



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

**Редакционный совет:**

АГОШКОВ А. И., д.т.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.г.н., к.б.н., проф. (председатель)  
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,  
проф.  
ПРОНИН И. С., д.ф.-м.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.

**Редакционная коллегия:**

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.  
БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.  
ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.  
ВОРОБЬЕВ Д. В., д.м.н., проф.  
ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.  
(Польша)  
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.  
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.  
КИРСАНОВ В. В., 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.  
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.  
СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.  
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.  
ФРИДЛАНД С. В., д.х.н., проф.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

5(209)  
2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА

- Сугак Е. Б. К вопросу об экономической целесообразности мероприятий по охране труда ..... 3  
Лозбин А. С., Моисеев Ю. Б., Рыженков С. П. Оценка защищенности бронированных машин при воздействии обычных средств поражения ..... 9

### ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Валеев Т. К., Сулейманов Р. А., Бактыбаева З. Б., Рахматуллин Н. Р., Давлетнуров Н. Х., Иванов Д. Е., Спиринов В. Ф. Эколого-гигиеническая оценка влияния горнорудной промышленности на качество окружающей среды и здоровье населения ..... 14  
Кузьмин С. А., Боев М. В., Солодовников В. В., Григорьева Л. К. Сравнительная оценка показателей здоровья призывников, проживающих в городах и сельской местности (на примере Оренбургской области) ..... 18

### ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Ксенофонтов Б. С., Сеник Е. В. Очистка сточных вод во флотоотстойниках ..... 21  
Кирсанов В. В. Денитрификация во вторичных отстойниках различной конструкции и ее влияние на качество осветленной воды ..... 27

### ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Минкин Д. Ю., Федоров А. В., Кузьмин А. А., Романов Н. Н., Минкин Д. А. Определение граничных условий для расчета режимов прогрева ограждений объектов нефтегазового комплекса в условиях пожара ..... 30

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

- Венцель В. Д., Сердюк В. С., Янчий С. В. Проблемы обращения с твердыми коммунальными отходами и возможные пути их решения на региональном уровне ..... 37

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Касаткин Е. Н., Живов И. В., Кириченко Н. Е., Веджижева М. Д., Горев С. Г., Полишко А. И. Техногенные условия формирования современного экологического облика промышленного комплекса Кирово-Чепецка и пути реабилитации загрязненных территорий ..... 41

### ОБРАЗОВАНИЕ

- Голобоков С. А., Мокеева О. Л. Особенности изучения дисциплины "Экология" в высшем военном учебном заведении ..... 48  
Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А. Основы дидактики темы "Повреждения грудной клетки и грудной полости" учебного модуля "Первая (доврачебная экстренная) помощь при травмах, несчастных случаях, катастрофах и стихийных бедствиях" предмета "Безопасность жизнедеятельности" для гуманитарных и технических университетов ... 55

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, включен в систему Российского индекса научного цитирования и Международную базу данных CAS (Chemical Abstract).



# LIFE SAFETY

## BEZOPASNOST' ZHIZNEDATELNOSTI

The journal published since  
January 2001

### Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)  
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. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)  
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)  
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)  
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.

### Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)  
BELINSKIY S. O.,  
Cand. Sci. (Tech.)  
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
VOROBYEV D. V., Dr. Sci. (Med.)  
ZABOROVSKIY T. (Poland),  
Dr. Sci. (Tech.)  
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)  
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)  
KIRSANOV V. V., 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.)  
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. (Phys.-Math.)  
PALJA Ja. A. (Poland),  
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)  
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)  
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)  
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)  
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)  
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Chem.)  
SHVARTSBERG L. E.,  
Dr. Sci. (Tech.)

5(209)  
2018

## CONTENTS

### LABOUR PROTECTION

- Sugak E. B.** To the Question of Economic Feasibility Events on Labor Protection ..... 3  
**Lozbin A. S., Moiseev Ju. B., Ryzhenkov S. P.** Estimation of Security of Armored Vehicles  
under the Influence of Conventional Means of Destruction ..... 9

### POPULATION HEALTH PROTECTION

- Valeev T. K., Sulejmanov R. A., Baktybaeva Z. B., Rakmatullin N. R., Davletnurov N. Kh.,  
Ivanov D. E., Spirin V. F.** Ecological-Hygienic Assessment of Influence of Mining Industry on  
Environmental Quality and Human Health ..... 14  
**Kuzmin S. A., Boev M. V., Solodovnikov V. V., Grigorieva L. K.** Comparative Assessment of  
Indicators of Health of Recruits Living in Cities and Rural Areas (on the Example of Orenburg  
Region) ..... 18

### ENVIRONMENT PROTECTION

- Ksenofontov B. S., Senik E. V.** Sewage Treatment in Combination Flotation-Settling Unit .... 21  
**Kirsanov V. V.** Denitrification in Secondary Sedimentation Tanks of Various Designs and its  
Effect on Clarified Water Quality ..... 27

### FIRE SAFETY

- Minkin D. Y., Fyodorov A. V., Kuzmin A. A., Romanov N. N., Minkin D. A.** Boundary  
Conditions Definition for Heating Modes Calculation of the Enclosing Walls of Oil and Gas  
Complex Objects in Conditions of Fire ..... 30

### USE AND RECYCLING OF WASTE

- Venzel V. D., Serdyuk V. S., Yanchij S. V.** Problems of Treatment of Municipal Solid Waste  
and Possible Ways of their Solution at the Regional Level ..... 37

### REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

- Kasatkin E. N., Zhivov I. V., Kirichenko N. E., Vedzizheva M. D., Gorev S. N., Polishko A. I.**  
Technogenic Conditions of Development of Modern Ecological Situation of the Kirovo-  
Chepetsk Industrial Complex and the Ways of Rehabilitation of the Polluted Territories ..... 48

### EDUCATION

- Golobokovov S. A., Mokeeva O. L.** Peculiarities of "Ecology" Subject Learning in a Military  
Higher Educational Establishment ..... 48  
**Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Bases of Didactics of Theme "Damage of Chest and  
Thoracic Cavity" of Educational Module "The First (Pre-Medical Emergency) Assistance for  
Traumas Suffered During Accidents, Catastrophes and Natural Disasters" of Subject "Life  
Safety" for Humanitarian and Technical Universities ..... 55

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

УДК 621.039.58

**Е. Б. Сугак**, канд. техн. наук, доц., e-mail: SugakEB@mgsu.ru, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

## К вопросу об экономической целесообразности мероприятий по охране труда

*Отмечено, что реализация мероприятий по охране труда на предприятии долгое время воспринималась как решение социальных задач по требованию государства, однако в результате эволюции общественного производства инциденты с повреждением здоровья в процессе труда перешли из проблемы социальной в социально-экономическую. Расчет экономической эффективности инвестиций в охрану труда способствует формированию у работодателей реальной заинтересованности и осознанных действий по улучшению условий труда. Рассмотрены экономические последствия производственных инцидентов с потерей трудоспособности, а также приведены данные по потерям, которые выражаются для предприятия в прямых и косвенных убытках, для общества — в снижении внутреннего валового продукта, а для пострадавшего — в уменьшении личного дохода.*

**Ключевые слова:** производственный травматизм, заболевания, вызванные условиями труда, прямые и косвенные убытки предприятия, потери пострадавшего работника, ущерб народного хозяйства

Производственный травматизм, профессиональные и производственно-обусловленные заболевания являются серьезной социальной проблемой для каждого государства. Повреждения здоровья, которые получает в процессе производства трудоспособная, а значит, наиболее активная часть населения, негативно влияют на сохранение человеческих ресурсов страны, на уменьшение средней продолжительности жизни, на ухудшение демографической ситуации. Поэтому при разработке средне- и долгосрочных планов социально-экономического развития страны, необходимо проводить мероприятия по улучшению условий труда, по снижению трудопотерь, происходящих в результате несчастных случаев, профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний, по сохранению здоровья и трудовой активности работников, улучшению социальной защиты трудящихся [1].

Продолжительное время трудоохранная деятельность в мировом производственном сообществе не воспринималась в качестве серьезной экономической категории. Ущерб от потери трудоспособности вследствие инцидентов на производстве не оказывал существенного влияния на конкурентоспособность предприятия и представлялся как неизбежная часть трудового процесса. Поэтому руководители организаций неохотно шли на неизбежные затраты, связанные с мероприятиями по охране труда, полагая, что

эти вложения неэффективны либо не являются первостепенными задачами. В результате такой оценки работодатели подходили к проблемам безопасности труда не с точки зрения экономической целесообразности, а с позиций выполнения некоей социальной повинности, которую накладывает на них государство, требуя безусловного выполнения правовых и нормативных документов по охране труда. Не ощущая экономической эффективности от инвестиций в снижение производственного травматизма и профессиональных заболеваний, работодатели в значительной мере формально относились к реализации мероприятий по улучшению условий труда, делая акцент на подготовку соответствующих бумаг и документов — приказов, инструкций, журналов, положений и пр., которые в первую очередь проверяют инспекторы государственного надзора.

Однако по мере роста стоимости рабочей силы, усиления конкуренции и снижения показателей рентабельности производственные издержки от несчастных случаев и профессиональных заболеваний стали составлять весомую часть себестоимости продукции и услуг. Таким образом, аспекты безопасности труда из проблемы, в основном, социальной в результате эволюции общественного производства насыщались вопросами экономической эффективности и переводили эти задачи в ранг социально-экономических понятий. При этом следует подчеркнуть, что при



принятии решений о финансировании работ по охране труда приоритет должен отдаваться не оценке эффективности инвестиций в охрану труда, а поиску организационно-технических возможностей для реализации мероприятий по улучшению условий труда, способных снизить уровень производственного травматизма, профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний.

Рассмотрим экономические последствия инцидентов на рабочих местах применительно к отдельному предприятию, непосредственно к пострадавшему работнику и к национальной экономике в целом.

**Потери отдельного предприятия.** В странах Евросоюза дискуссии по вопросам экономики охраны труда для отдельного предприятия велись с середины 80-х годов прошлого века, наиболее активно с конца 90-х. Первая европейская конференция по вопросам эффективности мероприятий по безопасности труда состоялась в 1997 г., она показала полярность мнений по поводу инвестиций в охрану труда как в краткосрочной, так и в среднесрочной перспективе. Для аргументированных затрат на вопросы об окупаемости финансовых затрат на деятельность по снижению трудопотерь не хватало комплексных и объективных исследований. Выполненные с тех пор активные масштабные исследования и разработанные модели расчета экономической эффективности работ по созданию безопасных условий труда позволили практически завершить дискуссии по этой проблеме. На сегодня сформировалось общее представление о том, что для любых предприятий, независимо от размера производства и уровня экономического благополучия, убытки от проблем с безопасностью труда являются неприемлемыми [2].

Одним из первых, кто предложил реалистичную комплексную методику расчета материальных потерь предприятия от производственного травматизма и профессиональных заболеваний был американский специалист Герберт-Уильям Гейнрих [3]. Его коллектив в 30—40-е годы прошлого века по заказу страховой компании Travelers Insurance Company проводил исследования на американском рынке труда. В результате анализа 550 тыс. несчастных случаев были выявлены некоторые закономерности, которые позволили сформулировать ряд инноваций, в том числе разработать наиболее цитируемый на сегодня способ оценки реальных размеров ущерба от несчастных случаев для отдельного предприятия. Международная организация труда признает данную модель расчета классической, последующие методики в той или иной степени опираются на положения и выводы Г.-У. Гейнриха.

Заслугой Г.-У. Гейнриха признается то, что он впервые предложил и обосновал необходимость разделять материальные потери отдельного предприятия от производственных инцидентов на две группы: 1) прямые убытки, которые отражают одноразовый экономический ущерб; 2) косвенные убытки, обусловленные негативными последствиями для предприятия в ближайшем, и не только в ближайшем будущем.

Прямые убытки отражают очевидные единовременные потери производства в результате произошедшего инцидента. Структура прямого ущерба достаточно прозрачна, она легко отслеживается системой мониторинга, выполняемой финансово-экономической службой компании и отражаемой в ее отчетных документах:

$$Y_{\text{пр}} = Y_{\text{чел}} + Y_{\text{об}} + Y_{\text{ин}} + Y_{\text{мат}} + Y_{\text{зд}},$$

где  $Y_{\text{об}}$ ,  $Y_{\text{ин}}$ ,  $Y_{\text{мат}}$  и  $Y_{\text{зд}}$  — стоимость испорченного вследствие несчастного случая соответственно оборудования, инструмента, материалов и элементов здания;  $Y_{\text{чел}}$  — затраты, связанные с восстановлением здоровья пострадавшего и с его профессиональной и социальной реабилитацией, а также затраты на соответствующую подготовку или переподготовку нового работника.

Там, где стоимость рабочей силы высока, ущерб, связанный с человеком, занимает значительную долю в структуре прямых убытков, и, наоборот, при низкой зарплате доля стоимости рабочей силы в оценке прямого ущерба снижается. Следовательно, с позиций охраны труда высокий заработок работников является для работодателя дополнительным стимулом к осуществлению технической модернизации производственного процесса, к созданию объективно безопасного рабочего места и инфраструктуры предприятия.

Косвенные убытки имеют сложную структуру и могут ощущаться в течение длительного периода времени — несколько месяцев или даже лет. К косвенному ущербу относят потери от остановки производства и сокращения или прекращения выпуска продукции на период проведения расследования инцидента и восстановления производства, связанные с выплатой штрафных санкций за срыв договорных обязательств перед контрагентами, отвлечением людских, финансовых и материальных ресурсов на процедуру расследования, на ремонт и восстановление утраченного имущества, потерей части прибыли из-за сокращения выпуска товаров и услуг, выплатой процентов по обслуживанию банковского кредита, взятого для финансирования работ по локализации и ликвидации последствий несчастного случая, а также потери, вызванные текучестью кадров и

выбытием трудовых ресурсов, возможным повышением страхового взноса в Фонд социального страхования, и др.

Косвенные убытки считаются неочевидными, т. е. их сложно распознать и выявить. Международная организация труда (МОТ) для наглядной демонстрации полного ущерба от несчастного случая или профессионального заболевания использует теоретическую модель под названием "айсберг". Как известно, айсберг состоит из видимой и невидимой частей, которые существенно отличаются по размерам и которые могут ввести в заблуждение при оценке степени опасности для морских судов. МОТ предлагает видимую надводную часть айсберга воспринимать в качестве прямых убытков, а подводную часть, значительно большую по объему, чем надводная, но невидимую для наблюдателя, воспринимать в качестве косвенных убытков. Таким образом, наличие скрытой части общих экономических потерь создает серьезные трудности при оценке производственных издержек предприятия от производственного травматизма и различных заболеваний, обусловленных условиями производственного процесса.

Для того чтобы оценить неочевидный ущерб и разработать методику расчета косвенных убытков необходимы комплексные исследования, которые не в состоянии проводить финансово-экономические подразделения подавляющего большинства предприятий. Естественно, из-за отсутствия методик оценки экономических потерь от производственных инцидентов руководители предприятий в качестве полного ущерба могли учитывать только прямые убытки, что в значительной мере искажало реальные негативные последствия.

Еще одной заслугой Г.-У. Гейнриха являлось то, что он не только аргументировал необходимость разделения убытков на две группы, но и создал способ оценки косвенных убытков, позволяющий рассчитывать значение их величин для реально произошедших несчастных случаев. На основании большого массива аналитических данных Г.-У. Гейнрих вывел универсальный показатель, отражающий соотношение между величинами прямых и косвенных убытков. По его расчетам получается, что в результате производственного инцидента косвенные убытки предприятия оказываются в среднем в 4 раза выше, чем убытки прямые.

Таким образом, используя коэффициент Г.-У. Гейнриха — четыре к одному — можно достаточно просто определить реальный экономический ущерб предприятия от производственного травматизма и профессионально-обусловленных заболеваний. Такие оценки, не вдаваясь

в сложные расчеты, теперь в состоянии провести финансово-экономические подразделения каждого предприятия. Неудивительно, что полученные результаты реальных потерь заставили большинство работодателей прекратить сомневаться в экономической целесообразности вложения средств в улучшение условий труда.

Последующие модифицированные и более развернутые модели расчета экономических потерь в той или иной степени опираются на работы Г.-У. Гейнриха. Современные методики оценки ущерба дополняются новыми факторами влияния, отражающими изменения в мировом общественном производстве, которые произошли за последние десятилетия и которые отсутствовали в 30—40-е годы прошлого века. В частности, в дополнение к материальным потерям в структуру косвенных убытков рекомендуется включать потери репутационного характера, которые несет предприятие в связи с высоким уровнем производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Особенно это сказывается на имидже крупных известных фирм, бизнес которых в значительной степени зависит от того, как они представляются на рынке, какую оценку им дают средства массовой информации, как к ним относятся партнеры и конкуренты.

Предприятия с негативной репутацией по вопросам безопасности труда имеют небольшие шансы выигрывать тендеры на выполнение работ. Неритмичность производства вследствие инцидентов затрудняет их долгосрочные отношения с партнерами. Имиджевые потери напрямую влияют на объемы производства, на снижение прибыли и на конкурентоспособность фирмы, вызывают негативную реакцию общественного мнения. Кроме того, установлено, что у работников таких предприятий из-за небезопасных условий труда ухудшается профессиональная мотивация, понижается качество и производительность труда.

При оценке косвенных убытков учитываются и другие изменения, происходящие в постиндустриальной и индустриальной экономической среде: глобализация, повышение конкуренции, специализация производств, учет возрастающего влияния человеческого фактора и пр. Поэтому можно сделать вывод, что соотношение между косвенным ущербом и прямым ущербом, которое вывел Г.-У. Гейнрих — четыре к одному, сегодня не соответствует реальности. Американский исследователь Франк Бёрд-младший в конце 60-х годов прошлого века провел анализ статистических данных по 1,75 млн производственных инцидентов, произошедших на 300 предприятиях, относящихся к 21 виду промышленного производства. По его оценкам, более близким



к объективности следует признать соотношение 6:1, т. е. значение величины косвенных убытков в среднем превышает значение величины прямых убытков в 6 раз [2].

Такое же соотношение предлагает использовать Министерство социального обеспечения и здравоохранения Финляндии для стран Северной Европы. Международная организация труда в своих рекомендациях для развивающихся стран указывает другой коэффициент — 5:1 [2]. Можно дискутировать по поводу цифры соотношения косвенных и прямых убытков, но используемые методики расчета позволяют однозначно констатировать, что для отдельно взятого предприятия вложение средств в реализацию мероприятий по охране труда окупаются за счет уменьшения производственных издержек, обусловленных сокращением потерь рабочего времени от производственных травм, профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний.

**Ущерб для пострадавшего работника.** В результате производственной травмы или профессионального заболевания наиболее уязвимой стороной инцидента является сам пострадавший работник. В добавлении к его физическим и психическим страданиям добавляется моральный и материальный ущерб, который испытывают родные и близкие потерпевшего, что существенно расширяет зону человеческого несчастья. Статистические данные не отражают общего числа людей, которые напрямую и косвенно вовлекаются в ситуацию, связанную с фактом трудовой травмы или профессионального заболевания. Но даже статистическая информация по числу непосредственно пострадавших на производстве представляется значительными людскими потерями. Так, в России ежегодные трудовые издержки из-за заболеваемости работников разных категорий составляет 650 млн человеко-дней, что равнозначно тому, что 2,3 млн условных рабочих не трудятся в течение всего года. В странах Евросоюза жертвами несчастных случаев, связанных с трудовой деятельностью, ежегодно становятся 5 млн человек. При этом МОТ считает, что данные статистических органов скорее всего занижены.

Получение производственной травмы, профессионального заболевания или других заболеваний, обусловленных трудовой деятельностью, связано с различными проблемами пострадавшего работника, которые касаются его временной нетрудоспособности, сложностями при восстановлении здоровья, профессиональной и социальной реабилитации. Кроме того, следует учитывать тот факт, что немалое число пострадавших не могут окончательно восстановить первоначальное здоровье и частично утрачивают какую-то часть

своей работоспособности. В частности, установлено, что после инцидента трудовые возможности такого работника снижаются и они могут понизиться в 2 раза по сравнению с тем, что было до несчастного случая. Это отрицательно сказывается на его умении конкурировать на рынке труда, успешно развивать собственную профессиональную карьеру.

В США оценили возможные экономические потери работников, которые испытали частичную утрату трудоспособности в результате производственной травмы. Исследования показали, что в этом случае человек в течение пяти лет теряет до 40 % своего дохода, при этом женщины лишаются несколько большей доли дохода, чем мужчины. Потери по одной травме оцениваются примерно в 8 тыс. долларов, при этом не учитываются те убытки, которые несет американская семья в том случае, когда близкий родственник бросает работу, чтобы ухаживать за пострадавшим работником [2].

**Экономические потери национальной экономики.** Для государства и общества в целом любое ухудшение здоровья работников несет серьезные экономические, социальные и моральные потери. По этому вопросу дискуссии ведутся не о том, существует ли экономические потери, а о том, какова величина потерь, как их грамотно просчитать и проанализировать.

Производственный травматизм, профессиональные и производственно-обусловленные заболевания вызывают увеличение финансовой нагрузки на бюджеты Фонда социального страхования РФ и Пенсионного фонда, на системы здравоохранения и социальной защиты населения, негативно влияют на социально-экономическую и демографическую ситуацию в стране. Возмещение ущерба пострадавшим на производстве в результате несчастного случая, оплата временной нетрудоспособности, выплаты по инвалидности, пособия семьям, потерявшим кормильца, расходы на выплату досрочных пенсий за работу во вредных условиях — все это затраты, которые вынуждены осуществлять государственные структуры за недостаточную работу хозяйствующих субъектов национальной экономики по улучшению условий труда.

По оценке профессора Э. Петросянца, если предприятие уменьшает собственные затраты на реализацию мер по безопасности производства на одну единицу, то государству требуется увеличивать свои расходы на три единицы, чтобы не допустить снижения достигнутого уровня социальной защиты работающей части населения [4]. Иными словами, государственный бюджет вынужден расплачиваться за непонимание работодателями той

социальной ответственности, которую они в реальности должны нести перед обществом.

В 2011 г. Минздравсоцразвитие РФ оценило общие потери российской экономики в 4,3 % валового внутреннего продукта (ВВП) [5]. Это означает, что ущерб народному хозяйству страны от производственно-обусловленных заболеваний, от получения производственных травм, приведших к инвалидности, а также от летальных исходов теоретически равнозначен тем потерям, которые возникнут, если остановить всю промышленность России на две недели. При этом снижение продолжительности средней временной нетрудоспособности только на один день позволило бы привлечь в общественное производство дополнительно 155 тыс. условных работников.

Убытки мировой экономики в глобальном масштабе от производственных травм и профессиональных заболеваний оценивают в 4 % мирового ВВП, что сопоставимо с темпами его ежегодного роста. В странах Евросоюза ущерб составляет 2,6...3,8 % в год, для бедных стран потери достигают 10 % и более от ВВП. Это означает, что огромные материальные, финансовые и человеческие ресурсы, используемые для обеспечения и поддержания общественного прогресса, тратятся не эффективно и, следовательно, они могли бы более рационально использоваться на решение других важных проблем.

Таким образом, рассмотренные данные по экономическим потерям от несчастных случаев и профессиональных заболеваний предприятий, самих пострадавших и национальной экономики показывают, что все три стороны производственных инцидентов (предприятие, пострадавшие, экономика) несут существенные убытки, которые в условиях повышения стоимости рабочей силы будут только возрастать. Для снижения производственных и иных убытков следует улучшать объективный фактор безопасности производственной среды, который с позиций современной модели охраны труда обеспечивается созданием комфортных условий труда, обновлением и модернизацией промышленного оборудования, использованием технологий, инструментов и приспособлений, имеющих низкий уровень производственных опасностей и вредностей.

Новые подходы к обеспечению безопасности на основе преимущественно технических мер достаточно быстро стали приносить позитивные результаты. Так, в ФРГ в 1967 г. было зафиксировано около 4200 несчастных случаев со смертельным исходом, через 20 лет, в 1987 г. их число уменьшилось до 1521 инцидента [6].

Но, кроме снижения экономических издержек в результате уменьшения числа производственных

инцидентов проявилось еще одно явление, имеющее долгосрочный эффект. Меры по улучшению условий труда оптимизировали производство, использование нового оборудования и новых технологий с улучшенными показателями по безопасности одновременно позитивно сказались на росте производительности и качестве труда, повысили мотивацию персонала и конкурентоспособность фирмы. Произошел двойной эффект — с одной стороны, были уменьшены экономические потери из-за сокращения производственных издержек, а, с другой стороны, повысилась прибыль предприятия в результате совершенствования условий труда, улучшилась его конкурентоспособность. Признается, что экономическая составляющая второй части перекрывает позитив от снижения производственных издержек. Поэтому опросы, ежегодно проводимые среди руководителей предприятий Евросоюза, показывают, что в перечне факторов, обеспечивающих конкурентоспособность фирмы, проблемы охраны труда в их управленческих приоритетах стабильно занимают второе место после качества выпускаемой продукции и услуг [6].

Одни из недавних исследований, продолжавшихся два года в 300 компаниях 16 стран Евросоюза, показали, что рентабельность инвестиций в мероприятия по охране труда в среднем более чем в 2 раза превышают сумму инвестиций. Это означает, что каждый евро, потраченный компанией на профилактические меры по снижению несчастных случаев и профессиональных заболеваний, на 2,2 евро укрепляет экономический потенциал предприятия. А для неблагополучных по состоянию безопасности труда предприятий или компаний с небольшим опытом в данной сфере позитивный эффект оказывался еще выше. Коллективное исследование проводилось силами Международной ассоциации социальной безопасности, Немецкого общества обязательного страхования и Немецкого общества профессионального страхования работников энергетики [7].

В 70—80-х годах прошлого века промышленно развитые страны начали переход к постиндустриальному обществу. Главной ценностью нового социально-экономического уклада признается человек, который из средства достижения производственных, экономических или иных целей непосредственно сам становится основной целью общественного совершенствования. Поэтому меры по гуманизации труда, по развитию "человеческого фактора" в производственной сфере, которые выражаются в том числе деятельностью по улучшению комфорта рабочих мест, наиболее рентабельны для общества. Следует ожидать, что в дальнейшем социально-экономическое



значение охраны труда будет только возрастать и станет основным эффективным способом обеспечения общественного и экономического прогресса.

### Список литературы

1. **Указ** Президента РФ от 9.10.2007, № 1351 "Концепция демографической политики РФ до 2025 года".
2. **Александрова Е. В.** Кошелек или жизнь // *Коммерсант-Business Guide. Охрана труда.* — 2006. — № 204/В. — С. 30—31.
3. **Heinrich H.-W.** Industrial accident prevention: a scientific approach. — New-York — McGraw-Hill, 1959. — 480 p.
4. **Петросяни Е. В.** Реальный источник прибыли // *Охрана труда и социальное страхование.* — 1999. — № 11. — С. 16—23.
5. **Голикова Т. А.** О мерах, направленных на улучшение условий труда, сохранение жизни и здоровья работников: Доклад на заседании Правительства РФ 27 октября 2011 года // *Охрана труда и техника безопасности в строительстве.* — 2012. — № 1. — С. 7—11.
6. **Сугак Е. Б.** Общие вопросы охраны труда. Инновационные решения: Учебное пособие для вузов. — М.: Издательство АСВ, 2009. — 80 с.
7. **Козицкий С. С.** Охрана труда демонстрирует рентабельность: исследования подтверждают экономическую пользу профилактики // *Охрана труда и техника безопасности в строительстве.* — 2012. — № 6. — С. 55—56.

**Е. В. Sugak**, Professor, e-mail: SugakEB@mgsu.ru, National Research Moscow State Construction University

## To the Question of Economic Feasibility Events on Labor Protection

*Losses of the Russian economy from industrial injuries and various diseases, caused by working conditions, are estimated at 4,3 % of gross domestic product and is comparable to the rate of the annual increase. In this damage, basically, gets the most productive and active part of the population, which exacerbates the problem of storing the nation's human resources, has a negative impact on the demographic situation, on the average life expectancy. The article considers the economic impact of incidents at the workplace in relation to the individual company directly to suffering for the employee and to the national economy as a whole.*

**Keywords:** industrial injuries, diseases from conditions, direct and indirect losses of the enterprise, the loss of the injured worker, damage to the national economy

### References

1. **Указ** Президента РФ от 9.10.2007, № 1351. "Konceptija demograficheskoj politiki RF do 2025 goda".
2. **Aleksandrova E. V.** Koshelek ili zhizn. *Kommersant-Business Guide. Ohrana truda.* 2006. No. 204/V. P. 30—31.
3. **Heinrich H.-W.** Industrial accident prevention: a scientific approach. New-York — McGraw-Hill, 1959. 480 p.
4. **Petrosjanc E. V.** Realnyj istochnik pribyli. *Ohrana truda i socialnoe strahovanie.* 1999. No. 11. P. 16—23.
5. **Golikova T. A.** O merah napravlennyh na uluchshenie uslovij truda, sohranenie zhizni i zdoroviya rabotnikov. Doklad na zasedanii Pravitelstva RF 27 oktjabrja 2011 goda. *Ohrana truda i tehnika bezopasnosti v stroitelstve.* 2012. No. 1. P. 7—11.
6. **Sugak E. B.** Obshie voprosy ohrany truda: innovacionnye reshenija. Uchebnoe posobie dlja vuzov. Moscow: Izdatelstvo ASV, 2009. 80 p.
7. **Kozitskij S. S.** Ohrana truda demonstriruet rentabelnoct: issledovaniya podverzhdaut ekonomicheskuu polzu profilaktiki. *Ohrana truda i tehnika bezopasnosti v stroitelstve.* 2012. No. 6. P. 55—56.

### Анонс

В следующем номере журнала № 6 в разделе "Пожарная безопасность" будет опубликована статья Никольского О. К., Мартко Е. О., Овечкиной Ю. А. "Принципы оценки и управления пожарными рисками в электроустановках производственных объектов"



УДК 623.4

**А. С. Лозбин**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., e-mail: alex@lozbin.ru,

**Ю. Б. Моисеев**, д-р мед. наук, доц., вед. науч. сотр.,

**С. П. Рыженков**, канд. мед. наук, зам. начальника,

Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики) ЦНИИ ВВС Минобороны России, Москва

## Оценка защищенности бронированных машин при воздействии обычных средств поражения

*Статья посвящена разработке методов математического моделирования, позволяющих сформировать критерии безопасности экипажей современных бронированных машин при воздействии обычных средств поражения (без пробития брони). Для расчетов была использована упруго-демпфирующая механическая модель позвоночника человека. В качестве расчетного параметра, согласно этой модели используется индекс динамической реакции. В результате экспериментальных исследований установлена связь между максимальным значением этого индекса и вероятностью получения травмы позвоночника.*

**Ключевые слова:** бронированные машины, системы защиты экипажей, обычные средства поражения, травмы позвоночника, математическая модель позвоночника, индекс динамической реакции

Современные российские бронированные машины (БМ) оснащаются системами защиты экипажей от действия неблагоприятных факторов, сопровождающих поражение БМ в результате воздействия средств поражения (СП) таких, как противотранспортные мины, снаряды, осколки и тому подобные боеприпасы (без пробития брони). Эти системы носят комплексный характер и включают коллективные и индивидуальные технические средства, такие как специальные конструктивные особенности корпуса (например, V-образная форма днища, многослойный пол и стенки и т. п.), амортизационные кресла, усиленная привязная система, специальная подставка для ног, защитный шлем [1]. Все эти средства нуждаются в проверке для оценки их фактической эффективности.

Цель исследования: разработать методы математического моделирования, позволяющие сформировать критерии безопасности личного состава. Необходимое условие этого — оценка факторов, сопровождающих воздействие обычных СП (кумулятивных, фугасных, осколочных мин и ручных гранат) на БМ, механизмы травмирования человека и характерные повреждения, получаемые экипажем. При этом следует рассматривать расчетные случаи — отсутствие нарушения целостности корпуса БМ, т. е. прямого воздействия на человека поражающих фрагментов, таких, например, как осколки, и исключение затекания ударной волны внутрь. Это, по мнению авторов, позволяет свести рассматриваемую задачу к единому

и наиболее тяжелому варианту — защите от факторов подрыва противотранспортных мин.

У пострадавших с минно-взрывными повреждениями преобладают переломы костей, которые в сумме с отрывами и разрушениями конечностей составляют 39,1 %. Второе место принадлежит сопутствующим ранениям мягких тканей (32,1 %), третье — повреждениям внутренних органов (19,3 %) [2]. Эта картина похожа на структуру травм у членов экипажей вертолетов, совершивших аварийное приземление, что позволяет предположить сходство главных повреждающих факторов и механизмов травмирования в обоих случаях. Если это так, то главным травмирующим фактором является ударная перегрузка (УП).

В структуре переломов преобладают закрытые и сочетанные, составляющие в сумме 3/4 данного вида травм. Около половины всех переломов приходится на нижнюю конечность (46,8 %), в первую очередь, на кости стопы (21,4 %). Второе место принадлежит переломам позвоночника (9 %), третье — повреждениям костей черепа (7,5 %). Представленные факты являются достаточно убедительным свидетельством того, что причиной этих переломов явилось прямое и не прямое действие механического фактора, в значительной степени обусловленное кинематическим и деформационным воздействием УП, сопровождающих минный подрыв БМ.

Таким образом, при испытаниях эффективности противоминной защиты экипажей БМ в первую очередь необходимо ориентироваться

на оценку неблагоприятного действия УП (кинематического и деформационного воздействия, преимущественно вертикального направления — УП "голова-таз")

Критерии, связывающие нормируемую величину УП, время ее действия и скорость нарастания с вероятностью получения травм позвоночника, являются, на первый взгляд, достаточно естественными и простыми в применении. Однако на практике эти критерии имеют ряд существенных недостатков:

- в них не учитывается совместное воздействие различных составляющих УП на организм человека (совместное действие перегрузок по всем трем осям);
- существует трудность в определении допустимого уровня УП, превышающей нормируемый общими техническими требованиями (ОТТ) ВС РФ уровень, но действующей короткое время;
- возникает неоднозначность в определении допустимого времени действия УП при реальном характере ее изменения во времени, отличном от оговоренных в регламентирующих документах треугольной или трапециевидальной форм.

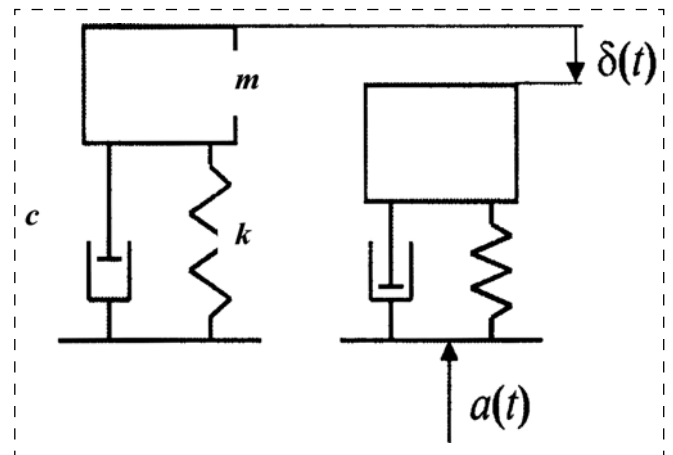
Необходимость учета амплитудно-временных и амплитудно-частотных параметров УП привела к созданию соответствующих моделей, учитывающих действие УП на организм человека.

В самой простой форме эту модель можно рассмотреть на механическом аналоге тела человека, представленном массой ( $m$ ), упругой (коэффициент жесткости  $k$ ) и демпфирующей (коэффициент демпфирования  $c$ ) связью, имитирующей механические свойства тела или отдельных анатомических структур (рис. 1)

Коэффициент жесткости  $k$  характеризует способность структур человеческого тела сопротивляться деформации при приложении силы. Коэффициент демпфирования  $c$  обусловлен вязким трением в тканях тела и характеризуется соотношением усилия и скоростью смещения массы.

В рассматриваемом механическом аналоге реакции тела человека на действующую УП величина массы и жесткость пружины определяют собственную частоту этой модели, а количественная характеристика демпфирования определяет выраженность затухания колебаний [3].

В зависимости от соотношения длительности действия УП и собственной частоты тела можно определить ряд закономерностей, в частности — объяснить различие двух зон равноэффективного действия УП  $n$  на ее амплитудно-временной диаграмме, приведенной на рис. 2.

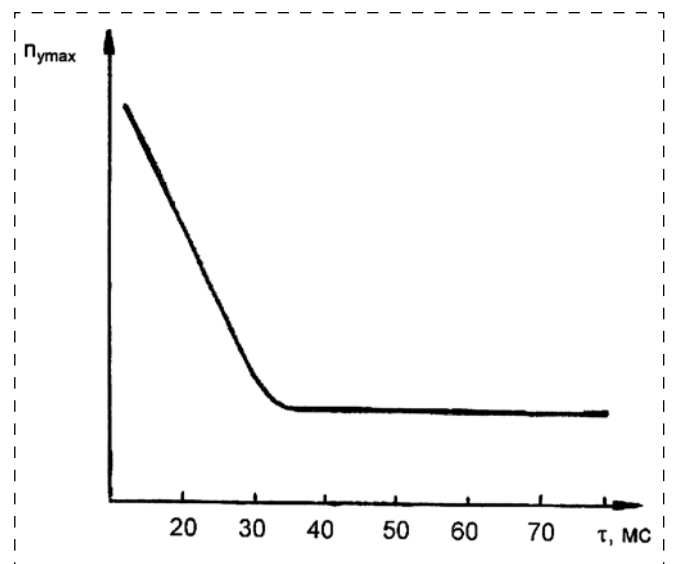


**Рис. 1. Схема механической модели для определения индекса динамической реакции:**

$a(t)$  — ускорение в критической точке системы кресло—оператор, близкой к поясничному отделу позвоночника человека;  $\delta(t)$  — деформация упругого элемента модели;  $t$  — время

Так, при длительности меньше полупериода собственных колебаний системы (для человека в вертикальном направлении этот полупериод составляет  $\tau = 0,03...0,035$  с) усилие в вязкоупругой связи определяется потерянной при ударе скоростью  $\Delta v$  и не зависит от величины перегрузки. Иначе говоря, травмоопасность перегрузки в этом диапазоне будет возрастать не за счет прироста ее величины, а за счет увеличения импульса действия. Из этого же следует, что существует область безопасных скоростей соударения, независимо от возникающей при этом величины перегрузки.

При длительности больше указанного полупериода  $\tau > 0,03...0,035$  с усилие в вязкоупругой связи



**Рис. 2. Влияние времени действия УП  $\tau$  в направлении "голова-таз" на максимально переносимую ее величину  $n_{\text{max}}$**

зависит от величины перегрузки  $n_{y\max}$  и скорости ее нарастания  $\dot{n}$  и не связано со скоростью соударения  $\Delta v$ . В этом случае прирост скорости нарастания увеличивает травмоопасность перегрузки, однако значение этого параметра уменьшается с возрастанием демпфирующих свойств системы.

В переходной области между этими двумя диапазонами, т. е. при длительности, соответствующей собственной частоте системы, усилие определяется временем действия, величиной и скоростью нарастания. Однако, учитывая незначительную длительность переходной области, можно принять, что существует два временных диапазона, в пределах одного из которых критическим показателем является потерянная при ударе скорость  $\Delta v$ , а в пределах другого — величина УП  $n_{y\max}$  и скорость ее нарастания  $\dot{n}$ .

Таким образом, в конце 1960-х годов для оценки воздействия УП был принят описанный простейший механический аналог в виде модели, состоящей из массы, пружины и вязкого демпфера (см. рис. 1). Эта модель стала использоваться для оценки максимальной деформации и усилий, возникающих в позвоночном столбе при любых значениях параметров, характеризующих ударное воздействие.

Свойства элементов модели задаются на основе экспериментально полученных данных по динамическим характеристикам тела человека. Реакция модели при воздействии ударных ускорений любой заданной величины и длительности может быть определена на основании решения дифференциального уравнения второго порядка:

$$\frac{d^2\delta(t)}{dt^2} + 2\zeta\omega_n \frac{d\delta(t)}{dt} + \omega_n^2\delta(t) = a(t) = g(n_y(t) - \cos\chi), \quad (1)$$

где  $a(t)$  — ускорение в критической точке системы кресло—оператор, близкой к поясничному отделу позвоночника человека;  $\chi$  — угол установки амортизирующего кресла (АК), радиан;  $\delta(t)$  — деформация упругого элемента модели;  $\zeta$  — коэффициент демпфирования модели (0,224);  $\omega_n$  — собственная частота модели (52,9 рад/с).

Для дальнейших расчетов введем величину  $DRI(t) = \delta(t) \frac{\omega_n^2}{g}$  — индекс динамической реакции — Dynamic Response Index (*DRI*).

На основании экспериментально полученных результатов установлена связь между максимальным значением *DRI* и вероятностью получения травмы позвоночника. Эта зависимость приведена на рис. 3.

Схожесть воздействия в направлении голова—таз УП, возникающих при срабатывании по



Рис. 3. Зависимость вероятности получения травмы позвоночника от максимального значения *DRI*

бронированным машинам обычных средств поражения и катапультированию экипажа, позволяет использовать данные стандарта ВВС США, в соответствии с которым для 50-перцентильной массы летчика в снаряжении при нормальной температуре +21 °С нормативное значение *DRI* не должно превышать 18, при стандартном отклонении  $\pm 1$ . При повышенной температуре +74 °С нормативное значение *DRI* не должно превышать 22, при стандартном отклонении  $\pm 1$  [4]. Близкие значения указанных выше величин приведены и в отечественных нормативных документах [5].

По аналогии с индексом динамической реакции, такой же подход с механическим аналогом можно применить и к действию ударных перегрузок по другим осям тела. В частности, при действии УП по всем трем осям тела вводят понятие многоосевого критерия динамической реакции *MDRC*, который рассчитывается следующим образом:

$$MDRC = \sqrt{\left[\frac{DRX(t)}{DRX_L}\right]^2 + \left[\frac{DRY(t)}{DRY_L}\right]^2 + \left[\frac{DRZ(t)}{DRZ_L}\right]^2} \leq K, \quad (2)$$

где  $K$  — нормировочный коэффициент; в зависимости от вероятности получения травм  $K = 1...1,4$ ;  $DRX(t)$ ,  $DRY(t)$ ,  $DRZ(t)$  — динамические реакции моделей, рассчитанные по составляющим УП с помощью уравнений, аналогичных дифференциальному уравнению, определяющему величину *DRI*;  $DRX_L$ ,  $DRY_L$ ,  $DRZ_L$  — предельные уровни динамических реакций по трем осям X, Y, Z, значения которых приведены в табл. 1.



Таблица 1

Предельные уровни динамических реакций  
при вычислении MDRC

$DRX_L$		$DRY_L$		$DRZ_L$
$DRX > 0$	$DRX < 0$	$DRY > 0$	$DRY < 0$	
40	35	18	16,5	17

Таблица 2

Параметры динамической модели при вычислении MDRC

Направление	+x	-x	+y	-y	$\pm z$
$\zeta$	0,200	0,23	0,224	0,240	0,090
$\omega_n$ , рад/с	62,8	60,8	52,9	47,1	58,0

Стандартная модель вычисления импульса динамической реакции позволяет оценить допустимость воздействия УП на организм человека. Однако при таком подходе позвоночник сидящего в кресле оператора рассматривается в качестве единого целого, тогда как различные его отделы имеют различные характеристики, обладают различной прочностью и нагружаются при ударной перегрузке различным образом. Параметры модели по всем трем осям приведены в табл. 2.

Как показал анализ антропометрических данных, наибольшей прочностью (с точки зрения получения травм от действия вертикальных перегрузок) при статическом нагружении обладают позвонки поясничного отдела, а также нижние позвонки грудного отдела.

Позвонки взрослого мужчины способны выдерживать сжимающую нагрузку до 8000...11 000 Н. Однако прочность связывающих их межпозвоноковых дисков несколько меньше, и разрушение трехпозвоноковых групп нижней части позвоночника может происходить уже при статических нагрузках 6000...9000 Н. Прочность же всего поясничного отдела еще ниже, и при статической сжимающей нагрузке составляет в среднем порядка 4300 Н.

При динамическом нагружении позвоночника его прочность может быть несколько выше, поскольку, например, динамическая прочность трехпозвоноковых групп оказывается в 1,3—1,6 раза больше статической. Что же касается прочности женского позвоночника, то она может быть в 1,2—1,3 раза меньше мужской и предельно допустимая статическая величина нагружения поясничного отдела для нее будет порядка 3000...3400 Н. Но при этом следует помнить, что при динамическом нагружении эта величина также может быть несколько выше.

## Выводы

В заключение следует отметить, что если определять предельно допустимую нагрузку  $F_{\text{доп}}$  исходя из допустимой величины  $n_{\text{удоп}} = 18$  и параметров динамической модели, приведенных выше, то значения предельно допустимых усилий в поясничном отделе позвоночника должны составлять:

- для мужчины большого роста и массы  $F_{\text{доп}} \approx 4700...5500$  Н;
- для мужчины среднего роста и массы  $F_{\text{доп}} \approx 4000...4700$  Н;
- для женщины минимальной массы и роста  $F_{\text{доп}} \approx 3100$  Н.

Аналогично, если определять пределы допустимого нагружения исходя из величины  $DRI_{\text{max}} = 18$ , то значения предельно допустимых усилий в поясничном отделе позвоночника должны составлять:

- для мужчины большого роста и массы  $F_{\text{доп}} \approx 4900...5400$  Н;
- для мужчины среднего роста и массы  $F_{\text{доп}} \approx 4000$  Н;
- для женщины минимальной массы и роста  $F_{\text{доп}} \approx 3100$  Н.

С учетом этих данных в качестве уровня максимального допустимых нагрузок в поясничной области позвоночника человека можно принять следующие величины:

- для мужчины большого роста и массы  $F_{\text{доп}} = 5300$  Н;
- для мужчины среднего роста и массы  $F_{\text{доп}} = 4000$  Н;
- для женщины минимальной массы и роста  $F_{\text{доп}} = 3100$  Н.

## Список литературы

1. Кудрин И. Д., Александров В. Н. О комплексной системе требований по безопасности жизни и деятельности военнослужащих // Военно-медицинский журнал. — 2012. — № 5. — С. 39—43.
2. Опыт медицинского обеспечения войск в Афганистане 1979—1989 гг.: В 5 т. Т. III: Оказание хирургической помощи при ранениях различной локализации / Под ред. И. А. Ерюхина, В. И. Хрупкина. — М.: ГВКГ им. акад. Н. Н. Бурденко, 2003. — 485 с.
3. Гирке-фон Х. Е., Бринкли Дж. В. // Основы космической биологии и медицины. Т. II, кн. 1. — М.: Наука, 1975. — С. 233—264.
4. Казейкин В. С., Ступаков Г. П. Справочник авиационного врача. Кн. 2, гл. 33. — М.: Воздушный транспорт, 1993. — С. 300—330.
5. ОСТ В 102778—2001. Травмобезопасность членов экипажа при действии ударных перегрузок, возникающих при работе энергодатчика катапультной установки. Общие требования.

**A. S. Lozbin**, Senior Researcher, e-mail: alex@lozbin.ru, **Ju. B. Moiseev**, Associate Professor, Leading Researcher, **S. P. Ryzhenkov**, Deputy Chief, Research and Testing Center (Aerospace Medicine and Military Ergonomics) CRI Air Force Ministry of Defense, Moscow

## Estimation of Security of Armored Vehicles under the Influence of Conventional Means of Destruction

*The article is devoted to the development of methods of mathematical modeling allowing to create criteria for the safety of the crews and passengers of Russian modern armored fighting vehicles under the influence of the means of destruction such as blasting on anti-vehicle mines, shells, fragments, etc. (without armor penetration).*

*For calculations, we used an elastic-damping mechanical model that reflects the dynamic response of the human spine on impact. Index of the dynamic response (IDR) was used as a design parameter in this model.*

*The experimental studies have established a link between a maximum value of IDR and probability of injury of the spine. Assessment of trauma safety was based on an effect of overload on three axes. To determine the safety criteria, we considered the spine departments which were most susceptible to the impact of shock loading when the ammunition was blown up.*

*Based on the obtained data, we determined the maximum allowable load for crew members of armored vehicles of different anthropometric groups.*

**Keywords:** armored vehicles, security crews, conventional weapons, mine blast injury, mathematical model of the spine, dynamic response index

### References

1. **Kudrin I. D., Aleksandrov V. N.** O kompleksnoj sisteme trebovanij po bezopasnosti zhizni i dejatel'nosti voennosluzhashchih. *Voenno-meditsinskij zhurnal*. 2012. No. 5. P. 39–43.
2. **Opyt** medicinskogo obespechenija vojsk v Afganistane 1979–1989 gg.: in 5 vol. Vol. III: Okazanie hirurgicheskogo pomoshhi pri ranenijah razlichnoj lokalizacii. Pod red. I. A. Erjuhina, V. I. Hrupkina. Moscow: GVKG imeni akademika N. N. Burdenko, 2003. 485 p.
3. **Girke-fon H. E., Brinkli Dzh. V.** Osnovy kosmicheskoi biologii i mediciny. Vol. II. Kniga 1. Moscow: Nauka, 1975. P. 233–264.
4. **Kazejkin V. S., Stupakov G. P.** Spravochnik aviacionnogo vracha. Kniga 2, glava 33. Moscow: Vozdushnyj transport, 1993. P. 300–330.
5. **OST V 102778—2001.** Travnobezopasnost' chlenov ehkipazha pri dejstvii udarnyh peregruzok, voznikayushchih pri rabote ehnergodatchika katapul'tnoj ustanovki. Obschie trebovaniya.

## Информация

### Начинается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на второе полугодие 2018 г.

Оформить подписку можно через подписные агентства  
или непосредственно в редакции журнала

#### Подписной индекс по каталогу:

Пресса России — 94032

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4,  
Издательство "Новые технологии",  
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: (499) 269-53-97. Факс: (499) 269-55-10. E-mail: bjd@novtex.ru

УДК 613.3+614.7

**Т. К. Валеев**, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отдела, e-mail: valeevtk2011@mail.ru, **Р. А. Сулейманов**, д-р мед. наук, зав. отделом, **З. Б. Бактыбаева**, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отдела, **Н. Р. Рахматуллин**, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отдела, Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека", **Н. Х. Давлетнуров**, начальник отдела, Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, Уфа, **Д. Е. Иванов**, д-р биол. наук, руководитель лаборатории, **В. Ф. Спирин**, д-р мед. наук, зам. директора, Саратовский НИИ сельской гигиены

## Эколого-гигиеническая оценка влияния горнорудной промышленности на качество окружающей среды и здоровье населения

*Научно обоснованы гигиенические рекомендации по снижению загрязнения подземных вод и почвенного покрова на горнорудных территориях. Приведены результаты анализа эколого-гигиенического состояния территорий с развитой горнорудной промышленностью. Представлены данные мониторинга по загрязнению почвенного покрова, питьевых водоисточников в районах размещения крупных горнорудных комплексов России.*

*Проведены расчеты по оценке рисков здоровью населения, связанных с экспозицией токсикантов, содержащихся в питьевой воде и пищевых продуктах, которые обуславливают повышенную вероятность развития канцерогенезов и патологических изменений со стороны отдельных органов и систем организма. По результатам исследований, проведенных на примере горнодобывающих территорий Республики Башкортостан, разработан комплекс мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха, почвенного покрова, источников питьевого водоснабжения.*

**Ключевые слова:** горнорудная промышленность, питьевая вода, почва, пищевые продукты, атмосферный воздух, загрязнение, промышленные отходы, химические вещества, риск здоровью населения, гигиенические нормативы, территории, месторождения руд

### Введение

Горнодобывающие предприятия являются значительными источниками загрязнения объектов окружающей среды, так как их деятельность сопряжена с образованием больших объемов отходов, содержащих цинк, медь, мышьяк, свинец, марганец, кадмий, ртуть, хром и др. Заболеваемость населения, проживающего в регионах с развитой горнорудной промышленностью, является повышенной по целому ряду классов болезней и отдельных нозологий. В структуре заболеваемости населения наиболее значимыми являются болезни системы кровообращения, мочеполовой системы, органов пищеварения [1, 2].

Горнорудная промышленность России представляет собой комплекс отраслей, занимающихся добычей и обогащением различных видов рудного сырья (железных руд, руд цветных металлов, драгоценных и редкоземельных металлов).

Горнодобывающими производствами в РФ накоплены десятки миллиардов тонн отходов, включая отвалы перерабатывающих производств. На Урале общее количество отходов достигает более 10 млрд т. Значительный объем накопленных отходов на ограниченных территориях создает напряженную экологическую ситуацию в районах расположения предприятий отрасли. При этом одними из наиболее уязвимых элементов ландшафта являются водные объекты, используемые для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения, рыбохозяйственных целей и рекреации, почва и произрастающие на ней сельскохозяйственные культуры.

*Цель исследования* — обоснование гигиенических рекомендаций по снижению загрязнения подземных вод и почвенного покрова на территориях горнорудных предприятий.

*Материал и методы исследований*, в ходе которых был использован комплекс современных

санитарно-гигиенических, эпидемиологических, химико-аналитических и статистических методов.

Анализ эколого-гигиенической ситуации территорий проведен по данным государственных докладов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и Министерства природных ресурсов и экологии РФ [3—12].

Углубленная санитарно-гигиеническая оценка горнорудных территорий с оценкой риска здоровью населения от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды проведена на примере Республики Башкортостан (РБ).

Качество проб питьевой воды, почвы, пищевых продуктов, отобранных на горнорудных территориях Башкортостана, оценивали по результатам исследований химико-аналитического отдела Уфимского НИИ медицины труда и экологии человека, а также данным мониторинговых наблюдений Управления Роспотребнадзора по РБ. Оценка степени загрязнения исследуемых объектов проводилась по результатам анализа с использованием гигиенических нормативов. Для оценки экспозиции качества питьевой воды, пищевых продуктов и почвы при оценке канцерогенных и неканцерогенных эффектов проведен расчет средних концентраций с 95 %-ной вероятностью обеспеченности.

Расчеты и анализ риска для здоровья населения, проживающего на исследуемых территориях, проводились в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04 "Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду" [13]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета прикладных программ MS Excel XP.

*Результаты исследований и их обсуждение.* Анализ существующей информации и собственные наблюдения показывают, что основными источниками техногенного воздействия на среду обитания человека являются предприятия и объекты, связанные с добычей и обогащением полезных ископаемых: карьеры, шахты, рудники, обогатительные фабрики, отвалы пустых пород, склады полуфабрикатов и готовой продукции, хвостохранилища, пруды-отстойники, гидроотвалы, трубопроводы и каналы сбора рудничных, шахтных, дренажных вод и др.

Материалы исследований учреждений Роспотребнадзора и природоохранных органов по отдельным территориям РФ свидетельствуют, что почвенный покров и питьевые воды горнорудных районов загрязнены широким спектром металлов.

Результаты наблюдений за 2006—2015 гг. показали, что к опасной категории загрязнения почв

металлами относятся почвы территорий Иркутской области (Свирск, Слюдянка), Приморского края (пос. Рудная пристань), Свердловской области (г. Ревда, Реж, Кировград). Приоритетными металлами на этих территориях являются свинец, медь, цинк, кадмий, никель, кобальт. К территориям с умеренно опасным загрязнением почвенного покрова относятся отдельные участки городов — Медногорска Оренбургской области, Дальнегорска Приморского края, Асбест, Верхняя Пышма, Нижний Тагил Свердловской области, Баймак, Белорецк, Сибай, Учалы Республики Башкортостан.

Процент неудовлетворительных проб по содержанию тяжелых металлов в почве горно-промышленных районов Свердловской области в 2016 г. составил 23,1 % (селитебные территории — 21,9 %), Иркутской области — 14,5 %, Приморском крае — до 28 %, Красноярском крае — 15,2 %. В Челябинской области наиболее значительное превышение гигиенических нормативов в почвенном покрове регистрируется на территориях Верхнего Уфалея (мышьяк — 16,7 % проб, никель — 100 % проб, свинец — 100 % проб, цинк — 50 % проб), Карабаша (медь — 75 % проб, никель — 50 % проб, свинец — 100 % проб, цинк — 50 % проб).

В 2016 г. доля проб воды источников централизованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, составили в Красноярском крае — до 60 %, Кемеровской области — до 35,4 %, Приморском крае — до 26,5 %, Иркутской области — до 19 %. На территориях Курской и Белгородской областей, в зонах влияния Михайловского и Лебединского горно-обогатительных комбинатов, питьевые воды характеризуются повышенным содержанием железа, марганца. В отдельных пробах питьевых вод городов Златоуст, Кыштым, Карабаш, Верхний Уфалей Челябинской области регистрируется превышение ПДК по железу, марганцу, магнию, алюминию и др.

Результаты углубленных санитарно-гигиенических исследований, проведенных на примере горнорудных районов Республики Башкортостан, также свидетельствуют о существующем влиянии объектов горнорудной промышленности на качество окружающей среды.

Так, питьевые воды централизованных источников водоснабжения характеризуются средней жесткостью, повышенным содержанием железа и марганца (до 3,0 ПДК), умеренным содержанием цинка, меди, свинца, хрома, кадмия, нитратов, сульфатов. Вода, используемая для хозяйственно-питьевых целей из источников



нецентрализованного водоснабжения, на отдельных территориях не отвечает гигиеническим требованиям по показателям жесткости, содержанию железа, марганца, кальция, магния, нитратов, кадмия, хрома. Кроме того, подземные воды на большей части горнорудных территорий не удовлетворяют нормативу физиологической полноценности по содержанию фторид-ионов.

В условиях повышенного уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами проживает более 200 тыс. человек. В почвенном покрове региона, в среднем, обнаружено превышение ПДК меди (в 1,8 раза), цинка (в 2,0 раза), хрома (в 1,9 раза), кадмия (в 1,8 раза), мышьяка (в 1,4 раза), никеля (в 1,3 раза). Максимальные концентрации элементов отмечены на расстоянии до 5,0 км от основных источников загрязнения предприятий горнорудной промышленности по всем направлениям. Эти территории могут быть отнесены к опасной категории загрязнения почв.

В отдельных пробах пищевых продуктов, произведенных на горнорудных территориях и прилегающих к ним участках, обнаружен повышенный уровень хрома, никеля, меди, цинка, кадмия, свинца, ртути. Высокий уровень накопления в молоке отмечен по хрому (до 1,7 ПДУ), никелю (до 4,0 ПДУ), меди (1,4—2,5 ПДУ), свинцу (до 1,2 ПДУ) и ртути (до 1,2 ПДУ). В мясе крупного рогатого скота установлены повышенные уровни содержания хрома (до 2,5 ПДУ), никеля (до 4,5 ПДУ) и цинка (до 1,2 ПДУ). В продукции растениеводства (картофель, морковь, свекла, зерновые культуры) также отмечено превышение допустимых уровней по хрому, никелю, кадмию, свинцу и цинку.

Установлены статистически достоверные ( $p < 0,05$ ) корреляционные связи между содержанием валовой формы металлов в почве и содержанием в корнеплодах мышьяка ( $r = 0,84$ ), меди ( $r = 0,56$ ), цинка ( $r = 0,49$ ) и кадмия ( $r = 0,42$ ), а в зерновых культурах цинка ( $r = 0,74$ ) и меди ( $r = 0,58$ ). Определены также и корреляционные связи между содержанием подвижной формы металлов в почве и содержанием в корнеплодах: по цинку ( $r = 0,67$ ) и хрому ( $r = 0,50$ ), в зерновых культурах — по цинку ( $r = 0,81$ ) и меди ( $r = 0,65$ ).

Результаты оценки неканцерогенного риска, обусловленного экспозицией токсикантов, содержащихся в питьевой воде и пищевых продуктах, свидетельствуют, что для населения горнорудных территорий РБ существует высокая вероятность развития патологических изменений со стороны сердечно-сосудистой системы (индекс опасности (НИ) — до 4,1), желудочно-кишечного тракта (НИ — до 3,8), иммунной системы (НИ — до 3,6), нервной и центральной нервной систем (НИ —

до 3,7), кожи (НИ — до 3,7). Основными компонентами, формирующими повышенные риски, являются: мышьяк, шестивалентный хром, нитраты, железо, медь. Неканцерогенный риск, связанный с поступлением в организм тяжелых металлов, содержащихся в почве, не превышает допустимого значения ( $НИ < 1,0$ ).

Значения уровней суммарных индивидуальных канцерогенных рисков здоровью населения исследуемых территорий от поступления канцерогенноопасных веществ с питьевой водой составили до  $9,4 \cdot 10^{-4}$ , пищевыми продуктами — до  $3,2 \cdot 10^{-4}$ , что в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 [13] относится к третьему диапазону (не приемлемый уровень риска для населения). Канцерогенные риски от экспозиции веществ с питьевой водой обусловлены в первую очередь мышьяком (68 %) и шестивалентным хромом (27 %), с пищевыми продуктами — шестивалентным хромом (76,5 %). Уровень популяционного канцерогенного риска для населения горнорудных территорий РБ составил 353 случая злокачественных новообразований на 375 168 человек.

### Заключение

Выполненные исследования позволили оценить существующую эколого-гигиеническую ситуацию на территориях размещения предприятий горнорудной отрасли и обосновать комплекс мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха, почвенного покрова, источников питьевого водоснабжения.

Разработанный комплекс включает систему мероприятий двух типов, подлежащих реализации органами местного самоуправления, предприятиями рудодобывающей и перерабатывающей промышленности, учреждениями Роспотребнадзора. К первому типу относятся мероприятия предохранительного характера, предусматривающие максимально возможное и технически осуществимое сокращение прямого и косвенного воздействия предприятий рудодобывающей и перерабатывающей промышленности на объекты окружающей среды. Ко второму типу отнесены мероприятия восстановительного характера, направленные на установление последствий негативного воздействия источников загрязнения на водные объекты и почвенный покров.

*Исследования проведены при финансовой поддержке гранта РГНФ № 17-16-02010 "Эколого-гигиеническое обоснование канцерогенных рисков здоровью населения Республики Башкортостан от загрязнения объектов окружающей среды".*



## Список литературы

1. **Эколого-гигиеническая оценка** качества питьевой воды Республики Башкортостан / А. Б. Бакиров, Р. А. Сулейманов, Т. К. Валеев, З. Б. Бактыбаева, Н. Р. Рахматуллин, Н. Н. Егорова, Е. Г. Степанов, Н. Х. Давлетнуров, Л. О. Кильдюшова, Д. А. Сырыгина // Медицина труда и экология человека. — 2017. — № 3. — С. 5—13.
2. **Оценка** риска здоровью населения горнорудных территорий Башкортостана, связанного с качеством питьевого водоснабжения / Р. А. Сулейманов, А. Б. Бакиров, Т. К. Валеев, Н. Р. Рахматуллин, З. Б. Бактыбаева, Р. А. Даукаев, Н. Н. Егорова // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 4 (16). — С. 64—71.
3. **Государственный доклад** "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году". — М.: Минприроды России, НИА-Природа, 2016. — 639 с.
4. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2016 году: Государственный доклад. — Белгород, 2017. — 284 с.
5. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2016 году: Государственный доклад. — Екатеринбург, 2017. — 260 с.
6. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Иркутской области в 2016 году: Государственный доклад. — Иркутск, 2017. — 284 с.
7. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области в 2016 году: Государственный доклад. — Кемерово, 2017. — 309 с.
8. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Красноярском крае в 2016 году: Государственный доклад. — Красноярск, 2017. — 307 с.
9. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Курской области в 2016 году: Государственный доклад. — Курск, 2017. — 287 с.
10. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Оренбургской области в 2016 году: Государственный доклад. — Оренбург, 2017. — 252 с.
11. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае в 2016 году: Государственный доклад. — Владивосток, 2017. — 285 с.
12. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Челябинской области в 2016 году: Государственный доклад. — Челябинск, 2017. — 277 с.
13. **Руководство** по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.

**T. K. Valeev**, Senior Researcher, e-mail: valeevtk2011@mail.ru,  
**R. A. Sulejmanov**, Head of Department, **Z. B. Baktybaeva**, Senior Researcher,  
**N. R. Rakhmatullin**, Senior Researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, **N. Kh. Davletnurov**, Chief of Department, Department of Rospotrebnadzor in the Republic of Bashkortostan, Ufa, **D. E. Ivanov**, Head of Laboratory, **V. F. Spirin**, Deputy Director, Saratov Scientific-Research Institute of Rural Hygiene

## Ecological-Hygienic Assessment of Influence of Mining Industry on Environmental Quality and Human Health

*The aim of the study was scientific substantiation of hygienic recommendations for reduction of pollution of groundwater and soil cover in mining areas. The article presents the results of the analysis of the sanitary-ecological situation of territories with a developed mining industry. Presented monitoring data on contamination of soil, drinking water sources in areas of large mining complexes of Russia.*

*The results of studies conducted in the mining areas of Bashkortostan, indicate that drinking water private sources of water supply do not meet hygienic requirements in terms of hardness, iron content, manganese, calcium, magnesium, nitrates, cadmium, and chromium. In soil found to exceed the hygienic standards of copper, zinc, chromium, cadmium, arsenic, and nickel. In individual food samples (milk, meat of cattle, crop production), produced in mining territories recorded elevated levels of chromium, nickel, copper, zinc, cadmium, lead, mercury.*

*The calculations for the assessment of health risks associated with exposure of toxicants, contained in drinking water and foods, are responsible for the increased likelihood of cancerogenesis and pathological changes in certain organs and systems of the body. The main components forming the elevated risks are: arsenic, chromium, nitrates, iron, copper. According to the results of research developed the complex of actions for reduction of pollution of atmospheric air, soil and sources of drinking water.*

**Keywords:** mining, drinking water, soil, food, air, pollution, industrial waste, chemicals, human health risk, hygienic standards, areas of ore deposits

### References

1. **Ehkologo-gigienicheskaya ocenka** kachestva pit'evoy vody Respubliki Bashkortostan / A. B. Bakirov, R. A. Sulej-

manov, T. K. Valeev, Z. B. Baktybaeva, N. R. Rakhmatullin, N. N. Egorova, E. G. Stepanov, N. H. Davletnurov, L. O. Kil'dyushova, D. A. Syrygina. *Medicina труда i ehkologiya cheloveka*. 2017. No. 3. P. 5—13.



2. **Оценка** риска здорov'yu naseleniya gornorudnyh territorij Bashkortostana, svyazannogo s kachestvom pit'evogo vodosnabzheniya / R. A. Sulejmanov, A. B. Bakirov, T. K. Valeev, N. R. Rahmatullin, Z. B. Baktybaeva, R. A. Daukaev, N. N. Egorova. *Analiz riska zdorov'yu*. 2016. No. 4 (16). P. 64–71.
3. **Gosudarstvennyj doklad** "O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2015 godu". Moscow: Minprirody Rossii, NIA-Priroda. 2016. 639 p.
4. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Belgorodskoj oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Belgorod, 2017. 284 p.
5. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Sverdlovskoj oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Ekaterinburg, 2017. 260 p.
6. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Irkutskoj oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Irkutsk, 2017. 284 p.
7. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Kemerovskoj oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Kemerovo, 2017. 309 p.
8. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Krasnoyarskom krae v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Krasnoyarsk, 2017. 307 p.
9. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Kurskoj oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Kursk, 2017. 287 p.
10. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Orenburgskoj oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Orenburg, 2017. 252 p.
11. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Primorskom krae v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Vladivostok, 2017. 285 p.
12. **O sostoyanii** sanitarno-ehpidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v CHelyabinskoj oblasti v 2016 godu: Gosudarstvennyj doklad. Chelyabinsk, 2017. 277 p.
13. **Rukovodstvo** po ocenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii himicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchih okruzhayushchuyu sredu. Moscow: Federal'nyj centr Gosanehpidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 143 p.

УДК 355.211(1-21)(1-22)(470.56)

**С. А. Кузьмин**, д-р мед. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,  
**М. В. Боев**, д-р мед. наук, доц., зав. кафедрой,  
**В. В. Солодовников**, канд. мед. наук, доц. кафедры, **Л. К. Григорьева**, ассистент,  
Оренбургский государственный медицинский университет Минздрава России

## Сравнительная оценка показателей здоровья призывников, проживающих в городах и сельской местности (на примере Оренбургской области)

*В статье показана динамика демографических показателей граждан призывного возраста, проживающих в городах и сельской местности Оренбургской области за десятилетний период с 2006 по 2015 г. Отмечено снижение численности призывного контингента в возрасте от 18 до 27 лет как в городах, так и в сельской местности. Дана динамика показателя годности призывников к военной службе по состоянию здоровья. Представлены их морально-деловые качества.*

**Ключевые слова:** демографическая ситуация, призывник, годность к военной службе, состояние здоровья, морально-деловые качества

Система комплектования Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) людскими резервами является одним из важнейших элементов национальной безопасности государства [1]. В последние годы в Российской Федерации (РФ) комплектование армии и флота происходит при дефиците призывного ресурса и недостаточном уровне состояния здоровья поступающего в войска молодого пополнения [2]. В связи с сокращением срока призыва граждан на военную службу до одного года требуется увеличение в 2 раза числа лиц, призываемых на военную службу. Сложившаяся ситуация составляет большую медико-социальную проблему для призывных комиссий, работающих в муниципальных образованиях и субъектах РФ по качественной и всесторонней подготовке молодежи к военной службе [3].

Таким образом, проводимые научные исследования, посвященные изучению показателей здоровья

граждан призывного возраста, а также поиск путей и способов по улучшению здоровья этих граждан, являются своевременными и приобретают в настоящее время все более актуальное значение.

**Цель исследования.** Провести на примере Оренбургской области сравнительную оценку показателей здоровья среди призывников, проживающих в городах и сельской местности.

**Материалы и методы исследования.** Настоящее исследование проводилось на базе Федерального казенного учреждения "Военный комиссариат Оренбургской области" Минобороны России. При проведении исследования использованы данные статистических сборников Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области "Численность и размещение населения Оренбургской области", "Здравоохранение Оренбургской области", а также

данные учетных и отчетных документов на граждан, призываемых на военную службу за десятилетний период времени с 2006 по 2015 г.

*Результаты и обсуждения.* В Оренбургской области призыв граждан на военную службу осуществляют 43 призывные комиссии муниципальных образований и одна областная призывная комиссия. Из них восемь призывных комиссий городских муниципальных образований, пять призывных комиссий объединенных (город + село) и 30 призывных комиссий сельских муниципальных образований. По итогам Всероссийской переписи населения 2010 г. в Оренбургской области постоянно проживало 2033,1 тыс. человек. Из них: 1214,0 тыс. человек (59,71 %) — городские жители и 819,1 тыс. человек (40,29 %) — жители сельской местности.

При изучении демографической ситуации, сложившейся в Оренбургской области, установлено, что за исследуемый период времени с 2006 по 2015 г. в регионе зарегистрировано снижение численности призывного контингента в возрасте от 18 до 27 лет как в городах, так и в сельской местности. Численность граждан призывного возраста сократилась практически в 2 раза с 39 805 человек в 2006 г. до 19 946 человек в 2015 г. Из них, проживающих в городах области с 21 774 человек в 2006 г. до 9102 человек в 2015 г., а в сельской местности с 18 031 человек в 2006 г. до 10 844 человек в 2015 г. Аналогичная ситуация отмечается также и в других субъектах РФ.

В Оренбургской области за период с 2006 по 2015 г. произошло статистически не значимое увеличение доли лиц призывного возраста, проживающих в сельских районах. Так, если в 2006 г. их доля составляла 47,6 %, то к 2015 г. она увеличилась до 54,4 % от общего числа призывного ресурса.

Рассматривая в качестве интегрального показателя, характеризующего здоровье граждан призывного возраста, показатель годности к военной службе по состоянию здоровья, в настоящем исследовании был выполнен сравнительный анализ уровня данного показателя за десятилетний период времени в исследуемом регионе — Оренбургской области. Было установлено, что в Оренбургской области, в связи с принимаемыми мерами на региональном и муниципальном уровне государственными и общественными организациями по повышению мотивации на прохождение военной службы у призывной молодежи, пропаганды здорового образа жизни, улучшению лечебно-оздоровительной работы, увеличению охвата допризывной и призывной молодежи занятиями физкультурой и спортом за исследуемый период времени произошло значительное увеличение степени годности к военной службе по состоянию здоровья [4, 5].

Было отмечено, что, несмотря на некоторые колебания в разные годы показателя годности

к военной службе по состоянию здоровья, в течение исследуемых десяти лет в Оренбургской области уровень данного показателя в целом по области повысился на 7,75 % (с 66,63 % в 2006 г. до 74,38 % в 2015 г.). Данный показатель среди сельских призывников в изучаемый период времени всегда был на более высоком уровне и отмечалась также положительная динамика его роста, которая составила 7,9 % (с 70,5 % в 2006 г. до 78,4 % в 2015 г.).

В результате медицинского освидетельствования граждан призывного возраста было установлено, что в среднемноголетней структуре заболеваемости преобладали следующие классы болезней: костно-мышечной системы и соединительной ткани (город — 29,8 %, село — 37,7 %); психические расстройства и расстройства поведения (город — 9,0 %, село — 13,0 %); системы кровообращения (город — 8,8 %, село — 6,6 %); эндокринной системы, расстройства питания и обмена веществ (город — 8,5 %, село — 5,9 %).

При опросе призывников из городов области было установлено, что 84 % ранее редко болели простудными заболеваниями, а 18,7 % имели какие-либо оперативные вмешательства. Среди призывников из сельской местности — 72 % редко болели простудными заболеваниями, а 20 % имели ранее оперативные вмешательства.

Анализируя субъективную оценку состояния здоровья призывников, полученную при помощи опросника MOS SF-36 [6], были сформированы две группы по 500 человек в каждой. В первую группу вошли призывники, проживающие в городах Оренбургской области, а во вторую группу — в сельских населенных пунктах. Выявлено, что в первой группе призывников, которые оценили состояние своего здоровья как "отличное", было 30,8 %, как "очень хорошее" — 24,4 %, "хорошее" — 44,6 %, "посредственное" — 0,2 %. Во второй группе преобладало число призывников с оценкой своего здоровья "отличное" — 48,8 %. Число молодых людей, оценивших состояние своего здоровья как "очень хорошее" и "хорошее" было примерно одинаково и составило 21,8 % и 25,4 % соответственно. Количество призывников, оценивших свое здоровье как "посредственное", составило — 3,8 % и "плохое" — 0,2 %.

Субъективная оценка своего здоровья призывниками в сравнении с предыдущим годом по первой и второй группе показало, что преобладало число лиц, считающих, что состояние их здоровья "примерно такое же, как год назад" и составило — 69,0 % и 53,2 % соответственно. Вариант ответа "значительно лучше, чем год назад" — 8,0 % в первой группе и 22,0 % во второй группе.

На следующем этапе исследования изучались морально-деловые качества лиц призывного возраста. Было проведено тестирование на уровень нервно-психической устойчивости и познавательные способности.



Было установлено, что высокая нервно-психическая устойчивость отмечалась у 22,7 % призывников городов и у 20,9 % сельской местности, хорошая — 57,9 % и 62,2 %, удовлетворительная — 19,4 % и 16,9 % соответственно. При тестировании на познавательные способности были получены следующие результаты: высокая познавательная способность отмечалась у 19,8 % призывников городов и у 17,2 % сельской местности, хорошая — у 64,9 % и у 53,4 %, удовлетворительная — у 15,3 % и у 29,4 % соответственно. Призывников с неудовлетворительной нервно-психической устойчивостью и познавательными способностями выявлено не было.

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенного исследования отмечено статистически достоверное отличие интегрального показателя здоровья граждан призывного возраста — показателя годности к военной службе граждан городов и сельской местности Оренбургской области. Призывники, проживающие в сельской местности, имеют более высокий уровень годности к военной службе по состоянию здоровья. Нервно-психическая устойчивость у призывников городов и сельской местности имела незначительные отличия, а познавательные способности оказались выше у призывников, проживающих в городах. На основании данных проведенного исследования можно дифференцированно

подходить к комплектованию команд для прохождения военной службы по призыву в различных родах и видах ВС РФ.

### Список литературы

1. **Ахмерова С. Г., Ляхович А. В., Федин Э. Е.** Показатели годности к военной службе, мотивационные установки и состояние здоровья юношей допризывного и призывного возраста // Вестник новых медицинских технологий. — 2010. — № 3. — С. 184—188.
2. **Ефимова С. В.** Комплексная оценка состояния здоровья, образа и качества жизни лиц призывного возраста, проживающих в крупном городе: дис. ... канд. мед. наук. — Оренбург, 2012. — 26 с.
3. **Кузнецова О. А.** Медико-социальные факторы риска у допризывников и призывников // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2009. — № 2. — С. 66—68.
4. **Кузьмин С. А.** Анализ состояния здоровья граждан призывного возраста Оренбургской области // Военно-медицинский журнал. — 2012. — № 9. — С. 17—21.
5. **Кузьмин С. А., Перепелкина Н. Ю., Кузьмина Т. С.** Состояние здоровья граждан до- и призывного возраста и организация медицинского обеспечения подготовки к военной службе в Оренбургской области. — Оренбург: ООО "Типография ДСМ", 2010. — 138 с.
6. **Новик А. А., Ионова Т. И.** Руководство по исследованию качества жизни в медицине. 2-е изд. / Под ред. Ю. Л. Шевченко. — М.: ЗАО "ОЛМА Медиа Групп", 2007. — 320 с.

**S. A. Kuzmin**, Associate Professor, Professor of Chair, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,  
**M. V. Boev**, Associate Professor, Head of Chair, **V. V. Solodovnikov**, Associate Professor,  
**L. K. Grigorieva**, Assistant, Orenburg State Medical University of Minzdrav of Russia

## Comparative Assessment of Indicators of Health of Recruits Living in Cities and Rural Areas (on the Example of Orenburg Region)

*The article shows the dynamics of demographic indicators of the number of citizens of draft age living in cities and rural areas of the Orenburg region for a ten-year period from 2006 to 2015. A decrease in the number of conscripts at the age of 18 to 27 years, both in urban and rural areas was noted. Shows the dynamics of indicator of fitness for military service for health reasons.*

*When studying the moral and business qualities of people of conscription age that the neuropsychological stability of urban and rural recruits had minor differences found, and cognitive abilities were higher in conscripts living in the cities of the region. On the basis of the obtained data of the conducted research, it is possible to differentiate approach to the recruitment of teams for military service on conscription in various branches and types of the RF Armed Forces.*

**Keywords:** demographic situation, conscript, fitness for military service, state of health, moral and business qualities

### References

1. **Akhmerova S. G., Lyakhovich A. V., Fedin E. E.** Indicators of eligibility for military service, motivation and health status of young men of pre-conscription and draft age. *Bulletin of New Medical Technologies*. 2010. No. 3. P. 184—188.
2. **Efimova S. V.** Comprehensive assessment of the health status, image and quality of life of persons of draft age living in a large city: dis. ... cand. honey. sciences. Orenburg, 2012. 26 p.
3. **Kuznetsova O. A.** Medical and social risk factors in pre-conscripts and conscripts. *Bulletin of Volgograd State Medical University*. 2009. No. 2. P. 66—68.
4. **Kuzmin S. A.** Analysis of the health status of citizens of draft age in the Orenburg region. *Military Medical Journal*. 2012. No. 9. P. 17—21.
5. **Kuzmin S. A., Perepelkina N. Yu., Kuzmina T. S.** The state of health of citizens before — and draft age and the organization of medical support of preparation for military service in the Orenburg region. Orenburg: LLC "Typography of DSM", 2010. 138 p.
6. **Novik A. A., Ionova T. I.** Guide to the study of quality of life in medicine. 2 nd edition / Ed. Yu. L. Shevchenko. Moscow: ZAO OLMA Media Group, 2007. 320 p.

УДК 574

**Б. С. Ксенофонтов**, д-р техн. наук, проф., e-mail: borisflot@mail.ru,  
**Е. В. Сеник**, канд. техн. наук, ассистент, Московский государственный  
технический университет имени Н. Э. Баумана

## Очистка сточных вод во флоотоотстойниках

*Рассмотрены вопросы, касающиеся оптимизации и согласования режимов флотации и отстаивания, используемых в технологии очистки сточных вод. Для решения этой задачи предложен блок расходящихся пластин. Полученные решения по упрощенной модели были проверены путем компьютерного моделирования течения жидкости в элементах блока тонкослойного осветления с расходящимися пластинами. В проведенных расчетах учитывалось действие силы тяжести, а также наклон пластин к горизонту. При этом время осаждения и длина пластины, рассчитанные предложенным методом, практически совпадают с результатами, полученными с помощью моделирования. В связи с этим представляется возможным использование предложенных формул для расчета времени осаждения и длины пластины.*

**Ключевые слова:** сточные воды, очистка, флоотоотстойник, режимы флотирования и отстаивания, блоки согласования, расходящиеся наклонные пластины

Наиболее полная очистка сточных вод, как от гидрофобных, так и от гидрофильных веществ достигается с использованием флоотоотстаивания. Важнейшим условием достижения высокого эффекта очистки в этом случае является согласование скоростей движения очищаемой жидкости на стадиях флотирования и осаждения. Для этого были разработаны блоки тонкослойного осветления в виде пакета расходящихся пластин или блоки сходящихся пластин [1]. Кроме того, в зависимости от назначения блок расходящихся пластин может выполнять и другие задачи:

- согласование гидродинамических режимов в камерах отстаивания и флотации;
- обеспечение сохранности хлопьев частиц загрязнений;
- осаждение частиц загрязнений на нижнюю пластину элемента блока расходящихся пластин (под термином "элемент блока расходящихся пластин" понимается две соседние пластины блока);
- обеспечение сохранности флотокомплексов (в случае, когда первая камера — камера флотации).

При этом разрушение частиц загрязнений и флотокомплексов характеризуется градиентом скорости. Для выпадения частиц загрязнения в осадок важным параметром является длина пластины, а для согласования гидродинамических режимов в камерах отстаивания и флотации важны геометрические параметры блока расходящихся пластин (угол между пластинами). Кроме того, для расчета рабочего объема аппарата необходимо

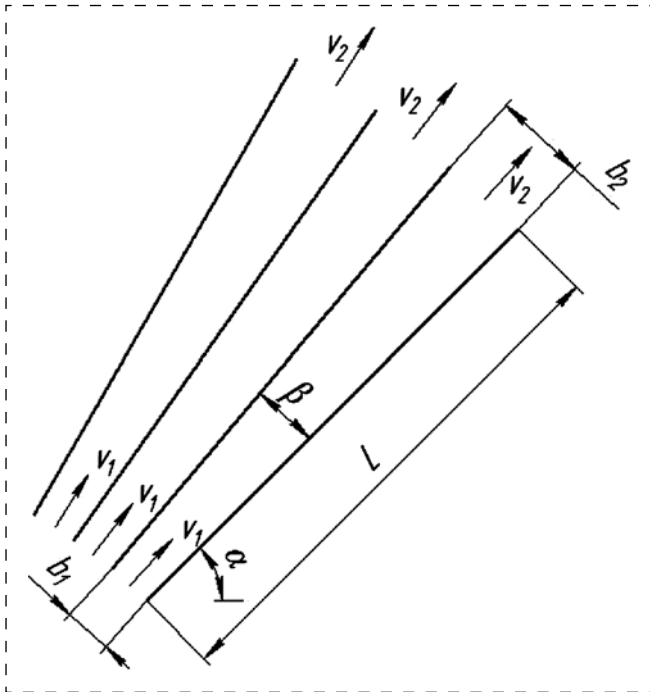
время нахождения очищаемой жидкости в блоке расходящихся пластин. Таким образом, необходимо рассчитать все указанные параметры. Далее рассмотрим блок расходящихся пластин (аналог диффузора).

Блок расходящихся пластин применяется в случае, когда процесс осаждения предшествует флотации. Схема такого блока представлена на рис. 1.

Для блока расходящихся пластин необходимо найти следующие параметры: угол между пластинами  $\beta$ , длину нижней пластины элемента блока расходящихся пластин  $L$ , время пребывания воды в блоке расходящихся пластин  $\tau_{\text{бл}}$ . При этом главное условие, которому должны удовлетворять эти параметры, это обеспечение в элементе блока расходящихся пластин течения жидкости, которое способствует сохранению хлопьев загрязнений, т. е. градиента скорости не более  $30 \text{ с}^{-1}$  [2].

Для определения параметров, удовлетворяющих этому условию, рассмотрим движение жидкости в элементе блока расходящихся пластин, при этом угол между пластинами  $2\varphi_0$ . Выбираем цилиндрические координаты (рис. 2): ось  $r$  — направлена по биссектрисе угла между пластинами; ось  $Z$  — перпендикулярно плоскости рисунка;  $\varphi$  — угловая координата.

Воду будем рассматривать как вязкую несжимаемую жидкость плотностью  $\rho = \text{const}$ , а движение в блоке расходящихся пластин как установившееся плоско-параллельное радиальное. При этом, для такого случая произведение радиальной



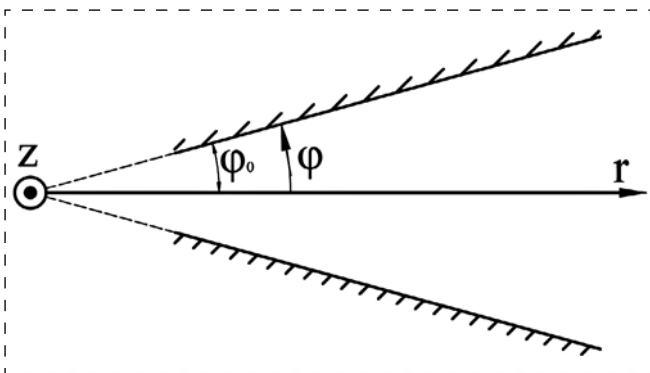
**Рис. 1. Схема блока расходящихся пластин:**  
 $v_1$  — скорость потока воды в камере отстаивания;  $v_2$  — скорость потока воды в камере флотации;  $b_1$  — расстояние между пластинами со стороны камеры отстаивания;  $b_2$  — расстояние между пластинами со стороны камеры флотации;  $L$  — длина нижней пластины элемента блока расходящихся пластин;  $\alpha$  — угол наклона нижней пластины элемента блока расходящихся пластин к горизонту;  $\beta$  — угол между пластинами

скорости  $v_r$ , на радиус  $r$  не зависит от радиуса  $r$  [3–5] и тогда имеем:

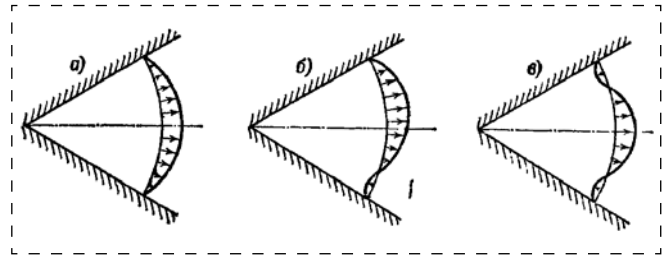
$$rv_r = u = \text{const.}$$

Для расходящегося течения радиальная скорость положительна, а величина  $u$  убывает от оси  $r$  к верхней стенке [4]:

$$v_r > 0, \frac{du}{d\varphi} < 0, 0 < \varphi < \varphi_0 \text{ — расходящееся течение.}$$



**Рис. 2. Задание системы координат**



**Рис. 3. Основные течения жидкости в диффузоре [3]**

По аналогии с диффузором, в блоке расходящихся пластин может развиваться три вида течений: симметричное везде расходящееся (рис. 3, а), асимметричное течение, при котором скорость имеет один максимум и один минимум (рис. 3, б); симметричное течение с одним максимумом и двумя минимумами скорости (рис. 3, в) [3].

Течение в диффузоре зависит от его геометрических параметров, состояния потока на входе, а также от числа Маха и числа Рейнольдса  $Re$ , причем основным параметром является число Рейнольдса [6], которое для плоского диффузора можно найти по формуле [3–5]:

$$Re = \frac{Q}{\nu}, \quad (1)$$

где  $Q$  — расход,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\nu$  — кинематический коэффициент вязкости,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

При этом расход  $Q$  является постоянной величиной и его значение находят по формуле [3–5]:

$$Q = 2r \int_0^{\varphi_0} v d\varphi = 2r\varphi_0 |v_{\text{ср}}| = \beta r |v_{\text{ср}}|, \quad (2)$$

где  $|v_{\text{ср}}|$  — модуль средней скорости течения жидкости в элементе блока расходящихся пластин.

Очевидно, что течением, при котором имеют место минимальные градиенты скорости, является симметричное везде расходящееся течение. Для того чтобы течение в диффузоре было симметричным везде расходящимся должно выполняться следующее условие [3–5]:

$$Re < \left( \frac{3\pi^2}{\varphi_0} - 12\varphi_0 \right). \quad (3)$$

При подстановке в формулу (3) формул (1) и (2), получаем:

$$\frac{2r\varphi_0 |v_{\text{ср}}|}{\nu} < \left( \frac{3\pi^2}{\varphi_0} - 12\varphi_0 \right). \quad (4)$$

Найдем значения углов наклона пластин блока тонкослойного осветления друг к другу, при которых выполняется условие симметричности течения, при

**Максимальные углы между пластинами блока расходящихся пластин при различных расстояниях между пластинами и скоростях движения воды на входе в блок расходящихся пластин**

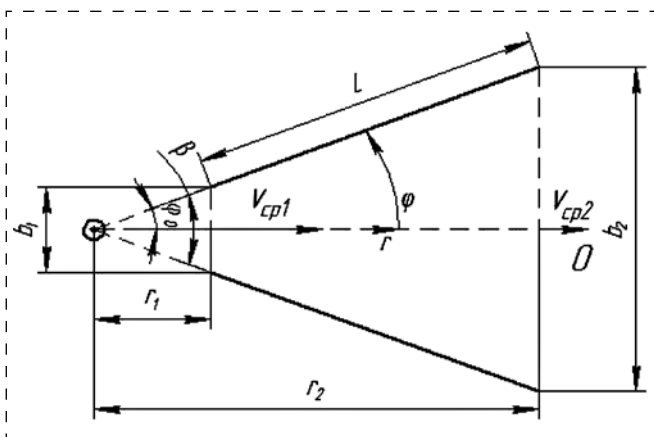
Скорости движения воды в камере отстаивания, мм/с	Расстояние между пластинами (со стороны камеры отстаивания), мм								
	140	120	100	80	60	40	20	15	12,5
10	2°	2°	3°	4°	5°	8°	16°	22°	27°
9	2°	3°	3°	4°	6°	9°	19°	25°	30°
8	3°	3°	4°	5°	7°	10°	21°	28°	30°
7	3°	4°	4°	6°	8°	12°	24°	30°	30°
6	4°	4°	5°	7°	9°	14°	28°	30°	30°
5	4°	5°	6°	8°	11°	17°	30°	30°	30°

определенных параметрах блока расходящихся пластин. Основными параметрами этого блока являются расстояние между пластинами на входе и средние скорости течения потока воды на входе и выходе из блока расходящихся под углом друг к другу пластин.

В блоках тонкослойного осветления, состоящих из параллельных пластин, рабочую глубину зоны осаждения  $h_{ii}$  рекомендуется принимать от 25 до 200 мм, соответственно расстояние между пластинами на входе в блок расходящихся пластин  $b_1 = h_{ii} \cos \alpha$ , где  $\alpha$  — угол наклона пластин к горизонту [8, 9]. С учетом этого, расстояние между пластинами варьируется в диапазоне от 12,5 до 141 мм.

При этом, что касается скоростей потока на входе и выходе из диффузора, то на входе в диффузор средняя скорость  $v_{cp}$  должна соответствовать скорости в камере отстаивания (5...10 мм/с), а на выходе во флотационной камере — не более 5 мм/с [8, 9]. Рассмотрим более подробно геометрию диффузора.

На рис. 4 показана схема диффузора, представляющая две соседние пластины блока расходящихся пластин с углом  $2\varphi_0$ . Из рисунка видно, что



**Рис. 4. Схема элемента блока типа диффузор:**  
 $\beta$  — угол между пластинами;  $b_1$  и  $b_2$  — расстояние между пластинами на входе и выходе из блока пластин соответственно;  $v_{cp1}$  и  $v_{cp2}$  — средние скорости потока воды на входе и выходе из блока расходящихся пластин на расстояниях  $r_1$  и  $r_2$  от центра диффузора соответственно;  $L$  — длина пластины блока

$$r_1 = \frac{b_1}{2 \operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (5)$$

Таким образом, подставив формулу (5) в неравенство (4), получим, что для того чтобы в диффузоре развивалось симметричное везде расходящееся течение, необходимо выполнение следующего неравенства:

$$\frac{b_1 \varphi_0 |v_{cp1}|}{v \operatorname{tg} \varphi_0} < \left( \frac{3\pi^2}{\varphi_0} - 12\varphi_0 \right). \quad (6)$$

Решая неравенство (6) для указанного выше диапазона значений расстояний между пластинами и скоростей потока воды на входе в блок расходящихся пластин, получаем максимальные углы между пластинами блока расходящихся пластин, при которых в блоке будет развиваться симметричное везде расходящееся течение, способствующее сохранению хлопьев частиц загрязнений (см. таблицу).

Значит в блоке расходящихся пластин при углах меньше, указанных в таблице, будет иметь место только симметричное везде расходящееся течение жидкости.

Для проверки полученных теоретических значений было произведено компьютерное моделирование течения жидкости в элементах блока расходящихся пластин. В проведенных расчетах учитывается действие силы тяжести и наклон пластин к горизонту. Для выполнения расчета были выбраны следующие параметры физической модели течения жидкости: трехмерная модель; режим течения стационарный; жидкость — вода; постоянная плотность; разделенное течение; режим течения турбулентный (осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса); k-омега модели турбулентности.

Результаты компьютерного моделирования подтвердили полученные ранее теоретические значения максимальных углов между пластинами. Кроме того, важное значение для сохранения хлопьев частиц загрязнений имеет значение градиента скорости течения воды в блоке расходящихся пластин, который не должен превышать значений

примерно  $30 \text{ с}^{-1}$  [10]. Компьютерное моделирование показало, что наиболее высокие значения градиентов скоростей наблюдаются в пристеночной зоне на входе в блок. Так как зоны высоких значений градиентов на входе в блок тонкослойного осветления малы, то их влияние на процесс очистки незначительно.

Таким образом, в случае если блок расходящихся пластин выполняет только согласование гидродинамических режимов, то тогда расстояние между пластинами блока тонкослойного осветления со стороны камеры флотации  $b_2$  согласно следствию из уравнения неразрывности движения жидкости [3–5]:

$$\frac{v_{\text{сп1}}}{v_{\text{сп2}}} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{b_2}{b_1}, \text{ следовательно } b_2 = \frac{v_{\text{сп1}} b_1}{v_{\text{сп2}}}. \quad (7)$$

Далее выбираем угол между пластинами  $\beta$ , не превышающий для заданных параметров значений углов, приведенных в таблице, и рассчитываем длину пластины, необходимую для согласования гидродинамических режимов по формуле:

$$L_{\text{согл}} = \frac{b_2 - b_1}{2 \sin \frac{\beta}{2}}. \quad (8)$$

Для определения рабочего объема всего аппарата необходимо знать время  $t$  пребывания воды в элементе блока тонкослойного осветления. Для этого надо найти зависимость  $r = r(t)$ . В качестве радиальной скорости потока примем усредненное по  $\varphi$  от (0 до  $\beta$ ) значение скорости потока. Так как течение в диффузоре радиальное везде расходящееся, то

$$v_r = \frac{dr}{dt} = \frac{Q}{r\beta}, \text{ следовательно } r dr = \frac{Q}{\beta} dt. \quad (9)$$

Для нахождения функции  $r = r(t)$  проинтегрируем обе части уравнения (9) и при начальных условиях  $t = 0$   $r(0) = r_1$  получаем время нахождения воды в блоке расходящихся пластин  $t_{\text{согл}}$ , если он выполняет только функцию согласования скоростей на входе и выходе:

$$t_{\text{согл}} = \frac{r^2 - r_1^2}{2Q} \beta. \quad (10)$$

С учетом того, что  $Q = r_1 v_{\text{сп1}} \beta = \text{const}$ , из формулы (10) получим:

$$t_{\text{согл}} = \frac{r^2 - r_1^2}{2r_1 v_{\text{сп1}}} = \frac{L(b_1 + b_2)}{2b_1 v_{\text{сп1}}}. \quad (11)$$

Если блок пластин кроме согласования гидродинамических режимов в камерах отстаивания и флотации должен обеспечивать оседание

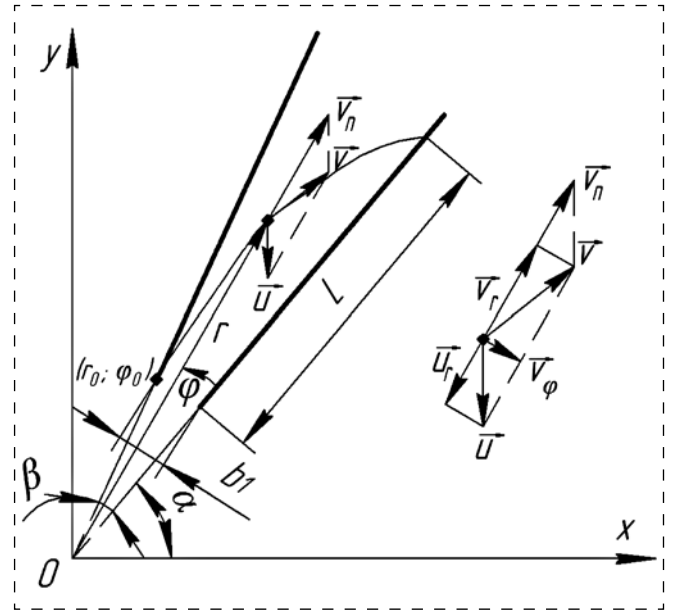


Рис. 5. Схема элемента блока тонкослойного осветления

частиц определенной гидравлической крупности, то важное значение имеет длина пластины. Для нахождения длины пластины блока тонкослойного осветления, рассмотрим движение частицы в элементе блока тонкослойного осветления в полярных координатах (рис. 5).

Для определения длины пластины будем рассматривать наихудший случай, когда частица влетает в элемент блока у верхней пластины, в точке с координатами  $(r_0; \varphi_0)$  со скоростью потока  $v_{\text{п0}}$ . Движение частицы в элементе блока тонкослойного осветления характеризуется двумя скоростями: скоростью осаждения частицы  $\vec{u}$  под действием силы тяжести (осаждение) и скоростью потока жидкости  $\vec{v}_{\text{п}}$ . Тогда общая скорость движения частицы

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{п}} + \vec{u} = \vec{v}_r + \vec{v}_{\varphi}. \quad (12)$$

Радиальная составляющая скорости частицы  $v_r$  будет зависеть от радиальных составляющих скорости потока  $v_{\text{пр}} = v_{\text{п}}$  и скорости осаждения  $u_r$ :

$$v_r = v_{\text{пр}} + u_r. \quad (13)$$

Для расчетов пренебрежем радиальной составляющей скорости осаждения  $u_r$ , и в качестве радиальной скорости примем усредненное по  $\varphi$  от (0 до  $\beta$ ) значение скорости потока. При этом допущении расчетное время и длина пластины, необходимой для осаждения, будут больше реальных, следовательно:

$$v_r = v_{\text{пр}} = \frac{dr}{dt} = \frac{Q}{r\beta}; \quad r dr = \frac{Q}{\beta} dt. \quad (14)$$



Проинтегрировав обе части уравнения (14) с учетом того, что  $Q = r_0 v_{п0} \beta = \text{const}$  и начальных условиях  $t = 0$   $r(0) = r_0$ ,  $\varphi(0) = \beta$  получаем зависимость радиальной координаты движения частицы от времени:

$$r(t) = \sqrt{2r_0 v_{п0} t + r_0^2}. \quad (15)$$

Поперечная составляющая скорости  $v_\varphi$  зависит только от скорости осаждения  $u$ :

$$v_\varphi = r \frac{d\varphi}{dt} = u; \quad \frac{d\varphi}{\cos(\alpha + \varphi)} = -\frac{u dt}{r}. \quad (16)$$

Проинтегрировав обе части уравнения (16) при начальных условиях  $t = 0$   $r(0) = r_0$ ,  $\varphi(0) = \varphi_0 = \beta$ :

$$\ln \left| \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha + \varphi}{2} \right) \right| - \frac{u}{v_{п0}} - \ln \left| \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \right| = -\frac{u}{r_0 v_{п0}} \sqrt{2r_0 v_{п0} t + r_0^2}. \quad (17)$$

Так как  $0 \leq \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha + \varphi}{2} \leq \frac{\pi}{2}$ , то  $\operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha + \varphi}{2} \right) \geq 0$ , следовательно зависимость угловой координаты частицы от времени будет иметь вид:

$$\varphi = 2 \arctg e^{\frac{u}{v_{п0}} \left( 1 - \frac{1}{r_0} \sqrt{2r_0 v_{п0} t + r_0^2} \right) + \ln \left| \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \right|} - \left( \frac{\pi}{2} + \alpha \right). \quad (18)$$

Таким образом, движение частицы в элементе блока расходящихся пластин при принятых допущениях описывается системой уравнений (15) и (18).

Условие осаждения частицы это угловая координата  $\varphi = \varphi_{ос} = 0$ , значит время и радиальная координата осаждения  $t_{ос}$  и  $r_{ос}$ :

$$\begin{cases} t_{ос} = \frac{r_0}{2v_{п0}} \left[ \left( 1 - \frac{v_{п0}}{u} \left[ \ln \left( \frac{\operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right)}{\operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha + \beta}{2} \right)} \right) \right]^2 \right) - 1 \right]; \\ r_{ос} = \sqrt{2r_0 v_{п0} t_{ос} + r_0^2} \end{cases} \quad (19)$$

При этом необходимая для осаждения длина пластины:

$$L_{ос} = r_{ос} - r_0. \quad (20)$$

По формулам (19) и (20) был произведен расчет основных параметров блока расходящихся

пластин при следующих исходных параметрах:  $u = 0,7$  мм/с,  $\beta = 5^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $b_1 = 20$  мм,  $v_{п0} = 10$  мм/с. В результате были получены следующие значения параметров:  $r_0 = 229$  мм;  $t_{ос} = 146$  с;  $L_{ос} = 620$  мм.

Для проверки полученных вычислений было произведено компьютерное моделирование движения частиц в элементе блока расходящихся пластин. Параметры физической модели течения жидкости принимались аналогично предыдущему расчету. Частицы принимались сферической формы, их моделирование проводилось по модели Лагранжевой многофазности.

По результатам моделирования было получено, что при заданных параметрах блока пластин время, за которое частицы достигают верхней точки траектории осаждения, составляет 140 с. Причем длина пластины, необходимая для выпадения частиц в осадок, оказалась 590 мм.

При этом время осаждения и длина пластины, рассчитанные предложенным методом, практически совпадают с результатами, полученными в результате моделирования. В связи с этим представляется возможным использование предложенных формул для расчета времени осаждения и длины пластины.

Если блок пластин выполняет и согласование гидродинамических режимов, и задачу осветления воды, то выбирается наибольшая из рассчитанных длин пластин, т. е. если  $L_{согл} > L_{ос}$ , то  $L = L_{согл}$ ,  $\tau = \tau_{согл}$ ; если  $L_{согл} < L_{ос}$ , то  $L = L_{ос}$ ,  $\tau = \tau_{ос}$ . В рассматриваемом случае  $L_{согл} < L_{ос}$ , значит  $L = L_{ос} = 620$  мм,  $\tau = \tau_{ос} = 146$  с.

Таким образом, предложенная методика позволяет рассчитывать основные параметры блока с расходящимися пластинами, что дает возможность применять ее при расчете флотоотстойников в целом и определять оптимальные режимы, позволяющие повысить эффективность очистки примерно на 20...30 %.

### Список литературы

1. Ксенофонов Б. С., Петрова Е. В. Флотоотстойник: пат. 132434 Российская Федерация. опубли. 20.09.2013, БИ № 26. — 2 с.
2. Запольский А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. — Л.: Химия, 1987. — 208 с.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. 3-е изд., перераб. — М.: Наука, 1986. — 736 с.
4. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. — М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955. — 521 с.



5. **Тарг С. М.** Основные задачи теории ламинарных течений. — М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1951. — 420 с.
6. **Идельчик И. Е.** Аэрогидродинамика технологических аппаратов. — М.: Машиностроение, 1983.
7. **УМК** Основы механики сплошных сред / В. В. Курин, И. Ю. Грязнова, А. В. Клемина, А. И. Мартъянов. — Нижний Новгород, 2010. — 88 с.
8. **СНиП 2.04.03-85** Канализация. Наружные сети и сооружения, 1986.
9. **Справочное пособие** к СНиП 2.04.03-85 "Проектирование сооружений для очистки сточных вод". — М.: Стройиздат, 1990.
10. **Ксенофонтов Б. С.** Флотационная очистка сточных вод. — М.: Новые технологии, 2003. — 160 с.

**B. S. Ksenofontov**, Professor, e-mail: borisflot@mail.ru, **E. V. Senik**, Assistant, Bauman Moscow State Technical University

## Sewage Treatment in Combination Flotation-Settling Unit

*In work the questions concerning optimization and coordination of the modes of a flotation and sedimentation used in technology of sewage treatment are considered. For the solution of this of tasks the block of plates like the diffuser with the plates dispersing under some corner is offered. The received decisions on the simplified model have been checked by computer modeling of a current of liquid in elements of the block of thin layer clarification with the dispersing plates. In the carried-out calculations gravity, and also an inclination of plates to the horizon was considered. At the same time of sedimentation and length of a plate calculated by the offered method practically coincide with the results received as a result of modeling. In this regard use of the offered formulas for calculation of time of sedimentation and length of a plate is obviously possible.*

**Keywords:** sewage, cleaning, combination flotation-settling unit, the modes of a flotation and sedimentation process, coordination blocks, the dispersing inclined plates

### References

1. **Ksenofontov B. S., Petrova E. V.** Flotootstojnik: patent 132434 Rossijskaja Federacija. Opubl. 20.09.2013, Billeten' Izobretenij No. 26, 2 p.
2. **Zapol'skij A. K., Baran A. A.** Koagulyanty i flokuljanty v processah oчитки vody: Svoystva. Poluchenie. Primenenie. Leningrad: Himija, 1987. 208 p.
3. **Landau L. D., Lifshic E. M.** Teoreticheskaja fizika: Uchebnoe posobie. V 10 t. T. VI. Gidrodinamika. 3-e izd., pererab. Moscow: Nauka, 1986. 736 p.
4. **Slezkin N. A.** Dinamika vjazkoj neszhimaemoj zhidkosti. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tehniko-teoreticheskoy literatury, 1955. 521 p.
5. **Targ S. M.** Osnovnye zadachi teorii laminarnykh techenij. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tehniko-teoreticheskoy literatury, 1951. 420 p.
6. **Idel'chik I. E.** Ajerogidrodinamika tehnologicheskikh apparatov. Moscow: Mashinostroenie, 1983.
7. **УМК** Osnovy mehaniki sploshnyh sred / V. V. Kurin, I. Ju. Grjaznova, A. V. Klemina, A. I. Mart'janov. Nizhnij Novgorod, 2010. 88 p.
8. **СНиП 2.04.03-85** Kanalizacija. Naruzhnye seti i sooruzhenija, 1986.
9. **Справочное пособие** k SNiP 2.04.03-85 "Proektirovanie sooruzhenij dlja oчитки stochnyh vod". Moscow, Strojizdat, 1990.
10. **Ksenofontov B. S.** Flotacionnaya oчитka stochnyh vod. Moscow: Noveye tekhnologii, 2003. 160 p.

**Специализированная выставка**  
**Безопасность. Охрана. Спасение/SENTEX**  
Россия Нижний Новгород Нижегородская ярмарка, павильон № 1  
13—15 ноября 2018

**Тематика выставки:** Предупреждение и ликвидация ЧС. Пожарная безопасность. Медицина катастроф. Промышленная и экологическая безопасность. Технические средства и системы безопасности. Охрана и безопасность труда. Транспортная безопасность и др.

Сайт: [http://www.yarmarka.ru/catalog/14/439/sentex\\_2018.html](http://www.yarmarka.ru/catalog/14/439/sentex_2018.html)

УДК 66

**В. В. Кирсанов**, д-р техн. наук, проф., e-mail: vvkirsanov@gmail.com,  
Казанский научно-исследовательский технический университет  
им. А. Н. Туполева

## Денитрификация во вторичных отстойниках различной конструкции и ее влияние на качество осветленной воды

*Приведена характеристика воздействия азотсодержащих соединений на гидросферу и организм человека. Показано влияние конструкции вторичных отстойников и температуры иловой смеси на процесс денитрификации окисленных форм азота и, как следствие, на эффективность седиментации взвешенных веществ во вторичных отстойниках и соответственно — на качество осветленной воды, поступающей в водоем.*

**Ключевые слова:** вторичные вертикальные отстойники, денитрификация, вторичные радиальные отстойники, азотсодержащие соединения, биоочистка, нитраты, нитриты, восстановление, окисление, сточные воды, углеродсодержащие загрязнения, взвешенные вещества

Азот поступает на очистные сооружения в составе бытовых или некоторых производственных сточных вод. При отсутствии азотсодержащих соединений в сточных водах азот искусственно добавляется в виде биогенного раствора в сооружения биоочистки (в частности — в аэротенки). В аэротенках гетеротрофными микроорганизмами активного ила сначала окисляются углеродсодержащие загрязняющие вещества, как наиболее легко окисляющиеся, и затем — азотсодержащие с образованием нитритов и нитратов.

Известно, что поступление нитратов и других форм азота в водоемы вызывает эвтрофирование, в результате которого в воде образуются нейротоксины, вызывающие заболевания центральной нервной системы, снижается концентрация кислорода, при взаимодействии аммонийного азота с активным хлором в процессе обеззараживания сточной воды образуются хлорамины — токсичные, канцерогенные и мутагенные соединения. Санитарно-гигиенические нормативы в РФ предусматривают максимальную концентрацию нитратов в питьевой воде — не более 45 мг/л (в Германии ПДК на нитраты — не более 10 мг/л). Но, к сожалению, для многих подземных источников водоснабжения (в частности, в скважинах регионов Республики Татарстан) содержание нитратов в воде на уровне ПДК, например, концентрация нитратов в воде скважины в районе с. Семиозерка Высокогорского района РТ составляет 42...44 мг/л.

Поэтому важнейшим направлением технологий биоочистки является удаление окисленных форм азота в аноксидных условиях способом денитрификации — процессом восстановления нитритов и нитратов.

Денитрифицирующие бактерии встречаются среди представителей родов *Pseudomonas*, *Micrococcus* и др. При достаточной концентрации растворенного кислорода (1,5 мг/л и более) в среде денитрификаторы окисляют органические соединения как обычные аэробные микроорганизмы и только при недостатке кислорода осуществляют восстановление нитратов. При этом электроны переходят от окисляемого органического вещества через систему цитохромов бактериальной клетки кислороду нитритов и нитратов.

Процесс восстановления нитратов происходит через промежуточные продукты NO и N<sub>2</sub>O. Общая схема денитрификации следующая:



После аэротенков на полную биологическую очистку с высокой концентрацией растворенного кислорода в иловой смеси (более 4 мг/л) и со "старым" илом (возраст 20 суток и более) азот представлен в основном в виде нитратов, которые необходимо удалить в специальных устройствах-денитрификаторах. Денитрификация может происходить частично в застойных



зонах аэротенка или в выходном коридоре аэротенка в условиях искусственно ограниченной аэрации. Но в любом случае, основная часть нитратов восстанавливается в отстойной части вторичных отстойников, где создаются аноксидные условия [1].

В очистке сточных вод денитрификация, безусловно, процесс положительный, так как позволяет удалить азотсодержащие загрязняющие вещества, но реализация данного процесса сопряжена с сопутствующим отрицательным обстоятельством — выделяющийся при денитрификации образовавшийся газообразный азот, поднимаясь через толщу жидкости во вторичных отстойниках, флотирует частицы взвешенных веществ (в основном — частицы активного ила). Кроме того, азот образуется внутри хлопьев активного ила, при этом разрывает их и выносит рваные фрагменты хлопьев вверх вместе с осветленной водой. Особенно интенсивно указанный процесс происходит в летнее время при температуре воды во вторичных отстойниках более 20 °С и во вторичных отстойниках вертикальной конструкции по сравнению с отстойниками радиальной конструкции (рабочая глубина вертикальных отстойников 8,5 м, радиальных — 4,0 м). Кроме глубины (высоты) отстойников на концентрацию кислорода (и, соответственно, на полноту денитрификации) в их нижней отстойной части влияет и гидродинамический режим работы. В вертикальных вторичных отстойниках поток иловой смеси направлен вертикально вниз и затем по восходящей траектории снизу вверх. В связи с этим, а также с учетом глубины вертикального отстойника в нижней его части создаются аноксидные условия, способствующие процессу денитрификации.

В радиальном же отстойнике поток иловой смеси поднимается снизу вверх, свободно изливаясь через раструб распределительного устройства и далее меняет направление движения на горизонтальное по радиусу от центра к периметру отстойника. За счет довольно интенсивной турбулентности потока и изменения направления движения на границе раздела фаз "жидкость — атмосферный воздух" происходит дополнительная диффузия воздуха и насыщение кислородом иловой смеси. По этой причине процесс денитрификации во вторичных отстойниках ингибируется и азотистые соединения загрязняют водоемы.

Проведенные автором исследования по определению концентрации взвешенных веществ в осветленной воде после вторичных вертикальных и

**Зависимость выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников различной конструкции при разной температуре**

Температура, °С, иловой смеси на глубине 3 м отстойника	Концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, мг/л	
	После вертикальных отстойников	После радиальных отстойников
10,5	16,0	14,0
11,0	16,0	15,0
15,0	17,5	16,0
17,0	18,0	16,5
19,5	18,6	17,1
21,2	19,0	17,8

радиальных отстойников очистных сооружений ОАО "Казаньоргсинтез" при различной температуре в летнее и зимнее время, показали результаты [3], приведенные в таблице.

Из таблицы видно, что концентрация взвешенных веществ после вертикальных отстойников выше, что дает основание сделать вывод о более глубокой денитрификации в данных сооружениях. Интенсификации процессов денитрификации во вторичных отстойниках вертикальной конструкции способствует большая анаэробность в отстойной части более глубокого вертикального отстойника по сравнению с радиальным отстойником (соответственно, эффективность удаления нитратов во вторичных отстойниках вертикальной конструкции выше). Следует обратить внимание на то, что с повышением температуры денитрификация увеличивается (уменьшается содержание окисленных форм азота и увеличивается вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников). Одним из основных факторов увеличение процессов денитрификации с увеличением температуры является снижение концентрации растворенного кислорода в отстойниках, что подтверждает анаэробность процессов восстановления нитратов денитрифицирующими бактериями.

Практическому обеспечению одновременной минимизации нитратов и взвешенных веществ в очищенной воде препятствует парадоксальность технологической ситуации, заключающаяся в том, что достижение минимальной концентрации нитратов вызывает максимальную концентрацию взвешенных веществ после вторичных отстойников. В любом случае, технологам, эксплуатирующим биологические очистные сооружения, необходимо в каждом конкретном случае выбирать тот оптимальный режим технологических абиотических и биотических факторов (прежде всего — дозирование биогенных

элементов с учетом нитрифицирующего потенциала, период аэрации, возраст и концентрацию активного ила в биосистеме, концентрацию  $O_2$ , рН-среды, коэффициент рециркуляции активного ила и т. д.), который бы обеспечил на выходе после финальной очистки минимальное содержание неокисленных форм азота (нитратов) и взвешенных веществ.

### Список литературы

1. **Очистка** сточных вод: пер.с англ. / М. Хенце, П. Армоес, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. — М.: Мир, 2004. — 480 с.
2. **Голубовская Э. К.** Биологические основы очистки воды: Учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов. — М.: Высшая школа, 1978. — 268 с.
3. **Кирсанов В. В.** Теоретические и практические аспекты биологической очистки сточных вод в аэротенках: Монография. — Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010. — 264 с.

**V. V. Kirsanov**, Professor, e-mail: [vvkirsanov@gmail.com](mailto:vvkirsanov@gmail.com), Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev

## Denitrification in Secondary Sedimentation Tanks of Various Designs and its Effect on Clarified Water Quality

*The article describes the effect of nitrogen-containing compounds on the hydrosphere and the human body. The influence of the design of secondary settling tanks and the temperature of the sludge mixture on the process of denitrification of oxidized forms of nitrogen and, as a result, on the efficiency of sedimentation of suspended solids in secondary sedimentation tanks and, accordingly, on the quality of clarified water entering the reservoir.*

**Keywords:** secondary vertical sedimentation tanks, denitrification, secondary radial sedimentation tanks, nitrogen-containing compounds, bio-purification, nitrates, nitrites, reduction, oxidation, waste water, carbonaceous contaminants, suspended solids

### References

1. **Ochistka** stochnyh vod: per.s angl. / M. Hence, P. Armoes, J. Lja-Kur-Jansen, Je. Arvan. Moscow, Mir, 2004. 480 p.
2. **Golubovskaja Je. K.** Biologicheskie osnovy ochistki vody: Uchebnoe posobie dlja studentov stroitel'nyh special'nostej vuzov. Moscow: Vysshaja shkola, 1978. 268 p.
3. **Kirsanov V. V.** Teoreticheskie i prakticheskie aspekty biologicheskoj ochistki stochnyh vod v aerotenkah: Monografija. Kazan': Izdatel'stvo Kazanskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta, 2010. 264 p.

## 10-я Международная выставка безопасности, охраны, противопожарной защиты и автоматизации

### Central Asia Secure World

Казахстан Астана Выставочный Центр "Корме" 13—15 Сентября 2018

#### Основные тематики:

- **Системы защиты:**  
Инженерно-технические средства защиты и др.
- **Технические средства:**  
Интегрированные системы безопасности. Средства личной безопасности. Безопасность грузов, пассажиров, транспорта и др.
- **Пожарная безопасность:**  
Системы аварийно-пожарного оповещения. Автоматические системы пожаротушения. Системы жизнеобеспечения. Пожарные извещатели. Огнетушители, огнетушащие вещества. Аварийно-спасательное оборудование и др.

Сайт конференции: <http://secureworld.kz>

УДК 614.841

**Д. Ю. Минкин**, д-р техн. наук, проф., директор, Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Москва, **А. В. Федоров**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, **А. А. Кузьмин**, канд. пед. наук, доц., доцент кафедры, **Н. Н. Романов**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, **Д. А. Минкин**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, e-mail: mindim-spb@mail.ru, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

## Определение граничных условий для расчета режимов прогрева ограждений объектов нефтегазового комплекса в условиях пожара

*Представлены методика расчета граничных условий пожара на объектах нефтегазового комплекса и тепловая модель пожара в резервуаре для нефтепродуктов с ограждающей стенкой. Разработана математическая модель для расчета коэффициента взаимной облученности между участком поверхности факела пламени и ограждения в виде цилиндрической стенки, окружающей резервуар. Для автоматизации процесса вычислений разработан программный комплекс, предоставляющий возможность моделирования теплообмена в процессе горения нефтепродуктов, расчета параметров теплообмена между продуктами горения и ограждением резервуаров с нефтепродуктами. Программная реализация осуществлена в виде макроса Visual Basic for Applications среды Microsoft Office Excel. Проведено сравнение результатов расчета по предложенной методике с расчетами по используемым в настоящее время соотношениям для условий углеводородного пожара.*

**Ключевые слова:** нефтегазовый комплекс, ограждение, огнестойкость, температурный режим, углеводородный пожар, граничные условия, лучистый теплообмен, коэффициент облученности, резервуар, тепловая модель

### Введение

Нефтегазовый комплекс Российской Федерации является одним из важных элементов экономики страны. В его состав входят предприятия, занимающиеся добычей нефти и газа, перерабатывающие заводы и предприятия по транспортировке, хранению и сбыту продуктов их переработки. Естественно, что обеспечение пожарной безопасности такого сложного образования требует тщательного подхода.

Предприятия нефтегазового комплекса характеризуются присутствием пожаровзрывоопасных продуктов и сырья, что создает реальную опасность возникновения крупных техногенных аварий и катастроф, сопровождающихся пожарами и взрывами. Статистика и структура аварий приведена в информации [1]. Поэтому повышение пожаровзрывобезопасности таких объектов, а также локализация последствий пожаров является важнейшей составной частью обеспечения защищенности населения от угроз техногенного и экологического характера.

Одним из современных решений по повышению устойчивости резервуаров с нефтепродуктами к внешним воздействиям, пожарной и экологической безопасности является установка по периметру нефтехранилищ замкнутого ограждения, исключая в случае аварии разлив нефти и нефтепродуктов. Для этого могут использоваться ограждающие стены (выполненные из строительных материалов) на несколько резервуаров или резервуар с цилиндрической вертикальной защитной стенкой [2–6].

К основным видам строительных конструкций на предприятиях нефтегазового комплекса относятся: стальные (колонны, балки), каменные (конструкции из глиняного кирпича, гранита) и железобетонные (бетонные плиты, колонны, стены). Такие конструкции на объектах нефтегазовой отрасли должны иметь предел огнестойкости не менее E150, установленный ГОСТ Р 53324—2009 "Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности". Однако стальные конструкции при отсутствии защиты негорючими теплоизоляционными материалами через 15...20 мин от начала нагревания прогреваются до температур,

превышающих 400...500 °С, что ведет к разрушению сооружения. Для повышения предела огнестойкости конструкций применяются следующие способы огнезащиты: обетонирование, огнезащитные облицовки и огнезащитные покрытия [7, 8]. Огнестойкость же балок и плит зависит от вида рабочей арматуры, толщины защитного слоя бетона, а огнестойкость сплошных железобетонных стен и перегородок — от их толщины и вида бетона [9].

Таким образом, одной из основных проблем является оценка огнестойкости строительных конструкций в условиях реальных пожаров с учетом различных физических и геометрических свойств этих конструкций, а также специфики области их применения.

В настоящее время существует ряд программных комплексов (Ansys, Comsol и др.), в которых реализуются численные методы решения задач температурного режима объектов различного назначения, в том числе и в условиях пожара [10, 11]. С помощью таких программных комплексов моделируются мультифизические задачи, когда одновременно рассчитываются параметры химических процессов горения, решаются тепловая и гидродинамическая задачи, которые позволяют определять мощность тепловыделения, скорость движения и температуру продуктов горения, интенсивность лучистого теплообмена, решать нелинейные задачи теплопроводности при прогреве несущих конструкций и т. д. [12–14]. Использование широких возможностей подобных программных комплексов требует узкой специализации и высокого уровня подготовки пользователя по вопросам теории теплообмена, гидрогазодинамики, численного моделирования, химии горения, что ограничивает круг их пользователей. Практика применения мультифизических программных комплексов показывает, что достоверность проводимых с их помощью расчетов во многом зависит от точности задания начальных и граничных условий рассматриваемого на численной модели физического процесса.

### Цели и задачи

Целью настоящей работы является разработка методики проведения расчетов условий теплообмена и теплового режима при пожаре в резервуарах с защитным ограждением. Для достижения поставленной цели необходимо:

— разработать структуру и провести программную реализацию расчета температурного режима пожара на резервуаре, который бы учитывал условия процесса горения нефтепродуктов и характеристики теплообмена между продуктами горения и ограждением резервуара;

— обеспечить возможность передачи результатов расчета температуры факела пламени и коэффициентов теплообмена за счет излучения и конвекции в качестве исходных параметров работы программного комплекса для расчета тепловых полей при прогреве ограждения.

### Материалы и методы

Для расчета температурных полей резервуаров в условиях пожара в зависимости от их геометрических размеров, используемых конструкционных материалов и защитных слоев, температур воздействия необходимо разработать методику расчета, на основе которой можно определить параметры элементов конструкции, которые позволят обеспечить требуемые тепловые характеристики.

В случае пожара в резервуаре с нефтепродуктами выделяется тепловой поток, который расходуется на нагрев продуктов горения, рассеивается в окружающую среду и частично передается на обогреваемые поверхности ограждения. При этом определяющее значение имеет перенос теплоты к обогреваемой поверхности ограждения за счет теплового излучения, в результате чего она нагревается. Далее тепловой поток проходит через ограждение за счет теплопроводности и рассеивается с необогреваемой поверхности в окружающую среду за счет конвекции и излучения.

Таким образом, расчет сводится к решению двух совместных теплофизических задач: 1) расчет температуры факела пламени при пожаре в резервуаре и формирование граничных условий на поверхностях ограждения; 2) расчет распределения температуры по толщине ограждения в зависимости от времени воздействия пожара.

При решении первой задачи использовались рекомендации работы [15], полученные на основе физических и численных экспериментов для случая неизменности площади пожара и, если в качестве пожарной нагрузки выступают горючие вещества в жидкой фазе. Основное допущение, позволившее составить уравнение теплового баланса пожара в резервуаре и найти его решение, заключается в том, что нестационарный процесс тепловыделения и теплообмена, происходящий на пожаре, представлен как квазистационарный (предполагается, что в небольшие промежутки времени площадь пожара, массовая скорость выгорания и условия газообмена остаются постоянными).

Уравнение теплового баланса пожара, используемое для расчета температурного режима, имеет вид [15]:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{кл}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{г}}, \quad (1)$$



где  $Q_{\text{п}}$  — тепловой поток, выделяемый при пожаре в резервуаре, Вт;  $Q_{\text{кл}}$  — тепловой поток, передаваемый из зоны горения конвекцией и излучением в окружающую среду; Вт;  $Q_{\text{л}}$  — тепловой поток, передаваемый за счет теплового излучения из зоны горения на поверхность ограждения, Вт;  $Q_{\text{г}}$  — тепловой поток, идущий на нагревание продуктов горения, Вт.

Расчет теплового потока, передаваемого от факела пламени к поверхности ограждения, можно выполнить исходя из соотношения:

$$Q_{\text{л}} = C_0 \varepsilon_{\text{пр}} \varphi \left[ \left( \frac{T_f(\tau)}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_w}{100} \right)^4 \right] F, \quad (2)$$

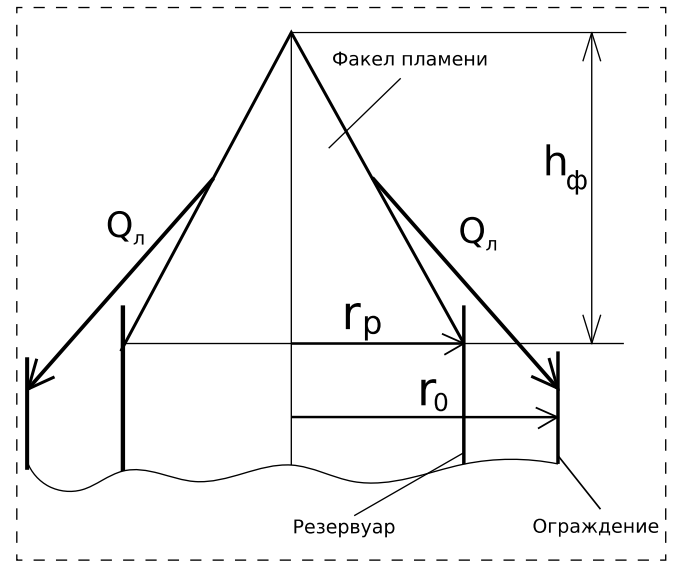
где  $T_f(\tau)$  — среднеповерхностная температура факела пламени, К;  $\tau$  — время, с;  $T_w$  — температура поверхности ограждения, К;  $\varepsilon_{\text{пр}} = 1/[1 + 0,0022(T_f(\tau) - 273)]$  — приведенная степень черноты между излучающей поверхностью факела и теплопоглощающей поверхностью;  $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  — коэффициент излучения абсолютно черного тела;  $\varphi$  — коэффициент облученности, учитывающий долю теплового излучения, попадающего с поверхности факела пламени на поверхность ограждения;  $F$  — площадь поверхности факела пламени,  $\text{м}^2$ .

Температурный режим пожара при горении нефтепродуктов имеет ряд особенностей, характеризующихся высокой температурой горения (выше  $1000^\circ\text{C}$ ), быстрым ростом температуры до максимального значения ( $1200\text{...}1300^\circ\text{C}$ ), горением с постоянным неограниченным доступом кислорода. В работе [2] приведен обзор режимов углеводородных пожаров, используемых в отечественной и мировой практике для оценки огнестойкости ограждений нефтяных резервуаров, и обоснована возможность использования среднеповерхностной температуры факела, равной  $1200^\circ\text{C}$  на протяжении всего пожара.

При расчете коэффициента  $\varphi$  рассматривается случай, когда высота факела пламени выше границ резервуара и достаточна для попадания теплового излучения на верхнюю часть ограждения, как показано на рис. 1.

Для моделирования пожара форма факела принимается в виде конуса (цилиндра) с основанием, равным площади горячей жидкости, а излучающая поверхность в форме треугольника (прямоугольника) [16, 17]. При этом коэффициент  $\varphi$  рассчитывается для площадки, ориентированной по нормали к поверхности горячей жидкости. Предлагается рассчитать коэффициент  $\varphi$  с учетом наклона излучающей поверхности и ее конической формы.

На рис. 2 представлены элементарные площадки  $dF_1$  и  $dF_2$  поверхности конуса факела пламени и элемента поверхности верхней части ограждения



**Рис. 1. Модель пожара в резервуаре с защитной стенкой:**

$r_0$  — радиус обогреваемой поверхности цилиндрической стенки ограждения, м;  $r_p$  — радиус цилиндрического резервуара, м;  $Q_{\text{л}}$  — тепловой поток, передаваемый за счет излучения от факела пламени к поверхности верхней части ограждения, Вт;  $h_{\text{ф}}$  — высота факела пламени, м

резервуара соответственно. Рассматриваемые поверхности имеют диффузное отражение. Взаимное положение  $dF_1$  и  $dF_2$  определяется высотой  $h$ , отсчитываемой от плоскости АОВ, углом  $\alpha$  с учетом фактора видимости, радиусом резервуара  $r_p$  и радиусом обогреваемой поверхности ограждения  $r_0$ .

Рассчитать коэффициент облученности  $d\varphi_{12}$  между элементарными площадками  $dF_1$  и  $dF_2$  можно используя следующее выражение [18]:

$$d\varphi_{12} = \frac{\cos \psi_1 \cos \psi_2}{\pi L^2} dF_1, \quad (3)$$

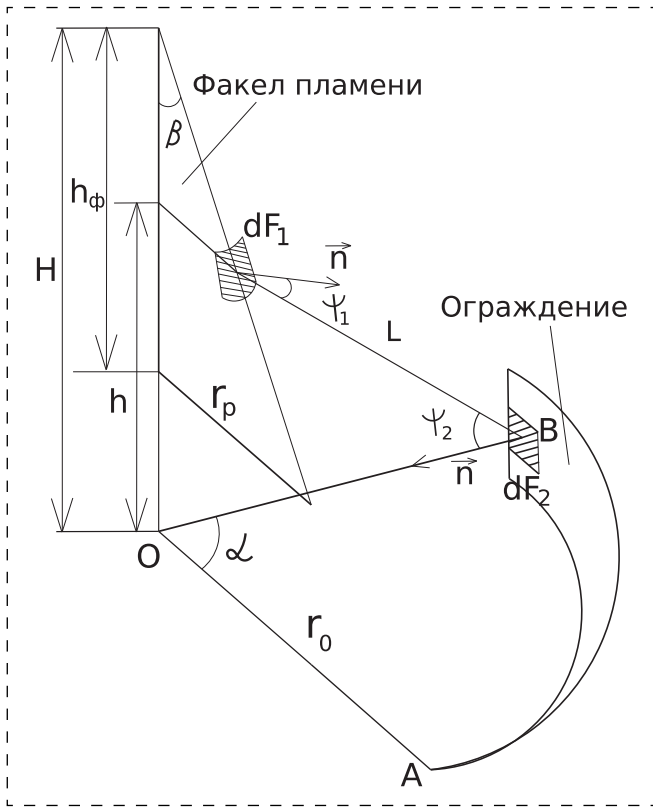
где  $\psi_1$  и  $\psi_2$  — углы между нормальными к поверхностям  $dF_1$  и  $dF_2$  соответственно и прямой, соединяющей площадки;  $L$  — расстояние между площадками, м.

Для определения величин, входящих в выражение (3), получены следующие соотношения:

$$L^2 = h^2 + ((H - h) \text{tg} \beta - r_0 \cos \alpha)^2 + (r_0 \sin \alpha)^2; \quad (4)$$

$$\cos \psi_1 = \sqrt{1 - \frac{\left( L^2 + \left( \frac{H-h}{\cos \beta} \text{tg} \beta \right)^2 - \left( \frac{H-h}{\cos^2 \beta} - H \right)^2 - r_0^2 \right)^2}{2L \frac{H-h}{\cos \beta} \text{tg} \beta}}; \quad (5)$$





**Рис. 2. Взаимное расположение элементарных площадок конической поверхности факела пламени и цилиндрической поверхности ограждения резервуара:**

$dF_1, dF_2$  — элементарные площадки поверхностей факела пламени и ограждения,  $m^2$ ;  $h$  — высота, отсчитываемая от рассматриваемой элементарной площадки ограждения  $dF_2$  до элементарной площадки  $dF_1$ ;  $H$  — высота, отсчитываемая от площадки  $dF_2$  до верха факела пламени;  $L$  — расстояние между элементарными площадками  $dF_1$  и  $dF_2$ ,  $m$ ;  $\psi_1$  и  $\psi_2$  — углы между нормальными к  $dF_1, dF_2$  и отрезком  $L$ , соединяющим эти площадки;  $\alpha$  — угол в горизонтальной плоскости  $AOB$  между проекциями нормалей к площадкам  $dF_1$  и  $dF_2$ ;  $\beta$  — угол конуса факела пламени

$$\cos \psi_2 = \frac{L^2 + r_0^2 - (H - h)^2 \operatorname{tg}^2 \beta - h^2}{2Lr_0}; \quad (6)$$

$$dF_1 = (H - h)dh \cos^2 \beta d\alpha. \quad (7)$$

Для расчета коэффициента облученности между излучающей поверхностью факела пламени и элементарной площадкой поверхности ограждения необходимо проинтегрировать  $d\varphi_{12}$  по площади  $F_1$ , обращенной к элементарной площадке  $dF_2$ , с учетом фактора видимости:

$$\begin{aligned} \varphi_{12} = & \\ = \frac{1}{\pi} \int_{h_0}^H \int_{-\frac{\gamma}{2}}^{\frac{\gamma}{2}} \frac{\cos \psi_1 \cos \psi_2}{h^2 + ((H - h) \operatorname{tg} \beta - r_0 \cos \alpha)^2 + (r_0 \sin \alpha)^2} \times & (8) \\ \times (H - h) \cos^2 \beta dh d\alpha, & \end{aligned}$$

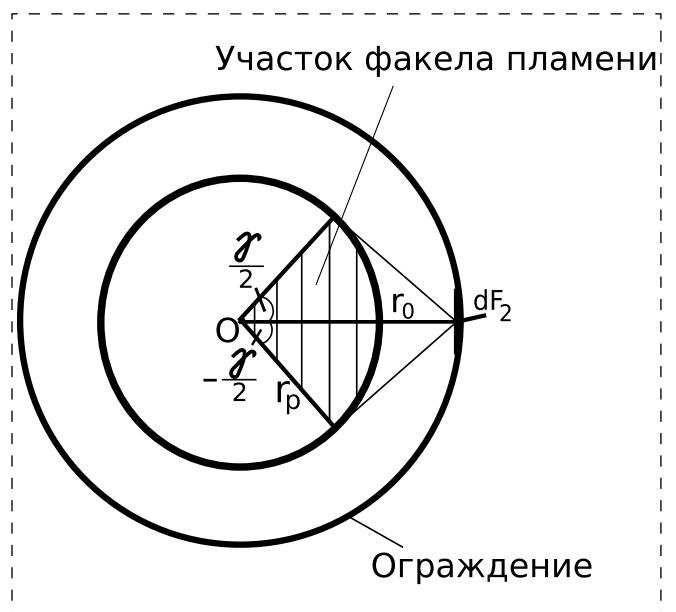
где  $h_0$  — высота начала участка интегрирования, которую определяют из условия фактора видимости верхней части факела пламени и стенки ограждения; величина угла  $\alpha$  может изменяться в пределах от  $(-\gamma/2)$  до  $(\gamma/2)$ , как показано на рис. 3. Угол  $\gamma$  находят из соотношения:

$$\gamma = \arcsin \frac{4r_p \sqrt{r_0^2 - r_p^2}}{2r_p (2r_p + 2(r_0 - r_p))}. \quad (9)$$

Интегрирование в выражении (8) проводится численно и реализовано в виде макроса Visual Basic for Applications среды Microsoft Office Excel, что позволяет выстроить интерфейс, дружественный широкому кругу пользователей из числа практических работников противопожарной службы [19]. Для нахождения коэффициента облученности  $\varphi$  между полными поверхностями  $F_1$  и  $F_2$  необходимо выражение (8) проинтегрировать по площади  $F_2$ .

Полученные результаты могут быть использованы в качестве исходных данных для решения второй задачи по расчету температурного поля. Для расчета распределения температуры в ограждении необходимо решение нестационарной задачи теплопроводности. При решении нелинейных задач дифференциальное уравнение теплопроводности для осесимметричного случая может быть представлено в виде [20]:

$$c(T)_p \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda(T)r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right). \quad (10)$$



**Рис. 3. Участок поверхности факела пламени, участвующий в теплообмене с элементарной площадкой  $dF_2$  (вид сверху)**



В уравнении (10)  $T$  — распределение температуры в теле ограждающей конструкции, К;  $r$  — радиус в цилиндрической системе координат, изменяющийся по толщине ограждающей конструкции, м;  $\lambda(T)$  — коэффициент теплопроводности материала конструкции как функция температуры, Вт/(м·К);  $c(T)$  — теплоемкость материала конструкции как функция температуры, Дж/(кг·К);  $\rho$  — плотность материала конструкции, кг/м<sup>3</sup>;  $z$  — высота в цилиндрической системе координат.

Таким образом, определение распределения температуры в ограждении проводят с учетом меняющихся теплофизических свойств материалов от температуры и при нестационарном тепловом режиме. Для решения соответствующего дифференциального уравнения необходимо задать начальные и граничные условия (краевые условия), которые имеют вид:

- начальное условие, характеризующее распределение температуры по толщине ограждения:

$$T(r, \tau = 0) = f(r); \quad (11)$$

- граничные условия для цилиндрического ограждения толщиной  $\delta$ , м, на обогреваемой поверхности при  $r = r_0$  и необогреваемой поверхности при  $r = r_0 + \delta$  имеют вид:

$$-\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_0} = \alpha_f(\tau) [T_f(\tau) - T(r_0, \tau)]; \quad (12)$$

$$-\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_0+\delta} = \alpha_0(\tau) [T(r_0 + \delta, \tau) - T_0], \quad (13)$$

где  $T(r_0, \tau)$  и  $T(r_0 + \delta, \tau)$  — температуры на обогреваемой и необогреваемой поверхностях конструкции соответственно, К;  $\alpha_f(\tau)$  и  $\alpha_0(\tau)$  — коэффициенты теплоотдачи, соответственно со стороны продуктов горения и окружающего воздуха, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $T_0$  — температура окружающего воздуха, К.

Коэффициент теплоотдачи на обогреваемой стороне находится из соотношения:

$$\alpha_f(\tau) = \varepsilon_{\text{пр}} \varphi 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{T_f(\tau)^4 - T(r_0, \tau)^4}{T_f(\tau) - T(r_0, \tau)}. \quad (14)$$

Коэффициент теплоотдачи между необогреваемой поверхностью и воздухом определяется по критериальным уравнениям конвективного теплообмена при естественной конвекции в большом объеме [20].

Для второй задачи существует множество решений [21] и методические рекомендации по расчету прогрева типовых элементов конструкций, в том числе тел канонической формы, а также широкий выбор программ, реализующих численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности для тел сложной конфигурации.

## Результаты и их обсуждение

Для сравнения результатов расчета коэффициента облученности по предлагаемой методике с используемой в настоящее время [17] рассмотрен пример, приведенный в работе [3], где коэффициент облученности для элементарной площадки рассчитывается на основе соотношения:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2}} \arcsin \frac{C_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} + \frac{C_1}{\sqrt{1+C_1^2}} \arcsin \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} \right], \quad (15)$$

где  $B_1 = \frac{x_1}{2y_1}$ ,  $C_1 = \frac{h_{\text{ф}}}{2y_1}$ ;  $h_{\text{ф}}$  — высота факела пламени, м; величины  $x_1$  и  $y_1$  находят из соотношений:

$$x_1 = \frac{4r_p \sqrt{(r_0^2 - r_p^2)}}{2r_p + 2(r_0 - r_p)};$$

$$y_1 = \sqrt{r_0^2 - r_p^2 - (0,5x_1)^2}.$$

Объектом исследования является модель пожара на резервуаре вертикальном стальном с защитной стенкой (РВСЗС) емкостью 20 000 м<sup>3</sup> [3]: диаметр резервуара 39,9 м, расстояние до ограждения (защитной стенки) 1,86 м, высота факела пламени при горении бензина 43 м.

Расчеты, выполненные по выражениям (15) и (8), дают значения  $\varphi = 0,45$  и  $\varphi = 0,28$  соответственно. Анализ полученных результатов показывает, что следует ожидать завышенных значений коэффициента облученности  $\varphi$  при расчете по выражению (15). В предлагаемой в настоящей работе методике учет геометрических особенностей модели пожара на РВСЗС позволяет повысить точность описания условий теплообмена. Тем не менее для проверки достоверности представленных результатов требуются экспериментальные исследования на световой модели объекта или проведение огневых испытаний.

## Заключение

В ходе исследования разработана структура и проведена программная реализация алгоритма расчета условий теплообмена при пожаре на объекте нефтегазового комплекса в виде макроса Visual Basic for Applications на основе использования среды Microsoft Office Excel, что позволило выстроить интерфейс, дружественный широкому

кругу пользователей. Реализованная методика расчета условий теплообмена позволяет определять коэффициент взаимной облученности с учетом фактора видимости факела пламени и площадки ограждения, ограничивающего ширину и высоту излучающей поверхности факела пламени, участвующей в теплообмене с поверхностью ограждения, угол ее наклона, коническую форму. К достоинствам можно отнести также возможности нахождения средних и локальных значений интенсивности лучистого теплообмена, изменяющихся по высоте ограждения, расчета коэффициента теплоотдачи с необогреваемой поверхности ограждения в окружающую среду и передачи результатов расчета граничных условий в качестве исходных параметров для нахождения тепловых полей при прогреве ограждения.

### Список литературы

- Информация** об авариях, произошедших на предприятиях, подконтрольных территориальным органам Федеральной службы по экологическому, технологическому, атомному надзору. Режим доступа: <http://www.gostehnadzor.ru/chronicle.html> (дата обращения 10.10.2017).
- Швырков С. А., Юрьев Я. И.** Температурный режим пожара для определения предела огнестойкости ограждающих стен нефтяных резервуаров // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". — 2016. — № 4. — С. 50—56. Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения 10.10.2017).
- Рубцов Д. Н., Шалымов М. С.** О развитии пожара в резервуаре типа "стакан в стакане" с нефтью и нефтепродуктами // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". — 2016. — № 3. — С. 74—81. Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения 10.10.2017).
- Еленицкий Э. Я., Дидковский О. В., Худяков Е. В.** Повышение безопасности резервуарных парков за счет применения резервуаров со стальной защитной стенкой // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2007. — № 1. — С. 17—22.
- Мушанов В. Ф., Роменский И. В., Роменский Д. И.** Проблемы совершенствования проектирования двухстенчатых резервуаров // Металлические конструкции. — 2007. — Т. 13. — № 1. — С. 51—64.
- Склярова Н. А.** Стакан в стакане: безопасное решение // Нефтегазовая вертикаль (Москва). — 2007. — № 002.
- Страхов В. Л., Крутов А. М., Давыдкин Н. Ф.** Огнезащита строительных конструкций / Под ред. Ю. А. Кошмарова. — М.: Информационно-издательский центр "ТИМР", 2000. — 433 с.
- Roitman V. M.** Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor.— First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts). — Zurich: ETH. 1995. — P. 135—136.
- Огнестойкость** элементов конструкций при пожарах на предприятиях нефтегазового комплекса / Р. Ш. Еналеев, Э. Ш. Теляков, О. А. Тучкова, Л. Э. Осипова // Известия вузов. Проблемы энергетики. — 2010. — № 11—12. — С. 23—34.
- Зайцев А. М., Бологов В. А.** Численное моделирование прогрева строительных конструкций для определения коэффициента теплоотдачи при пожарах. Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. — 2015. — № 1. — С. 19—26.
- Abdrakhimov V., Abdrakhimova E., Semenychev V.** Study of heat and mass transfer during firing of heat insulation objects based on burnt rocks and beidellite clay. Refractories and Industrial Ceramics. — 2011. — Vol. 52, No. 2. — P. 133—135. Doi:10.1007/s1148-011-9381-2.
- Sakai S., Miyagi N.** Numerical study of fire whirlwind taking into account radiative heat transfer // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering., Institute of Physics Publishing, 9th World Congress on Computational Mechanics, WCCM 2010, Held in Conjunction with the 4th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics, APCOM. 2010. Sydney, Australia, 19—23 July. Doi: 10.1088/1757-899X/10/1/012031.
- Horvat A., Yehuda S., Tofilo P.** Semi-Analytical Treatment of Wall Heat Transfer Coupled to a Numerical Simulation Model of Fire, Numerical Heat Transfer // International Journal of Computation and Methodology. — 2009. — Vol. 55, No. 6. — P. 517—533. Doi: 10.1080/10407780902821128.
- Novozhilov V.** Non-Linear Dynamical Model of Compartment Fire Flashover // Journal of Engineering Mathematics. — 2010. — Vol. 67, No. 4. — P. 387—400.
- Молчадский И. С.** Пожар в помещении. — М.: ВНИИПО, 2005. — 456 с.
- Волков О. М., Проскураков Г. А.** Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. — М.: Недра, 1981. — 255 с.
- Сучков В. П.** Методы оценки пожарной опасности технологических процессов. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. — 155 с.
- Блох А. Г., Журавлев Ю. А., Рыжков Л. Н.** Теплообмен излучением: Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 432 с.
- Application** of informative technologies and calculative methods in the forensic normative expertise and in professional education of forensic experts / S. F. Kondratyev, N. V. Petrova, A. A. Voroncova, T. A. Kuzmina // 4th International Scientific Conference on Safety Engineering and 14th International Conference on Fire and Explosion Protection. Republic of Serbia, Novi Sad. — 2014. — С. 110—118.
- Lienhard J. H. IV, Lienhard J. H. V.** A heat transfer textbook. 3<sup>rd</sup> ed. — Cambridge: Phlogiston Press, 2008. — 750 с.
- Ройтман В. М.** Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. — М.: Ассоциация "Пожнаука", 2001.



**D. Y. Minkin**, Director National, Research Center "Kurchatov Institute", Moscow,  
**A. V. Fyodorov**, Professor, Head of Chair, ITMO University, Saint-Petersburg,  
**A. A. Kuzmin**, Associate Professor, **N. N. Romanov**, Associate Professor,  
**D. A. Minkin**, Associate Professor, e-mail: mindim-spb@mail.ru, Saint-Petersburg  
University of State Fire Service of Emercom of Russia

## Boundary Conditions Definition for Heating Modes Calculation of the Enclosing Walls of Oil and Gas Complex Objects in Conditions of Fire

Calculation procedure of boundary conditions for the objects of oil and gas complex is suggested in article. Heat model is described for petroleum tank with enclosing walls at fire conditions. Mathematic model is suggested for calculation of irradiation coefficient between surface area of flame and enclosing cylindrical wall around the tank.

For automation of calculations program complex is developed. It allows to model heat exchange during the combustion process of oil products and calculate heat exchange parameters between combustion products and enclosing walls of petroleum tanks. Realized method allows get information about radiative heat flux intensity between flame and upper surface of enclosing walls, participating in heat transfer. The results of calculations may be used as initial values for nonlinear conductive heat transfer problem solution during the heating of walling.

Program implementation is realized with help of Visual Basic macros for Applications Microsoft Office Excel. Assessment of the results of calculations with help of suggested method was done in comparison with results of calculation with help of current formula. Conditions of calculations were in accordance to hydrocarbon fire.

**Keywords:** oil and gas complex, enclosing walls, fire resistance, temperature regime, hydrocarbon fire, boundary conditions, radiative heat transfer, irradiative coefficient, tank, heat model

### References

1. **Information** about crashes at plants, which are controlled by State service of ecological, technological and nuclear monitoring (in Russian). URL: <http://www.rostehnadzor.ru/chronicle.html> (date of access 10.10.2017).
2. **Shvyrkov S. A., Yur'ev Ya. I.** Temperaturnyj rezhim požara dlya opredeleniya predela ognestojkosti ograzhdayushchih sten neftyanyh rezervuarov [The temperature of the fire to determine the limit of fire resistance of enclosing walls of oil tanks]. *Internet magazine "Technologies of technospheric safety"*. 2016. No. 4. P. 50–56. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (date of access 10.10.2017).
3. **Rubcov D. N., Shalymov M. S.** O razvitii požara v rezervuare tipa "stakan v stakane" s neft'yu i nefteproduktami. [About spread of a fire in tank of "glass in the glass" type with oil and petroleum products]. *Internet magazine "Technologies of technospheric safety"*. 2016. No. 3. P. 74–81. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (date of access 10.10.2017).
4. **Elenickij Eh. Ya., Didkovskij O. V., Hudyakov E. V.** Povyshenie bezopasnosti rezervuarov parkov za schet primeneniya rezervuarov so stal'noj zashchitnoj stenkoj [Increase of oil storage safety by usage of tanks with steel enclosing walls]. *The control of quality at oil and gas complex*. 2007. No. 1. P. 17–22.
5. **Mushchanov V. F., Romenskij I. V., Romenskij D. I.** Problemy sovershenstvovaniya proektirovaniya dvuhstentchatyh rezervuarov [Problems of modernization of double wall tanks design]. *Metallic constructions*. 2007. Vol. 13. No 1. P. 51–64.
6. **Sklyarova N. A.** Stakan v stakane: bezopasnoe reshenie. *Oil and gas vertical (Moscow)*. 2007. No. 002.
7. **Strakhov V. L., Krutov A. M., Davydkin N. F.** Ognestojchita stroitelnykh konstruksii [Fire resistance of building constructions]. Moscow: TIMR, 2000. 433 p.
8. **Roitman V. M.** Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor. *First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts)*. Zurich: ETH, 1995. P. 135–136.
9. **Enaleev R. Sh., Tuchkova O. A., Osipova L. E.** Ognestoičnost elementov konstruksii pri požarah na predpriiatiakh neftegazovogo kompleksa [Fire resistance of construction elements at conditions of fire in plants of oil and gas complex] *Izvestiya vuzov. Problemy energetiki. Problems of energetics*. 2010. No. 11–12. P. 23–34 (in Russian).
10. **Zaytsev A. M., Bolgov V. A.** Numerical modelling of bulding constructions heating for determination of the coefficient of heat transfer at fire. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii*. 2015. No. 1. P. 19–26 (in Russian).
11. **Abdrakhimov V., Abdrakhimova E., Semenychev V.** Study of heat and mass transfer during firing of heat insulation objects based on burnt rocks and beidellite clay. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2011. Vol. 52, No. 2. Doi: 10.1007/s11448-011-9381-2.
12. **Sakai S., Miyagi N.** Numerical study of fire whirlwind taking into account radiative heat transfer. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, 9th World Congress on Computational Mechanics, WCCM 2010, Held in Conjunction with the 4th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics, APCOM. 2010. Sydney. Australia, 19–23 July. Doi: 10.1088/1757-899X/10/1/012031.
13. **Horvat A., Yehuda S., Tofilo P.** Semi-Analytical Treatment of Wall Heat Transfer Coupled to a Numerical Simulation Model of Fire, Numerical Heat Transfer. *An International Journal of Computation and Metodology*. 2009. Vol. 55, No. 6. P. 517–533. Doi: 10.1080/10407780902821128.
14. **Novozhilov V.** Non-Linear Dynamical Model of Compartment Fire Flashover. *Journal of Engineering Mathematics*. 2010. Vol. 67, No. 4. P. 387–400.
15. **Molchadskiy I. S.** Požhar v pomeshchenii [Indoors fire]. Moscow, VNIIP Publ. 2005. 456 p. (in Russian).
16. **Volk O. M., Proskuryakov G. A.** Pozharnaya bezopasnost' na predpriyatiyah transporta i hraneniya nefti i nefteproduktov [Fire safety at transport and storage petroleum plants]. Moscow: Subsoil, 1981. 255 p.
17. **Suchkov V. P.** Metody ocenki požarnoj opasnosti tekhnologicheskikh processov [Methods of estimation of technological processes fire safety]. Moscow: Academy of Fire State service of Emercom of Russia. 2010. 155 p.
18. **Bloh A. G., Zhuravlev Yu. A., Ryzhkov L. N.** Teploobmen izlucheniem [Heat transfer by radiation]. Handbook. Moscow: Energoatomizdat, 1991. 432 p.
19. **Application** of informative technologies and calculative methods in the forensic normative expertise and in professional education of forensic experts / S. F. Kondratyev, N. V. Petrova, A. A. Voroncova, T. A. Kuzmina. *4th International Scientific Conference on Safety Engineering and 14th International Conference on Fire and Explosion Protection. Republic of Serbia, Novi Sad*. 2014. C. 110–118.
20. **Lienhard J. H. IV, Lienhard J. H. V.** A heat transfer textbook. 3<sup>rd</sup> ed. Cambridge: Phlogiston Press, 2008. 750 p.
21. **Rojtman V. M.** Inzhenernye resheniya po ocenke ognestojkosti proektiruemyh i rekonstruiruemyh zdaniy. [Engineering decisions to estimate of fire resistance of building design and reconstruction]. Moscow: Assosiation "Firescience", 2001.

УДК 628.4.032:332

**В. Д. Венцель**, доц. кафедры, **В. С. Сердюк**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **С. В. Янчий**, канд. филос. наук, доц. кафедры, e-mail: syanchij@mail.ru, Омский государственный технический университет

## Проблемы обращения с твердыми коммунальными отходами и возможные пути их решения на региональном уровне

*Приведены данные анализа подходов на международном и российском уровнях обращения с твердыми бытовыми отходами. Актуализировано понятие "твердых коммунальных отходов" в контексте управления ими на региональном уровне. Рассмотрены приоритеты последовательности решения задач в области обращения с отходами. Обоснована необходимость проработки системной информационно-воспитательной работы с населением на региональном уровне.*

**Ключевые слова:** комплексная схема управления отходами, культура обращения с отходами, культура сортировки отходов, план управления отходами региона, приоритеты в обращении с отходами, региональный уровень, рециклинг, твердые коммунальные отходы, экологическая проблема, экологическое воспитание населения

### 1. Актуальные проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами

Экологические проблемы актуальны для большинства промышленно развитых стран, стран с переходной экономикой, в том числе и для России. Обострение экологических проблем в России, как и в других странах, связано с интенсивным влиянием человека на природу, которое приобрело опасный и агрессивный характер. Добыча полезных ископаемых, урбанизация территорий, развитие научно-технического прогресса, внедрение новых технологий и нанотехнологий сопровождается образованием все более разнообразных видов отходов, воздействие и последствия от которых на природу и человека все менее предсказуемы и все более катастрофичны. Особое место среди всех видов отходов занимают твердые коммунальные отходы (ТКО), т. е. отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд [1]. Утилизация ТКО, их сортировка и обращение с ними — проблема актуальная для любой страны и решается в различных странах по-разному.

В Российской Федерации общая величина накопленных и учтенных отходов производства и потребления в целом по стране составляла на конец 2015 г. примерно 31,5 млрд т [2]. Однако

к 2016 г. официальная и относительно надежная информация имелась только по твердым бытовым отходам (ТБО). В окружающую среду, т. е. на свалки, полигоны и в другие места, было направлено в 2014 г. порядка 250 млн м<sup>3</sup>, а в 2015 г. — почти 255 млн м<sup>3</sup> ТБО [2]. При этом пропорционально возрастало не только негативное воздействие на окружающую среду, но и увеличивались потери вторичных материальных ресурсов.

На полигоны попадает около 85 % отходов, лишь 5...7 % отходов проходит вторичную переработку и примерно 8...10 % теряется при транспортировке [2]. В среднем на каждого жителя России приходится 400 кг ТБО в год. Переработка возможно большей части отходов — единственное решение проблемы обращения с ТБО. Однако предприятий, которые занимаются утилизацией или переработкой отходов, функционирует в стране очень мало.

С 1 января 2017 г. введена новая система обращения с ТКО.

### 2. Система обращения с твердыми коммунальными отходами в РФ в целом и в регионах

Для более оперативного решения проблемы образования, сбора, сортировки, переработки и утилизации ТКО принято Постановление Правительства РФ от 16.03.2016 г. № 197 "Об утверждении требований по составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами,



в том числе с твердыми коммунальными отходами" [3], а Федеральный закон от 29.12.2014 г. № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления"» [1] требует конкретных мер для утилизации отходов. Согласно п. 2 ст. 3 данного Закона весь объем ТКО, прежде чем попасть на полигоны, частично или полностью должен пройти переработку, которая предусматривает: максимальное выделение полезных компонентов, снижение класса опасности, окончательную утилизацию средствами и методами приемлемой, наиболее эффективной технологии.

Все регионы РФ в течение 2016 г. должны были принять законы об утилизации, сортировке ТКО и обращении с отходами, подготовить территориальные схемы и планы управления отходами. Например, приказом Министерства природных ресурсов и экологии Омской области от 23.09.2016 г. № 74 "Об утверждении территориальной схемы в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами Омской области" [4] определено, что в регионе планируется построить семь межмуниципальных центров обращения с отходами, пять муниципальных центров и 24 станции по сортировке и перегрузке отходов. Такие центры — это современные промышленные объекты, отвечающие всем требованиям природоохранного законодательства. На полигонах, оснащенных необходимой инженерной инфраструктурой, обеспеченных подъездными путями, будет проводиться сортировка мусора с последующей переработкой ценных компонентов. Не утилизируемые фракции, так называемые "хвосты", подлежат прессованию и складированию на специальных полигонах для хранения и захоронения отходов. Аналогичные схемы разрабатываются и в некоторых других регионах, например, в Новосибирской области и в Алтайском крае.

На практике, например в Омской области, сроки внедрения территориальной схемы обращения с отходами регулярно переносятся по разным причинам [5], одна из которых — выбор регионального оператора, с которым сложно определиться ввиду отсутствия мусорных полигонов в области, отвечающих требованиям Федерального закона [1].

Совершенно очевидно, что территориальная схема — это еще далеко не комплексная система управления отходами на региональном уровне, которая бы сочетала в себе организационные, экономические и социальные подходы решения поставленной задачи. Требуется время и дополнительные исследования для разработки программы сортировки, сбора, переработки и захоронения ТКО. Поэтому переход на новую систему был сдвинут еще на два года, потому что вся нормативно-правовая база федерального уровня была издана только в ноябре 2016 г.

### **3. Зарубежный опыт решения проблем, связанных с управлением отходами**

Анализируя зарубежный опыт в решении проблем управления отходами, в том числе и ТКО, можно констатировать, что в большинстве развитых стран признано целесообразным выделять приоритеты в решении задач в области обращения с отходами в следующей последовательности [6—8]:

- предотвращение образования отходов;
- максимально возможное снижение содержания опасных веществ в отходах и ущерба, причиняемого ими;
- максимально возможная утилизация, вторичное использование, рециклинг и компостирование используемых компонентов отходов;
- экологически чистая переработка или удаление (захоронение) оставшейся части отходов.

Например, для предотвращения образования отходов в Германии еще в 1990 г. был принят Закон "Об упаковке" [7], задача которого состояла в том, чтобы увеличить степень переработки используемой упаковки и уменьшить ее количество в отходах. Закон адресован тем, кто производит и продает упакованные товары, обязывая компании принимать обратно и утилизировать упаковку. Таким образом, все производители и дистрибьюторы товаров обязаны участвовать в системе утилизации. В систему вовлечена упаковка, которая предлагается вместе с товаром (так называемая сервисная упаковка), и транспортная тара. Аналогичный Закон о рециклировании тары и упаковки действует в Японии. Он внедряется постепенно по видам упаковки. Рециклинг — это любой способ утилизации, в результате которого материалы отходов подвергаются переработке, после которой изделия, материалы или вещества становятся пригодными для их повторного использования.

### **4. Пути решения проблем обращения с твердыми коммунальными отходами в РФ и в регионах**

В отсутствие Закона "Об упаковке" в РФ частично проблемы уменьшения образования отходов, особенно практически не разрушающихся во времени (к таким отходам относятся, прежде всего, полиэтиленовая упаковка и некоторые другие искусственные материалы), можно решить, если резко ограничить количество используемого полиэтилена и других трудноразрушающихся во времени материалов для упаковки товаров при их производстве и продаже в магазинах и на рынках. В частности, на региональном и муниципальном уровнях необходимо определить перечень товаров, которые можно, а следовательно, и нужно упаковывать для продажи покупателям только в бумажной или иной упаковке, легко поддающейся

вторичному использованию или переработке. Вопрос о требованиях к упаковке, позволяющей увеличить степень ее переработки, целесообразно решать централизованно по РФ в целом.

Отдельная проблема — отработавшие срок эксплуатации автомобильные шины. Необходимо в регионах организовать сбор и переработку десятков тысяч шин как ценнейшего углеводородного сырья. Способов промышленной переработки шин достаточно много, например, использование на асфальтовых заводах.

Организация раздельного сбора ТКО в многоквартирных домах крупных городов является сложной и дорогостоящей градостроительной и транспортной задачей, связанной с реконструкцией мусоропроводов (главного источника несортированного мусора) и контейнерных площадок. Поэтому представляется целесообразным для сбора ТКО обязать магазины и рынки организовать в регионах приемные пункты для всех видов стандартной и нестандартной тары и упаковки товаров, реализуемых в данной торговой точке. Эта разветвленная сеть должна находиться, как правило, если не в шаговой доступности, то в пределах микрорайона. Организация таких приемных пунктов не потребует много времени и затрат государственных средств.

Речь идет не просто об установке контейнеров для специализированного сбора отходов (стекло, обувь, текстиль, батарейки и т. п.), а об организации приема отходов от населения за плату. Это будет экономическим рычагом для стимулирования населения сортировать отходы и не выбрасывать их в мусоропровод или в мусорный контейнер; уменьшит количество вывозимых ТКО на полигоны или сортировочные пункты и позволит населению частично компенсировать свои затраты на покупку определенных видов товаров, в стоимость большинства из которых входят и средства на упаковку, переработку или захоронение, либо залоговая стоимость тары (например, алюминиевые или стеклянные банки и др.). Это будет удобно и выгодно для населения и позволит быстрее привить культуру обращения с отходами. Кроме того, появятся новые рабочие места.

Параллельно следует решать в регионах проблему переработки ТКО. Например, на первом этапе формирования системы обращения с ТКО на местах целесообразно ограничиться организацией сбора особо опасных отходов (ртутьсодержащих ламп и приборов, батареек и аккумуляторов и т. п.) и тех вторичных ресурсов, которые востребованы и переработка которых экономически выгодна и не наносит экологического ущерба. По мере отработки первоочередных мероприятий по сокращению отходов и по повторному их использованию, можно приступать к последней стадии — мусоросжиганию или захоронению тех отходов, которые не поддаются переработке.

## 5. Формирование экологической культуры населения в обращении с отходами

Важнейшей проблемой является системная информационно-воспитательная работа с населением, проводимая на всех уровнях государственной власти с привлечением средств массовой информации и направленной на развитие культуры сортировки отходов как основополагающего звена в процессе вторичного использования и утилизации отходов разного типа. Это процесс длительный. Установкой контейнеров для раздельного сбора отходов в микрорайонах культуру обращения с отходами трудно привить, так как известно в каком состоянии находятся места установки контейнеров.

Воспитание культуры обращения с отходами нужно начинать с детского возраста. Необходимо в каждом учебном учреждении проводить работу по воспитанию экологической культуры в обращении с отходами. Установить определенный порядок сортировки и сбора отходов в учебном учреждении, проводить на занятиях по дисциплинам: "Основы безопасности жизнедеятельности" (в школах) и "Безопасность жизнедеятельности" (в ссузах, вузах) регулярную разъяснительную работу о полезности и необходимости поддерживать установленную систему, развивать волонтерское движение.

Процесс экологического воспитания населения в регионе в целом должен быть нацелен на изменение существующего в настоящее время уровня экологического сознания, экологической культуры. Для этого необходима постоянная просветительская целенаправленная работа на самых различных уровнях всех средств массовой информации, которые должны в доступной форме доводить до населения суть формирования и применения соответствующего экономико-организационного механизма (включая цели, задачи и мероприятия), необходимого для внедрения селективного сбора ТКО, а также отчетность административных органов о результатах работы в целом всей системы управления отходами в регионе.

## 6. Выводы

Проведенный анализ подходов к решению проблем обращения с отходами, позволил выделить приоритеты последовательности решения задач в области обращения с отходами. Предложены некоторые пути решения проблем обращения с ТКО в РФ и в регионах. Обоснована необходимость проработки системной информационно-воспитательной работы с населением на региональном уровне. В результате предложен ряд мероприятий по формированию культуры обращения с ТКО.



## Список литературы

1. **Федеральный закон** от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления"» // Консультант: информационно-правовой портал. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_172948](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948) (дата обращения 09.02.2017).
2. **Государственный доклад** "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году". URL: <http://www.mnr.gov.ru/gosdoklad-eco-2015/waste.html> (дата обращения 30.01.2017).
3. **Постановление** Правительства от 16.03.2016 № 197 "Об утверждении требований по составу и содержанию территориальных схем обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420342224> (дата обращения 09.02.2017).
4. **Приказ** Министерства природных ресурсов и экологии Омской области от 23.09.2016 № 74 "Об утверждении территориальной схемы в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Омской области". URL: <http://mpr.omskportal.ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/pravaya-kolonka/terschema.html> (дата обращения 09.02.2017).
5. **Корнеева Н.** Куда денут мусор? В Омске до сих пор не построены новые полигоны для отходов // Аргументы и факты в Омске. — 2017. — № 47 (910). URL: <http://www.omsk.aif.ru/gazeta/number/36443> (дата обращения 09.12.2017).
6. **Абрамов Н. Ф., Юдин А. Г.** Проблема управления твердыми бытовыми отходами в Москве // Материалы I научно-методического семинара "Управление твердыми бытовыми отходами в Московском регионе: сегодня и завтра", 1—2 марта 1999 г. — М.: Московский общественный научный фонд, 1999. — С. 46—58.
7. **Анопченко Т. Ю., Кирсанов С. А., Чернышев М. А.** Зарубежный опыт управления в сфере твердых бытовых отходов // Российский Академический журнал. — 2014. — № 1. — Том 27. — С. 8—14.
8. **Экология** окружающей среды. Пути и методы их решения: Примеры систем раздельного сбора мусора за рубежом. URL: <http://www/eco-mir.net/show/5095/> (дата обращения 10.01.2017).

V. D. Venzel, Associate Professor, V. S. Serdyuk, Professor, Head of Chair, S. V. Yanchij, Associate Professor, e-mail: [syanchij@mail.ru](mailto:syanchij@mail.ru), Omsk State Technical University

## Problems of Treatment of Municipal Solid Waste and Possible Ways of their Solution at the Regional Level

*The authors set themselves a goal: to examine the problems associated with handling municipal solid waste and to propose possible ways of their solution at the regional level. The study, conducted the analysis of approaches at the international and Russian levels of solid waste. Considered the priorities of the sequence of tasks solution in the field of waste management. Actualized the concept of "municipal solid waste" in the context of their management at the regional level in Russia. The necessity of development of system of information-educational work with population at the regional level. Offered in educational institutions to work with young people on forming education and environmental education in waste management, in which to study the sorting and collection of waste in the educational institution, regularly carry out explanatory work about the usefulness and necessity of maintaining the established system. It is necessary to develop the volunteer movement.*

**Keywords:** complex scheme of the waste management, culture of waste, culture of waste sorting, waste management plan of the region, priorities in waste management, regional level, recycling, municipal solid waste, environmental issue, environmental education of the population

## References

1. **Federal'nyj zakon** ot 29 dekabrja 2014 g. № 458-FZ «O vnesenii izmenenij v Federal'nyj zakon "Ob othodah proizvodstva i potreblenija"». *Konsul'tant: informacionno-pravovoj portal*. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_172948](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948) (date of access 09.02.2017).
2. **Gosudarstvennyj doklad** "O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej srede Rossijskoj Federacii v 2015 godu". URL: <http://www.mnr.gov.ru/gosdoklad-eco-2015/waste.html> (date of access 30.01.2017).
3. **Postanovlenie** Pravitel'stva ot 16.03.2016 № 197 "Ob utverzhdenii trebovanij po sostavu i soderzhaniju territorial'nyh shem obrashhenija s othodami, v tom chisle s tverdymi kommunal'nymi othodami". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420342224> (date of access 09.02.2017).
4. **Prikaz** Ministerstva prirodnyh resursov i jekologii Omskoj oblasti ot 23.09.2016 № 74 "Ob utverzhdenii territorial'noj shemy v oblasti obrashhenija s othodami, v tom chisle s tverdymi kommunal'nymi othodami, Omskoj oblasti". URL: <http://mpr.omskportal.ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/pravaya-kolonka/terschema.html> (date of access 09.02.2017).
5. **Korneeva N.** Kuda denut musor? V Omske do sih por ne postroeny novye poligony dlja othodov. *Argumenty i fakty v Omske*. 2017. No. 47 (910). URL: <http://www.omsk.aif.ru/gazeta/number/36443> (date of access 09.12.2017).
6. **Abramov N. F., Judin A. G.** Problema upravlenija tverdymi bytovymi othodami v Moskve. *Materialy I nauchno-metodicheskogo seminar "Upravlenie tverdymi bytovymi othodami v Moskovskom regione: segodnja i zavtra", 1—2 marta 1999 g.* Moscow: Moskovskij obshhestvennyj nauchnyj fond, 1999. P. 46—58.
7. **Anopchenko T. Ju., Kirsanov S. A., Chernyshev M. A.** Zarubezhnyj opyt upravlenija v sfere tverdih bytovyh othodov. *Rossijskij Akademicheskij zhurnal*. 2014. Vol. 27. No. 1. P. 8—14.
8. **Jekologija** okruzhajushhej srede. Jekologicheskie problemy okruzhajushhej srede, puti i metody ih reshenija: Primery sistem razdel'nogo sbora musora za rubezhom. URL: <http://www/eco-mir.net/show/5095/> (date of access 10.01.2017).



УДК 502/504

**Е. Н. Касаткин**, канд. мед. наук, доц., зав. кафедрой,  
**И. В. Живов**, канд. мед. наук, доц., ст. науч. сотр., **Н. Е. Кириченко**, канд. мед. наук,  
доц., e-mail: kirichenkokirov5@mail.ru, **М. Д. Веджижева**, канд. мед. наук, доц.,  
**С. Г. Горев**, канд. мед. наук, доц., ст. преп., **А. И. Полишко**, ст. преп.,  
Кировский государственный медицинский университет

## Техногенные условия формирования современного экологического облика промышленного комплекса Кирово-Чепецка и пути реабилитации загрязненных территорий

*Приведены материалы по исследованию территории Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, включающего Кирово-Чепецкий химический комбинат. Проанализированы источники химического и радиоактивного загрязнения района. Описаны результаты комплексного экологического мониторинга. Приоритетными загрязнителями промышленной площадки и природного комплекса являются радионуклиды, тяжелые металлы и соединения азота. По данным литературных источников прослежены вероятные направления миграции стойких очагов химического, радиоактивного загрязнения и связанные с этим риски водоснабжения г. Кирова. Предложены реабилитационные мероприятия загрязненной территории и пути их совершенствования. По совокупности представленных данных можно сделать вывод о том, что негативное воздействие объектов Кирово-Чепецкого химического комбината на окружающую среду продолжается и в настоящее время.*

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, поллютант, химическое и радиоактивное загрязнение, реабилитация загрязненной территории

### Введение

Мировой и отечественный опыт показывают, что снижение требований к уровню обеспечения радиационной и химической безопасности приводит к масштабным и долговременным негативным последствиям. Господство концепции отложенных решений определило накопление проблем и рост потенциальных угроз для экологической безопасности государства.

Многолетняя работа Кирово-Чепецкого химического комбината (КЧХК) привела к интенсивному радиоактивному и химическому загрязнению промышленного района и прилегающей территории. Добиться значимого снижения рисков для населения и обеспечить приемлемый уровень безопасности промышленных объектов КЧХК удалось лишь при активном государственном участии путем реализации федеральных целевых программ. Успешное их выполнение предусматривает организацию системы комплексного экологического мониторинга территории в районе КЧХК, основными задачами которого являются:

обеспечение охраны окружающей природной среды, сохранение здоровья населения и экологической устойчивости природного комплекса. Выявление перечня приоритетных поллютантов, их источников, показателей контроля и путей миграции необходимо для достижения главных целей — разработки мероприятий по ликвидации источников загрязнения и реабилитации территорий.

### **Антропогенные факторы, воздействующие на район промышленного комплекса Кирово-Чепецка, их происхождение и вклад в формирование устойчивого очага радиоактивного и химического загрязнения**

Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б. П. Константинова создан в 1938 г. в составе наркомата химической промышленности СССР и первоначально предназначался для производства азотных и фосфорных удобрений. После начала Великой Отечественной войны постановлением



СНК СССР было предписано организовать на заводе производство газообразного хлора, хлороформа, соляной кислоты, карбида кальция и пикриновой кислоты [1, 2].

Изменение направления деятельности произошло в 1946 г., когда завод был включен в программу создания советского атомного оружия. Ему предстояло наладить промышленное производство гексафторида и тетрафторида урана.

Строительство новых цехов завода предполагалось завершить через полтора года. В такие сжатые сроки выполнить общепринятую последовательность создания промышленной технологии было невозможно, поэтому было разрешено осуществлять строительство без утвержденных проектов и смет, а финансирование работ проводить по фактическим затратам.

Летом 1947 г. приступили к работам на строительстве объектов. Всего было задействовано более 3500 человек, в том числе 540 вольнонаемных и остальные заключенные. Первая промышленная партия гексафторида урана была выпущена в декабре 1949 г., в дальнейшем мощность производства возросла более чем в 20 раз.

Указанные особенности организации строительства, доработка технической документации в ходе его проведения; недостаточный объем знаний о поведении радиоактивных веществ в окружающей среде и невысокая квалификация персонала для выполнения новых, а в большинстве случаев и пионерских задач, предопределили исключение из приоритетных проблем вопросы экологии и безопасности.

Так, только в 1953 г. на заводе была создана радиометрическая служба, а в 1956 г. промежуточные и конечные продукты стали перевозить в герметичных контейнерах с исключением выгрузки вручную. Внедрение новых дополнительных этапов производства (фильтрация растворов на песчаных фильтрах) обусловило загрязнение окружающей среды наряду с ураном новыми поллютантами — активными изотопами Cs, Ru, Sr, Zp. Проблема утилизации твердых отходов, содержащих уран, была решена внедрением в 1961 г. экстракционного метода. Специальные тонковолокнистые фильтры Петрянова были разработаны для улавливания урана из газовых смесей.

Сточные воды в 1963 г. начинают очищать известкованием, сорбированием на гидроокислах железа и силикагеле. Содержание урана после такой очистки определяли на уровне ПДК, а  $\beta$ -активность снижали до нормы смешением с нерадиоактивными сточными водами завода. Решение вопроса локализации жидких

радиоактивных отходов было осуществлено в 1967 г. путем создания метода глубинного подземного захоронения. Выпуск гексафторида и тетрафторида урана вели до начала 1990-х годов, а затем производственные мощности были законсервированы.

Успешное испытание в СССР в 1953 г. водородной бомбы послужило причиной увеличения выпуска на КЧХК дейтерида лития, являющегося основным компонентом термоядерного оружия. Несовершенство оборудования приводило к выбросам ртути. Содержание ее паров в помещениях превышало допустимые нормы, в связи с чем в цехе создали службу дегазации и уборки проливов ртути. В настоящее время все пробы донных отложений из водных объектов в районе КЧХК характеризуются, как и в прошлые годы, загрязнением ртутью, содержание которой в гумусовых горизонтах составляет от 0,3 до 54,0 мг/кг [3, 4].

За весь период активного промышленного производства гексафторида и тетрафторида урана радиационному загрязнению подверглось около 70 га территории промплощадки и санитарно-защитной зоны. Альфа-активными радионуклидами загрязнено около 17,5 га, цезием-137 — около 53 га, в основном в районе выпусков из секции шламохранилища, прибрежной полосе реки Елховки и озера Просное.

В настоящее время в траншейных и глубоких геологических хранилищах размещено около 440 тыс. т радиоактивных отходов низкой и средней активности. В районе их размещения обнаружено радиационное загрязнение почв, подземных вод, донных отложений. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения превышает в 2,0—4,5 раза фоновые значения для Кировской области (0,08 мкЗв/ч). В пробах почвы и донных отложений реки Елховки содержание  $^{238}\text{U}$  и удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в 1,5—2,5 раза выше нормы.

Подземные полигоны захоронения отходов глубиной до 1600 м предназначались для промышленных стоков производств минеральных удобрений, фторполимеров и металлургического цеха. Объем захоронения составляет примерно 16 млн м<sup>3</sup>. Международная экспертиза в настоящее время признает глубокие подземные хранилища наиболее безопасными для хранения веществ высоких классов опасности, в том числе и радиоактивных [5, 6].

Расположенные на территории КЧХК хранилища отходов (из них 8 радиоактивные) находятся в 1,5...3,0 км от селитебной зоны г. Кирово-Чепецка

в зоне санитарной охраны водозабора областного центра, основного источника водоснабжения населения.

Сточные воды предприятий, содержащие уран и продукты его радиоактивного распада, до 1957 г. без очистки сбрасывались в заболоченную пойму реки Елховки и озеро Просное. Позднее сточные воды стали фильтровать и перед сбросом в реку накапливать в шламонакопителе [7]. Принятая система отвода жидких производственных отходов привела к сильному химическому и радиационному загрязнению обширного района. По данным некоторых исследований [8], источниками радиационного и химического загрязнения грунтов, грунтовых и поверхностных вод являются хранилища твердых радиоактивных отходов на территории завода "Полимер", секции № 1—3 шламохранилища, содержащие  $^{127}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{238,235,234}\text{U}$ , хвостохранилище мела завода минеральных удобрений (источник нитратного загрязнения), русло реки Елховки, озеро Просное.

После сдачи в эксплуатацию завода по выпуску азотных и сложных минеральных удобрений (ЗМУ) важнейшим решением для защиты окружающей среды региона стал выбор азотнокислотной схемы получения минеральных удобрений, которая позволила избежать образования ежегодно до 1,5 млн т твердых отходов [2]. При этом, несмотря на применение "шадящей" технологии производства удобрений, ЗМУ остается основным источником загрязнения аммонийным азотом реки Вятки и ее поймы.

В настоящее время наиболее негативное воздействие на реку Вятка оказывают уже не производственные объекты и хранилища отходов, а ранее загрязненные грунтовые воды и пойменные озера, в которых накапливаются загрязняющие вещества и в паводок выносятся к водозабору г. Кирова. Образование этого загрязнения, вероятно, происходило в период первых лет эксплуатации хвостохранилищ мела. В соответствии с проектом, твердые отходы производства (загрязненные соединениями азота мел) были размещены в двухсекционном хвостохранилище, эксплуатация которого начата в 1985 г. Первые признаки нарушения защиты были выявлены уже в 1989 г., но никаких действенных мер в тот момент принято не было. Только к 2006 г. эксплуатация хранилища в режиме приема меловой пульпы полностью прекращена.

Сложившийся таким образом источник загрязнения питьевой воды практически ежегодно начинает активно действовать с началом паводка и напрямую зависит от его интенсивности.

Весной 2010 г. управление Роспотребнадзора по Кировской области впервые ввело в г. Кирове ограничение на использование водопроводной воды в качестве питьевой. По данным сайта Роспотребнадзора, с 28.04.2010 г. по 2.05.2010 г. были выявлены превышения до 2 раз предельно допустимой концентрации по азоту аммонийному (ПДК 2,0 мг/м<sup>3</sup>) в водах Вятки в районе городского водозабора и в городской разводящей сети, и только 3.05.2010 г. уровень загрязнения определен как 0,93 ПДК.

Свою долю в техногенную нагруженность территории Кирово-Чепецкого промышленного комплекса вносит крупное современное предприятие ООО "ГалоПолимер Кирово-Чепецк", занятое производством фторопластов, фторопластовых суспензий, смазок, каучуков. В водоемах, связанных с заводом полимеров и хранилищами его отходов, отмечается высокая концентрация хлоридов, фтора, ртути и стронция. Максимальная концентрация фтора (7,0...9,0 мг/дм<sup>3</sup>) обнаружена в выпуске стоков шламонакопителя и пойменных озерах [4].

За почти 80-летнюю деятельность Кирово-Чепецкого химического комбината в районе его расположения образовались устойчивые очаги химического и радиоактивного загрязнения. Граница ареала химического загрязнения грунтовых вод проходит в 200...300 м от уреза воды в реке Вятке, граница радиоактивного загрязнения — на расстоянии 1000...1200 м. В 2 км от границы третьей секции шламохранилища удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в грунтовой воде во много раз превышает уровень вмешательства. При этом установлено, что химическое загрязнение распространяется быстрее радиоактивного. По данным комплексных инженерных изысканий, скорость перемещения области химического загрязнения с грунтовыми водами составляет 75...80 м/год, радиоактивного — 55...60 м/год. При сохранении указанных скоростей загрязнение может дойти до реки Вятки с током грунтовых вод ориентировочно через 15—20 лет [8].

По данным работы [9], область повышенной минерализации грунтовых вод, содержащая сульфаты, хлориды, нитраты, аммоний, стронций, кадмий и уран, постепенно расширяется и смещается по направлению потока подземных вод на северо-запад на сторону реки Вятки; ареал радиационного загрязнения находится в относительно стабильном состоянии, но вследствие разгрузки грунтовых вод в реку Елховка не исключено поступление радионуклидов в поверхностные воды гидрологической сети района и далее, при



промывке пойменных озер во время паводка, в русло реки Вятки.

По совокупности результатов проведенных исследований [10] составлена комплексная карта загрязнения природных сред и объектов в районе размещения предприятий Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, где обозначены районы химического загрязнения почв по суммарному индексу, уровни минерализации грунтовых вод, мощности эквивалентной дозы гамма-излучения; проведено ранжирование водных объектов по степени загрязнения.

### Мониторинг загрязнения природной среды промышленного района

Современный экологический облик промышленного района Кирово-Чепецка, наряду с явлениями импактного свойства, характеризуется состоянием природного комплекса, сложившимся в условиях техногенного загрязнения территории. Мониторинг загрязнения компонентов природной среды, включающий оценку изменения ландшафтов, водных, почвенных экосистем и растительности, проведенный при использовании современных наземных и дистанционных геоинформационных и аэрокосмических технологий, выявил следующие существенные признаки преобразования природного комплекса в районе КЧХК [10, 11].

Анализ космических снимков контролируемой территории за 30 лет наблюдения показал увеличение урбанизированных площадей в 5,2 раза, распаханых земель — в 1,6 раз, площади лиственных лесов и лугов сократились на 7,3 и 26,6 % соответственно. Эти изменения, вероятно, явились результатом строительства завода минеральных удобрений и других инженерных объектов химического комбината. Установлена тенденция к усыханию лесов в районе влияния КЧХК (снижение индекса влагосодержания для сосновых лесов за 15 лет составило 62,5 %).

Другим геоиндикатором развития опасных природных процессов на исследуемой территории являются различия положения береговой линии р. Вятки, проявляющиеся в изменении зон аккумуляции, размыва, подтопления территории во время паводков, смещения русла, изменения площади обводнения. Выявлено сокращение акватории реки в районе КЧХК: правый берег излучины р. Вятки за 10 лет сместился на 80...100 м, левый — на 30...50 м. Площадь зоны размыва в районе исследования увеличилась и составляет 60 300 м<sup>2</sup>. Полученные данные позволяют прогнозировать

скорости размыва берегов, что необходимо учитывать при строительстве сооружений и эксплуатации экологически опасных объектов КЧХК, расположенных в прибрежной зоне.

Результаты физико-химических методов обследования загрязнения окружающей среды дополнены результатами исследований методами биомониторинга, которые обладают рядом преимуществ. К последним исследователи относят: интегральный характер ответных реакций биологических объектов, которые отражают влияние всего комплекса внешней среды, а также возможность выявлять негативные факторы в количествах, недоступных для определения инструментальными методами [12]. Экобиологический мониторинг в зоне влияния КЧХК проводили на элементах природной среды, относящихся к сети гидрологических объектов района: снег, вода, почва, донные отложения и растения [13].

Снег, обладая высокой сорбционной способностью, сохраняет в своем составе большинство компонентов, загрязняющих атмосферу. Сведения о его загрязнении дают возможность оценить степень техногенной нагрузки на территорию и здоровье населения. По результатам экотоксикологического анализа, начиная с 2010 г., отмечается снижение концентрации нитрата аммония и цинка, однако повышенная чувствительность всех взятых для анализа тест-объектов (*Daphnia magna*, *Chlorella vulgaris*, *Paramecium caudatum* Muller) к снеговой воде сохраняется.

Биотестирование водных объектов обнаружило высокую токсичность проб, отобранных вблизи шламонакопителей и радиоактивных хранилищ, для *Daphnia magna* и гипертоксичность для *Chlorella vulgaris*. Максимальная токсичность для биотест-объектов и семян пшеницы определена в пробах, отобранных в месте выхода грунтовых вод у завода полимеров.

На всех исследованных участках почвы также выявлены достоверные биологические признаки токсичности: гибель биотест-объектов, слабая энергия прорастания семян пшеницы сорта Ирень, высокая активность почвенных ферментов (каталаза, инвертаза, уреазы), характерные особенности развития почвенных микроорганизмов. К последним относятся: преобладание в пуле ассоциации фототрофов; цианобактерии представлены в основном безгетероцистными формами; низкий уровень фенотипической экспрессии свойств азотфиксирующих гетеротрофных бактерий рода *Azotobacter* и грибов. На всех участках отмечается преобладание грибов с окрашенным мицелием.

Общепринятая практика проведения биоиндикации природных сред с помощью растений обнаружила новые участки загрязнения, на которых растительность содержит в значимых количествах тяжелые металлы, радионуклиды, соединения азота. Наибольшей накопительной способностью по отношению к азоту обладают растения крапивы двудомной, по отношению к радионуклидам — крапива обыкновенная, к тяжелым металлам — полынь обыкновенная. Указанные виды растений перспективны для использования в качестве биоиндикаторов при обследовании загрязненных почв. Изучение многолетней динамики состояния растительного покрова с использованием вегетационного индекса NDVI и индекса влагосодержания NDWI выявило явную тенденцию угнетения высших растений. Показательными являются дефолиация и морфологические изменения хвои сосны: увядание, хлороз, наличие некротических пятен [12].

#### **Реабилитация загрязненных территорий промышленного комплекса в районе Кирово-Чепецка**

Территорию следует считать загрязненной, если выявлен неприемлемый уровень риска ее использования для здоровья человека. Вызванный загрязнением территории риск потери здоровья или жизни населения является основой в принятии решений по выполнению реабилитационных мероприятий. Методология оценки риска здоровью позволяет количественно установить ущерб, сравнить и ранжировать воздействия различных факторов на окружающую среду, установить конкретные значения приемлемого риска. Оценку риска проводят методами системного анализа различной степени детализации событий на протяжении всего маршрута от источника загрязнения до населения, в том числе и на путях распространения [14].

Использование оценки риска в системе поддержки принятия решений в области реабилитации определило исторически более жесткое регулирование территорий и объектов, связанных с использованием ионизирующих излучений. Они, в основном, идентифицированы и намного более изучены, чем территории с химическим загрязнением.

До середины двухтысячных годов на КЧХК, как и в целом по России, при обращении с отходами химических и ядерных технологий действовала концепция отложенных решений. Такой

подход мог соответствовать лишь инерционному уровню развития промышленности и обеспечивал принятие только неотложных противоаварийных мер безопасности.

Системная работа по выводу из эксплуатации радиационно опасных объектов КЧХК и реабилитация прилегающей территории была начата в рамках реализации Федеральной целевой программы "Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года", а затем продолжена в Федеральной целевой программе "Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 год и на период до 2025 года".

Реализуемый проект предусматривает вывод из эксплуатации существующих хранилищ радиоактивных отходов (РАО) и шламохранилищ без извлечения отходов с созданием дополнительных инженерных барьеров безопасности. Загрязненные здания и сооружения демонтируют, а РАО, образующиеся при этом, будут помещать в хранилище на территории комбината. В итоге, к 2025 г. хранилища изолируют восьмислойным защитным экраном, территорию дезактивируют, рекультивируют и озеленят.

Эффективность проведения реабилитационных мероприятий во многом зависит от выбора и обоснования оптимального решения, с учетом множества ограничений и интересов: финансы, время, технические возможности, санитарно-гигиенические нормативы, социальная адекватность, интересы населения. В общем случае поддержка принятия решений (ППР), как методология достаточно молодой дисциплины, требует интеграции многих научных дисциплин, в первую очередь, для оценки риска здоровью человека.

Использование системы ППР по управлению загрязненными территориями в компьютерных средствах в виде геоинформационной системы поддержки принятия решений PRANA уже доказала высокую эффективность при ликвидации последствий радиоактивного воздействия в Брянской области [14]. Ее активное внедрение в решение экологических проблем КЧХК позволит усилить и дополнить примененные в данном случае традиционные методы (эвристические, моделирование) методами поддержки принятия решений (сравнительный анализ рисков, анализ затраты — прибыль, многокритериальный анализ решений). Кроме того, использование системы поддержки принятия решений позволяет избежать существенного недостатка в организации комплексного экологического мониторинга



территории в районе КЧХК. Речь идет о том, что мониторинг источников техногенного воздействия, мониторинг загрязнения окружающей среды и мониторинг здоровья населения ведомственно разобщены, а подлинно научное обоснование оптимального реабилитационного решения возможно только при условии объединения всей полученной информации в единой системе анализа.

### Заключение

Кирово-Чепецкий химический комбинат имени Б. П. Константинова по-прежнему остается одним из наиболее крупных источников потенциальной экологической опасности в Кировской области. За время его деятельности территория промышленного комплекса под воздействием техногенного загрязнения изменена и представляет собой нарушенную природно-техногенную систему, сложившуюся вследствие сброса стоков предприятий, складирования отходов производства, нарушения ландшафта при строительстве и эксплуатации объектов. В зоне влияния КЧХК образовались устойчивые очаги химического и радиоактивного загрязнения с опасной тенденцией продвижения к реке Вятке. Результаты мониторинга источников техногенного воздействия и окружающей среды позволили оценить масштабы загрязнения и в обеспечении безопасности территории для населения перейти от концепции отложенных решений к стратегии интенсивной реабилитации в рамках федеральных целевых программ. Научное сопровождение разрабатываемых реабилитационных мероприятий целесообразно усилить методами интегральной системы поддержки принятия решений в форме компьютерных программ семейства PRANA, адаптированных под конкретные цели.

### Список литературы

1. **Уткин В. В.** Завод у двуречья. Кирово-Чепецкий химический комбинат имени Б. П. Константинова: строительство, развитие, люди. — Киров: ОАО "Дом печати — Вятка", 2007. — Т. 4 (1973—1992), часть 1. — 144 с.
2. **Логинов Н. Д.** Завод минеральных удобрений. Кирово-Чепецкий химический комбинат имени Б. П. Константинова: строительство, развитие, люди. — Киров: ОАО "Дом печати — Вятка", 2007. Т. 4 (1973—1997), часть 2. — 224 с.
3. **Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я.** Содержание ртути в компонентах природной среды на территории вблизи

- Кирово-Чепецкого химического комбината // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. — 2012. — № 3. — С. 39—44.
4. **Экологическое** состояние природного комплекса на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината / Т. А. Адамович, С. Г. Скугорева, Г. Я. Кантор и др. // Проблемы региональной экологии. — 2010. — № 3. — С. 197—200.
  5. **Санитарные правила** и технические условия эксплуатации и консервации глубоких хранилищ жидких радиоактивных и химических отходов предприятий ядерно-топливного цикла (СП и ТУ ЭКХ-93): введены в действие с 01.01.1995 указанием Минатома России 17.04.94 № 05-65УК.
  6. **Балукова В. Д., Егоров Н. Н., Каймин Е. П.** Глубинное захоронение ЖРО. — М.: ИздАТ, 1994. — 256 с.
  7. **Албегова А. В., Ашихмина Т. Я.** Экологическая оценка и мониторинг в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса // ЭКОМониторинг. — 2012. — № 9. — С. 24—27.
  8. **Инженерно-экологические исследования** для реабилитации загрязненных территорий Кирово-Чепецкого химического комбината. URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2011/04/18/21336> (дата обращения 14.04.2017).
  9. **Оценка** состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината / Т. Я. Ашихмина, Е. В. Дабах, Г. Я. Кантор и др. // Теоретическая и прикладная экология. — 2010. — № 3. — С. 18—26.
  10. **Адамович Т. А., Кантор Г. Я., Ашихмина Т. Я.** Использование методов дистанционного зондирования при оценке антропогенно-нарушенных территорий в районе Кирово-Чепецкого химического комбината // Экология родного края — проблемы и пути их решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодежи. — Киров, 2010. — С. 154—156.
  11. **Адамович Т. А., Смирнова Т. О., Ашихмина Т. Я.** Методы аэрокосмического мониторинга в оценке экологического состояния техногенно-нарушенных территорий на примере Кирово-Чепецкого химического комбината // Экоаналитика—2011. Тезисы докладов VIII всероссийской конференции. — Архангельск, 2011. — С. 63—64.
  12. **Биоиндикаторы** и биотест-системы в оценке окружающей среды техногенных территорий / Под ред. Т. Я. Ашихминой и Н. М. Алалыкиной. — Киров: О-Краткое, 2008. — 336 с.
  13. **Использование** методов биоиндикации и биотестирования в оценке состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината / С. Скугорева, Т. Адамович, А. Олькова и др. // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. — 2012. — № 3. — С. 30—37.
  14. **Яцало Б. А., Козьмин Г. В.** Реабилитация техногенно-загрязненных территорий и управление рисками с применением геоинформационных систем поддержки принятия решений // Вестник Российской академии естественных наук. — 2011. — № 4. — С. 50—57.

**E. N. Kasatkin**, Associate Professor, Head of Chair, **I. V. Zhivov**, Associate Professor, Senior Researcher, **N. E. Kirichenko**, Associate Professor, e-mail: kirichenkokirov5@mail.ru, **M. D. Vedzizheva**, Associate Professor, **S. N. Gorev**, Associate Professor, Senior Lecturer, **A. I. Polishko**, Senior Lecturer, Kirov State Medical University

## Technogenic Conditions of Development of Modern Ecological Situation of the Kirovo-Chepetsk Industrial Complex and the Ways of Rehabilitation of the Polluted Territories

*Materials on a research of the Kirovo-Chepetsk industrial complex territory are given. Sources of chemical and radioactive pollution of the area are analysed. Results of complex environmental monitoring are described. Radionuclides, heavy metals and nitrogen compounds remain priority pollutants in industry as well as in nature. The probable migration of the resistant centers of chemical, radioactive pollution and resulted risks for water-supply of Kirov are analysed according to literature. Rehabilitation of the polluted territory and the ways of its augmentation are discussed. Taken together, the authors conclude that the negative environmental impact of chemical plant proceeds until now.*

**Keywords:** environmental monitoring, pollutant, chemical and radioactive pollution, rehabilitation of the polluted territory

### References

1. **Utkin V. V.** Plant of Mesopotamia. Kirovo-Chepetsk chemical combine named after B. P. Konstantinov: construction, development, people. Kirov: JSC "Dom pechati — Vyatka", 2007. Vol. 4 (1973—1992), part 1. 144 p.
2. **Loginov N. D.** Plant fertilizer. Kirovo-Chepetsk chemical combine named after B. P. Konstantinov: construction, development, people. Kirov: JSC "Dom pechati — Vyatka", 2007. Vol. 4 (1973—1997), part 2. 224 p.
3. **Skogoreva S. G., Ashikhmina T. Y.** Mercury content in natural environment components on site near Kirovo-Chepetsk chemical works. *Proceedings of the Komi science centre of Ural branch of the Russian Academy of Sciences*. 2012. No. 3. P. 39—44.
4. **Environmental** condition of the natural complex on the territory near Kirovo-Chepetsk chemical works / T. A. Adamovich, S. G. Skugarev, G. Ya. Kantor et al. *Problems of regional ecology*. 2010. No. 3. P. 197—200.
5. **Sanitary rules** and specifications operation and conservation of deep storage of liquid radioactive and chemical wastes of the enterprises of nuclear fuel cycle (SP and TU ECX-93): introduced with effect from 01.01.1995 indication of Minatom of Russia 17.04.94 No. 05-65 UK.
6. **Balukova V. D., Egorov N. N., Kaymin E. P.** The deep disposal of LRW. Moscow: Izdat.1994. 256 p.
7. **Albegova A. V., Ashikhmina T. Ya.** Environmental assessment and monitoring in the area of Kirovo-Chepetsk industrial complex. *EKOMonitoring*. 2012. No. 9. P. 24—27.
8. **Engineering-ecological** investigations for the rehabilitation of contaminated areas Kirovo-Chepetsk chemical works. URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2011/04/18/21336> (date of access 14.04.2017).
9. **Assessment** of the status of the natural complex in the zone of influence of Kirovo-Chepetsk chemical works / T. Ya. Ashikhmina, E. V. Dabagh, G. J. Cantor et al. *Theoretical and applied ecology*. 2010. No. 3. P. 18—26.
10. **Adamovich T. A., Kantor, G. Y., Ashikhmina T. Y.** The use of remote sensing techniques in the assessment of anthropogenically disturbed territories in the area of Kirovo-Chepetsk chemical plant. *Ecology of native land: problems and ways of their solution. Materials of all-Russian scientific-practical conference of youth*. Kirov, 2010. P. 154—156.
11. **Adamovich T. A., Smirnova T. A., Ashikhmina T. Ya.** Methods of aerospace monitoring in the evaluation of the ecological state of technogenic-disturbed areas on the example of Kirovo-Chepetsk chemical combine. *Ecoanalytics—2011. Abstracts of the VIII all-Russian conference*. Arkhangelsk, 2011. P. 63—64.
12. **The bioindicators** and bioassay in environmental assessment of technogenic territories / Ed. by T. Y. Ashikhmina and N. M. Alalykina. Kirov: O-Brief, 2008. 336 p.
13. **Using methods** of bioindication and biotesting to assess the condition of the natural complex in the zone of influence of Kirovo-Chepetsk chemical works / S. Skogoreva, T. Adamovich, A. Olkova et al. *Bulletin of the Institute of biology of Komi Ural branch of Russian Academy of Sciences*. 2012. No. 3. P. 30—37.
14. **Yatsalo B. A., Kozmin G. V.** Rehabilitation of technologically contaminated areas and risk management with the use of geo-information systems of decision support. *Herald of the Russian Academy of natural Sciences*. 2011. No. 4. P. 50—57.

УДК 502.7

**С. А. Голобоков**, канд. техн. наук, проф., e-mail: golobokov\_san@bk.ru,  
**О. Л. Мокеева**, преп., Тихоокеанское высшее военно-морское училище  
имени С. О. Макарова, Владивосток

## **Особенности изучения дисциплины "Экология" в высшем военном учебном заведении**

*Рассмотрены особенности изучения дисциплины "Экология" в Тихоокеанском высшем военно-морском училище. Отмечено, что современные учебники по дисциплине "Экология" ориентированы на подготовку гражданских специалистов и не отражают особенностей экологических проблем различных видов Вооруженных сил. Авторами статьи разработаны комплекс учебных и учебно-методических пособий и электронная база данных "Экология", учитывающие требования современности к военному образованию, с учетом военно-морской специфики боевой и повседневной деятельности ВМФ. Это послужило основой, позволяющей внедрить в образовательный процесс по дисциплине "Экология" инновационные методы обучения, представленные в данной статье.*

**Ключевые слова:** экология, экологическая безопасность, концепция естественнонаучного образования, новые технологии обучения, инновационный метод

### **Введение**

В Экологической доктрине России подчеркивается, что низкий уровень экологического сознания, образования и экологической культуры населения страны относится к числу основных факторов деградации природной среды [1].

Целью объявления 2017 года годом экологии было привлечение внимания жителей страны к проблемным вопросам, существующим в экологической сфере, и улучшение состояния экологической безопасности в стране, повышение уровня экологического сознания, образования и экологической культуры населения РФ [2].

В начале 1990-х годов в России была принята концепция естественнонаучного образования. На ее основе в дальнейшем был сформирован цикл общих математических и естественнонаучных дисциплин как составная часть Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ГОС ВПО). Наиболее кратко эта концепция формулируется следующим образом: "Если говорить о смысле базового (фундаментального) образования в естественнонаучных областях, то он, прежде всего, заключается в получении курсантами (студентами) не узкоспециализированных, а фундаментальных, комплексных представлений о научной картине мира, основных методологических приемах естествознания и, конечно, в общей подготовке по выбранному направлению науки" [1].

Начиная с 1993 г. изучение общих математических и естественнонаучных дисциплин в высшей школе является обязательным для всех направлений и специальностей высшего профессионального образования. В ГОС эти дисциплины составляют отдельный цикл. Его структура, содержание и порядок реализации определяются на федеральном уровне. Специалисты отмечают, что целостность фундаментального естественнонаучного образования является главным принципом его формирования. Для этого дисциплины рассматриваются не как совокупность автономных курсов, а как единый цикл общих математических и естественнонаучных дисциплин, объединенных общей целевой функцией и междисциплинарными связями.

"Доминанта проблем в экологии столь ярка, что мало кто осознает печальный факт отсутствия в ней профессионального костяка — фундаментального экологического знания и его носителей. Утерян даже смысл структуры экологического цикла наук. Раз все "экологи", то и почти все стали называть "экологией", в том числе охрану природы и охрану окружающей человека среды... Но экология ли это в собственном смысле слова?"

Очевидно, что нет. Экология как таковая — лишь фундаментальная основа для природоохранного и средоохранного знания, основа неотъемлемая и совершенно необходимая. Все остальное — прикладные ее сферы. Они имеют свои постулаты и теоретические обобщения, базирующиеся на



экологическом фундаменте" [3]. Эта мудрая цитата Н. Ф. Реймерса, — выдающегося советского эколога и зоолога, очень точно характеризует нынешнее состояние экологического образования в России.

### **Особенности проведения года экологии в Тихоокеанском высшем военно-морском училище**

В качестве одной из главных задач Стратегия экологической безопасности России до 2025 года, утвержденная Президентом Российской Федерации Указом от 19.04.2017 г. № 176, предусматривает развитие экологической ответственности всех слоев общества и экологическое обучение и образование населения России [4]. На основе этой Стратегии был разработан План основных мероприятий по проведению на территории Приморского края Года экологии.

В свою очередь был разработан План основных мероприятий по проведению в местах дислокации Тихоокеанского высшего военно-морского училища Года экологии. Этот план включал более 35 мероприятий по основным направлениям охраны окружающей среды, обеспечению экологической безопасности, экологическому образованию и просвещению, международному сотрудничеству.

На территории Приморского края в течение 2017 г. прошло рекордное количество (более 1500) массовых мероприятий эколого-просветительской направленности, в большинстве из которых приняли участие курсанты, офицеры и преподаватели училища.

В мае 2017 г. на территории Приморского края прошла Общероссийская климатическая неделя. Проведено свыше 25 мероприятий.

На территориях Артемовского и Дальнегорского городских округов, Анучинского, Спасского и Хасанского муниципальных районов курсантами училища проведены мероприятия в рамках общероссийских природоохранных социально-образовательных проектов "Молодые защитники природы".

В рамках реализации международной акции в защиту особо охраняемых природных территорий "Марш парков — 2017", состоявшейся с 22 по 26 апреля 2017 г. проведены экологические уроки в подшефных учебных заведениях.

Успешно проходят мероприятия международного проекта "Океан без границ", итоги которого были подведены в ноябре 2017 г.

В плане образовательной деятельности, во исполнение положений Федерального закона № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. "Об образовании в РФ" и в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта

высшего образования и квалификационными требованиями к уровню военно-профессиональной подготовки, выпускник военного вуза должен уметь [5, 6]:

— организовывать выявление источников экологического загрязнения и оценивать экологическую обстановку в районах дислокации войск, на военных объектах;

— оценивать размер платы за загрязнение окружающей природной среды и экологический ущерб в результате деятельности войск (сил);

— организовывать разработку планирующих документов и вырабатывать обоснованные решения по организации экологической безопасности при повседневной деятельности и чрезвычайных ситуациях.

Кроме того, выпускник должен овладеть рядом профессиональных компетенций, среди которых такие, как способность использовать основные методы защиты населения от возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий и способность осуществлять профилактику правонарушений и травматизма, предотвращать нарушения безопасности жизнедеятельности и экологические нарушения.

Многочисленные учебники по дисциплине "Экология", ориентированные на подготовку гражданских специалистов, не отражают особенностей Вооруженных сил. Единственным базовым учебником для вузов РФ по дисциплине "Экология" является учебник "Военная экология" под общей редакцией профессора Н. В. Михайлова, ориентированный, в основном, на сухопутные войска и почти не затрагивающий специфику военно-морского флота (ВМФ).

Правила охраны природной среды в ВМФ (ПОПС-90), введенные в действие приказом ГК ВМФ № 320 в 1990 г., ориентированы на корабли постройки XX века и не учитывают особенностей современных кораблей ВМФ.

Преподавателями Тихоокеанского высшего военно-морского училища, начиная с 1998 г., выпущен цикл учебно-методических пособий, впоследствии реализованный в форме электронных разработок, прошедших тщательную апробацию в учебном процессе. Авторами раскрыт широкий спектр вопросов общей экологии, учтена специфика современного состояния Вооруженных сил РФ, ВМФ и требований современных нормативно-правовых актов, в том числе образовательных стандартов и квалификационных требований, соответствующих уровням ФГОС 3+.

В учебном пособии "Основы экологии", изданном в 2013 г., помимо тщательного анализа динамики развития экосистем в современном мире,



экологии сообществ суши, рассмотрена концепция экосистем океана.

Авторами училища было создано учебное пособие "Основы военной экологии" (2014 г.), в котором было уделено большое внимание вопросам защиты окружающей среды в ВМФ и обеспечению экологической безопасности морских экосистем, проблемам экологического воспитания будущих моряков.

Учебное пособие "Экологические основы природопользования", вышедшее в 2015 г., содержит основные определения и понятия природопользования, сведения о современном состоянии окружающей среды Дальневосточного Региона, России и мира. Рассмотрены основные направления рационального природопользования и способы охраны биосферы от загрязнения антропогенными выбросами, основные положения экономического механизма охраны окружающей среды и правовые вопросы экологической безопасности.

При формировании соответствующих уровней обученности выпускников, особое внимание уделяется их способности применять полученные знания для решения типовых задач экологической

сферы военно-профессиональной деятельности с умением использовать справочную литературу.

В 2011 г. был издан словарь-справочник "Экология и безопасность жизнедеятельности", содержащий более 1100 экологических терминов, на основе которых были сформированы тестовые задания в целом комплексе программ для тестирования (Айрон, Assist.2 и TestMaster).

Применение химического оружия на Ближнем Востоке и непрекращающиеся испытания ядерного оружия в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР) заставляют более пристально и скрупулезно подходить к качеству подготовки выпускников по дисциплине "Экология", вводить в учебный процесс элементы смежных дисциплин, таких как "Радиационная, химическая и биологическая защита" (РХБЗ), "Медицинское обеспечение" (МО), "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД).

Учитывая современные реалии, в учебный процесс по дисциплине "Экология" внедряются инновационные методы образовательного процесса. С курсантами 1–3 курсов разработан и проведен педагогический эксперимент "Комплексное практическое занятие по дисциплине "Экология"

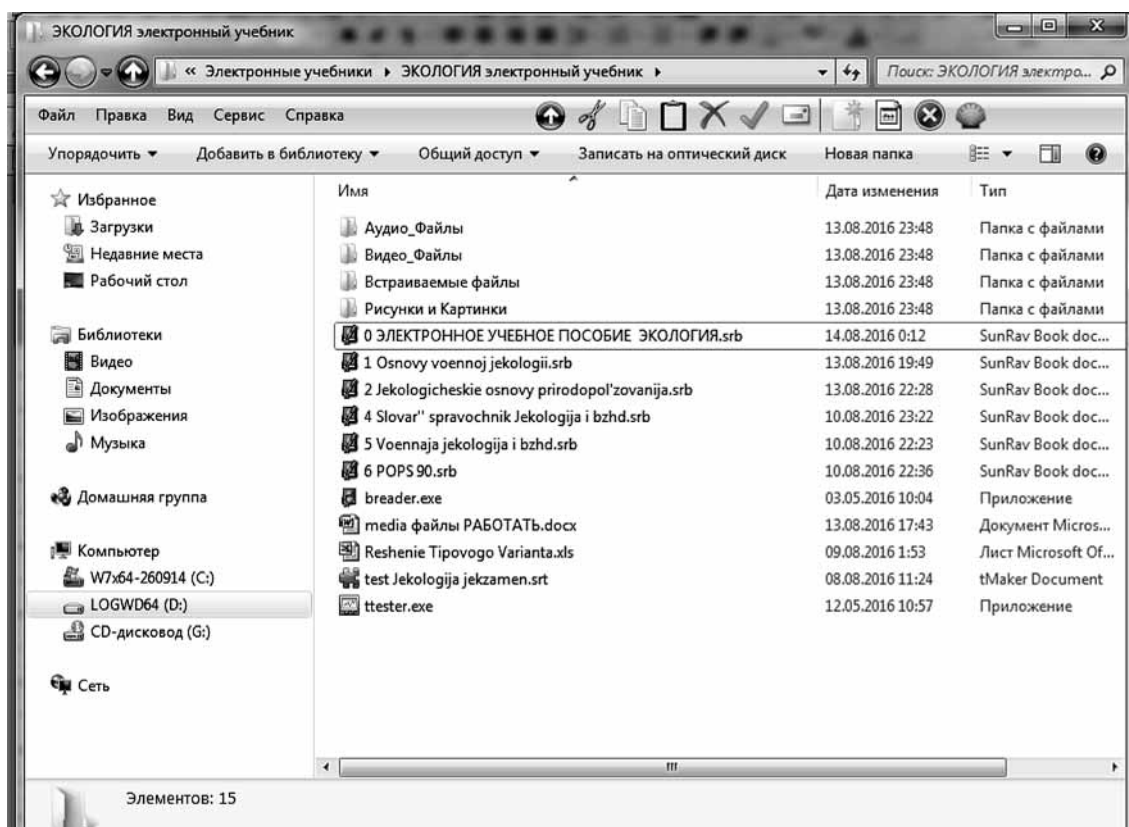


Рис. 1. Структура папки "0 ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ЭКОЛОГИЯ.srb"

с использованием учебно-материальной базы и элементов смежных разделов дисциплин "Медицинское обеспечение", "РХБЗ", "БЖД", с целью отработки единых для этих дисциплин профессиональных компетенций и внедрения в образовательный процесс новой технологии обучения.

Например, при проведении практического занятия на тему "Организация выявления источников экологического загрязнения и оценка экологической обстановки в районе дислокации", курсанты:

- совершенствуют элементы комплексной экологической защиты при возможных техногенных авариях на близлежащих территориях и промышленных объектах;

- проводят мониторинг с применением войскового прибора химической разведки (ВПХР), измерителя мощности доз ДП-5В;

- отрабатывают приемы оказания первой помощи пострадавшим;

- прогнозируют и оценивают экологическую обстановку.

С учетом реальных угроз современности и с целью интенсификации процесса подготовки курсантов по дисциплине "Экология", в ТОВВМУ разработана электронная база данных, реализованная в одном файле, организованном по разделам, позволяющая использовать комплексно знания, необходимые для изучения и освоения смежных дисциплин. Аудиовизуальное отображение базы данных осуществляется в автоматическом режиме с помощью компьютерной программы SunRav Software. На рис. 1 приведена структура папки "Электронное учебное пособие "Экология".

Представленная база данных (БД) — совокупность определенным образом организованной учебной информации на тему "Изучение предмета "Экология" в высшем военном учебном заведении", предназначенная для длительного хранения, многопользовательского обращения с целью освоения теоретических основ указанной дисциплины, проведения практических расчетов, самостоятельной подготовки, прохождения тестирования, ознакомления с учебными фильмами и имитационного использования приборов и средств экологической защиты и экологического мониторинга.

Разработана и систематизирована база данных, которая содержит информацию о реально существующей системе учебно-методического материала, содержащего теорию и практику по общей и военной экологии, информацию о приборах экологического мониторинга и средствах коллективной и индивидуальной экологической защиты, контрольно-измерительные материалы.

База данных позволяет вести сбор, хранение, использование и обработку информации в целях обеспечения сохранности данных на длительный срок, доступа к данным из любой точки (что соответствует требованиям Федерального закона № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. "Об образовании в РФ" — открытости и доступности), возможности самостоятельного изучения материала и последующего самоконтроля [5].

В базу данных (БД) заложен способ оперирования и манипулирования данными — выделение информационных блоков в виде иерархического дерева встроенных элементов. Ключевым в БД является "Электронное учебное пособие "Экология". Остальные элементы (поля) приведены на рис. 2 (см. 3-ю стр. обложки).

Ниже перечислены учебные пособия, представленные в БД в виде файлов с расширением \*.srb.: Военная экология и БЖД; Экологические основы природопользования; Практикум. Экология и защита окружающей среды на флоте; Словарь-справочник Экология и БЖД; Основы военной экологии; Правила охраны природной среды ВМФ-90.

Интересными для потребителя (обучающегося) в перечисленных выше учебных пособиях являются: нормативные документы, основные термины и понятия, основные законы, специфика предмета для военной деятельности, средства защиты, приборы мониторинга, ведение расчетов, формирование отчетов и самостоятельное прохождение тестирования с целью проверки и закрепления полученных знаний.

Один из элементов базы данных — учебное пособие "Экологические основы природопользования" содержит также исполняемые компилированные файлы (с расширением \*.chm), Media-файлы (в виде аудио- и видеофайлов с расширением \*.amr или \*.flv), например, файлы используемых программ (с расширением .exe) и тестов (с расширением .srt), например, Gif-анимации, рисунки и картинки различного назначения (рис. 3 — см. 3-ю стр. обложки).

Обращение к БД и управление ею осуществляется с помощью программ SunRav BookOffice 4.3 и SunRav TestOfficePro 6.0.9, которые позволяют осуществить защиту данных от несанкционированного доступа, поддержку многопользовательского режима работы с данными и обеспечение целостности и согласования данных, включить пробный период пользования (по количеству дней, количеству запусков книги или по количеству отображаемых глав).

Представленная на рис. 4 БД позволяет:

- добавлять в структуру одну или несколько записей;

- удалять из структуры одну или несколько записей;

- обновлять значения некоторых полей;

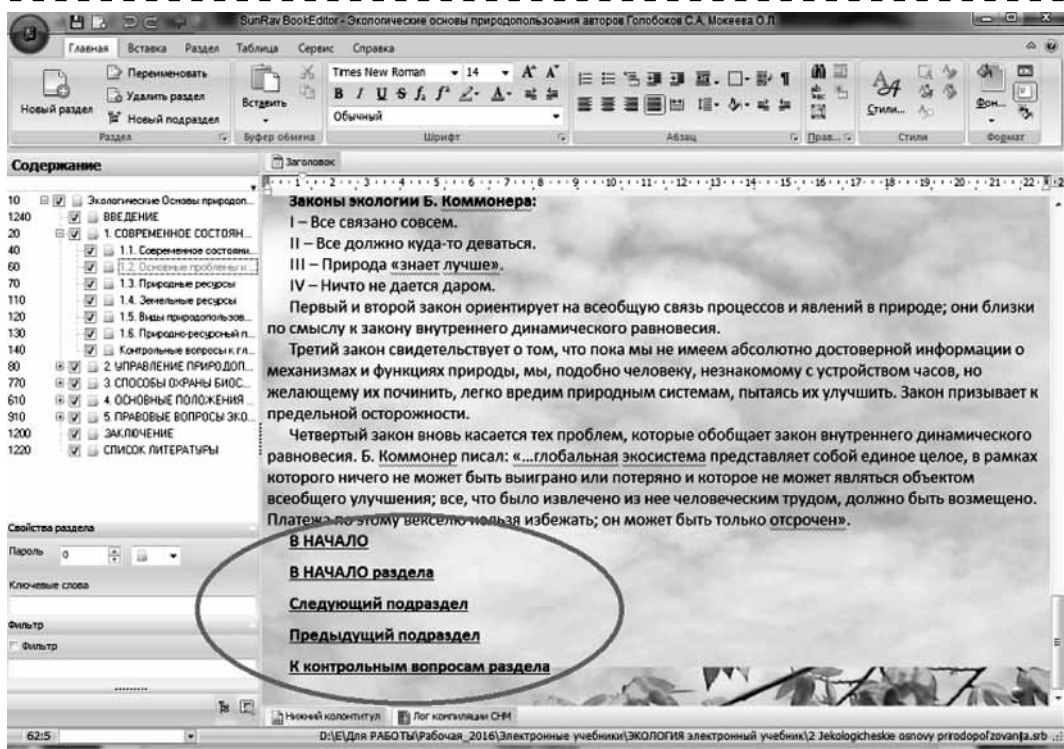


Рис. 4. Результат запроса подраздела учебного пособия "Экологические основы природопользования" с собственной автономной системой навигации (выделено)

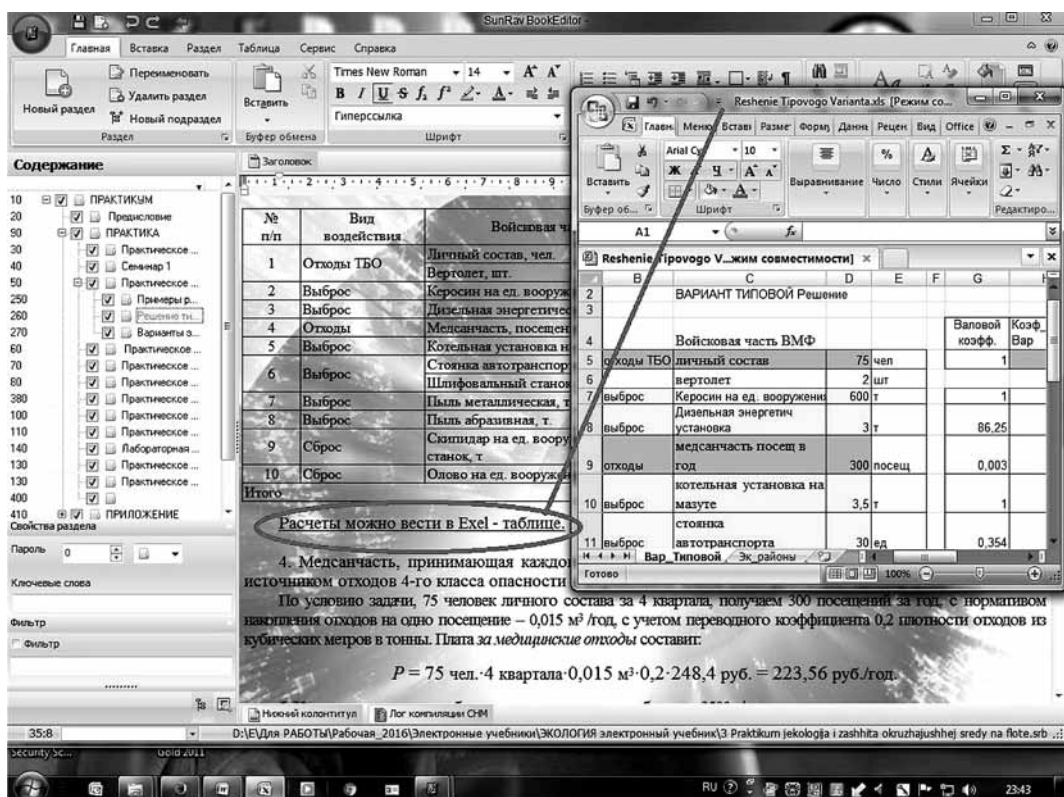


Рис. 5. Оценка размера платы за загрязнение окружающей природной среды и экологический ущерб в результате деятельности войск (сил)

— находить одну или несколько записей, удовлетворяющих заданному условию (например, по ключевым словам).

Для выполнения обращения используется прозрачный механизм запросов, осуществляемый кликом по гиперссылкам и результатом выполнения которых является либо выбранное определенное учебное пособие, либо вызов соответствующего раздела или медиа-файла, либо вызов программы тестирования с последующим автоматическим составлением отчета по результату в виде таблицы, или в стандартном виде, либо загрузка Microsoft Word или Microsoft Excel в целях ведения и выполнения необходимых расчетов, вычислений, оформления формализованных отчетов (рис. 5, 6).

Специалисты считают, что дальнейшее развитие человечества должно быть направлено на формирование культуры ответственности как одного из базисных качеств личности, без которого невозможна жизнедеятельность в системе "общество — природа". При этом под *экологической культурой* следует понимать изменение характера

отношений людей к природе, новый уровень ее познания и практического использования, когда основой любой деятельности, помимо тех законов природы, которые учитывались раньше, становятся также и экологические законы, т. е. законы саморегуляции биосферы и ее компонентов.

Перечисленные выше мероприятия и направления отражают далеко не полный перечень проектов и мероприятий в области охраны окружающей среды и природопользования, реализуемых в Тихоокеанском высшем военно-морском училище, но не вошедших в План основных мероприятий по проведению на территории Приморского края Года экологии.

К реализации природоохранных мероприятий было привлечено рекордное число военнослужащих, преподавателей и членов их семей. Вместе с тем число проблем по вопросам охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности не уменьшилось, что свидетельствует не только о наличии экологических проблем, но и об активной гражданской позиции участников программы Года экологии.

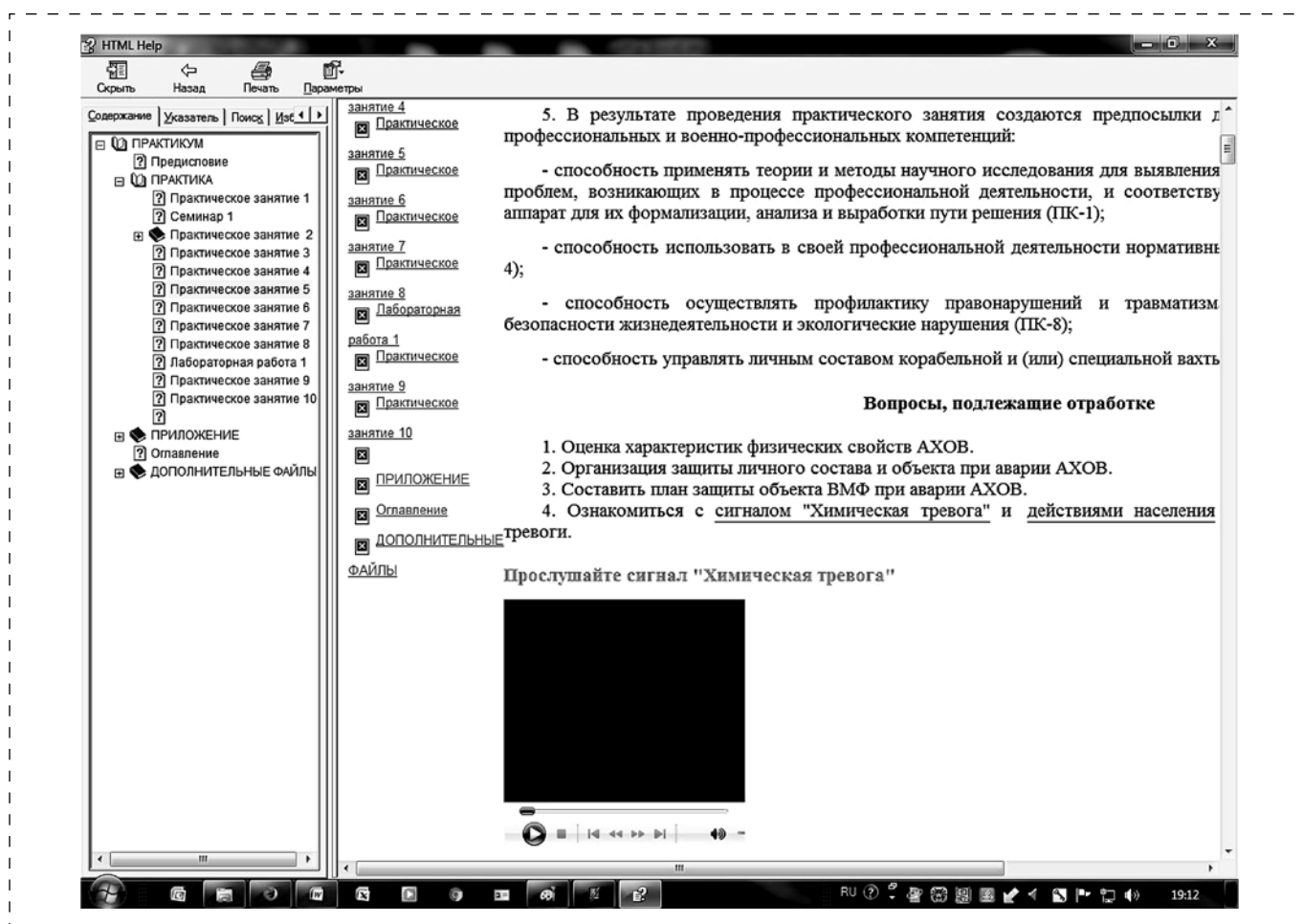


Рис. 6. Внешний вид файла практического занятия "Прогнозирование последствий химически опасных аварий и защита от АХОВ"



Человек должен не только осознавать себя в единстве с природой, как отмечается в указанных выше документах, но, самое главное, понять свою созидательную, поддерживающую роль. Важно убедить курсантов и слушателей в том, что от их знаний, убеждений, установок в социальной деятельности зависит дальнейшее развитие не только их самих как индивидов, но и общества в целом. Может быть тогда не будет формального отношения командиров к организации природоохранной работы в войсках.

Представляется, что одна из основных задач Года экологии по формированию постоянного диалога между всеми уровнями власти, представителями науки, бизнеса, общественных организаций и гражданами в Приморском крае выполнена, а в дальнейшем механизмы данного взаимодействия будут совершенствоваться для достижения общей цели — обеспечения устойчивого развития региона, что позволит перейти от Года экологии к Веку экологии.

### Заключение

Опираясь на слова Д. И. Менделеева "у научного изучения предметов две основные или конечные цели: предвидение и польза", можно сказать, что у дисциплины "Экология" большое предназначение — научить курсантов и слушателей предвидеть перспективы их будущей деятельности и обучить их грамотному практическому применению знаний.

"Экология" является естественнонаучной дисциплиной, вместе с тем она носит как мировоззренческий, так и прикладной характер.

В военном вузе она построена с учетом сочетания базовых естественнонаучных понятий с природоохранными проблемами деятельности войск. При этом главная цель дисциплины состоит в повышении уровня экологического образования для обеспечения экологической безопасности военной деятельности, формировании причинно-следственных связей и комплексного видения приобретаемых знаний и навыков.

### Список литературы

1. **Указ** Президента РФ от 5 января 2016 г. № 7. "О проведении в Российской Федерации Года экологии". URL: <http://base.garant.ru/71296604/> (дата обращения 25.10.17).
2. **Экологическая доктрина** Российской Федерации: распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 авг. 2002 г. № 1225-р // Российская газета. 2002. 18 сент., № 176 (3044).
3. **Реймерс Н. Ф.** Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журнал "Россия Молодая", 1994 — 367 с.
4. **Указ** Президента РФ от 19.04.2017 № 176 "О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года". URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879> (дата обращения 31.10.17).
5. **Федеральный закон** "Об образовании в Российской Федерации" № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 года с изменениями 2016—2017 года.
6. **О мерах** по обеспечению экологической безопасности Вооруженных Сил Российской Федерации: Приказ министра обороны от 1999 г. № 15.

S. A. Golobokov, Professor, e-mail: golobokov\_san@bk.ru,

O. L. Mokeeva, Lecturer, Pacific Higher Naval School named after S. O. Makarov

## Peculiarities of "Ecology" Subject Learning in a Military Higher Educational Establishment

*The Ecological Doctrine of Russia emphasizes that the low level of environmental awareness, education and environmental culture of the country's population is among the main factors of environmental degradation. 2017 is declared the year of ecology in the Russian Federation and is conducted, in accordance with the Decree of the President of the Russian Federation, in order to attract public attention to the issues of environmental development of the Russian Federation, preservation of biological diversity and ensuring environmental safety. In this regard, a great deal of pedagogical work is needed, as new worldview-visionary installations become a social necessity.*

**Keywords:** ecology, environmental safety, the concept of natural science education, new teaching technologies, innovative method

### References

1. **Decree** of the President of the Russian Federation of January 5, 2016 No. 7. "On the holding of the Year of Ecology in the Russian Federation". URL: <http://base.garant.ru/71296604/> (date of access 25.10.17).
2. **Ecological Doctrine** of the Russian Federation: Order of the Government of the Russian Federation of 31 August. 2002 № 1225-p. *The Russian Newspaper*. 2002. September 18, No. 176 (3044) (in Russian).
3. **Reimers N. F.** Ecology (theories, laws, rules, principles and hypotheses). Moscow: "Young Russia" magazine. 1994. 367 p. (in Russian).
4. **Decree** of the President of the Russian Federation of April 19, 2017 N 176 "On the Strategy of Ecological Safety of the Russian Federation for the period until 2025". URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879> (date of access 31.10.17).
5. **Federal Law** "On Education in the Russian Federation" No. 273-FZ of December 29, 2012 as amended 2016—2017.
6. **On measures** to ensure environmental safety of the Armed Forces of the Russian Federation: Order of the Minister of Defense of 1999 No. 15 (in Russian).

**К. А. Шаповалов**, д-р мед. наук, проф., e-mail: stampdu@rambler.ru, Коми республиканский институт развития образования, Сыктывкар, Сыктывкарская детская поликлиника № 3, **Л. А. Шаповалова**, врач высшей квалификационной категории, Консультативно-диагностический центр Республики Коми, Сыктывкар

## **Основы дидактики темы "Повреждения грудной клетки и грудной полости" учебного модуля "Первая (доврачебная экстренная) помощь при травмах, несчастных случаях, катастрофах и стихийных бедствиях" предмета "Безопасность жизнедеятельности" для гуманитарных и технических университетов**

*Для подготовки населения к оказанию первой (доврачебной экстренной) помощи в условиях чрезвычайных ситуаций предложены алгоритмы современной дидактики учебной темы "Повреждения грудной клетки и грудной полости". Выделены следующие учебные вопросы: 1. Закрытые повреждения грудной клетки; 2. Ушибы мягких тканей грудной клетки. Первая (доврачебная экстренная) помощь; 3. Переломы ребер, одиночные и множественные. Первая (доврачебная экстренная) помощь; 4. Травматическая асфиксия (синдром верхней полой вены). Первая (доврачебная экстренная) помощь; 5. Открытые повреждения грудной клетки и грудной полости. Первая (доврачебная экстренная) помощь; 6. Пневмоторакс. Виды: закрытый, открытый, клапанный. Первая (доврачебная экстренная) помощь; 7. Первая (доврачебная экстренная) помощь при кровохарканье и легочном кровотечении; 8. Инородные тела в верхних дыхательных путях. Первая (доврачебная экстренная) помощь.*

**Ключевые слова:** ушиб, рана, перелом, травматическая асфиксия, грудная клетка, пневмоторакс, кровохарканье, легочное кровотечение, инородные тела, первая (доврачебная экстренная) помощь, чрезвычайные ситуации, дидактика

**1. Закрытые повреждения грудной клетки** возникают от действия ударной волны, сдавления тяжелыми предметами при обвалах сооружений и зданий, механической травме. При этом могут возникнуть сотрясение органов грудной полости, ушибы мягких тканей, закрытые переломы ребер, травматическая асфиксия, повреждения плевры и ткани легкого, травматическая эмфизема, пневмоторакс (скопление воздуха в плевральной полости), гемоторакс (скопление крови в плевральной полости) и пневмогемоторакс (скопление в плевральной полости одновременно воздуха и крови) [1–4].

**2. Ушибы мягких тканей грудной клетки** характеризуются:

- 1) локализованной болью, усиливающейся при глубоком дыхании;
- 2) отставанием поврежденной половины грудной клетки при дыхании;
- 3) припухлостью и гематомой в зоне ушиба [5, 6].

**Первая (доврачебная экстренная) помощь при травме грудной клетки и грудной полости**

включает перечисленные ниже общие и специальные действия.

1. Проверка реакции пострадавшего на громкое обращение: "Что с Вами?", осмотр и оценка его состояния.

2. При бессознательном состоянии необходимо запрокинуть голову пострадавшего или выдвинуть нижнюю челюсть. В течение 10 с наблюдать за движениями грудной клетки. При их отсутствии проводить сердечно-легочную реанимацию.

3. При видимом кровотечении из ран грудной клетки, а также при обнаружении признаков шока использовать методы временной остановки кровотечения, стабилизировать положение пострадавшего: привести его в полусидячее состояние с наклоном в пораженную сторону и контролировать стабильность пульса и дыхания.

4. При выявлении у пострадавшего болезненности грудной клетки в сочетании хотя бы с одним из перечисленных далее признаков вызвать бригаду скорой помощи: 1) возбуждение, беспокойство; 2) синюшность лица или шеи; 3) рана,



подсасывающая воздух; 4) шумное и (или) частое дыхание.

5. Вызов бригады скорой помощи (чтобы не отвлекаться основному спасателю лучше, если вызов сделает его помощник). При вызове нужно правильно назвать улицу и номер дома, ближайшего к месту происшествия; а за городом — общеизвестные ориентиры и пути подъезда к нему; указать время происшествия или время обнаружения последствий; обязательно сообщить об имеющихся дополнительных опасностях, особенно, если речь идет о дорожно-транспортном происшествии с перевозчиками опасных грузов; назвать количество пострадавших и специально отметить, есть ли среди них дети и беременные женщины; назвать фамилии, пол и возраст пострадавших, у неизвестных — пол и примерный возраст; назвать себя и сообщить свой номер телефона и по возможности организовать встречу бригады скорой медицинской помощи. Необходимо знать, что службе скорой медицинской помощи запрещена транспортировка трупов.

6. При обнаружении у пострадавшего ран грудной клетки необходимо их плотно закрыть стерильной ватно-марлевой повязкой и (или) наложить на предполагаемое место закрытого места повреждения грудной клетки лейкопластырную повязку (если нет раны).

7. Провести простейшие приемы обезболивания.

8. Не допускать переохлаждения пострадавшего.

9. Пострадавшему необходимо обеспечить физический и психический покой. Для этого приложить пузырь со льдом к месту повреждения, расстегнуть ворот одежды и обеспечить доступ свежего воздуха.

10. При нарастании бессознательного состояния у пациента необходимо проверить проходимость верхних дыхательных путей и уложить в стабильное боковое положение на неповрежденной стороне (для предупреждения западания языка, аспирации рвотных масс, крови, мозгового ликвора, слези).

11. В случае стабильного ясного сознания пострадавшего расположить на спине с приподнятым головным концом туловища.

12. Ожидая скорую помощь, необходимо постоянно наблюдать за пострадавшим, контролировать его сознание, наличие пульса, дыхания. При ухудшении состояния пациента нужно быть готовым к проведению сердечно-легочной реанимации.

13. Противошоковые мероприятия включают введение обезболивающих средств (в том числе наркотических анальгетиков из шприц-тюбика).

14. Если "Скорая помощь" недоступна, нужно организовать быструю доставку пострадавшего

в медицинское учреждение попутным транспортом с сопровождающим! Быть готовым к проведению реанимационных мероприятий [7—9].

**3. Переломы ребер одиночные и множественные** возникают при прямой травме или при сдавлении грудной клетки в переднезаднем или боковом направлении. Различают неполные переломы (трещины), поднадкостничные переломы по типу "зеленой ветки" и полные переломы одного или нескольких ребер без смещения и со смещением костных обломков. Чаще возникают переломы XI—X ребер. Могут наблюдаться изолированные (неосложненные) переломы ребер и переломы ребер с повреждением плевры и легких (осложненные), множественные одно- и двусторонние переломы.

*Признаки перелома ребер:* пострадавший жалуется на локальную боль, усиливающуюся при вдохе, кашле, чихании, наклонах туловища и сдавливании ребер в переднезаднем или боковом направлении, поднятии руки; положение вынужденное; отмечается отставание поврежденной половины грудной клетки в акте дыхания; дыхание учащенное, поверхностное; при пальпации места перелома боль усиливается, а при переломе со смещением выявляют уступообразную деформацию и крепитацию обломков ребра; при множественных (двойных) переломах более пяти ребер возникает парадоксальное дыхание (свободный мышечно-реберный скалут при вдохе западает, а при выдохе выпячивается), способствующее развитию выраженной кислородной недостаточности; множественные переломы ребер могут осложняться травматическим шоком; при повреждении легочной ткани присоединяются подкожная эмфизема, кровохарканье, резкое затруднение дыхания, акроцианоз (посинение губ, кончика носа, ушных раковин, пальцев), частый пульс (тахикардия); при наличии в плевральной полости крови (гемотораксе) перкуторно в положении сидя определяется горизонтальный уровень жидкости, при наличии воздуха (пневмотораксе) отмечается высокий звук, дыхание легкого не выслушивается, легкое спадается.

Для подтверждения диагноза перелома ребер важное значение имеет рентгенологическое исследование, которое можно провести только в медицинском учреждении. Следует учесть, что переломы передних концов ребер и особенно реберных хрящей рентгенологически могут не выявляться [10].

**Первая (доврачебная экстренная) помощь при одиночном переломе ребра**

1. В момент глубокого выдоха производят иммобилизацию ребер путем наложения тугой круговой повязки на грудную клетку широким бинтом, полотенцем или другим материалом; может быть наложена и лейкопластырная повязка,



накладываемая черепицеобразно на стороне поражения и заходящая за переднюю и заднюю срединные линии.

2. Обезболивание производят наркотическими анальгетиками из шприц-тюбика.

3. Производят простейшие противошоковые мероприятия (согревание, внутрь — небольшое количество алкоголя, который обладает обезболивающим действием).

4. Пострадавшего эвакуируют в лечебное учреждение в полусидячем положении.

При множественных переломах проводят межреберную блокаду введением раствора новокаина в область поврежденного ребра и дополнительно в межреберья ниже и выше места повреждения.

В связи с несовершенством всех видов иммобилизации ребер (к тому же повязки затрудняют дыхание, особенно у лиц старшей возрастной группы) основным принципом лечения является бесповязочный метод с проведением повторных новокаиновых блокад и введением обезболивающих средств в условиях медицинского учреждения. Устранение боли нормализует акт дыхания, способствует увеличению экскурсий грудной клетки и является одним из лучших средств предупреждения массивного коллапса (ателектаза) легкого и посттравматических пневмоний. Одновременно проводят симптоматическую терапию: вводят сердечные препараты, антибиотики, проводят плевральную пункцию.

При продолжающемся кровотечении в плевральную полость, когда остановить кровотечение консервативным способом невозможно, показаны оперативное раскрытие грудной клетки (торакотомия) с ликвидацией источника кровотечения, удалением излившейся крови и сгустков, дренирование плевральной полости. Для профилактики нагноительных процессов в плевральную полость через дренажную трубку вводят антибиотики.

При развитии терминального состояния и остановке сердца у этих пациентов нельзя применять закрытый массаж сердца в связи с возможным повреждением концами обломков ребер органов грудной клетки. Основным реанимационным мероприятием в таких случаях является искусственная вентиляция легких под повышенным давлением воздуха, лучше с помощью аппарата искусственной вентиляции легких [11–13].

**4. Травматическая асфиксия (синдром верхней полой вены) является своеобразным закрытым повреждением груди** и возникает вследствие сдавления грудной клетки между двумя тяжелыми тупыми предметами (буферами вагонов, бортами машин или обломками зданий, землей и др.). При внезапном сдавлении груди возникает обратный ток крови и наступает затруднение для притока крови в правую половину сердца по системе верхней полой вены из верхней половины туловища и

рук. Это приводит к выраженному застою (стазу) в венозной сети головы, шеи, верхних конечностей, надплечья, сопровождающемуся разрывом мелких сосудов и образованием точечных кровоизлияний на коже головы, лица, шеи и верхней половины туловища, слизистой оболочке рта и на конъюнктиве. Внешний вид таких пострадавших чрезвычайно характерен: лицо и шея одутловаты, кожа покрыта мелкоточечными кровоизлияниями, местами сливающимися, что придает лицу багрово-синюшный оттенок. Особо выражены субконъюнктивальные кровоизлияния (кровоотечение под конъюнктиву глаз).

Возможно возникновение кровотечения из носа и ушей. В связи с кровоизлиянием в сетчатку глаза и во внутреннее ухо развивается временная потеря зрения и слуха. За счет кровоизлияния в голосовые связки появляется потеря голоса (афония). Линия кровоизлияний на коже имеет четкие границы по уровню верхней линии сдавления. Иногда сдавление грудной клетки сочетается с переломами ребер, грудины, ключицы. Травматическая асфиксия в первые часы и дни после травмы сопровождается тяжелым состоянием, одышкой, иногда острой недостаточностью дыхания.

**Первая (доврачебная экстренная) помощь при травматической асфиксии** сводится к следующим мероприятиям:

1. Освобождение пострадавшего от сдавления.
2. Введение наркотического анальгетика из шприц-тюбика.
3. Местное применение холода.
4. Проведение реанимационных мероприятий при клинической смерти.

Пострадавших транспортируют в медицинское учреждение, где продолжают противошоковые мероприятия и консервативную терапию. При этом применяют: покой; местное применение холода; возвышенное положение головы и грудной клетки; ингаляции кислорода; дыхательные и сердечные препараты; обезболивающие средства; антибактериальные препараты; для остановки кровотечения назначают гемостатические препараты (викасол, кальция хлорид, децинон) и дробное переливание крови; особое внимание уделяют регуляции дыхания и санации трахеобронхиального дерева путем откашливания, а также проводят отсасывание слизи и мокроты; для уменьшения вязкости мокроты используют отхаркивающие средства или ферменты (химотрипсин, трипсин, лидаза); в тяжелых случаях при нарушении дыхания показана трахеотомия [14, 15].

**5. Открытые повреждения грудной клетки и грудной полости.** Различают непроникающие и проникающие (с повреждением пристеночной плевры) ранения грудной клетки. Непроникающие ранения располагаются в верхнем отделе



грудной клетки, где имеется более массивный мышечный покров, нередко сопровождаются обширным повреждением кожи, ребер, лопаток, крупных магистральных сосудов (подключичной, подлопаточной и других артерий), плечевого нервного сплетения, ушибом и даже разрывом легкого. Проникающие ранения в мирное время возникают преимущественно в результате воздействия огнестрельного или холодного оружия.

#### **Первая (доврачебная экстренная) помощь при ранениях грудной клетки:**

1. Осуществить первичную герметизацию раны ладонью пострадавшего до наложения повязки.

2. Наложить герметизирующую (окклюзионную) повязку с использованием воздухонепроницаемого материала (упаковка от перевязочного пакета или бинта, полиэтиленовый пакет, клеенка).

3. Придать пострадавшему полусидячее положение с наклоном в пораженную сторону.

4. При нахождении в ране инородного предмета (стекло, нож, кусок арматуры) запрещаются попытки его удалить. Инородное тело необходимо зафиксировать, обложив салфетками, туго перекрученным полотенцем или скатанными бинтами, и наложить повязку.

**б. Пневмоторакс.** При проникающих ранениях грудной клетки в ней может скапливаться воздух (более 45 % случаев), кровь (гемоторакс, 60 %) или одновременно воздух и кровь.

*Различают три вида пневмоторакса: закрытый, открытый и клапанный (напряженный).*

*При закрытом пневмотораксе* воздух поступает в плевральную полость по раневому каналу грудной стенки непосредственно вслед за повреждающим снарядом и теряет сообщение с окружающей средой, так как раневой канал закрывается. Небольшое скопление воздуха в плевральной полости не вызывает значительных функциональных нарушений, если нет каких-либо осложнений. Воздух из плевральной полости обычно через несколько дней рассасывается.

*При открытом пневмотораксе* раневой канал зияет, и воздух, попавший в плевральную полость, свободно сообщается с окружающей атмосферой. При дыхательных экскурсиях грудной клетки воздух свободно входит в плевральную полость при вдохе и также свободно выходит из нее в момент выдоха. Легкое при этом спадается, резко снижается его дыхательная функция. Средостение с находящимися в нем крупными сосудами и нервами находится в состоянии беспрерывного колебания, что приводит к быстро наступающему и тяжело протекающему шоку, усугубленному резким нарушением газообмена и кровообращения.

*Клапанный (напряженный) пневмоторакс* является одним из наиболее тяжелых осложнений

ранений и повреждений груди. Воздух через раневое отверстие в грудной клетке (наружный клапан) или через поврежденный бронх (внутренний клапан) свободно проникает в плевральную полость, но обратно выйти не может. В связи с этим с каждым вдохом в плевральной полости скапливается все больше воздуха, развивается тотальный пневмоторакс, повышается внутриплевральное давление, наступает сжатие легкого и смещение органов средостения в здоровую сторону, а диафрагмы — вниз. Воздух, накопившийся в плевральной полости, через раневое отверстие в грудной стенке может проникать в подкожную основу, что приводит к развитию подкожной эмфиземы или в клетчатку средостения (медиастинальная эмфизема) и соседние области (шея, живот). Состояние больного быстро становится угрожающим. При двустороннем пневмотораксе развивается тяжелая гипоксия, которая может привести к развитию терминального состояния или гибели пострадавшего.

*При гемотораксе* количество излившейся крови может достигать 1,5...3 л. Источником кровотечения могут быть сосуды легкого и сосуды грудной стенки (межреберные и внутренняя грудная артерии).

**Признаки пневмоторакса:** тяжелое общее состояние пострадавшего, обусловленное нередко возникающим плевропульмональным шоком и кровотечением; боль и чувство стеснения в груди; резкая одышка и синюшность слизистых оболочек; дыхание частое, поверхностное; при повреждении легкого может возникнуть кровохарканье; выраженная бледность кожных покровов. Пульс учащен, слабого наполнения, артериальное давление понижается; положение пострадавшего вынужденное (полусидячее); при открытом пневмотораксе нередко слышны свистящие, дующие или хлопающие звуки в ране в результате вхождения и выхода воздуха и пенистой крови при дыхании; органы средостения смещены в здоровую сторону; дыхание резко ослаблено или не прослушивается; голосовое дрожание исчезает; межреберные промежутки сглажены, нередко возникает подкожная или медиастинальная эмфизема. Подкожная эмфизема может распространяться до нижних конечностей и мошонки, но сама по себе она не опасна, так как через несколько дней воздух рассасывается. При эмфиземе средостения воздух сдавливает крупные вены средостения и резко затрудняет поступление крови к сердцу, что может привести к смертельному исходу.

Одномоментное ранение груди и брюшной полости — торакоабдоминальные ранения — имеют место в 5 % случаев всех ранений и более чем в 20 % — ранений груди. Они отличаются особой тяжестью течения (кровопотерей, шоком, пневмотораксом, перитонитом) и высокой летальностью

(25...27 %). При торакоабдоминальных ранениях нарушается целостность диафрагмы. Через раневое отверстие в диафрагме в плевральную полость проникают органы брюшной полости (кишечник, сальник), что сопровождается недостаточностью кровообращения и дыхания [16—18].

**Первая (доврачебная экстренная) помощь при непроникающих ранениях грудной клетки** сводится к наложению асептической повязки.

**При проникающих ранениях грудной клетки объем первой (доврачебной экстренной) помощи** зависит от вида пневмоторакса и состояния пострадавшего. При закрытом пневмотораксе накладывают асептическую повязку и вводят наркотический анальгетик из шприц-тюбика. При наличии открытого или клапанного пневмоторакса необходимо прекратить поступление воздуха в плевральную полость, т. е. превратить открытый пневмоторакс в закрытый. Для этого накладывают герметизирующую (окклюзионную, воздухо непроницаемую) асептическую спиральную повязку на ляжках в фазе максимального выдоха. С этой целью используют индивидуальный перевязочный пакет или подручные средства. Всех раненых в грудную клетку срочно эвакуируют в хирургический стационар, где проводятся противошоковые мероприятия, исправляют или накладывают новые, в том числе и герметизирующие, повязки, проводят новокаиновые блокады, вводят болеутоляющие и сердечные средства, назначают кислородотерапию, переливание крови, сухой плазмы, противошоковых растворов, согревают, дают горячее питье.

Раненые с закрытым пневмотораксом подвергаются первичной хирургической обработке и ушиванию раны до кожи. В края раны вводят антибиотики. При продолжающемся кровотечении в плевральную полость проводят торакотомия.

При проникающих ранениях с признаками клапанного пневмоторакса — лечение оперативное. Особое внимание в послеоперационном периоде уделяется раннему расправлению поджатого (коллабированного) легкого и поддержанию свободной проходимости дыхательных путей. Очень важно в первые дни после операции снять боль, которая задерживает глубокое дыхание, откашливание мокроты и слизи, скопившихся в легких. С этой целью 3—4 раза в день вводят наркотический анальгетик. При затруднении отхождения мокроты показана щелочная ингаляция, ингаляция аэрозолей антибиотиков и протеолитических ферментов (химотрипсина, трипсина и т. д.), а также отсасывание мокроты. Назначают отхаркивающие средства, положение больного в постели часто изменяют. Дыхательной гимнастикой занимаются со второго дня после операции, а на третий день больные начинают выполнять общеукрепляющие физические упражнения.

Для профилактики пневмонии и эмпиемы плевры назначают антибиотики широкого спектра действия, которые вводят внутримышечно и в плевральную полость через дренажную трубку. На здоровую сторону спины ставят банки или горчичники, подкожно 2—3 раза в день вводят раствор камфарного масла. Проводится профилактика осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы. Показано переливание крови, плазмы, противошоковых и плазмозаменяющих жидкостей. Назначают комплекс витаминов. Диета должна быть качественной и энергетически полноценной.

**7. Первая (доврачебная экстренная) помощь при кровохарканье и легочном кровотечении,** которые могут возникать при закрытых и открытых повреждениях легких, а также при некоторых заболеваниях легких — туберкулезе, раке, бронхоэктатической болезни. При кровохарканье наблюдаются прожилки крови в мокроте. Если объем выделений крови из дыхательных путей достигает 200 мл, то речь идет о легочном кровотечении. Для легочных кровотечений наиболее типично откашливание пенистой крови. Признаками легочных кровотечений являются общая слабость, головокружение, шум в ушах, одышка, кашель с выделением пенистой крови, бледность кожи и слизистых оболочек, учащение пульса, снижение артериального давления. При массивном кровотечении наступает удушье.

При кровотечении больному необходим полный покой. Туловищу придают возвышенное положение, вводят анальгетики, дают глотать кусочки льда, пить отдельными глотками соленую воду, дышать увлажненным кислородом. На область грудины прикладывают пузырь со льдом. Для повышения свертываемости крови внутривенно вводят гемостатические препараты (викасол или гемофобин). Показано дробное переливание гемостатических доз (100...150 мл) крови, эритроцитарной или тромбоцитарной массы, фибриногена. Положительный эффект оказывает внутривенное вливание Е-аминокапроновой кислоты. Такие больные нуждаются в постоянном наблюдении и уходе [19].

**8. Инородные тела в верхних дыхательных путях** могут оказаться в момент короткого глубокого вдоха во время разговора, поспешной еды, внезапного смеха, плача или испуга. Как только инородное тело минует голосовую щель, происходит рефлекторное плотное смыкание голосовых складок, а спазм голосовых мышц не дает возможности освободиться от него даже при сильном кашле [20—22].

Повышают риск аспирации инородных тел недостаток зубов, пользование неудобными зубными протезами, различные дефекты анатомических образований полости рта. Попадание инородных



тел в дыхательные пути может произойти при неврологических расстройствах, сопровождающихся снижением защитных рефлексов со стороны полости рта, глотки и гортани, нарушением глотания (бульбарный паралич, миастения, травма головного мозга, инсульт), а также в состоянии сильного алкогольного опьянения [20–24].

Мягкие инородные тела, даже относительно небольшие (куски мяса, сала), могут стать причиной тяжелейших нарушений дыхания, застряв в спазмированной голосовой щели. Легкие инородные тела мелких и средних размеров (семена, орехи и их скорлупа, кусочки плексигласа и т. д.) способны перемещаться в просвете дыхательных путей воздушным потоком, мигрировать, перекрывая то один, то другой бронх или, достигая голосовой щели, вклиниваясь здесь и повторно вызывать тяжелые нарушения газообмена [23, 24].

В большинстве случаев попадание инородных тел в верхние дыхательные пути и их закупорка (обструкция) связано с приемом пищи и происходит при свидетелях. Важно своевременно распознать обструкцию верхних дыхательных путей и отличить ее от других состояний, сопровождающихся острой дыхательной недостаточностью, посинением (цианозом) кожных покровов и потерей сознания.

Если инородное тело задерживается в гортани, в области голосовых складок, состояние пострадавшего становится критическим. Рефлекторный спазм голосовых мышц способствует дополнительной фиксации инородного тела. В результате возникает полное прекращение возможности дыхания — удушье (асфиксия). Остро нарастающий недостаток кислорода в крови и накопление углекислого газа сопровождаются выраженным возбуждением, некоординированной двигательной активностью, и быстро сменяются утратой сознания, прогрессирующим падением, а в дальнейшем и прекращением сердечной деятельности. Общая продолжительность периода обратимых изменений при острой асфиксии колеблется в пределах 8...10 мин [20, 21, 23, 24].

В случае сохранения некоторой проходимости дыхательных путей картина нарастающей асфиксии развивается менее стремительно. Вслед

за аспирацией инородного тела больные испытывают острую нехватку воздуха, испуг. Раздражение рецепторных полей чувствительных нервов слизистой оболочки крупных отделов воздухоносных путей активизирует действие защитных механизмов. И первым из них становится кашель, который характеризуется особой выраженностью, надсадностью, повторяемостью в форме тяжелых приступов. Его сопровождает значительное физическое напряжение и форсированное затрудненное дыхание, которые приводят к повышению внутригрудного давления, ухудшению сердечной деятельности. Длительность такого острого периода составляет 10...20 мин, после чего, если благодаря кашлю не удалось освободиться от инородного тела, защитные силы истощаются, а асфиксия за счет нарастающего отека усугубляется [20, 21, 23, 24].

В соответствии с "Методическими рекомендациями по проведению сердечно-легочной реанимации" Европейского Совета по реанимации (2010 г.) и Российского национального Совета по реанимации, выделяют две степени закупорки (обструкция) верхних дыхательных путей инородным телом: умеренной и тяжелой [25, 26] (см. таблицу).

**Первая (доврачебная экстренная) помощь при попадании инородных тел в ВДП** зависит от степени обструкции.

1. **При обструкции I (умеренной) степени** человек может ответить на вопрос "Вы поперхнулись?", говорит, кашляет, дышит. В таком случае необходимо поддерживать продуктивный кашель и наблюдать за пострадавшим.

*Предложите пострадавшему покашлять. Более ничего не предпринимайте!*

В случае обнаружения инородного тела в гортани, между голосовыми складками при выполнении внутреннего пальцевого исследования через полость рта следует сразу же предпринять действия по его удалению. Для этого захватывают язык и выводят его наружу, а вторым пальцем, следуя вдоль внутренней поверхности щеки, достигают глотки и гортани. Застрявшее здесь инородное тело смещают, продвигая в полость рта. Если это не удается, то его проталкивают в трахею (более широкий отдел дыхательных путей),

**Характеристика тяжести состояния пострадавших при закупорке верхних дыхательных путей (ВДП)**

Признаки	Тяжесть состояния	
	I степень Закупорка (обструкция) ВДП умеренная	II степень Закупорка (обструкция) ВДП тяжелая
1. Реакция пострадавшего на вопросы, возможность говорить	Отвечает на вопрос "Ты поперхнулся?" словами	Не может говорить, в ответ может только кивать
2. Другие действия пострадавшего	Может кашлять, дышать	Не может дышать или дыхание явно затруднено (шумное, хриплое), может хватать себя за горло

обеспечивая тем самым возможность для прохождения воздуха и некоторый резерв времени для оказания более полноценной помощи.

Если под рукой имеется инструмент (пинцет, хирургический зажим), то целесообразнее воспользоваться им для удаления обнаруженного в гортани крупного инородного тела. Инструмент подводят и захватывают аспирированный предмет, контролируя эти действия пальцем.

Безуспешность предпринятых действий в течение 2—4 мин с момента происшествия и нарастание явлений удушья (асфиксии) являются показаниями к экстренной трахеотомии или коникотомии. Оба вмешательства выполняют не для удаления аспирированного предмета, а для обеспечения доступа воздуха к легким и облегчения состояния пострадавших. Это делает возможным их транспортировку в специализированное лечебное учреждение. Острая гипоксия с утратой сознания, снижением порога болевой чувствительности оправдывает выполнение таких операций без затрат времени на обезболивание, нередко с использованием подручных средств. Во всех случаях, когда после восстановления проходимости дыхательных путей спонтанное дыхание отсутствует, выполняют искусственную вентиляцию легких, а при ослаблении или остановке сердечной деятельности — закрытый массаж сердца, комплекс реанимационных мероприятий.

Если в остром периоде заболевания аспирация инородного тела не привела к катастрофическим нарушениям дыхания и газообмена, а лишь затруднила их, то появляется возможность для немедленной транспортировки пострадавших в специализированное медицинское учреждение, где имеется все необходимое для оказания полноценной помощи. Аналогичным образом поступают в подостром периоде развития заболевания, т. е. спустя несколько часов и даже суток с момента происшествия [20, 23, 24, 27, 28].

**2. При обструкции II (тяжелой) степени** человек не может ответить на вопрос, не может говорить, может кивнуть, не может дышать или дышит хрипло, производит беззвучные попытки откашляться, теряет сознание. Общим признаком всех вариантов обструкции является то, что, если она происходит во время приема пищи, человек хватается за горло.

**При обструкции II (тяжелой) степени с сохраненным сознанием** необходимо выполнить пять ударов по спине:

1) встать сбоку и несколько позади от пострадавшего;

2) поддерживая пострадавшего одной рукой за грудь, второй наклонить его вперед настолько, чтобы, когда инородное тело сместится, оно выпало бы изо рта, а не опустилось глубже в дыхательные пути;

3) нанести пять резких ударов основанием ладони в область между лопаток;

4) после каждого удара проверять, не освободились ли дыхательные пути; стремиться, чтобы каждый удар был результативным, и стараться добиться восстановления проходимости дыхательных путей за меньшее число ударов.

Если пять ударов по спине оказались неэффективными, необходимо выполнить прием Геймлиха. Генри Геймлих (в русскоязычной научной литературе встречается как Хеймлих или Хаймлих) разработал методику первой (доврачебной экстренной) помощи человеку, в случае, когда тот поперхнулся. Она принята в мировой практике как самый эффективный способ и заключается в том, что пострадавшему необходимо сделать пять энергичных поддиафрагмальных толчков (компрессий) в эпигастральную область.

**Порядок действий при оказании помощи пострадавшему с инородным телом в дыхательных путях после неэффективного применения пяти ударов по спине:**

1. Необходимо встать за спиной пострадавшего (если он еще на ногах и не потерял сознания), обхватив его руками.

2. Сжать одну руку в кулак и той стороной, где большой палец, положить ее на живот пострадавшего на уровне между пупком и реберными дугами (эпигастральная область живота).

3. Ладонь другой руки кладется поверх кулака, быстрым толчком вверх кулак вдавливаются в живот. Руки пострадавшего при этом нужно резко согнуть в локтях, но грудную клетку не сдавливать.

4. При необходимости прием повторить несколько раз, пока дыхательные пути не освободятся.

5. Не следует хлопать пострадавшего по спине — это может только ухудшить ситуацию. Если дыхательные пути освободились, то у человека восстановится дыхание и появится нормальный цвет лица.

Если обструкцию устранить не удалось, повторять попеременно по пять раз удары по спине и толчки в живот.

**При обструкции II (тяжелой) степени с потерей сознания.** Пострадавший без сознания, или к нему нельзя подойти сзади.

1. Положите пострадавшего на спину.

2. Сядьте верхом на бедра пострадавшего, лицом к голове.

3. Положив одну руку на другую, поместите основание ладони нижней руки между пупком и реберными дугами (в эпигастральную область живота).

4. Используя вес своего тела, энергично надавите на живот пострадавшего в направлении вверх к диафрагме. Голова пострадавшего не должна быть повернута в сторону.



Повторите несколько раз, пока дыхательные пути не освободятся.

**Если пострадавший теряет сознание**, аккуратно положите его на землю, вызовите экстренную службу и начинайте сдавливания (компрессии) грудной клетки, которые будут способствовать изгнанию инородного тела из дыхательных путей.

При проведении базовых реанимационных мероприятий в этом случае, при каждом открытии дыхательных путей следует проверять ротовую полость на предмет наличия инородного тела, вытолкнутого из дыхательных путей.

Если после разрешения обструкции у пострадавшего сохраняется кашель, затруднение глотания, это может означать, что части инородного тела все еще остаются в дыхательных путях, и пострадавшего нужно отправить в медицинское учреждение. Всех пострадавших, которым оказывали помощь с применением ударов по спине и толчков в живот, следует госпитализировать и обследовать на предмет травм.

**Самопомощь при попадании инородного тела в дыхательные пути:**

1. Сжать одну руку в кулак и той стороной, где большой палец, положить ее на живот на уровне между пупком и реберными дугами.

2. Ладонь другой руки кладется поверх кулака, быстрым толчком вверх кулак вдавливаются в живот.

3. Повторить несколько раз, пока дыхательные пути не освободятся.

Также можно опереться на крепко стоящий горизонтальный предмет (угол стола, стул, перила) и произвести толчок в направлении вверх в эпигастральной области. Нередко используют стул с высокой спинкой.

**По отношению к тучным людям и (или) беременным женщинам** метод Геймлиха не следует применять. Вместо него можно проводить толчки (компрессии) в грудь.

**Особенности оказания первой (доврачебной экстренной) помощи при попадании инородных тел в верхние дыхательные пути у детей.** При заглатывании (аспирации) детьми небольших округлых, гладких или достаточно тяжелых предметов: шариков, пуговиц, зерен кукурузы и т. д. эффективен способ переворачивания ребенка вниз головой, при одновременном удерживании его за ноги и потряхивании на весу.

**Вариант Порядка действий при оказании помощи поперхнувшемуся ребенку по методу доктора Геймлиха:**

1. Положите ребенка на спину на твердую поверхность и встаньте на колени в его ногах, или держите его на коленях лицом от себя.

2. Положите средние и указательные пальцы обеих рук на живот ребенка на уровне между пупком и реберными дугами.

3. Энергично надавите на эпигастральную область в направлении вверх к диафрагме, не сдавливая грудную клетку.

При оказании первой (доврачебной экстренной) помощи ребенку необходимо быть очень осторожным. Повторяйте предложенные действия пока дыхательные пути не освободятся.

Пострадавший обязательно должен быть осмотрен врачом, даже при благоприятном исходе [25, 26, 29, 30].

### Список литературы

1. Шаповалов К. А. Травматизм плавающего состава транспортного, рыбопромыслового и речного флотов северного бассейна и меры его профилактики: дис. ... канд. мед. наук. — М., 1992. — 192 с.
2. Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А. Повреждения грудной клетки и органов грудной полости: Лекция. — Сыктывкар: Коми государственный педагогический институт, 1995. — 4 с.
3. Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А. Само-, взаим- и первая медицинская помощь при травмах и несчастных случаях: Учебное пособие. — Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет, 1995. — 107 с.
4. Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А. Основы дидактики темы "Закрытые повреждения" учебного модуля "Первая (доврачебная экстренная) помощь при травмах, несчастных случаях, катастрофах и стихийных бедствиях" предмета "Безопасность жизнедеятельности" для гуманитарных и технических университетов // Безопасность жизнедеятельности. — 2016. — № 2 (182). — С. 56—64.
5. Шаповалов К. А. Школа безопасной жизни: что делать, если у вас ушиб // Сайт Министерства здравоохранения Республики Коми. URL: <http://minzdrav.rkomi.ru/left/news/41613/> (дата обращения 27.06.2016).
6. Шаповалов К. А. Скорая помощь: что делать при ушибе? // Сайт СеверМед: медицина, здоровье, красота. URL: <http://sever-med.ru/?p=1069> (дата обращения 27.06.2016).
7. Шаповалов К. А. Организация медицинской помощи при травмах на судах // Военно-медицинский журнал. — 1987. — № 9. — С. 49—50.
8. Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А. Основы безопасности жизни: Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях; Само-, взаим- и первая медицинская помощь при травмах и несчастных случаях: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и дополн. — Сыктывкар: Коми государственный педагогический институт, 2002. — 147 с.
9. Алгоритмы первой помощи: Учебное пособие для водителей. — М., 2009. — 30 с.
10. Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А. Основы дидактики темы "Переломы" учебного модуля "Первая (доврачебная экстренная) помощь при травмах, несчастных случаях, катастрофах и стихийных бедствиях" предмета "Безопасность жизнедеятельности" для гуманитарных и технических университетов // Безопасность жизнедеятельности. — 2016. — № 7. — С. 54—61.
11. Shapovalov K. A. Treatment of open fractures in seafarers // International Maritime Health. — 1991. — Vol. 42. — No. 1—4. — P. 39—41.
12. Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А. Основы безопасности жизни: Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях; Само-, взаим- и первая медицинская помощь при травмах и несчастных случаях: Учебное пособие. 3-е изд., перераб. и дополн., CD. — Сыктывкар: Коми государственный педагогический институт, 2003. — С. 180—181 с.
13. Shapovalov K. A., Shapovalova L. A. Methodological approaches to teaching academic theme "Fractures"

- subject "First aid for injuries suffered during accidents, catastrophes and natural disasters" for humanitarian and technical universities // 18th World Congress for Disaster and Emergency Medicine, 23—31 May 2013. — Manchester, United Kingdom: Abstracts № 8630. URL: <https://www.xcdsystem.com/WCDEM13/abstract/abstract.cfm?CFID=8064765&CFTOKEN=67796645&jsessionid=d4308c48908ce4805e5b176c5234336a7e43> (дата обращения 20.05.2013).
14. **Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А.** Основы безопасности жизни: Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях; Само-, взаимо- и первая медицинская помощь при травмах и несчастных случаях: Учебное пособие. 4-е изд., перераб. и дополн. — Сыктывкар: КРАГСиУ, 2004. — С. 151 с.
  15. **Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А.** Alcohol and injuries: causes and consequences // Alcohol (an OA Publishing London Journal). — 2013. — Vol. 1. No. 1. — С. 10—12.
  16. **Шаповалов К. А.** Отдаленные результаты лечения грыж и релаксаций диафрагмы // Медико-биологические проблемы развития Европейского Севера: тезисы докладов ко II зональной конференции молодых ученых медиков. — Архангельск, 1981. — С. 73—75.
  17. **Шаповалов К. А.** Traumatism with fatal outcome in maritime workers // International Maritime Health. — 1992. — Vol. 43, No. 1—4. — P. 57—60.
  18. **Шаповалов К. А.** Medical and Social Aspects of Occupational Traumatism of Floating Crew on Water Transport Ships in Alcoholic Intoxication. // 2nd Asian Clinical Congress. 3—5.04.2014. Kyoto: Abstracts. URL: <http://www.jccmed.com/2014acc> (дата обращения 30.03.2014).
  19. **Шаповалов К. А.** Traumatism of Contingent of Industrial Workers. Situation on River Fleet // 19th World Congress for Disaster and Emergency Medicine, 21—24 April 2015, Cape Town, South Africa: Abstracts № 635. URL: <http://abstracts.webges.com/wcdem2015> (дата обращения 12.04.2015).
  20. **Лепнев П. Г.** Клиника инородных тел гортани, трахеи и бронхов. — Л.: Медгиз, 1956. — 210 с.
  21. **Львова Е. А.** Особенности клиники, диагностики и лечения детей с инородными телами дыхательных путей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 1997. — 24 с.
  22. **Шустер А. М., Калина В. О., Чумаков Ф. И.** Неотложная помощь в оториноларингологии. — М.: Медицина, 1989. — 89 с.
  23. **Ахматнурова Н. В.** Необычные инородные тела больших размеров нижних дыхательных путей и мягких тканей шеи // Вестник оториноларингологии. — 2009. — № 2. — С. 60—61.
  24. **Детская оториноларингология:** Руководство для врачей / Под ред. М. Р. Богомилского, В. Р. Чистяковой. В 2-х т. Т. 1. — М.: Медицина, 2005. — 660 с.
  25. **Сердечно-легочная и церебральная реанимация:** Учебно-методическое пособие / В. В. Мороз, И. Г. Бобринская, В. Ю. Васильев, А. Н. Кузовлев, Е. А. Спиридонова, Е. А. Тишков. — М.: НИИ ОР РАМН МГМСУ, 2011. — 48 с.
  26. **Свиштушкин В. М., Мустафаев Д. М.** Инородные тела в дыхательных путях // Русский медицинский журнал. — 2013. — № 33. — С. 1681—1685.
  27. **Мустафаев Д. М., Ашуров З. М., Ахмедов И. Н.** Крупное инородное тело дыхательных путей у взрослого // Вестник оториноларингологии. — 2007. — № 3. — С. 66—67.
  28. **Необычное инородное тело дыхательных путей у ребенка** / Д. М. Мустафаев, В. Г. Зенгер, В. М. Исаев и др. // Российская оториноларингология. — 2008. — № 2 (33). — С. 117—120.
  29. **Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А.** The Author's Program of Subject "First Aid for Traumas in Accidents and Natural Disasters" for Non-medical Faculties of Humanities and Technical Universities // 19th World Congress for Disaster and Emergency Medicine, 21—24 April 2015, Cape Town, South Africa: Abstracts № 634. URL: <http://abstracts.webges.com/wcdem2015> (дата обращения 12.04.2015).
  30. **Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А.** Травмы грудной клетки и органов грудной полости: лекция. — Сыктывкар: Коми республиканский институт развития образования, 2015. — 8 с.

**К. А. Shapovalov**, Professor, e-mail: stampdu@rambler.ru, Komi Republican Institute for Development of Education, Syktvykar, Syktvykar Children's polyclinic № 3,  
**Л. А. Shapovalova**, Doctor of the Highest Qualification Category, Consultative Diagnostic Center of Republic of Komi, Syktvykar

## **Bases of Didactics of Theme "Damage of Chest and Thoracic Cavity" of Educational Module "The First (Pre-Medical Emergency) Assistance for Traumas Suffered During Accidents, Catastrophes and Natural Disasters" of Subject "Life Safety" for Humanitarian and Technical Universities**

*To prepare the public for the provision of the first (pre-medical emergency) care, soup in emergencies algorithms of modern didactics textbook-term theme of "Damage of chest and thoracic cavity". Scroll to the next educational questions: 1. Closed damages of the chest; 2. Damages of soft tissues. The first (pre-medical emergency); 3. Fractures of the ribs. Single and multiple. The first (pre-medical emergency); 4. Traumatic asphyxia (superior vena cava syndrome). The first (pre-medical emergency); 5. Open damages of the chest. The first (pre-medical emergency); 6. Pneumothorax. Types of indoor, outdoor, valve. The first (pre-medical emergency); 7. The first (pre-medical emergency) assistance with hemoptysis and pulmonary hemorrhage; 8. Foreign body upper airway. The first (pre-medical emergency).*

**Keywords:** *traumatism, bruise, wound, fracture, traumatic asphyxia, chest, pneumotoraks, hemoptysis, pulmonary hemorrhage, foreign bodies, the first (pre-medical emergency) aid, emergency, didactics*



## References

1. **Shapovalov K. A.** Travmatizm plavayushchego sostava transportnogo, rybopromyslovogo i rechnogo flotov severnogo basseyna i mery ego profilaktiki: dis. ... kand. med. nauk. Moscow, 1992. 192 p.
2. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Povrezhdeniya grudnoy kletki i organov grudnoy polosti: lekciya. Syktyvkar: Komi gosudarstvennyy pedagogicheskiy institut, 1995. 4 p.
3. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Samo-, vzaimo- i pervaya medicinskaya pomoshch pri travmakh i neschastnykh sluchayakh: Uchebnoe posobie. Syktyvkar: SyktyvkarSKIY gosudarstvennyy universitet, 1995. P. 107.
4. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Osnovy didaktiki temy "Zakrytye povrezhdeniya" uchebnogo modulya "Pervaya (dovrachebnaya ekstrennaya) pomoshch pri travmakh, neschastnykh sluchayakh, katastrofakh i stikhiynykh bedstviyakh" predmeta "Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti" dlya gumanitarnykh i tekhnicheskikh universitetov. *Bezopasnost Zhiznedeyatel'nosti*. 2016. No. 2. P. 56–64.
5. **Shapovalov K. A.** Shkola bezopasnoy zhizni: chto delat, esli u vas ushib. Sayt Ministerstva zdorovokhraneniya Respubliki Komi. URL: <http://minzdrav.rkomi.ru/left/news/41613/> (date of access 27.06.2016).
6. **Shapovalov K. A.** Skoraya pomoshch: chto delat pri ushibe? Sayt SeverMed: medicina, zdorove, krasota. URL: <http://sever-med.ru/?p=1069> (date of access 27.06.2016).
7. **Shapovalov K. A.** Organizatsiya medicinskoj pomoshchi pri travmakh na sudakh. *Voenno-medicinskiy zhurnal*. 1987. No. 9. P. 49–50.
8. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Osnovy bezopasnosti zhizni: Bezopasnost i zashchita naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh; Samo-, vzaimo- i pervaya medicinskaya pomoshch pri travmakh i neschastnykh sluchayakh: Uchebnoe posobie. 2-e izd., pererab. i dopoln. Syktyvkar: Komi gosudarstvennyy pedagogicheskiy institut, 2002. P. 147.
9. **Algoritmy pervoy pomoshchi:** Uchebnoe posobie dlya voditeley. Moscow, 2009. 30 p.
10. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Osnovy didaktiki temy "Perelomy" uchebnogo modulya "Pervaya (dovrachebnaya ekstrennaya) pomoshch ppi travmakh, neschastnykh sluchayakh, katastrofakh i stikhiynykh bedstviyakh" predmeta "Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti" dlya gumanitapnykh i tekhnicheskikh univepsitetov. *Bezopasnost Zhiznedeyatel'nosti*. 2016. No. 7 (187). P. 54–61.
11. **Shapovalov K. A.** Treatment of open fractures in seafarers. *International Maritime Health*. 1991. Vol. 42. No. 1–4. P. 39–41.
12. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Osnovy bezopasnosti zhizni: Bezopasnost i zashchita naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh; Samo-, vzaimo- i pervaya medicinskaya pomoshch pri travmakh i neschastnykh sluchayakh: Uchebnoe posobie. 3-e izd., pererab. i dopoln., CD. Syktyvkar: Komi gosudarstvennyy pedagogicheskiy institut, 2003. P. 180–181.
13. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Methodological approaches to teaching academic theme "Fractures" subject "First aid for injuries suffered during accidents, catastrophes and natural disasters" for humanitarian and technical universities. *18th World Congress for Disaster and Emergency Medicine*, 23–31 May 2013. Manchester, United Kingdom: Abstracts № 8630. URL: <https://www.xcdsystem.com/WCDEM13/abstract/abstract.cfm?CFID=8064765&CFTOKEN=67796645&jsessionid=d4308c48908ce4805e5b176c5234336a7e43> (date of access 20.05.2013).
14. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Osnovy bezopasnosti zhizni: Bezopasnost i zashchita naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh; Samo-, vzaimo- i pervaya medicinskaya pomoshch pri travmakh i neschastnykh sluchayakh: Uchebnoe posobie. 4-e izd., pererab. i dopoln. Syktyvkar: KRAGSiU, 2004. P. 151.
15. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Alcohol and injuries: causes and consequences. *Alcohol (an OA Publishing London Journal)*. 2013. Vol. 1. No. 1. P. 10–12.
16. **Shapovalov K. A.** Otdalennye rezultaty lecheniya gryzh i relaksatsiy diafragmy. *Mediko-biologicheskie problemy razvitiya Evropeyskogo Severa: tezisy dokladov ko II zonal'noy konferentsii molodykh uchenykh medikov*. Arkhangel'sk, 1981. P. 73–75.
17. **Shapovalov K. A.** Traumatism with fatal outcome in maritime workers. *International Maritime Health*. 1992. Vol. 43. No. 1–4. P. 57–60.
18. **Shapovalov K. A.** Medical and Social Aspects of Occupational Traumatism of Floating Crew on Water Transport Ships in Alcoholic Intoxication. *2nd Asian Clinical Congress. 3–5.04.2014. Kyoto: Abstracts*. URL: <http://www.jccmed.com/2014acc> (date of access 30.03.2014).
19. **Shapovalov K. A.** Traumatism of Contingent of Industrial Workers. Situation on River Fleet. *19th World Congress for Disaster and Emergency Medicine, 21–24 April 2015, Cape Town, South Africa: Abstracts № 635*. URL: <http://abstracts.webges.com/wcdem2015> (date of access 12.04.2015).
20. **Lepnev P. G.** Klinika inorodnykh tel gortani, trakhei i bronkhov. Leningrad: Medgiz, 1956. 210 p.
21. **Lvova E. A.** Osobennosti kliniki, diagnostiki i lecheniya detey s inorodnymi telami dykhatelnykh putey: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Moscow, 1997. 24 p.
22. **Shuster A. M., Kalina V. O., Chumakov F. I.** Neotlozhnaya pomoshch v otorinolaringologii. Moscow: Medicina, 1989. P. 83–89 p.
23. **Akhmaturova N. V.** Neobychnye inorodnye tela bolshikh razmerov nizhnikh dykhatel'nykh putey i myagkikh tkaney shei. *Vestnik otorinolaringologii*. 2009. No. 2. P. 60–61.
24. **Detskaya otorinolaringologiya:** Rukovodstvo dlya vrachej. Pod red. M. R. Bogomil'skogo, V. R. Chistyakovoy. V 2-kh t. T. 1. Moscow: Medicina, 2005. 660 p.
25. **Serdechno-legochnaya i cereбральная reanimatsiya:** uchebno-metodicheskoe posobie / V. V. Moroz, I. G. Bobrinskaya, V. Yu. Vasilev, A. N. Kuzovlev, E. A. Spiridonova, E. A. Tishkov. — Moscow: NIIOR RAMN MGMSU, 2011. 19 p.
26. **Svistushkin V. M., Mustafaev D. M.** Inorodnye tela v dykhatelnykh putyakh. *Rossiyskiy medicinskiy zhurnal*. 2013. No. 33. P. 1681–1685.
27. **Mustafaev D. M., Ashurov Z. M., Akhmedov I. N.** Krupnoe inorodnoe telo dykhatelnykh putey u vzroslogo. *Vestnik otorinolaringologii*. 2007. No. 3. P. 66–67.
28. **Neobychnoe inorodnoe telo dykhatelnykh putey u rebenka / D. M. Mustafaev, V. G. Zenger, V. M. Isaev i dr.** *Rossiyskaya otorinolaringologiya*. 2008. No. 2 (33). P. 117–120.
29. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** The Author's Program of Subject "First Aid for Traumas in Accidents and Natural Disasters" for Non-medical Faculties of Humanities and Technical Universities. *19th World Congress for Disaster and Emergency Medicine, 21–24 April 2015, Cape Town, South Africa: Abstracts № 634*. URL: <http://abstracts.webges.com/wcdem2015> (date of access 12.04.2015).
30. **Shapovalov K. A., Shapovalova L. A.** Travmy grudnoy kletki i organov grudnoy polosti: lekciya. Syktyvkar: Komi respublikanskiy institut razvitiya obrazovaniya, 2015. 8 p.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Строминский 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 02.03.18. Подписано в печать 19.04.18. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ518.

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)