Пробы воды отобраны из пруда вблизи зоны хранения ТБО возле с. Ижболдино: выше (проба № 1) и ниже (проба № 2) зоны хранения ТБО. Данные химического анализа проб воды приведены в табл. 1.

Из результатов анализа в пробе № 1 наблюдается превышение содержания свинца — 3,5 ПДК,

марганца — 1,5 ПДК, никеля — 2,5 ПДК, железа — 1,31 ПДК, нефтепродуктов 1,8 ПДК. Содержание цинка равно значению ПДК. ХПК значительно превышает норму.

В пробе № 2 наблюдается превышение содержания свинца — 3 ПДК, цинка — 4,8 ПДК, никеля — 2,8 ПДК, нефтепродуктов — 2,6 ПДК. Содержание кадмия равно значению ПДК. ХПК в пределах нормы.

### 2. Результаты анализа проб воды выведенного из эксплуатации полигона твердых бытовых и промышленных отходов, расположенного на территориях МР Краснокамский район РБ и г. Нефтекамск РБ

Выведенный из эксплуатации полигон твердых бытовых и промышленных отходов (ПО), расположенный на территориях МР Краснокамский район РБ и на северо-восточной окраине г. Нефтекамск, находится в 3 км от реки Амзя. Поверхность участка полигона имеет уклон на северо-восток. Пробы воды отобраны из реки Амзя у с. Оло Амзя выше полигона (проба № 1) и ниже полигона (проба № 2).

По результатам анализа (табл. 2) в пробе № 1 наблюдается превышение содержания в воде цинка — 8,2 ПДК, марганца — 1,5 ПДК,

Таблица 1

Химический анализ проб поверхностной воды вблизи зон хранения ТБО возле с. Ижболдино

| Определяемые показатели | ПДК <sub>р.х.</sub> , мг/дм <sup>3</sup> [3] | Результаты анализа проб |               | Единица измерения  |
|-------------------------|--|-------------------------|---------------|--------------------|
|                         |  | № 1                     | № 2           |                    |
| Сухой остаток           | —  | 293                     | 239           | мг/дм <sup>3</sup> |
| Общая жесткость         | —  | 7,4 ± 0,7               | 7,6 ± 0,7     | °Ж                 |
| pH, ед.                 | 6,5...8,5 [3]                                | 7,61 ± 0,20             | 7,62 ± 0,20   | ед.pH              |
| Свинец                  | 0,006  | 0,021 ± 0,006           | 0,018 ± 0,005 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Цинк                    | 0,01   | 0,01 ± 0,004            | 0,048 ± 0,010 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Марганец                | 0,01   | 0,015 ± 0,005           | < 0,001       | мг/дм <sup>3</sup> |
| Кобальт                 | 0,01   | < 0,001                 | < 0,001       | мг/дм <sup>3</sup> |
| Хром (общий)            | 0,02   | < 0,001                 | 0,009 ± 0,004 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Никель                  | 0,01   | 0,025 ± 0,008           | 0,028 ± 0,006 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Железо                  | 0,1  | 0,131 ± 0,026           | 0,100 ± 0,020 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Медь                    | 0,001  | < 0,001                 | 0,004 ± 0,002 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Кадмий                  | 0,005  | 0,002 ± 0,001           | 0,005 ± 0,002 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Аммоний-ион             | 0,5  | < 0,05                  | < 0,05        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Сульфаты                | 100  | < 10                    | < 10          | мг/дм <sup>3</sup> |
| Хлориды                 | 300  | < 10                    | < 10          | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нитраты                 | 40,0   | 1,5 ± 0,27              | < 0,01        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нитриты                 | 0,08   | < 0,02                  | < 0,02        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нефтепродукты           | 0,05   | 0,09 ± 0,04             | 0,13 ± 0,04   | мг/дм <sup>3</sup> |
| Фенол                   | 0,001  | < 0,0005                | < 0,0005      | мг/дм <sup>3</sup> |
| АПАВ                    | 0,5  | 0,09 ± 0,03             | < 0,01        | мг/дм <sup>3</sup> |
| ХПК                     | Не более 15...30 [4]                         | 70 ± 17                 | 10 ± 3        | мг/дм <sup>3</sup> |

**Химический анализ проб поверхностной воды из реки Амзя вблизи полигона твердых бытовых и промышленных отходов, расположенного на территориях МР Краснокамский район РБ и г. Нефтекамск РБ**

| Определяемые показатели | ПДК <sub>рх</sub> , мг/дм <sup>3</sup> [3] | Результаты анализа проб |               | Единица измерения  |
|-------------------------|--|-------------------------|---------------|--------------------|
|                         |  | № 1                     | № 2           |                    |
| Сухой остаток           | —  | 378 ± 34                | 372 ± 33      | мг/дм <sup>3</sup> |
| Общая жесткость         | —  | 7,6 ± 0,7               | 7,7 ± 0,7     | °Ж                 |
| pH, ед.                 | 6,5...8,5 [3]                              | 7,76 ± 0,20             | 7,74 ± 0,20   | ед. pH             |
| Свинец                  | 0,006                                      | < 0,001                 | 0,016 ± 0,005 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Цинк                    | 0,01                                       | 0,082 ± 0,016           | 0,057 ± 0,011 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Марганец                | 0,01                                       | 0,015 ± 0,005           | 0,016 ± 0,005 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Кобальт                 | 0,01                                       | < 0,001                 | < 0,001       | мг/дм <sup>3</sup> |
| Хром (общий)            | 0,02                                       | < 0,001                 | < 0,001       | мг/дм <sup>3</sup> |
| Никель                  | 0,01                                       | < 0,001                 | < 0,001       | мг/дм <sup>3</sup> |
| Железо                  | 0,1  | 0,131 ± 0,026           | 0,062 ± 0,012 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Медь                    | 0,001                                      | 0,005 ± 0,002           | 0,008 ± 0,003 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Кадмий                  | 0,005                                      | 0,002 ± 0,001           | 0,006 ± 0,003 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Аммоний-ион             | 0,5  | < 0,05                  | < 0,05        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Сульфаты                | 100  | 28,4 ± 5,7              | 39,9 ± 8,0    | мг/дм <sup>3</sup> |
| Хлориды                 | 300  | < 10                    | < 10          | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нитраты                 | 40,0                                       | < 0,01                  | < 0,01        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нитриты                 | 0,08                                       | < 0,02                  | 0,03 ± 0,01   | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нефтепродукты           | 0,05                                       | < 0,05                  | 0,18 ± 0,06   | мг/дм <sup>3</sup> |
| Фенол                   | 0,001                                      | < 0,0005                | < 0,0005      | мг/дм <sup>3</sup> |
| АПАВ                    | 0,5  | < 0,01                  | 0,09 ± 0,03   | мг/дм <sup>3</sup> |
| ХПК                     | Не более 15...30 [4]                       | 30 ± 7                  | 30 ± 7        | мг/дм <sup>3</sup> |

железа — 1,3 ПДК, меди — 5 ПДК. ХПК — в пределах нормы.

В пробе № 2 наблюдается превышение содержания свинца — 2,6 ПДК, цинка — 5,7 ПДК, марганца — 1,6 ПДК, меди — 8 ПДК, кадмия — 1,2 ПДК, нефтепродуктов — 3,6 ПДК. ХПК — в пределах нормы.

### **3. Результаты анализа проб воды зоны хранения твердых бытовых и промышленных отходов, расположенной вблизи г. Ишимбай (МР Ишимбайский район РБ)**

Зона хранения ТБО и ПО г. Ишимбай расположена в 100...200 м от восточной окраины города Ишимбай. Пробы воды отобраны в реке Тайрук выше (проба № 1) и ниже (проба № 2) объекта хранения отходов. Результаты приведены в табл. 3.

В пробе № 1 наблюдается превышение содержания свинца — 3 ПДК, хрома (общий) — 1,8 ПДК, железа — 1,6 ПДК, меди — 4 ПДК, нефтепродуктов — 2,2 ПДК. В пробе № 2 превышение содержания в воде свинца — 2,3 ПДК,

цинка — 2,4 ПДК, хрома (общий) — 1,6 ПДК, железа — 1,8 ПДК, нефтепродуктов — 1,6 ПДК.

### **4. Результаты анализа проб подземной воды зоны хранения твердых бытовых отходов, расположенной вблизи г. Белебей (МР Белебеевский район РБ)**

Зона хранения ТБО г. Белебей расположена в 200 м от его восточной окраины. Пробы воды отобраны из двух наблюдательных скважин, глубиной 42 м, расположенных в восточном (проба № 1) и южном (проба № 2) направлении от полигона. Результаты исследования проб приведены в табл. 4.

По результатам исследований наблюдается высокое содержание элементов в пробах воды: марганец в пробе № 2 — превышение ПДК в 1,5 раза; никель в пробе № 1 и пробе № 2 — превышение в 4,6 ПДК и 2,1 ПДК соответственно; железо в пробе № 1 и пробе № 2 — превышение в 2,6 ПДК и 3 ПДК соответственно; аммоний в пробе № 1 — превышение в 2,9 ПДК; магний в пробе № 1 — превышение в 2,9 ПДК; хлориды в пробе № 1 — превышение



Таблица 3

**Химический анализ воды в реке Тайрук возле зоны хранения твердых бытовых и промышленных отходов, расположенной вблизи г. Ишимбай (МР Ишимбайский район РБ)**

| Определяемые показатели | ПДК <sub>рх</sub> , мг/дм <sup>3</sup> [3] | Результаты анализа проб |               | Единица измерения  |
|-------------------------|--|-------------------------|---------------|--------------------|
|                         |  | № 1                     | № 2           |                    |
| Сухой остаток           | —  | 433 ± 39                | 502 ± 45      | мг/дм <sup>3</sup> |
| Общая жесткость         | —  | 10,6 ± 1,0              | 11,0 ± 1,0    | °Ж                 |
| pH, ед.                 | 6,5...8,5 [3]                              | 7,95±0,20               | 7,88±0,20     | ед. pH             |
| Свинец                  | 0,006                                      | 0,018 ± 0,005           | 0,014 ± 0,004 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Цинк                    | 0,01                                       | 0,010 ± 0,004           | 0,024 ± 0,007 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Марганец                | 0,01                                       | 0,004 ± 0,002           | <0,001        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Кобальт                 | 0,01                                       | 0,002 ± 0,001           | <0,001        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Хром (общий)            | 0,02                                       | 0,036 ± 0,007           | 0,032 ± 0,006 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Никель                  | 0,01                                       | <0,001                  | <0,001        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Железо                  | 0,1  | 0,158 ± 0,032           | 0,185 ± 0,037 | мг/дм <sup>3</sup> |
| Медь                    | 0,001                                      | 0,004 ± 0,001           | <0,001        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Кадмий                  | 0,005                                      | <0,001                  | <0,001        | мг/дм <sup>3</sup> |
| Аммоний-ион             | 0,5  | <0,05                   | <0,05         | мг/дм <sup>3</sup> |
| Сульфаты                | 100  | 30,4 ± 6,1              | 37,0 ± 7,4    | мг/дм <sup>3</sup> |
| Хлориды                 | 300  | <10                     | <10           | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нитраты                 | 40,0                                       | 5,67 ± 0,68             | 5,5 ± 0,66    | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нитриты                 | 0,08                                       | <0,02                   | <0,02         | мг/дм <sup>3</sup> |
| Нефтепродукты           | 0,05                                       | 0,11 ± 0,04             | 0,08 ± 0,03   | мг/дм <sup>3</sup> |
| Фенол                   | 0,001                                      | <0,0005                 | <0,0005       | мг/дм <sup>3</sup> |
| АПАВ                    | 0,5  | 0,06 ± 0,02             | 0,09 ± 0,03   | мг/дм <sup>3</sup> |
| ХПК                     | не более 15...30 [4]                       | 15 ± 4                  | 5,0 ± 1,5     | мг/дм <sup>3</sup> |

Таблица 4

**Химический анализ проб подземной воды вблизи полигона ТБО г. Белебей**

| Определяемые показатели | Результаты анализа проб |         | Единица измерения      | ПДК, мг/дм <sup>3</sup> [5] |
|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|-----------------------------|
|                         | № 1                     | № 2     |                        |                             |
| Сухой остаток           | 2700                    | 330     | мг/дм <sup>3</sup>     | Не норм.                    |
| Жесткость, °Ж           | 21,9                    | 4,54    | мг-экв/дм <sup>3</sup> | Не норм.                    |
| Свинец                  | <0,001                  | <0,001  | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,01                        |
| Цинк                    | 0,361                   | <0,001  | мг/ дм <sup>3</sup>    | 1,0                         |
| Марганец                | 0,059                   | 0,154   | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,1                         |
| Кобальт                 | <0,001                  | <0,001  | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,1                         |
| Никель                  | 0,091                   | 0,041   | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,02                        |
| Фенол                   | <0,0005                 | <0,0005 | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,001                       |
| Медь                    | 0,027                   | 0,014   | мг/ дм <sup>3</sup>    | 1,0                         |
| Кадмий                  | <0,001                  | <0,001  | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,001                       |
| Нефтепродукты           | 0,29                    | 0,14    | мг/ дм <sup>3</sup>    | 0,3                         |
| pH, ед.                 | 6,74                    | 8,1     | ед. pH                 | 6,5...8,5                   |
| Железо общее            | 0,8                     | 0,9     | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,3                         |
| Аммоний                 | 4,4                     | —       | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,5                         |
| Калий                   | —                       | —       | мг/дм <sup>3</sup>     | —                           |
| Кальций                 | 211,55                  | 45,55   | мг/дм <sup>3</sup>     | —                           |
| Магний                  | 145,6                   | 25,75   | мг/дм <sup>3</sup>     | 50                          |
| Натрий                  | 11,9                    | 5,9     | мг/дм <sup>3</sup>     | —                           |
| Хлориды                 | 675,95                  | 24,2    | мг/дм <sup>3</sup>     | 350                         |
| Нитриты                 | 15,5                    | —       | мг/дм <sup>3</sup>     | 3,3                         |
| Нитраты                 | —                       | 12,5    | мг/дм <sup>3</sup>     | 45                          |
| Сульфаты                | 92,3                    | 11,2    | мг/дм <sup>3</sup>     | 500                         |
| ХПК                     | 25,8                    | 27      | мг/дм <sup>3</sup>     | —                           |



Химический анализ проб поверхностной воды реки Усень в зоне хранения ТБО вблизи г. Туймазы

| Определяемые показатели | Результаты анализа проб |         | Единица измерения   | ПДК <sub>рх</sub> , мг/дм <sup>3</sup> [3] |
|-------------------------|-------------------------|---------|---------------------|--|
|                         | № 1                     | № 2     |                     |  |
| Сухой остаток           | 580                     | 733,3   | мг/ дм <sup>3</sup> | —  |
| Жесткость               | 7,68                    | 7,98    | °Ж                  | —  |
| Свинец                  | <0,001                  | <0,001  | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,006                                      |
| Цинк                    | <0,001                  | <0,001  | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,01                                       |
| Марганец                | 0,11                    | 0,11    | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,01                                       |
| Кобальт                 | <0,001                  | <0,001  | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,01                                       |
| Никель                  | 0,003                   | 0,014   | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,01                                       |
| Фенол                   | <0,0005                 | <0,0005 | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,001                                      |
| Медь                    | 0,012                   | 0,013   | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,001                                      |
| Кадмий                  | <0,001                  | <0,001  | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,005                                      |
| Нефтепродукты           | 0,30                    | 0,32    | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,05                                       |
| pH                      | 8,0                     | 8,1     | мг/дм <sup>3</sup>  | —  |
| Железо общее            | 0,25                    | 0,25    | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,1  |
| Аммоний                 | —                       | 1,1     | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,5  |
| Калий                   | 4,3                     | 5,3     | мг/дм <sup>3</sup>  | 50   |
| Кальций                 | 87,7                    | 90,5    | мг/дм <sup>3</sup>  | 180  |
| Магний                  | 39,5                    | 40,3    | мг/дм <sup>3</sup>  | 40   |
| Натрий                  | 48,4                    | 48,5    | мг/дм <sup>3</sup>  | 120  |
| Хлориды                 | 41,5                    | 52,5    | мг/дм <sup>3</sup>  | 300  |
| Нитриты                 | —                       | —       | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,08                                       |
| Нитраты                 | 10                      | —       | мг/дм <sup>3</sup>  | 40   |
| Сульфаты                | 140,2                   | 1675    | мг/дм <sup>3</sup>  | 100  |
| ХПК                     | 21                      | 23,5    | мг/дм <sup>3</sup>  | —  |
| Хром                    | <0,02                   | <0,02   | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,02                                       |
| АПАВ                    | <0,025                  | <0,025  | мг/дм <sup>3</sup>  | —  |

в 1,9 ПДК; нитриты в пробе № 1 — превышение в 4,7 ПДК.

##### **5. Результаты анализа проб поверхностной воды реки Усень в зоне хранения ТБО, расположенной вблизи г. Туймазы (МР Туймазинский район РБ)**

Результаты исследования проб поверхностной воды реки Усень выше (проба № 1) и ниже (проба № 2) зоны хранения представлены в табл. 5.

По результатам исследований проб воды наблюдается высокое содержание: выше и ниже зоны хранения марганца в воде приблизительно одинаково и превышает ПДК в 11 раз, меди — в 1,2 раза, железа — в 2,5 раза, нефтепродуктов — в 6,4 раза. В пробах воды ниже зоны хранения ТБО наблюдается превышение ПДК никеля в 1,4 раза, сульфатов — в 16,75 ПДК, для магния превышение незначительное и составляет 40,3 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 40 мг/дм<sup>3</sup>.

### **Выводы**

Таким образом, с целью профилактики предупреждения ухудшения качества подземных и поверхностных вод в зонах хранения твердых бытовых и промышленных отходов в Республике Башкортостан необходимо разработать проект схемы мониторинга поверхностных и подземных вод, а также впоследствии вести мониторинг в районах зон хранения ТБО и ПО. Также следует разработать план мероприятий по выводу из эксплуатации несанкционированных зон хранения отходов, их ликвидации с последующей рекультивацией земель.

### **Список литературы**

1. Аникин Н. И. Промышленная экология: принципы, подходы, технические решения. — М.: Интеллект, 2011. — 256 с.
2. Зайнуллин Х. Н., Абдрахманов Р. Ф., Ибатуллин У. Г., Минигазинов И. Н., Минигазинов Н. С. Обращение



с отходами производства и потребления. Уфа: Диалог, 2005. — 292 с.

3. **Нормативы** качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (Утверждены приказом Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20).

4. **Санитарные правила и нормы** СанПиН № 2.1.5.980—00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод" (Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ Г. Г. Онищенко 22.06.2000 г.).
5. **ГН 2.1.5.1315—03** Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

**Z. F. Akbalina**, Deputy Director, e-mail: info@nii-bgd.ru,  
**N. S. Minigazimov**, Senior Researcher, **L. N. Belan**, Director, State Unitary Enterprise Research Institute of life safety of the Republic Bashkortostan, Ufa,  
**F. M. Remezova**, Head of Section, Ministry of Nature and Environment of the Republic of Bashkortostan, Ufa,

## The Results of Studies of Surface Water in the Areas of Waste Disposal of Production and Consumption in the Republic of Bashkortostan

*The estimation of the impact of waste disposal facilities on surface water in several regions of the Republic of Bashkortostan. Surface water is practically not protected from contamination from entering areas of waste disposal, so their chemical composition can be judged on the extent and nature of the contaminated areas. According to the results of the chemical analysis of samples, evaluating the degree of contamination of the water body, located near the area of waste storage.*

*The recommendations on the need for: monitoring scheme surface water and groundwater, and subsequently to monitor the zones in the areas of waste disposal, located near the cities Belebey, Ishimbai, Neftekamsk, Tuimazy; the territory Krasnokamsky, Yanaul'skogo district of Bashkortostan Republic; action plan for decommissioning unauthorized waste storage areas, their liquidation and subsequent revegetation lands.*

**Keywords:** surface water and groundwater, the chemical analysis of water, objects of industrial and municipal solid waste

### References

1. **Anikin N. I.** Promyshlennaja jekologija: principy, podhody, tehicheskie reshenija. M.: Intellekt, 2011. 256 p.
2. **Zajnullin H. N., Abdrahmanov R. F., Ibatullin U. G., Minigazimov I. N., Minigazimov N. S.** Obrashhenie s othodami proizvodstva i potreblenija. Ufa: Dialog, 2005. 292 p.
3. **Normativy** kachestva vody vodnyh obektov rybohozajstvennogo znachenija, v tom chisle normativy predelno dopustimyh koncentracij vrednyh veshhestv v vodah vodnyh obektah rybohozajstvennogo

- znachenija (Utverzhdeny prikazom Federalnogo agentstva po rybolovstvu ot 18 janvarja 2010 g. No. 20).
4. **Sanitarnye pravila i normy** SanPin No. 2.1.5.980—00 "Gigienicheskie trebovanija k ohrane poverhnostnyh vod" (Utverzhdeny Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF G. G. Onishhenko 22.06.2000 g.).
5. **GN 2.1.5.1315—03** Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v vode vodnyh ob#ektov hozjastvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovanija.

# ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ PROBLEMS OF EDUCATION IN THE FIELD OF LIFE SAFETY

УДК 614:378.016

**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, e-mail: nk.ufa@mail.ru,  
**Н. Ю. Цвиленева**, канд. техн. наук, доц., Уфимский государственный авиационный  
технический университет

## Эволюция образовательных программ высшей школы и проблемы преподавания курса "Безопасность жизнедеятельности" как обязательной дисциплины

*Рассмотрены образовательные программы высшей школы в их историческом развитии, трактовка цели высшего образования и соотношение ее с критериями оценки образовательных программ. Отмечено, что при общем соответствии цели и критериев контроль качества реализации программ осуществляется на основании многочисленных документов "на соответствие", а результаты освоения образовательных программ в основном проверяются с помощью тестирования. Кроме того, отмечено, что отсутствуют критерии, учитывающие условия реализации принципов единства образовательного пространства, интеграции, мобильности, преемственности образовательных программ при том, что по мнению авторов, эволюция государственных стандартов образования все более расходится с упомянутыми принципами. Это обстоятельство порождает проблемы преподавания такой обязательной дисциплины, как "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД) студентам гуманитарных и экономических направлений.*

**Ключевые слова:** Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС), образовательная программа, академическая мобильность, компетенция, компетентностный подход, Безопасность жизнедеятельности

Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ "Федеральный государственный образовательный стандарт" [1] определяет цель высшего образования как обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров по всем основным направлениям общественно полезной деятельности в соответствии с потребностями общества и государства, удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии, углублении и расширении образования, научно-педагогической квалификации. В утратившем свою силу Федеральном законе от 22.08.1996 г. № 125-ФЗ "О высшем и послевузовском профессиональном образовании" [2] формулировка была более подробной и, несмотря на игнорирование различий понятий "цели" и "задачи" носила вполне конкретный характер.

### 1. Цель высшего образования и нормативные документы

Государственные стандарты рассматривались и рассматриваются как гарант достижения цели высшего образования. Функционирование государственных стандартов осуществляется в соответствии с определенными принципами. К основным принципам, обеспечиваемым Федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) и вводимыми в настоящее время Федеральными государственными стандартами высшего образования (ФГОС ВО), относятся единство образовательного пространства Российской Федерации и создание благоприятных условий для интеграции системы образования Российской Федерации с системами образования других государств,



а также преемственность основных образовательных программ разных уровней образования (общего, основного общего, среднего и т. п.). Часто в связи с этим говорят также об академической мобильности [3]. Согласно рекомендациям Комитета министров Совета Европы (1996 г.) академическая мобильность — это способность, возможность перемещения кого-либо, имеющего отношение к образованию, на определенный (от семестра до года) период в другое образовательное учреждение (в своей стране или за рубежом) для обучения, преподавания или проведения исследований, после чего учащийся, преподаватель или исследователь возвращается в свое основное учебное заведение.

## 2. Критерии и результаты

Для решения вопроса о большей эффективности и адекватности того или иного образовательного стандарта по сравнению с другими следует остановиться на критериях такого сравнения. Условие соответствия критериев оценки качества и эффективности системы ее целям является общеизвестным, как и частые ошибки, возникающие при подмене целей критериями.

Критерии оценки качества образования согласно стандартам ISO — это показатели и признаки, на основании которых оценивается качество общего образования: адекватность отражения потребности личности, общества и государства в общем образовании в основополагающей системе требований стандартов; условия реализации общеобразовательных программ начального, основного (неполного среднего) и среднего (полного) общего образования и их соответствие требованиям стандартов; ресурсное обеспечение образовательного процесса (в том числе — его кадровое обеспечение) и их соответствие требованиям стандартов; реализуемые в образовательном процессе и достигаемые учащимися результаты освоения основных общеобразовательных программ и их соответствие планируемым результатам как на уровне требований стандартов, так и на уровне его ресурсного обеспечения [1].

Критерии вполне соответствуют приведенной выше цели высшего образования. Принятие данных критериев означает также создание условий для их постоянного контроля, что требует возведения специализированных структур, таких как комиссии (комитеты) по качеству образования, которые появились в вузах РФ. При этом очевидно, что контроль в соответствии с приведенными

критериями осуществляется на основании составления и прочтения многочисленных документов "на соответствие", и лишь "достигаемые учащимися результаты освоения основных общеобразовательных программ" в основном проверяются с помощью централизованного тестирования.

В то же время в соответствии с заявленными принципами функционирования стандартов необходимы, по-видимому, критерии, которые учитывали бы условия реализации единства образовательного пространства, интеграции, мобильности, преемственности, отмеченные выше.

В отличие от Государственных стандартов высшего образования I и II поколений, содержащих требования к обязательному минимуму составляющих основной образовательной программы, включающие перечень обязательных дисциплин и основное содержание этих дисциплин. Федеральные государственные стандарты III поколения не только не содержат таких требований в явном виде, но и количество обязательных дисциплин сокращено до минимума, а знания, умения, навыки хотя и присутствуют в стандартах, но отнесены они не с конкретными дисциплинами, а с их набором, а также с компетенциями — новым понятием в образовательной практике.

Известна трактовка академика РАО А. Г. Асмолова об образовательном стандарте как некоем "гене", который подобно участку ДНК, несущему структурную наследственную информацию, содержит исходную информацию и принципы образовательного поведения, в котором "в зародыше" содержатся бесчисленные варианты возможного будущего. Конкретный же организм образовательной программы, по его мнению, рождается, живет и существенно видоизменяется в зависимости от "окружающей среды", в зависимости от изменяющихся задач". При этом подчеркивается важность работы, к которой приступает образовательное сообщество, с целью решения проблем образовательных стандартов в контексте вариативного образования.

Работа, к которой приступило образовательное сообщество, оказалась не только важной, но и очень большой по объему, более того, критичной в отношении самого процесса образования. "Гены" Федеральных образовательных стандартов, нашедшие свое воплощение в компетентностном подходе, в компетенциях выпускников оказались далеко не безупречными (если не употребить термин "дефектными") и породили неконтролируемый рост числа документов, различных концепций, моделей, требований к образовательным

программам. Естественно, что разработка всей этой объемной документации легла на плечи "нижнего" исполнительного звена — собственно преподавателей высшей школы. Именно на них была возложена обязанность разработки технологий "генной инженерии", дабы "процесс морфогенеза" приводил к формированию образовательной программы с результативностью, по крайней мере, "не хуже, чем было".

### 3. Компетенции и реальность

ФГОС III поколения был призван устранить пресловутые недостатки "зуновского подхода" (сведение задач образования к формированию знаний—умений—навыков (зун)). Однако при первом же опыте реализации образовательных стандартов — составлении учебных планов и формировании учебных программ стало ясно, что никакая компетенция не может быть сформирована без тех же знаний—умений—навыков. Действительно, *компетенция* в контексте стандартов высшего образования понимается как совокупность определенных знаний, умений и навыков, в которых человек должен быть осведомлен и иметь практический опыт работы [1]. Таким образом, знания, умения, навыки все же присутствуют. "Иметь практический опыт работы" фактически означает, что окончательное формирование и выявление компетенций происходит уже за стенами вуза в процессе работы.

Опасения потери качества образования в связи с загруженностью профессорско-преподавательского состава огромной по объему работой по перестройке системы высшего образования и, в связи с этим, физической невозможностью не только полноценно вести научную работу, но и уделять достаточное время воспитанию и образованию студентов высказаны в работе [3].

Можно добавить, что зачастую при этом именно многочисленные комиссии по контролю качества образования, учебно-методические структуры являются мощным фактором снижения качества, оправдывая свое существование производством многочисленных форм отчетных документов, все новых и новых макетов учебных программ с многочисленными согласованиями и т. п. Таким образом, происходит окончательная подмена целей критериями и формируется некая "перевернутая пирамида": внизу — непосредственно образовательный процесс, преподаватели и студенты в их взаимодействии, которое, собственно, и должно обеспечивать конечный результат

выполнения образовательной программы, а над ними "нависает" громада бюрократических образований, документации, бесплодной и бессмысленной деятельности.

Сформулированные в Федеральных государственных стандартах III поколения компетенции были приняты в качестве неприкосновенных, неделимых единиц, и малейшее отклонение, редактирование их в учебных программах считалось недопустимым. Однако далеко не все их формулировки являются безупречными. В качестве иллюстрации достаточно привести компетенцию, которая для многих направлений бакалавриата является единственной связанной с вопросами обеспечения безопасности: *"Способность применять основные методы защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий"*.

### 4. Учебные планы и академическая мобильность

Не вполне ясно, как может введение ФГОС III поколения способствовать решению такой проблемы, как *академическая мобильность*. В отличие от стандартов предыдущих поколений ФГОС дает, казалось бы, свободу вузам самостоятельно формировать набор учебных дисциплин за счет минимального количества базовых дисциплин (инвариантной части) и вариативной части (в стандарте ФГОС ВО число базовых дисциплин совсем невелико).

При таком положении дел, академическая мобильность будет затруднена даже в пределах образовательного пространства Российской Федерации и возможность ее будет значительно ниже, чем в условиях действия прежних образовательных стандартов с их требованиями к минимуму содержания образовательных программ, перечнем обязательных дисциплин и их разделов, не говоря уже о зарубежных образовательных учреждениях. Единство и возможность интеграции предполагают выполнение требований к определенному минимуму дисциплин и содержанию соответствующих учебных программ, присутствовавших в ГОСах I и II поколений и утраченных в ФГОС ВПО (III поколения).

Кроме того, дисциплины, изучаемые в ходе реализации программ академической мобильности, должны соответствовать году обучения и научно-теоретическому уровню изучения каждой конкретной дисциплины в базовом вузе и, более того, дисциплины, изучаемые в зарубежном вузе, должны на данном этапе развития российского



высшего образования соответствовать требованиям ФГОС ВПО [4].

Рассмотрим, как реализуется такой принцип ФГОС, как *преемственность образования на различных уровнях*. Так, при анализе стандарта для направления подготовки 280700 "Техносферная безопасность" представляется очевидным, что компетенция ОК-14 объединяет компетенции, которыми абитуриент, поступающий в вуз, уже должен обладать ("Свободное владение письменной и устной речью на русском языке, ... владеть методами создания понятных текстов, ..." — это задачи средней школы!), и компетенции, формируемые *всеми дисциплинами профессионального цикла* (...способность использовать профессионально-ориентированную риторичку, ...) [5].

При разработке "компетентностных моделей выпускников" педагогический коллектив, к которому принадлежат авторы, для обеспечения данной компетенции опирался на те дисциплины, по которым в учебном плане предусмотрены публично защищаемые курсовые работы и проекты. Так, для направления "Техносферная безопасность" с профилизацией "Защита в чрезвычайных ситуациях" это были дисциплины вариативной части профессионального цикла "Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях", "Организация и ведение аварийно-спасательных работ" и дисциплина по выбору "Материально-техническое обеспечение" [6, 7].

В ходе разработки компетентностной модели авторам пришлось столкнуться с требованием жесткого разделения знаний, умений и навыков, приобретаемых в ходе изучения дисциплин. Утверждается при этом, что одни и те же умения, знания и навыки, связанные с конкретной дисциплиной, не могут участвовать в формировании разных компетенций (если одна дисциплина обеспечивает данную компетенцию, зачем нужны другие?). Однако достаточно привести пример всего одной компетенции ОК-16 "Способность организовать свою работу ради достижения поставленных целей; готовность к использованию инновационных идей", чтобы стало ясно, что она может быть обеспечена многими дисциплинами, в том числе и упомянутыми выше, иначе следовало бы придумать специальную дисциплину, относящуюся к гуманитарному социальному и экономическому циклу, которая могла бы называться "Организация профессиональной деятельности и использование инновационных идей".

Выпуск бакалавров и специалистов, обучающихся по новым ФГОС ВПО, осуществляется

только в текущем 2015 году, их трудоустройство и подтверждение компетенций еще не состоялись, и окончательно подводить итоги и давать оценку тем реформаторским принципам, которые были в этих стандартах заложены, пока рано. А с сентября 2015 г. начнется обучение студентов по ФГОС ВО. И это снова, по-видимому, будет эксперимент, проблемы которого уже ясно вырисовываются для преподавателей вузов. Им в очередной раз придется осуществлять модернизацию образовательных программ, разрабатывать новые учебные планы и рабочие программы, пытаясь при этом поддержать требуемый уровень подготовки бакалавров, в том числе и по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности".

## 5. Пререквизиты БЖД

При переходе от Стандарта к Стандарту Безопасность жизнедеятельности остается в списке обязательных дисциплин, что не может не радовать. Вместе с тем следует отметить, что в новых условиях преподавание этой дисциплины сопряжено с определенными трудностями, в особенности для гуманитарных направлений, направлений в области экономики и информатики. Обусловлено это следующими причинами.

Основные опасности, негативные факторы в системе "Человек—Среда обитания" формируются в объективно существующем физическом мире. Оценить их уровень и, соответственно, возможность сделать заключение о безопасности (небезопасности) рассматриваемой среды, можно лишь на основе количественной оценки опасностей и факторов. Это предполагает знание обучающимися таких понятий, как физическая величина, единица измерения, значение величины (параметра), а также хотя бы общее представление о сущности физических явлений, химических процессов, физиологии человека. Таким образом, курс элементарной физики, химии в объеме средней школы, биологии — это пререквизиты университетского курса БЖД.

Многолетнее реформирование школьного образования, его "заточка" под сдачу ЕГЭ в конечном итоге привели к тому, что у значительной (если не подавляющей) части выпускников школ отсутствует целостное представление о физической картине мира. Особенно это касается тех абитуриентов, которые еще до окончания школы "поставили крест" на естественнонаучных дисциплинах, ориентируясь на экономическое или гуманитарное образование. В результате Безопасность

жизнедеятельности становится для них трудно-постижимой дисциплиной, и в условиях больших групп (25...30 человек и более) и крупных потоков (200 человек и более), что особенно характерно для младших курсов, и сокращения лекционных часов в пользу практических занятий, эффективность ее преподавания весьма невелика.

В этих условиях представляется возможным эффективность обучения повысить различными путями:

- увеличив часы, отводимые на лекции, для преподавания указанных выше основ, необходимых для изучения БЖД, хотя это весьма трудно сделать, поскольку ФГОС III поколения жестко регламентирует соотношение видов занятий в рамках дисциплины;
- включив в учебные планы "нетехнических" направлений основы физики и химии, предшествующие изучению БЖД.

Споры, которые велись и продолжают вестись вокруг Федеральных государственных стандартов, заставляют предположить, что ныне действующие и вводимые государственные образовательные стандарты не являются последними и окончательными. И если реформаторская деятельность в области образования и высшего образования, в частности, будет продолжена в ближайшее время, остается надеяться, что вектор ее все же будет направлен в сторону конкретизации, уточнения структуры образовательных программ, разумного баланса инвариантной и вариативной частей образовательных программ, более четкого подхода к таким терминам, как компетенция, умение и навык, учета иерархичности теоретических знаний, которыми должен

обладать выпускник (последнее необходимо для разработки качественных тестовых измерительных материалов).

### Список литературы

1. **Федеральный государственный образовательный стандарт** от 29.12.2012 № 273-ФЗ. Глоссарий. URL: <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=797> (дата обращения 18.04.2015).
2. **Федеральный закон** "О высшем и послевузовском профессиональном образовании" от 22.08.1996 № 125-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/popular/education/94\\_2.html#p264](http://www.consultant.ru/popular/education/94_2.html#p264) (дата обращения 19.06.2013).
3. **Современное состояние** законодательно-правового обеспечения процессов внутренней и внешней академической мобильности студентов, аспирантов, преподавателей в Российской Федерации (материал подготовлен при участии ФГУП "Научно-исследовательский центр экономических преобразований"). URL: [http://inpro.msu.ru/PDF/zakon\\_baza.pdf](http://inpro.msu.ru/PDF/zakon_baza.pdf) (дата обращения 18.04.2015).
4. **Академическая мобильность**. Статья. Сайт Московского авиационного института. URL: <http://www.mai.ru/unit/ums/mobility/> (дата обращения 18.04.2015).
5. **Красногорская Н. Н., Цвиленева Н. Ю.** О проблемах формирования компетентностной модели выпускника вуза в рамках образовательных стандартов третьего поколения // Материалы VIII междунар. конф. "Экология-2011". — Уфа, 2011. — С. 269—277.
6. **Красногорская Н. Н., Цвиленева Н. Ю.** Проблемы образования в области безопасности жизнедеятельности в контексте Федеральных государственных образовательных стандартов III поколения // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 11. Приложение. — С. 2—8.
7. **Красногорская Н. Н., Цвиленева Н. Ю.** Опыт подготовки специалистов и бакалавров в области безопасности жизнедеятельности в Уфимском государственном авиационном техническом университете // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 2. — С. 71—80.

**N. N. Krasnogorskaya**, Professor, Head of Chair, e-mail: [nk.ufa@mail.ru](mailto:nk.ufa@mail.ru),  
**N. Yu. Tsvileneva**, Associate Professor, Ufa State Aviation Technical University

## Evolution of Higher Education Programs and Problems of Teaching Life Safety as the Required Course

*Higher education programs are considered in their historical development, and the treatment of higher education purpose, its correlation with the criteria for education programs quality assessment are analyzed. It is noted, that at general correlation between the purpose and the criteria quality assessment is based on numerous documents "for compliance", whereas results of education programs are controlled mostly by testing knowledge. Besides, there are no criteria, considering conditions of the implementation of such education principles as the unity of educational space, integration, academic mobility. The authors assume that the state education standards in their evolution more and more drift away from these principles, in particular, the mobility (due to minimizing of common required courses for a certain direction of training) and the educational continuity (because of*



decrease of general level of school training in the field of natural Sciences). The last circumstance gives rise to problems of teaching such common required subject as Life Safety to students of humanitarian and economic training directions. In order to solve this problem the authors propose two approaches: increasing of lecture hours just for forming knowledge which is necessary for studying and understanding of Life Safety and, as alternative, including the fundamentals of physics and chemistry into curriculum of "non-engineering" students as the prerequisites for studying the course of Life Safety.

**Keywords:** Federal State Educational Standard, education program, academic mobility, competence, competence approach, Life Safety

### References

1. **Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart** ot 29.12.2012 No. 273-FZ. Glossarij. URL: <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=797> (data accessed 18.04.2015).
2. **Federal'nyj zakon "O vysshem i poslevuzovskom professional'nom obrazovanii"** ot 22.08.1996. No. 125-FZ. URL: [http://www.consultant.ru/popular/education/94\\_2.html#p264](http://www.consultant.ru/popular/education/94_2.html#p264) (data accessed 19.06.2013).
3. **Sovremennoe sostojanie zakonodatel'no — pravovogo obespechenija processov vnutrennej i vneshnej akademicheskoj mobil'nosti studentov, aspirantov, prepodavatelej v Rossijskoj Federacii. Material podgotovlen pri uchastii FGUP « Nauchno — issledova-tel'skij centr jekonomicheskikh preobrazovanij.** URL: [http://inpro.msu.ru/PDF/zakon\\_baza.pdf](http://inpro.msu.ru/PDF/zakon_baza.pdf) (data accessed 18.04.2015).
4. **Akademicheskaja mobil'nost'.** Stat'ja. Sajt Moskovskogo aviacionnogo instituta. URL: <http://www.mai.ru/unit/ums/mobility/> (data accessed 18.04.2015).
5. **Krasnogorskaja N. N., Tsvileneva N. Ju.** O problemah formirovanija kompetentnostnoj modeli vypusknika vuza v ramkah obrazovatel'nyh standartov tret'ego pokolenija. *Materialy VIII mezhdunar. konf. «Ekologija-2011».* Ufa, 2011. P. 269—277.
6. **Krasnogorskaja N. N., Tsvileneva N. Ju.** Problemy obrazovaniya v oblasti bezopasnosti zhiznedejatel'nosti v kontekste Federal'nyh gosudarstvennyh obrazovatel'nyh standartov III pokolenija. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti.* 2012. No. 11. Prilozhenie. P. 2—8.
9. **Krasnogorskaja N. N., Tsvileneva N. Ju.** Opyt podgotovki specialistov i bakalavrov v oblasti bezopasnosti zhiznedejatel'nosti v Ufimskom gosudarstvennom aviacionnom tehničeskom universitete. *Bezopasnost' v tehnosfere.* 2013. No. 2. P. 71—80.

**Настоящий номер журнала  
подготовлен специалистами и учеными  
Республики Башкортостан**

### Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

Журнал выходит при содействии Учебно-методического совета "Техносферная безопасность" Учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию и Научно-методического совета "Безопасность жизнедеятельности" Министерства образования и науки Российской Федерации

**ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский пер., 4**

**Телефон редакции журнала (499) 269-5397, тел./факс (499) 269-5510, e-mail: [bjd@novtex.ru](mailto:bjd@novtex.ru), <http://novtex.ru/bjd>**

**Телефон главного редактора (812) 670-9376(55), e-mail: [rusak-maneb@mail.ru](mailto:rusak-maneb@mail.ru)**

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*

Сдано в набор 19.08.15. Подписано в печать 15.10.15. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ1115.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания

и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://www.aov.ru)