

ISSN 1684-6435

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ



1(253) 2022

К статье С. В. Гандиляна, С. В. Труханова
 «СОВРЕМЕННАЯ ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕХНОСФЕРА»

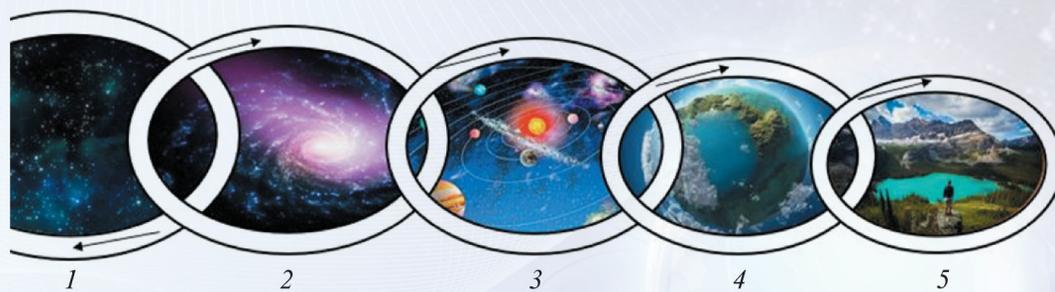
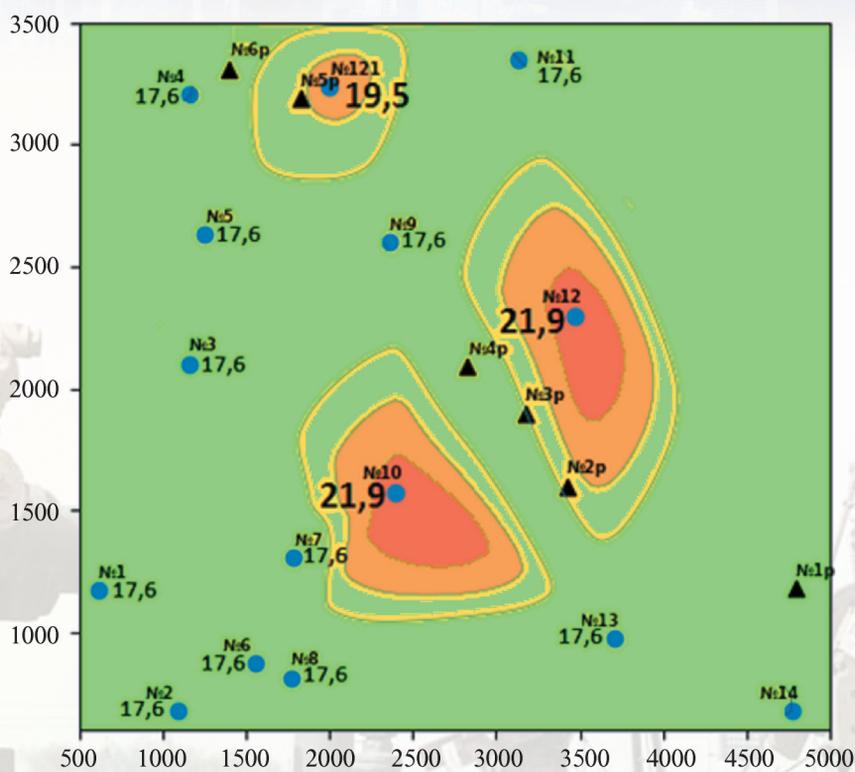


Рис. 1. Схема энергетического взаимодействия Земли с Космосом:
 1 – Космос; 2 – Галактика; 3 – Солнечная система;
 4 – система «планета Земля + атмосфера»; 5 – «Человек + биосфера»

К статье Э. А. Рыбалова, Е. Е. Фоминой

«К ВОПРОСУ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН,
 НАХОДЯЩИХСЯ В СОСТОЯНИИ КОНСЕРВАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ»



Условный цвет	Green	Light Orange	Orange	Red-Orange	Red	Dark Red	Purple
Диапазон значений $K_{ос}$	> 0 до 10	>10 до 20	> 20 до 30	> 30 до 50	>50 до 70	>70 до 90	> 90 до 100
Состояние опасности	Безопасное	Низкое	Умеренное	Повышенное	Высокое	Чрезвычайно высокое	Катастрофическое

Карта опасности N-го месторождения (пример 2D) с указанием «слабых» мест



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.
 ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
 д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
 КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
 проф.
 ПЛЮЩИКОВ В. Г., д.с.-х.н., проф.
 ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.
 РОДИН В. Е., 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.
 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.
 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.
 СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

1(253)
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ

- Кузьмин С. А., Григорьева Л. К., Мирзаева М. В.** Качество жизни личности как элемент безопасности жизнедеятельности воинского коллектива 3
Прокопчук И. С., Бушин М. В., Литвиновский Е. М., Киселева Е. А. Анализ влияния вибрации на работников при строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры 7

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Гандилян С. В., Труханов С. В.** Современная глобальная техносфера 11
Сытников Д. М., Кучерик Г. В. Правовое обеспечение экологической безопасности государства 20
Ксенофонтов Б. С. Использование экомобайнов для очистки сточных вод . . . 28
Чеснокова С. М., Савельев О. В. Оценка влияния условий термической обработки на фитотоксичность окситетрациклина в модельных экспериментах . . . 34

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Рыбалов Э. А., Фомина Е. Е.** К вопросу текущего контроля нефтяных и газовых скважин, находящихся в состоянии консервации и ликвидации . . . 39
Маринин С. Ю., Кирюникова Н. М., Лесовая Э. Д. Оценка уровня безопасности учебного корпуса КубГТУ с применением технологии наземного лазерного сканирования 44

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Кондратьева Л. В., Коваль Ю. Н.** Экспресс-метод определения на месте пожара остатков сильных окислителей — средств поджога 48

ОБРАЗОВАНИЕ

- Мальшев В. П., Кабалоев С. О.** О создании виртуальной лабораторной работы по радиационной безопасности 51

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, так как он включен в Международную базу данных Chemical Abstracts. Журнал также индексируется в Российском индексе научного цитирования.



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
PLYUSHCHIKOV V. G.,
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)
RODIN V. E., 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.)
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.)
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phis.-Math.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
SHVARTSBURG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

1(253)
2022

CONTENTS

LABOUR AND HEALTH PROTECTION

- Kuzmin S. A., Grigoryeva L. K., Mirzayeva M. V.** The Quality of Life of an Individual as an Element of the Safety of the Life of a Military Team 3
Prokopchuk I. S., Bushin M. V., Litvinovsky E. M., Kiseleva E. A. Analysis of the Influence of Vibration of Workers during the Construction and Operation of Transport Infrastructure Facilities 7

ECOLOGICAL SAFETY

- Gandilyan S. V., Trukhanov S. V.** Modern Global Technosphere 11
Sytnikov D. M., Kucherik G. V. Legal Provision of the Environmental Safety of the State 20
Ksenofontov B. S. Using Eco-Harvesters for Wastewater Treatment 28
Chesnokova S. M., Savelev O. V. Evaluation of the Effect of Heat Treatment Conditions on the Phytotoxicity of Oxytetracycline in Model Experiments 34

INDUSTRIAL SAFETY

- Rybalov E. A., Fomina E. E.** On the Issue of Monitoring the Current State of Oil and Gas Wells in Conservation and Liquidation 39
Marinin S. Yu., Kiryunikova N. M., Lesovaya E. D. Assessment of the Safety Level of the Educational Building of KubSTU with the Use of Ground-Based Laser Scanning Technology 44

FIRE SAFETY

- Kondratieva L. V., Koval Yu. N.** Express by the Method for Determining at Scene of Fire of Residues of Strong Oxidants — Means of Arson 48

EDUCATION

- Malyshev V. P., Kabaloev S. O.** On the Creation of a Virtual Laboratory Workshop on Radiation Safety 51

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

УДК 355.55:159.923:304.3

С. А. Кузьмин, д-р мед. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,
Л. К. Григорьева, ст. преп. кафедры, **М. В. Мирзаева**, канд. биол. наук, доц. кафедры,
Оренбургский государственный медицинский университет

Качество жизни личности как элемент безопасности жизнедеятельности воинского коллектива

Представлены результаты оценки качества жизни граждан, поступающих на военную службу по контракту в Вооруженные силы Российской Федерации (ВС РФ). Отмечено, что для рационального и эффективного использования возможностей каждого военнослужащего, избегая срыва адаптации и ухудшения здоровья во время прохождения военной службы, необходимо изучение качества его жизни, которое носит субъективный характер, но является интегральным критерием физического, психологического, эмоционального и социального функционирования человека. Данные о качестве жизни поступающих на военную службу, правильное распределение каждого военнослужащего по видам и родам ВС РФ положительно скажется на безопасности их жизнедеятельности в период военной службы.

Ключевые слова: качество жизни, военная служба, военнослужащий-контрактник, состояние здоровья, адаптация, безопасность жизнедеятельности

Перед Вооруженными силами РФ поставлена задача укомплектовать ВС РФ контрактниками-профессионалами на две трети, поэтому необходимо создать условия для гарантированного комплектования войск физически, морально и психологически подготовленными гражданами. В связи с этим не менее значимым при поступлении на военную службу по контракту является проведение качественного отбора граждан, который оказывает существенное влияние на морально-деловой климат в Вооруженных силах РФ [1, 2].

Для рационального и эффективного использования возможностей каждого военнослужащего необходимо изучение качества его жизни (КЖ), которое носит субъективный характер [3, 4]. Учитывая тот факт, что здоровье человека более чем на 50 % определяется его образом жизни, необходимо при оценке состояния здоровья граждан, изъявивших добровольное желание поступить на военную службу в ВС РФ на контрактной основе, изучение показателей, характеризующих отношение молодых людей к своему собственному здоровью, место здоровья в системе их жизненных ценностей, а также наличие медицинской грамотности [5–7].

Результаты оценки КЖ кандидатов на военную службу по контракту необходимо использовать для уменьшения влияния военной среды на

медико-социальные аспекты их здоровья, а также для быстрой адаптации граждан к условиям военной жизни и улучшения безопасности жизнедеятельности воинских коллективов, что непременно будет сказываться на повышении обороноспособности нашего государства [8].

Цель исследования: установить влияние показателей КЖ граждан, поступающих на военную службу по контракту, на процесс их адаптации к условиям военной жизни и обеспечению безопасности их жизнедеятельности в армейском коллективе.

Материалы и методы. Для изучения качества жизни кандидатов, поступающих на военную службу по контракту, был использован международный стандартизированный опросник MOS SF-36 (Medical Outcomes Study-Short Form), созданный в 1992 г. J. E. Ware.

Результаты и обсуждение. Международный стандартизированный опросник MOS SF-36 содержит 36 вопросов, что позволяет оценить качество жизни, связанное со здоровьем, по восьми шкалам: физическое функционирование (ФФ), ролевое физическое функционирование (РФФ), выраженность болевых ощущений (Б), общее восприятие здоровья (ОЗ), жизнеспособность (Ж), социальное функционирование (СФ), ролевое эмоциональное функционирование (РЭФ) и психологическое



здоровье (ПЗ). Значения каждой шкалы выражаются в баллах (от 0 до 100): чем выше балл, тем выше оценка параметра КЖ. Особенностью использования данного опросника является то, что он может быть применен среди здоровых, среди больных и в популяции среди отдельных (возрастных, половых и др.) групп населения и индивидуально.

Использованный в исследовании опросник MOS SF-36 обладает следующими качествами:

— надежность — степень, с которой оцениваемая переменная отражает истинный балл, т. е. точность измерения;

— валидность — способность опросника достоверно измерять ту основную характеристику, которая в нем заложена;

— чувствительность — способность опросника выявлять изменение показателей качества жизни в соответствии с возможными изменениями в состоянии респондента.

Анализируя субъективную оценку состояния здоровья граждан, поступающих на военную службу по контракту, было установлено, что значительное число лиц оценили состояние своего здоровья как отличное, их количество составило 62,2 %. Доля респондентов, оценивших состояние своего здоровья как очень хорошее и хорошее, составила 20,0 % и 17,6 % соответственно. Как посредственное оценили состояние своего здоровья 0,2 % респондентов. Не было граждан, оценивших свое здоровье как плохое. Высокие оценки состоянию своего здоровья отмечались в возрастной группе от 19 до 25 лет, где на отлично оценили его 64,8 % респондентов. В возрастной группе от 26 до 30 лет оценка отлично составила 59,6 %, а в возрастной группе от 31 до 35 лет — 38,7 %.

Сравнивая данные субъективной оценки своего здоровья гражданами исследуемой группы с данными прошлогоднего исследования, было установлено, что 72 % респондентов оценили свое здоровье "примерно так же, как год назад". Доля респондентов, указавших вариант ответа "значительно лучше, чем год назад", составляла 16,0 %, а ответивших "несколько лучше, чем год назад" — 11,8 %, и только 0,2 % граждан указали, что состояние их здоровья несколько хуже, чем год назад.

Ряд вопросов анкеты касался выяснения у респондентов влияния физических нагрузок на их качество жизни. На первый вопрос "Ограничивает ли

Вас состояние Вашего здоровья в настоящее время в выполнении ряда физических нагрузок, с которыми Вы возможно сталкиваетесь в течение своего обычного дня?" только 3 % граждан ответили: "Да, немного ограничивает". На второй вопрос "Бывало ли за последние четыре недели, что Ваше физическое и эмоциональное состояние вызывало затруднения в Вашей работе или другой обычной повседневной деятельности?" и на третий вопрос "Насколько Ваше физическое и эмоциональное состояние в течение последних четырех недель мешало Вам проводить время с семьей, друзьями, соседями или в коллективе?" респондентами были даны только отрицательные ответы. На вопрос "Насколько сильную физическую боль Вы испытывали за последние четыре недели?" в 97,6 % случаев был получен ответ "Совершенно не испытывал". Только 1,6 % респондентов испытывали "Очень слабую боль", 0,4 % — "Слабую боль" и по 0,2 % респондентов испытывали "Умеренную боль" и "Сильную боль".

Последующие вопросы касались эмоциональной сферы респондентов в течение последних четырех недель. Задавались следующие вопросы: Вы чувствовали себя бодрым?, Вы сильно нервничали?, Вы чувствовали себя таким подавленным, что ничто не могло Вас взбодрить?, Вы чувствовали себя спокойным и умиротворенным?, Вы чувствовали себя полным сил и энергии?, Вы чувствовали себя упавшим духом и печальным?, Вы чувствовали себя измученным?, Вы чувствовали себя счастливым?, Вы чувствовали себя уставшим?

Ответы на поставленные выше вопросы разделили респондентов на две группы. Первая группа была представлена респондентами, которые все время или большую часть времени чувствовали себя бодрыми — 94,4 %, чувствовали себя спокойными и умиротворенными — 93,2 %, полными сил и энергии — 96,0 % и чувствовали себя счастливыми — 93,4 %.

Вторая группа была представлена респондентами, которые редко или ни разу не чувствовали себя такими подавленными, что ничто не могло их взбодрить — 99,4 %, не чувствовали себя упавшими духом и печальными — 98,6 %. На вопросы Вы сильно нервничали?, Вы чувствовали себя измученными? и Вы чувствовали себя уставшими? — соответственно 90,8 %, 97,6 % и 88,6 % респондентов ответили "Редко" или "Ни разу".

Показатели качества жизни граждан, поступающих на военную службу по контракту в ВС РФ, баллы

Шкала качества жизни	Среднее арифметическое значение (стандартное отклонение) M (SD)
Физическое функционирование (ФФ)	99,8 ± 2,9
Ролевое физическое функционирование (РФФ)	99,8 ± 1,9
Выраженность болевых ощущений (Б)	99,3 ± 1,9
Общее восприятие здоровья (ОЗ)	96,6 ± 2,3
Жизнеспособность (Ж)	83,8 ± 2,7
Социальное функционирование (СФ)	99,2 ± 1,9
Ролевое эмоциональное функционирование (РЭФ)	99,6 ± 2,1
Психологическое здоровье (ПЗ)	86,8 ± 3,4

Участвующие в опросе граждане в 96,6 % случаев отвечали, что их физическое и эмоциональное состояние ни разу не мешало им активно общаться с людьми, навещать друзей и родственников. Ответы "Определенно не верно" или "В основном не верно" были получены на утверждения респондентов "Мне кажется, что я более склонен к болезням, чем другие" — 99,2 % случаев и "Я ожидаю, что мое здоровье ухудшится" — 97,2 % случаев. Равное количество ответов "Определенно верно" по 95,8 % на каждое было получено от респондентов на утверждения: "Мое здоровье не хуже, чем у большинства моих знакомых" и "У меня отличное здоровье".

Суммируя баллы, полученные респондентами при ответах на вопросы, были получены средние значения показателей КЖ граждан, поступающих на военную службу по контракту, которые были распределены по шкалам КЖ и представлены в таблице.

При анализе полученных данных были установлены значения физического компонента здоровья — 98,8 баллов и психологического компонента здоровья — 93,1 баллов.

Выводы. Результаты исследования качества жизни граждан, поступающих на военную службу по контракту, доказали важность использования полученных сведений при оценке состояния здоровья этого контингента и открывают новые возможности для осуществления

комплексной оценки состояния их здоровья. Полученные в ходе исследования сведения свидетельствуют об отсутствии существенных физических и эмоциональных переживаний у данной категории граждан перед предстоящей военной службой. Наличие изменений образа и качества жизни, связанных с особенностями военной службы, не повлияют на безопасность их жизнедеятельности в армейском коллективе. Комплектование ВС РФ практически здоровыми, физически крепкими, эмоционально устойчивыми и морально готовыми к профессиональной военной деятельности гражданами молодого возраста будет способствовать безопасности жизнедеятельности воинских коллективов, существенно повлияет на боеготовность армии и флота и усиление обороноспособности нашего государства.

Список литературы

1. **Метелев Е. А.** Педагогические и психологические проблемы повышения стрессоустойчивости военнослужащих, проходящих военную службу по контракту // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10. С. 162—166.
2. **Кузьмин С. А., Цибилова З. В., Солодовников В. В., Григорьева Л. К.** Организационные, медицинские и социальные аспекты отбора граждан на военную службу по контракту в Вооруженные силы Российской Федерации (на примере Оренбургской области) // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 11. С. 21—24.
3. **Буданова Е. И., Богомолов А. В.** Характеристика качества жизни и здоровья военнослужащих-контрактников // Гигиена и санитария. 2016. № 7. С. 627—632.
4. **Жолус Б. И.** Совершенствование правовых основ охраны жизни и здоровья военнослужащих // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2018. № 1. С. 173—177.
5. **Кузьмин С. А., Григорьева Л. К., Цибилова З. В.** Результаты оценки показателей здоровья граждан, поступающих на военную службу по контракту в Вооруженные силы Российской Федерации // Общественное здоровье и здравоохранение. 2021. № 2. С. 5—9.
6. **Давыдова Т. Е.** Состояние здоровья и качество жизни граждан, проходящих военную службу по призыву: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2016. 24 с.
7. **Ефимова С. В.** Комплексная оценка состояния здоровья, образа и качества жизни лиц призывного возраста, проживающих в крупном городе: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Оренбург, 2012. 26 с.
8. **Правдина Л. Р., Головова Т. Н.** Особенности субъективного благополучия военнослужащих по контракту // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2017. № 4. С. 150—157.



S. A. Kuzmin, Associate Professor, Professor of Department,
e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru, L. K. Grigoryeva, Senior Lecturer,
M. V. Mirzayeva, Associate Professor, Orenburg State Medical University

The Quality of Life of an Individual as an Element of the Safety of the Life of a Military Team

The article presents the results of assessing the quality of life (QOL) of citizens entering military service under a contract in the Armed Forces of the Russian Federation (Armed Forces of the Russian Federation). For the rational and effective use of the capabilities of each serviceman, avoiding disruption of adaptation and deterioration of health during military service, it is necessary to study the quality of his life. QL is subjective, but it is an integral criterion of a person's physical, psychological, emotional and social functioning. Citizens considered as candidates for military service under a contract have high values of such QL scales as viability - 83.8 points, physical functioning — 99.8 points. Differences in the total indicators of QL were noted in the form of a predominance of the physical (98.8 points) over the psychological (93.1 points) component of QL. The average QL score of respondents who expressed a desire to enter military service under a contract was 95.9 points. The scales were distributed in descending order as follows: FF > RFF > REF > B > SF > OZ > PZ > Zh. Based on the obtained data on QL, it is possible to take a differentiated approach to the recruitment of permanent combat readiness units that take an active part in local armed conflicts and peacekeeping operations, as well as in special intelligence units, in airborne troops, the navy, troops stationed in the Arctic zone of the Russian Federation. The correct distribution of each serviceman by types and genera of the Armed Forces of the Russian Federation will have a positive impact on the safety of their life during military service.

Keywords: quality of life, military service, contract serviceman, health status, adaptation, life safety

References

1. **Metlev E. A.** Pedagogical and psychological problems increase stress tolerance servicemen undergoing military service under the contract. *International research journal*. 2016. No. 10. P. 162—166.
2. **Kuzmin S. A., Tsybikova V. Z., Solodovnikov V. V., Grigor'eva L. K.** Organizational, medical and social aspects of the selection of citizens on military service under contract in the Armed forces of the Russian Federation (on the example of Orenburg region). *Life Safety*. 2018. No. 11. P. 21—24.
3. **Budanova E. I., Bogomolov A. V.** Characteristics of the quality of life and health of contract servicemen. *Hygiene and sanitation*. 2016. No. 7. P. 627—632.
4. **Zholus B. I.** Improving the legal basis for protecting the life and health of military personnel. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2018. No. 1. P. 173—177.
5. **Kuzmin S. A., Grigorieva L. K., Tsibikova Z. V.** Results of the assessment of health indicators of citizens entering military service under a contract in the Armed Forces of the Russian Federation. *Public health and healthcare*. 2021. No. 2. P. 5—9.
6. **Davydova I. E.** The state of health and quality of life of citizens undergoing military service on conscription: abstract. dis. ... Candidate of Medical Sciences. Moscow, 2016. 24 p.
7. **Efimova S. V.** Comprehensive assessment of the state of health, lifestyle and quality of life of persons of military age living in a large city: abstract. dis. ... Candidate of Medical Sciences. Orenburg, 2012. 26 p.
8. **Pravdina L. R., Golovkova T. N.** Features of the subjective well-being of military personnel under contract. *Modern fundamental and applied research*. 2017. No. 4. P. 150—157.

И. С. Прокопчук, аспирант, e-mail: iprosop123789@gmail.com,
М. В. Бушин, аспирант, **Е. М. Литвиновский**, аспирант,
Е. А. Киселева, канд. техн. наук, доц. кафедры, e-mail: pingvin2800@gmail.com,
Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

Анализ влияния вибрации на работников при строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры

Рассмотрены вопросы неблагоприятного воздействия вибрации на здоровье работников, занятых на строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, а также на здоровье граждан, проживающих вблизи проведения работ. Приведен анализ воздействия вибрационных колебаний на ограждающие конструкции зданий и сооружений селитебной территории рядом с местами проведения работ. Проанализирована методика проведения измерений посредством оценки соответствия фактического значения виброускорений одного из конструктивных элементов ограждающей конструкции жилого или общественного здания. Проведенные измерения необходимы для оценки последствий для здоровья человека, вызванных влиянием вибрации как в процессе трудовой активности, так и в долгосрочной перспективе. В связи с этим необходимо проведение постоянного и системного контроля уровней вибрации от мест проведения работ по строительству и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры. Предложены меры по минимизации вредного воздействия вибрации от строительно-монтажных работ на людей, работающих или проживающих рядом с непосредственным местом их проведения.

Ключевые слова: вибрация, факторы производства, механические колебания, источник вибрации, виброускорение, вибродемпфирование, селитебная территория

Введение

Вибрацией называют разновидность механических колебаний, возникающих от сообщенной телу механической энергии от источника колебаний. Согласно ГОСТ 24346—80 "Вибрация. Термины и определения" [1] вибрацией является движение точки или механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин.

Строительство и эксплуатация объектов транспортной инфраструктуры как достаточно механизированной отрасли включает в себя большое число процессов, в которых вибрация является фактором производственной среды. Источники вибрации и шума при производстве строительно-монтажных работ можно выделить в отдельные группы:

- передвижные строительные машины — экскаваторы, бульдозеры, асфальтоукладчики, башенные и автомобильные краны, копровые установки с различными типами молотов

и электровибраторами, мобильные компрессорные установки;

- машины для приготовления, распределения и уплотнения бетонной смеси — бетоносмесители, дозаторы, раздаточные бункеры с навесными электровибраторами, вибростолы, бетоноукладчики, установки для виброформования, кассетные установки с навесными вибраторами и т. д.;
- ручной механизированный инструмент с электро- и пневмоприводом.

Работники, привлеченные к строительству и эксплуатации объектов, постоянно находятся в условиях повышенного уровня вибрации [2]. Как известно, вибрацию можно классифицировать следующим образом.

По способу передачи на человека:

- общая вибрация, передающаяся через опорные поверхности на тело человека;
- локальная вибрация, передающаяся через руки человека.



По источнику возникновения вибрации:

— локальная вибрация, передающаяся человеку: от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;

от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей), например, рихтовочных молотков;

— общая вибрация:

1-я категория — транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах транспортных средств при движении по местности;

2-я категория — транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах машин, передвигающихся по специально подготовленным поверхностям;

3-я категория — технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющих источников вибрации.

На основе приведенных данных можно сделать вывод, что работники, занятые в строительстве и/или эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, подвержены практически всем разновидностям общей и локальной вибрации.

Цель исследования: выявить взаимосвязи влияния вибрации на здоровье работников массовых профессий, занятых в строительстве и эксплуатации транспортной инфраструктуры.

Воздействие вибрации на организм

Вибрация по степени негативного влияния на организм человека находится на втором месте после пылевого воздействия.

Для того чтобы оценить степень воздействия вибрации на организм тело человека принято рассматривать как сочетание масс с упругими элементами, для которых характерна собственная частота. Так, плечевой пояс, голова и бедра человека относительно опорной поверхности (положение "стоя") вибрируют на собственной частоте 4...6 Гц, голова относительно плеч (положение "сидя") — на частоте 25...30 Гц. Большая часть внутренних органов вибрирует на собственной частоте порядка 6...9 Гц. Воздействие общей вибрации с частотой менее 0,7 Гц (качка) на организм человека не приводит к возникновению вибрационной болезни, однако следствием воздействия на организм колебаний такой частоты является морская болезнь. Ее вызывает

Степень воздействия вибрации в зависимости от амплитуды и частоты

Амплитуда колебаний, мм	Частота колебаний, Гц	Результат воздействия
До 0,015	Различная	Влияние на организм не обнаружено
0,016...0,05	40...50	Общее нервное возбуждение с депрессией
0,051...0,1	40...50	Наблюдаются изменения в центральной нервной системе, сердце и органах слуха
0,101...0,3	50...150	Возможно возникновение виброболести
0,101...0,3	150...250	Вызывает виброболест

нарушение нормальной работы вестибулярного аппарата по причине резонансных явлений.

В случае, если частота вибрации на рабочем месте близка к собственной частоте внутренних органов, есть вероятность получения механических повреждений и даже разрывов. К вибрационной болезни, характеризующейся нарушением физиологических функций организма, приводит систематическое воздействие общих вибраций, оказывающее негативное влияние на центральную нервную систему. Все это приводит к головным болям, головокружениям, снижению работоспособности, нарушениям сна, нарушениям сердечной деятельности, общему ухудшению самочувствия [3].

Вибрация по степени негативного влияния на организм человека располагается на втором месте среди профессиональных заболеваний после пылевого воздействия (см. таблицу).

В связи с доказанностью серьезного негативного влияния вибрации на организм человека, необходимо принимать меры по снижению уровня вибрации:

— снижение уровня вибрации посредством воздействия на источник возбуждения путем снижения или ликвидации побуждающих колебания сил;

— устранение режима резонанса посредством рационального подбора массы или жесткости колеблющейся системы;

— вибродемпфирование за счет внедрения конструкционных материалов с высоким коэффициентом трения, нанесение на колеблющиеся поверхности слоя упруговязких покрытий с большими потерями на трение;

— динамическое гашение вибрации путем присоединения источника колебаний к защищаемому объекту в целях уменьшения амплитуды механических колебаний;

— видоизменение конструктивных элементов установок и машин;

— при возможности изменение технологического процесса в целях минимизации или исключения технологического процесса, в основе которого лежит вибрация.

Вибродемпфирование осуществляется с помощью применения композиционных материалов: сталь с алюминием или медью, а также пластмассами, древесиной или резиной [4].

Эффективный способ виброгашения — установка динамических виброгасителей, снижающих уровень вибрации защищаемого объекта. Недостатком такого метода гашения колебаний является то, что эффективность его достигается при определенной частоте, совпадающей с частотой резонанса колебаний установки.

Виброизоляция осуществляется путем установки между агрегатом и защищаемым объектом дополнительных устройств в целях снижения передачи колебаний между ними.

В настоящее время вибрацию, воздействующую на ограждающие конструкции зданий селитебной территории рядом со строящимися или эксплуатируемыми объектами транспортной инфраструктуры, измеряют посредством оценки соответствия фактического значения виброускорения одного фрагмента (конструктивного элемента) ограждающей конструкции жилого или общественного здания. Вибрацию измеряют с помощью прибора — анализатора и датчика — акселерометра, устанавливаемого на несущих элементах, определяющих жесткость конструкции. Оценка уровня вибрации конструкции здания выполняется в октавных полосах частот в диапазоне 2...63 Гц.

При проведении натурных измерений уровней вибрации на строящихся и эксплуатируемых объектах транспортной инфраструктуры было установлено, что основными источниками вибрации, как правило, являются: механизированный ручной инструмент (отбойные молотки и т. п.) и тяжелая техника, наиболее же сильное воздействие зафиксировано от сваепогружателей вибрационного или ударного типа действия.

В заключение можно сделать вывод, что негативное влияние вибрации на организм человека может вызвать серьезные последствия, поэтому необходимо постоянное проведение контроля уровней вибрации на действующих строительных площадках [5, 6]. Исходя из опыта проведения работ по контролю уровня вибрации от строящихся и эксплуатируемых объектов транспортной инфраструктуры в качестве меры, позволяющей минимизировать вредное воздействие вибрации от строительных площадок на людей, работающих или проживающих рядом с непосредственным местом проведения работ, можно порекомендовать смену технологического процесса, подразумевающую максимальное сокращение применения тяжелой техники, рабочий процесс которой основан на механических колебаниях [7—9].

Список литературы

1. **ГОСТ 24346—80** Вибрация. Термины и определения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009496> (дата обращения 11.08.2021).
2. **ГОСТ 12.1.012—2004** Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200059881> (дата обращения 13.08.2021).
3. **СН 2.2.4/2.1.8.566—96** Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901703281> (дата обращения 18.08.2021).
4. **Шварцбург Л. Э., Иванова Н. А., Рябов С. А.** и др. Исследование параметров вибрации при реализации технологических процессов механической обработки // СТИН. 2020. № 9. С. 37—40.
5. **Гурьев А. В., Туков А. Р., Бушманов А. Ю.** Распространенность заболеваний непрофессионального генеза у мужчин, имеющих профессиональные заболевания, связанные с производственной вибрацией // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 4—8.
6. **Новикова А. В., Салкуцан В. И.** Исследование и анализ гигиенического нормирования производственной вибрации // Noise Theory and Practice. 2021. Т. 7. № 2 (24). С. 103—110.
7. **ГОСТ Р ИСО 10137—2016** Основы расчета строительных конструкций. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142883> (дата обращения 24.08.2021).
8. **ГОСТ Р 53964—2010** Вибрация. Измерения вибрации сооружений. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082715> (дата обращения 24.08.2021).
9. **ГОСТ Р 52892—2007** Вибрация и удар. Вибрация зданий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200064161> (дата обращения 26.08.2021).



I. S. Prokopchuk, Postgraduate Student, e-mail: iprocop123789@gmail.com,
M. V. Bushin, Postgraduate Student, **E. M. Litvinovsky**, Postgraduate Student,
E. A. Kiseleva, Associate Professor, e-mail: pingvin2800@gmail.com,
Russian University of Transport (MIIT), Moscow

Analysis of the Influence of Vibration of Workers during the Construction and Operation of Transport Infrastructure Facilities

The article examines the adverse impact of vibration on the health of workers employed at construction sites of capital construction, as well as on the health of citizens living near the work. The analysis of the impact of vibration vibrations on the enclosing structures of buildings in the residential area near construction sites is presented. The technique of measurements is analyzed by assessing the conformity of the actual value of vibration accelerations of one of the structural elements of the enclosing structure of a residential or public building. These measurements are necessary to assess the negative impact of vibration on the human body, which can cause serious health consequences, both in the process of labor activity and in the long term. In this regard, it is necessary to conduct constant and systematic monitoring of vibration levels from existing construction sites. Measures are proposed to minimize the harmful effects of vibration from construction sites on people working or living near the immediate place of work.

Keywords: vibration, production factors, mechanical vibrations, vibration source, vibration acceleration, vibration damping, residential area

References

1. **GOST 24346—80** Vibration. Terms and definitions. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009496> (date of access 11.08.2021).
2. **GOST 12.1.012—2004** Occupational safety standards system. Vibration safety. General requirements. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200059881> (date of access 13.08.2021).
3. **CH 2.2.4/2.1.8.566—96** Industrial vibration, vibration in the premises of residential and public buildings. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901703281> (date of access 18.08.2021).
4. **Schwarzburg L. E., Ivanova N. A., Ryabov S. A.** et al. Investigation of vibration parameters during the implementation of technological processes of mechanical processing. *STEEN*. 2020. No. 9. P. 37—40.
5. **Guryev A. V., Tukov A. R., Bushmanov A. Yu.** The prevalence of diseases of non-professional genesis in men with occupational diseases associated with occupational vibration. *Public health and habitat*. 2021. No. 6 (339). P. 4—8.
6. **Novikova A. V., Salkutsan V. I.** Research and analysis of hygienic regulation of industrial vibration. *Noise Theory and Practice*. 2021. Vol. 7. No. 2 (24). P. 103—110.
7. **GOST R ISO 10137—2016** Fundamentals of calculation of building structures. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142883> (date of access 24.08.2021).
8. **GOST R 53964—2010** Vibration. Vibration measurements of structures. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082715> (date of access 24.08.2021).
9. **GOST R 52892—2007** Vibration and shock. Vibration of buildings. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200064161> (date of access 26.08.2021).

УДК 001.4

С. В. Гандилян, канд. техн. наук, доц., e-mail: GandilyanSV@mgsu.ru,
С. В. Труханов, канд. физ.-мат. наук, доц., Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет

Современная глобальная техносфера

Рассмотрены существующие физические модели динамических процессов катастрофического характера, происходящих в недрах Земли — в ее ядре, мантии и коре, так называемых эндогенных процессов, а также модели ударных газо- и гидродинамических процессов, происходящих в атмосфере и гидросфере Земли, определяемых в значительной степени воздействием Солнца и Луны на единую систему "планета Земля + атмосфера". Представлен основной объект исследований — природные катастрофические явления и их воздействие на искусственные сооружения (элементы техносферы) и обсуждены современные физические модели генерации и распространения именно этих процессов.

Ключевые слова: катастрофа, природная, техногенная, техносфера, биосфера, сложная система, ударная волна

Введение

Сегодня с уверенностью можно утверждать, что жизнь происходит по существу в двух мирах, один из которых тонкий слой атмосферы и литосферы, где совершаются жизнь и все удивительные события в процессе эволюции растительного и животного мира — это биосфера, а другой мир, созданный человечеством в многовековой истории своего развития, — техносфера, как результат проявления разума человека, научно-технических, технологических и производственных достижений. Степень гармоничности взаимодействия этих двух миров определяет уровень развития современной цивилизации.

В учении о биосфере В. И. Вернадского (в начале XX в.) четко подчеркивается фундаментальное значение системной организованности "живой оболочки" Земли, которая представляется как грандиозная, сверхсложная, открытая, динамическая, саморазвивающаяся подсистема, где эволюция определяется взаимным проникновением живого вещества и окружающей среды, а сама биосфера выступает как суперсистема, охватывающая подсистемы живого вещества и среду обитания. Современная среда обитания живых организмов сформировалась в результате эволюции биосферы за несколько миллиардов лет [1, 2].

Современная техносфера, период развития которой почти 10 тысяч лет (начиная со времен

изобретения каменных орудий в эпоху неолита) — это часть природной среды — биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого или косвенного технического воздействия с целью удовлетворения своих потребностей. То есть техносфера — это дороги и транспорт, здания и сооружения, городская и промышленная застройка, энергетика и средства освоения космоса, сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых и многое другое.

Техносфера стала высшим достижением человечества. Она позволила ему существенно снизить риск многих природных опасностей, обеспечить меньшую зависимость экономики и общественной жизни от природных факторов, удовлетворить потребности увеличившегося населения планеты. Техносфера — это и будущее человечества, но сегодня возникла парадоксальная ситуация, когда целые отрасли хозяйства и научные направления вынуждены рассматривать проблемы охраны и защиты биосферы от проявления научно-производственных достижений.

Особенно тяжелыми были для биосферы последствия человеческой деятельности за последние десятилетия XX века, когда промышленная деятельность по производству ископаемой энергии и, как следствие, загрязнение окружающей среды приняли глобальный характер. Можно сказать, что биосфера утратила свое господствующее положение и в особенно густонаселенных регионах стала превращаться в придаток техносферы.



С точки зрения экологии глобальные асимметрии еще более выразительны. Несмотря на развитие средств информации, транспорта и торговли на планете сегодня сосуществуют популяции с разными экологическими нишами — собиратели, охотничьи народы, примитивные земледельцы и скотоводы, индустриально-урбанистические и индустриально-агрикультурные страны.

Сегодня можно утверждать, что краеугольным камнем развития современной техносферы является строительная индустрия. Именно она и является главным антиподом биосферы. Важным является тот факт, что строительная отрасль изымает из биосферы природные ресурсы, а также использует и уничтожает огромные территории обитания других видов, разрушая локальные экосистемы (что особенно болезненно для биосферы при строительстве крупных энергетических объектов, дорожных коммуникаций, новых городских поселений и т. д.).

На сегодняшний день комплексное строительство уникальных объектов, эксплуатирующихся в разных областях жизнедеятельности человека (небоскребы различного предназначения, вместительные спортивные сооружения, торговоразвлекательные комплексы, объекты крупной энергетики, большепролетные мостовые сооружения и т. д.), часто приходится осуществлять на располагающихся в активных сейсмических зонах и в сложных природно-климатических условиях компактных территориях.

В последние десятилетия весьма актуальна тема глобального потепления, что в настоящее время стало неоспоримым фактом. Глобальное изменение климата может принести человечеству большие испытания. От потепления сократятся ледники Арктики и Антарктики, поднимется уровень океана. В результате уменьшится территория суши, под водой окажутся плодородные прибрежные районы. Экономический эффект потепления для Земли в целом будет скорее всего отрицательным. Повышение уровня океана, уровня грунтовых вод и обильные дожди приведут к вынужденному переселению части населения планеты.

Участившиеся на фоне глобальных климатических изменений (глобального потепления) на Земле разрушительные природные катаклизмы (сильные разрушительные землетрясения, ураганы, наводнения, вулканические извержения и др.) требуют от специалистов в области современной строительной науки и индустрии "подстраиваться" к конкретным климатическим и экологическим

ситуациям и научно обоснованным прогнозам их перспективного изменения (особенно при строительстве крупных населенных пунктов и электрогенерирующих объектов специального назначения) [3].

Поэтому, не теряя времени, исходя из худших вариантов развития событий, необходимо начать составлять общие и местные карты затопления и подтопления суши, наступления моря. Необходимо также провести проектные работы и построить защитные сооружения, которые сохраняют часть территории и обеспечат безопасность эксплуатации коммуникаций (особенно энергетических и дорожных) между отдельными регионами [4, 5].

В настоящее время в передовых научных центрах развитых стран (США, Япония, страны ЕС, Россия, Китай и др.) ведутся интенсивные исследования по разработке научно обоснованных методов и рекомендаций гармонизации дальнейшего хода развития мировой строительной индустрии с биосферой.

Так как объединенная система "планета Земля + атмосфера" находится в "объятиях" Солнца, то все динамические процессы в нем являются отражением глобальных энергетических процессов в Космосе с помощью солнечного воздействия. Все динамические процессы на Земле во многом определяются солнечным и космическими воздействиями. На рис. 1 (см. 2-ю стр. обложки) приведена упрощенная схема структуры мироздания и циклических процессов энергетического взаимодействия Земли с космосом.

Основная нагрузка решений вышеуказанных задач лежит на фундаментальных и прикладных принципах Солнечно-Земной физики, так как почти все виды энергии, используемые человеком, и основная масса природных процессов глобального энергопреобразования в единой системе "планета Земля + атмосфера", включая воздействие на биосферу, сводятся к солнечной энергии. Пища является, по существу, "продуктом" солнечной энергии, собранным, накопленным и преобразованным в углеводы посредством фотосинтеза в листьях земных растений; уголь и нефть — это солнечная энергия, накопленная и переработанная миллионы лет назад доисторическими лесами. Энергия воды и ветра создается благодаря воздействию солнечного тепла на атмосферу и океаны, моря, озера и реки Земли. Энергетические потоки Солнца генерируют и поддерживают все электрофизические, теплофизические и гравитационно-инерционные процессы энерго- и массопереноса в атмосфере и внутренних слоях Земли.

Для дальнейших исследований очень важно отметить одно важное обстоятельство. В космосе динамическая система "планета Земля + атмосфера" участвует в трех циклических стационарных движениях, каждое из которых вносит свою лепту в эволюционное поведение системы. Кроме вращения относительно своей оси Земля участвует, как минимум, одновременно в двух движениях: вращении вместе с магнитным полем Солнца вокруг барицентра Солнца и движении относительно Центра Галактики, вызванном вращением магнитного поля Галактики. Скорость движения Солнца в Галактике равна 250 км/с. С такой же скоростью двигаются все компоненты магнитного поля Солнца. Складывая движение Земли вокруг Солнца и движение Солнца в Галактике, можно прийти к выводу, что Земля движется не по замкнутым орбитам (эллипсам системы Коперника), а по спирали. Двигаясь в Галактике со скоростью 250 км/с, Земля за один земной год пролетает расстояние в 7884 млрд км. Так как расстояние от Земли до Солнца 150 млн км, то траектория Земли в Галактике представляет собой сильно вытянутую спираль [6, 7].

Гравитационное взаимодействие Солнца, Луны и других планет с Землей всем знакомо, понятно и более других изучено. Воздействие Солнца и Луны на Землю и образование при этом приливов в океанах и сопутствующие процессы в атмосфере и внутренних слоях Земли общеизвестны. Однако тот факт, влияют ли приливы на сейсмичность и вулканизм далеко не очевиден, по крайней мере мнения специалистов по физике Земли по этому поводу весьма различны. Для исследования этих вопросов широкие научные просторы.

Так как основной объект настоящего исследования — природные катастрофические явления и их воздействие на искусственные сооружения (элементы техносферы), будем обсуждать современные физические модели генерации и распространения именно этих процессов.

Заметим, что на сегодняшний день знаний человечества о части рассматриваемых процессов пока что явно недостаточно для однозначной интерпретации наблюдаемых явлений. Поэтому все физические процессы, о которых пойдет речь далее, как и вообще любые "объяснения" большинства наблюдаемых на Земле явлений, даже таких, как магнитное поле, движение материков, тепловой поток и т. п., можно рассматривать не более как модели. Надо стремиться к тому, чтобы эти модели были физически непротиворечивы и,

по возможности, "увязаны" в общую концепцию с моделями Земли и глобальной атмосферы и физики Солнечно-Земных связей.

Следует отметить, что несмотря на тот факт, что хотя ежегодно тратятся значительные средства на познание физики природных катастроф, окончательного понимания сущности этих явлений пока нет. Поэтому, естественно, что нет и эффективного научного прогноза их возникновения, и эффективной защиты от их разрушительного последствия. При этом очень важным вопросом является взаимосвязанность природных и технических катастроф, что стало реальностью в последние десятилетия при крупных стихийных бедствиях: например, авария на Чернобыльской АЭС (1986 г.) стала причиной региональной экологической катастрофы, а авария на АЭС Фукусима-1 (2011 г.) — крупная радиационная авария максимального, 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий (INES), началась в результате сильнейшего в истории Японии землетрясения и последовавшего за ним цунами [8].

Современная концепция природно-технических систем

Созданные человеком технические объекты (машины, аппараты, приборы) и строительные сооружения становятся источником воздействия на окружающую природу и принимают на себя влияние природных процессов. В результате взаимодействия (взаимного влияния) элементов природных и технических систем формируется особый вид сложных совмещенных систем: природно-технические (далее — ПТС). При формировании и дальнейшей эксплуатации природно-технических систем происходит антропогенная трансформация природной среды — это процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной, строительной и любой другой деятельности людей [9, 10].

Принято считать, что прообразом развития современных обобщенных моделей природно-технических систем является разработанная еще в 1970—1980-х годах кибернетическая модель системы "планета Земля + атмосфера", согласно которой недра Земли, суша, океаны, биосфера (как тонкий слой земной поверхности, где происходят жизненные процессы), атмосфера и внедренная человечеством техносфера в совокупности образуют сложную кибернетическую суперсистему с нелинейно взаимодействующими подсистемами, как самоорганизующийся суперорганизм, способный



саморегулировать условия поддержания жизни в биосфере и эволюции природы [11].

Каждая ПТС создается человеком для удовлетворения определенных потребностей в разных отраслях жизнедеятельности современного общества: место проживания людей, орошение полей, производство и транспортировка топливно-энергетических ресурсов, переработка сырья, производство промышленной или продовольственной продукции и т. д.

В области современной строительной индустрии выделяются несколько категорий (структурных уровней) ПТС, краткая классификация которых приведена ниже.

- Элементарная ПТС, подсистемами-компонентами которой являются отдельное сооружение и сфера взаимодействия геологической среды с этим сооружением. Элементарную ПТС, включающую отдельное сооружение и окружающую его область природной среды, можно разбить на подсистемы, каждая из которых будет состоять из некоторой области литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы и взаимодействующей с ней части сооружения. Число выделенных подсистем при этом будет отвечать числу компонентов природной среды, взаимодействующих с сооружением.
- Локальная ПТС, формирующаяся и функционирующая под влиянием взаимодействия комплекса сооружений (сельский или городской населенный пункт, гидроузел, промышленно-энергетический комплекс и т. д.) с литосферой. Локальная ПТС (как сложная многоэлементная система) состоит из элементарных ПТС, отношения (взаимное влияние) между которыми и составляют ее структуру.
- Региональная ПТС, подсистемами-компонентами которой являются локальные ПТС, находящиеся в регионе, и природные геосистемы (природные подсистемы как созданные человеком, так и естественные, но преднамеренно измененные в процессе действия техники), в которые "вкраплены" локальные ПТС [12, 13].

Следует отметить, что категорию ПТС определяет ее структура, а не занимаемая ею площадь. Например, элементарную ПТС, включающую отдельное сооружение и окружающую его область природной среды, можно разбить на подсистемы, каждая из которых будет состоять из некоторой области литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы и взаимодействующей с ней

части сооружения. Число выделенных подсистем при этом будет отвечать числу компонентов природной среды, взаимодействующих с сооружением [14].

Первостепенной задачей является, исходя из базовых теоретических и технологических принципов современной строительной науки, четкое определение пространственных и временных эксплуатационных границ ПТС. Пространственные границы ПТС проходят по максимальным границам областей влияния технической системы (далее — ТС) на взаимодействующую с ней окружающую природную среду.

Временные границы ПТС не совпадают со сроком эксплуатации ТС. Природно-техническая система начинает свою жизнь с момента подготовительных работ на месте строительства. После ввода в эксплуатацию к воздействию на окружающую среду кроме самой технической системы как таковой (давление строения на грунт, преобразование ландшафта и т. д.) добавляются продукты ее функционирования (выбросы в атмосферу, гидросферу, загрязнение литосферы отходами производства). После остановки эксплуатации ТС ее влияние на окружающую природную среду ослабевает, но не прекращается. Влияние заканчивается после ликвидации технической системы и прекращения действия последствий ее функционирования.

Системный и экосистемный анализ и целевое изучение последствий производственно-строительной деятельности человека и получение достоверных данных, необходимых для разработки мероприятий по рациональной эксплуатации природных ресурсов, оценки экологических предельных возможностей (емкостей) природных территориальных объектов, их стойкости к техногенному воздействию, с учетом требований охраны окружающей среды имеет важное значение при строительстве крупных энергогенерирующих объектов (например, комплексное сооружение атомных электростанций — АЭС) и их обслуживающих структур [15].

Природно-техническая геосистема принципиально отличается от природной. Главнейшее ее отличие состоит в том, что она является управляемой (кибернетической). Взаимодействие между технической системой (сооружением) и природной средой требует подхода с кибернетических позиций: управление ими путем регулирования потоков вещества и энергии, поддержания сбалансированности прямых и обратных связей между составляющими компонентами. Управление

реализуется в ходе преобразования человеком природной среды при строительстве сооружений, добыче полезных ископаемых и дальнейшей эксплуатации ПТС на основании данных, полученных при осуществлении производственного экологического и технического мониторинга и контроля. Оно выражается в оптимизации существующих технологических процессов, применении других технологий, согласовании и соблюдении природоохранных нормативов [16].

В рассматриваемых задачах по обобщенному физико-математическому и компьютерному моделированию динамических процессов энерго- и массообмена между отдельными подсистемами и внешним окружением ПТС рассматриваются как сложные открытые динамические системы, которые имеют определенный временной эволюционный путь [17–19].

Концепция природно-технических геосистем позволяет рассматривать хозяйственную деятельность человека как индикатор взаимодействия биосферы и техносферы. Рассмотрение связей и структуры этого взаимодействия дает возможность прогнозировать антропогенную трансформацию природных компонентов, находить решения по оптимальной эксплуатации технологического оборудования и строительных сооружений, а также предусмотреть современные природоохранные технологии, которые минимизируют вредные воздействия техносферных объектов на окружающую природную среду и наоборот.

Классификация природных и техногенных катастрофических процессов

Как уже было сказано, на поверхности Земли и в прилегающих к ней слоях атмосферы идет развитие множества сложнейших физических, физико-химических и биохимических процессов, сопровождающихся обменом и взаимной трансформацией различных видов энергии. Источниками энергии являются процессы реорганизации вещества, происходящие внутри Земли, физические и химические взаимодействия ее внешних оболочек и физических полей, а также гелиофизические воздействия. Происходящие процессы энергопреобразования лежат в основе глобальной геодинамики Земли и развития эндогенных, экзогенных, гидрологических и атмосферных явлений, определяя эволюционный путь устойчивой системы "планета Земля + атмосфера", как единое целое.

Наблюдаемые в открытой системе "планета Земля + атмосфера" глобальные процессы

энергопреобразования происходят достаточно плавно, проявляя при этом стационарные или периодические характеристики динамических явлений. Но время от времени геодинамические процессы вызывают развитие (генерацию) таких опасных катастрофических явлений, как землетрясения, извержения вулканов, цунами, оползни, сели, наводнения, циклоны, ураганы и др., которые приводят к резкому ухудшению условий проживания: гибели людей и животных, уничтожению растительности, разрушению объектов техносферы и т. д. Иными словами, при такой ситуации возникает опасность саморазрушения окружающей среды [20].

Под природной катастрофой понимается разрушительное явление, вызванное геофизическими причинами, которые не контролируются человеком (землетрясения, наводнения, извержения вулканов, лесные пожары и др.). Если сравнительно быстрые разрушительные изменения окружающей среды обусловлены деятельностью человека или действием созданных им технических устройств и производств, то катастрофу называют техногенной или аварией. Как правило, авария возникает вследствие нарушения регламента работы оборудования или норм его эксплуатации.

Хотя природные катастрофические явления внутри Земли и в ее атмосфере, сопутствующие им разрушительные процессы сопровождают нашу планету в течение всей истории эволюции Солнечной системы, мировое научное сообщество только сейчас — на базе научно-технических и технологических достижений мировой цивилизации в последние десятилетия, получает возможность выработать единую платформу исследования и прогнозирования степени возможных отрицательных последствий этих процессов для человечества и окружающего мира.

На рубеже XX и XXI столетий стало ясно, что количество и масштабы стихийных бедствий на Земле, обусловленных природными катастрофическими явлениями, возрастают. Тенденция роста количества стихийных бедствий характерна и для России. С 1990 по 2000 г. ежегодное число катастроф в России приблизилось к 300, в то время как в течение предыдущего десятилетия оно не превышало 140. В мире отмечается рост количества природных катастрофических явлений. В 1990–1994 гг. среднее ежегодное количество катастроф возросло по сравнению с 1965–1969 гг. почти в 3 раза. В период 1995–1999 гг. их число сохранялось на высоком уровне, хотя и несколько меньшем, чем в предыдущем пятилетии [21].



Рис. 2. Наиболее распространенные природные катастрофы в мире (1965–2000)

Наибольшее распространение в мире имеют тайфуны и штормы, наводнения, землетрясения и засухи. Эти виды опасных явлений составляют соответственно 34, 32, 13 и 9 % от общего числа. На другие природные катастрофы приходится 12 % (рис. 2).

Природные и техногенные катастрофы определяются некоторыми общими функциональными и энергетическими характеристиками, рассмотренными ниже.

По масштабным и энергетическим характеристикам природные и техногенные катастрофы делятся на три класса: локальные, региональные, глобальные.

При локальной катастрофе количество выделившейся энергии $E \approx 10...15$ кт, что достаточно для разрушения промышленного объекта и гибели людей на локальной территории проживания или промышленной площадки (для килотонны тротилового эквивалента (т.э.) по определению имеется: 1 кт т.э. = $4,1847 \cdot 10^{12}$ Дж).

При региональной катастрофе значение величины E меняется в пределах ≈ 20 кт $< E < 100$ Мт, а экологические последствия сказываются на жизни людей, расположенных на десятки и сотни километров от места катастрофы. К региональным катастрофам можно отнести, например, аварию на Чернобыльской АЭС 1986 г. (в результате нее только в Белоруссии радионуклидами заражено 1,7 млн га леса) как техногенную катастрофу и Спитакское землетрясение 1988 г. — как природную катастрофу [22].

Глобальная катастрофа наступает при $E \geq \approx 100$ Мт. Как показывают исследования, аналогичный глобальный катастрофический эффект может получиться при столкновении Земли с астероидом, имеющим диаметр $D \geq 1$ км. При взрыве

термоядерного заряда такой мощности возникает сначала "ядерная" ночь, а затем "ядерная" зима. Энергия взрыва ядерной бомбы "малыш" над Хиросимой 6 августа 1945 г. по разным оценкам составляет 17...19 кт т.э. Самым мощным взрывным устройством за всю историю человечества была советская термоядерная авиационная бомба — Царь бомба (Tsar Bomb), полная энергия которой оценивается в $\approx 2,4 \cdot 10^{17}$ Дж ($\approx 58,6$ Мт т.э.). Как показывают оценочные исследования, аналогичный глобальный катастрофический эффект может получиться при столкновении Земли с астероидом, имеющим диаметр $D \geq 1$ км [22].

Надо сказать, что любая глобальная катастрофа может иметь каскадный механизм развития, т. е. она на разных этапах развития включает в себя множество локальных и региональных природных и техногенных катастроф, между которыми могут быть определенные временные паузы. В итоге после серии катастроф на последнем этапе устанавливается новое состояние термодинамического равновесия в системе "планета Земля + атмосфера" [22].

Ярким примером так называемой столкновительной катастрофы на Земле является падение Тунгусского метеорита в 1908 г. в районе Подкаменной Тунгуски, которое до сих пор будоражит воображение многих исследователей и не нашло общепринятого объяснения: от метеорита никаких частей не осталось, и что именно упало в Сибири 113 лет назад до сих пор не до конца понятно. Единственное, что можно сказать с уверенностью, это что-то большое и движущееся на большой скорости взорвалось, оставив позади себя поваленные деревья и зоны зажигания лесных массивов на площади в 2000 км². Взрыв был настолько силен, что образовавшиеся тепловые и электромагнитные ударные волны дали на поверхности Земли два эпицентра разрушения — один за счет взрыва метеорита и другой за счет образования мощного электромагнитного излучения. При этом электромагнитные волны несколько раз обегали вокруг Земли и вызвали нарушения работы электрических сетей.

Одна из уникальных особенностей Солнечной системы заключается в расположении внешних планет-гигантов (Нептуна, Сатурна, Урана и Юпитера), которые движутся по почти круговым орбитам и притяжение которых не вызывает существенных возмущений в движении внутренних планет — планет земной группы (Меркурия, Венеры, Марса и Земли). Напротив, внешние планеты выполняют защитную функцию, захватывая и отклоняя опасные космические объекты [23].

Важное значение имеют **временные характеристики** природных катастроф как динамических процессов. Динамический процесс генераций любой природной катастрофы имеет три стадии: период индукции; период быстрого выделения энергии (упругой, ядерной, тепловой и др.) и ее трансформации в другие виды энергии; период диссипации выделившейся энергии в окружающей среде. Например, под периодом индукции природных катастроф понимается время накопления разрушительной энергии. При землетрясениях это время, в течение которого накапливается упругая энергия деформации земной коры, при атмосферных смерчах — это время от начала грозы до образования воронки, а при столкновительной катастрофе — это время от момента обнаружения астероида-убийцы до его столкновения с Землей и т. д.

Следует отметить, что для успешного развития современной строительной науки и индустрии важное значение имеют вопросы теоретического (физико-математического и компьютерного моделирования) и экспериментального исследования процессов воздействия природных катастроф на искусственные сооружения [24, 25].

В 1960—1970-е гг. исследования природных катастрофических явлений, возникающих в разных уголках системы "планета Земля + атмосфера" (в том числе и физико-математическое моделирование их динамических и энергетических характеристик), являлись прерогативой отдельных наук о Земле. Например, сейсмичность Земли и физика очага землетрясений — в геологии, природа вулканизма и физика магматического очага — в вулканологии, физические явления, сопутствующие образованию морских и океанических течений ударного характера, — в гидрологии, физическая природа генерации разных атмосферных процессов массопереноса и теплопереноса ударного характера (например, смерчей и циклонов) — в метеорологии и т. д. [26, 27].

В последние десятилетия появляются фундаментальные исследования, выдвигающие совершенно новые (уточненные и более совершенные) теоретические принципы обобщенного физико-математического моделирования глобальных переходных процессов в структурах Земли и атмосферы, в контексте углубленного изучения электромагнитных, гравитационно-инерционных и тепловых полей и процессов энергопреобразования между ними, внутри и в атмосфере Земли [26, 27]. Этому во многом способствовали исследования системы "планета Земля + атмосфера"

с помощью космических аппаратов. Только за последние десятилетия с помощью спутников были открыты радиационные пояса, плазмопауза, кольцевой ток и другие, формируя новое направление развития наук о Земле — физика магнитосферы, главной задачей которой является изучение взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли и целого комплекса возникающих при этом взаимосвязанных геофизических явлений.

Заключение

На сегодняшний день развитие любого направления мировой экономики характеризуется прежде всего широким использованием компьютерной техники и информационных технологий с применением различных автоматизированных систем: системы автоматизированного проектирования; автоматизированные производственные системы и автоматизированные интегрированные производственные системы. Здесь наиболее актуальными являются задачи поискового конструирования, в частности решение задачи поиска физических принципов действия новых конкурентоспособных технических систем и автоматизированных технологических процессов для гармонизации жизни человека в энергетической среде сложной системы биосфера + техносфера. Оценка предельных экологических возможностей этой среды является одной из актуальных проблем современности.

Список литературы

1. **Яншина Ф. Т.** Эволюция взглядов В. И. Вернадского на биосферу и развитие учения о ноосфере. М.: Наука, 1996. 220 с.
2. **Фортвов В. Е., Попель О. С.** Энергетика в современном мире. М.: Издательский дом "Интеллект", 2011. 167 с.
3. **Болотин С. А.** Организация строительного производства. М.: Издательский центр "Академия", 2007. 208 с.
4. **Гор Ал.** Глобальное потепление: Как остановить планетарную катастрофу (Пер. с англ. А. Ю. Колужного). Санкт-Петербург: "АМФОР", 2007. 325 с.
5. **Бушуев В. В.** Энергия и эволюция. М.: ИАЦ Энергия, 2009. 216 с.
6. **Мирошниченко Л. И.** Физика Солнца и солнечно-земных связей. М.: Университетская книга, 2011. 174 с.
7. **Копылов И. П.** Геоэлектромеханика. М.: Изд-во МЭИ, 2000. 119 с.
8. **Арутюнян Р. В., Большов Л. А.** Системный анализ причин и последствий аварии на АЭС "Фукусима-1". Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. М.: ИБРАЭ РАН. 2018. 408 с.
9. **Акимов В. А., Лапин В. Л., Попов В. М., Пучков В. А., Томаков В. И., Фалеев М. И.** Надежность технических систем и техногенный риск. М.: Деловой экспресс, 2002. 368 с.



10. Бузмаков С. А. Антропогенная трансформация природной среды // Географический вестник. 2012. № 4. С. 46—50.
11. Фрадков А. Л. О применении кибернетических методов в физике // Успехи физ. наук, 2005, Т. 175. № 2. С. 113—138.
12. Толстых М. В., Шляева А. В., Мизяк В. Г., Хабеев Р. Н. Модели глобальной атмосферы Мирового океана: алгоритмы и суперкомпьютерные технологии: учебное пособие. Серия "Суперкомпьютерное образование". М.: Изд-во МГУ, 2013. 144 с.
13. Исаев С. В. Концепция природно-технических систем и ее использование при изучении антропогенной трансформации природной среды // Географический вестник. 2016. Т. 38. № 3. С. 105—113.
14. Рагозин А. Л. Современное состояние и перспективы оценки и управления природными рисками в строительстве. Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. Минстрой России. М.: ПНИИИС, 1995. 411 с.
15. Buzmakov S. A., Kulakova S. A. Forming of natural-technogenic in the area of oil fields (Perm region experience) // Zashchita okruzhaiushchej sredy v neftegazovom komplekse (NTZh). 2007. Vol. 1. P. 20—24.
16. Van A. V. Methodological problems of investigating natural ecological and naturaltechnogenic systems, Interexpo Geo-Siberia. 2012. Vol. 3. No. 2. P. 33—38.
17. Grin A. M., Kluev N. N., Muhina L. I. Geocological analysis // Rossiiskaya akademiya nauk. Izvestiya. Seriya geograficheskaya. 1995. Vol. 3. P. 21—30.
18. Gulkova S. G., Maiss N. A. Managements of ekologo-economic risks of natural and technical systems of fuel and energy complex // Vologdinskije chteniya. 2007. Vol. 64. P. 9—12.
19. Смирнов Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Наука, 1969. 511 с.
20. Лохбаум Д. Исследование рисков на атомных электростанциях: удручающее качество // Энергетика и безопасность. 2000. № 15. С. 10—14.
21. Осипов В. И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник РАН. 2001. Т. 71, № 3. С. 291—302.
22. Колесниченко А. В., Марков М. Я. Турбулентность в многокомпонентных средах. М.: Наука, 1999. 336 с.
23. Алексеев В. В., Киселева С. В., Лаппо С. С. Лабораторные модели физических процессов в атмосфере и океане. М.: Наука, 2005. 312 с.
24. Самарский А. А., Курдюмов С. П., Галактионов В. А. Математическое моделирование. Процессы в нелинейных средах. М.: Наука, 1986. 309 с.
25. Голубев В. И., Квасов И. Е. Воздействие природных катастроф на наземные сооружения // Математическое моделирование. 2011. Т. 23, № 8. С. 46—54.
26. Белолипецкий В. М. Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды. Новосибирск: Изд-во ИНФОЛИО-пресс, 1997. 240 с.
27. Denisenko V. V., Zamary S. S. Ele tri eld in the equatorial ionosphere // Planetary and Spa e S ien e. 1992. Vol. 40, No. 7. P. 941—952.

S. V. Gandilyan, Associate Professor, e-mail: GandilyanSV@mgsu.ru,
S. V. Trukhanov, Associate Professor, National Research Moscow State University
of Civil Engineering

Modern Global Technosphere

Our goal is to discuss in the article the existing physical models of dynamic processes of a catastrophic nature occurring in the bowels of the Earth — in its core, mantle and crust (the so — called endogenous processes), as well as models of shock gas and hydrodynamic processes occurring in the atmosphere and hydrosphere of the Earth, determined to a large extent by the influence of the Sun and the Moon on a single system "planet Earth + atmosphere". Since the main object of our research is — natural catastrophic phenomena and their impact on artificial structure (elements of the technosphere), then we will discuss modern physical models of the generation and propagation on these processes.

Keywords: catastrophe, natural, technogenic, technosphere, biosphere, complex system, shock wave

References

1. Janshina F. T. Jevoljucija vzgljadov V. I. Vernadskogo na biosferu i razvitie uchenija o noosfere. Moscow: Nauka, 1996. 220 p.
2. Fortov V. E., Popel' O. C. Jenergetika v sovremennom mire. Moscow: Izdatel'skij dom "Intellekt", 2011. 167 p.
3. Bolotin S. A. Organizacija stroitel'nogo proizvodstva. Moscow: Izdatel'skij centr "Akademija", 2007. 208 p.
4. Gor AI. Global'noe poteplenie: Kak ostanovit' planetarnuju katastrofu. Per. s angl. A. Ju. Koljuzhnogo. Saint-Petersburg: "AMFORA", 2007. 325 p.
5. Bushuev V. V. Jenergija i jevoljucija. Moscow: IAC Jenergija, 2009. 216 p.
6. Miroshnichenko L. I. Fizika Solnca i solnechno-zemnyh svjazej. Moscow: Universitetskaja kniga, 2011. 174 p.
7. Kopylov I. P. Geoelektromehanika. Moscow: Izd-vo MJeI, 2000. 119 p.
8. Arutunjan R. V., Bol'shov L. A. Sistemnyj analiz prichin i posledstvij avarii na AJeS "Fukusima-1". Institut problem bezopasnogo razvitija atomnoj jenergetiki RAN. Moscow: IBRAJe RAN, 2018. 408 p.
9. Akimov V. A., Lapin V. L., Popov V. M., Puchkov V. A., Tomakov V. I., Faleev M. I. Nadezhnost' tehniceskikh sistem i tehnogennyj risk. Moscow: Delovoj jekspress, 2002. 368 p.
10. Buzmakov S. A. Antropogennaja transformacija prirodnoj sredy. *Geograficheskij vestnik*. 2012. No. 4. P. 46—50.

11. **Fradkov A. L.** On the application of cybernetic methods in physics. *Uspekhi fiz. Sciences*, 2005. Vol. 175, No. 2. P. 113–138.
12. **Tolstyh M. V., Shljaeva A. V., Mizjak V. G., Habeev R. N.** Modeli global'noj atmosfery Mirovogo okeana: algoritmy i superkomp'yuternye tehnologii: uchebnoe posobie. Seriya "Superkomp'yuterno obrazovanie". Moscow: Izd-vo MGU, 2013. 144 p.
13. **Isaev S. V.** Konceptija prirodno-tehnicheskikh sistem i ee ispol'zovanie pri izuchenii antropogennoj transformacii prirodnoj sredy. *Geograficheskij vestnik*. 2016. Vol. 38. No. 3. P. 105–113.
14. **Ragozin A. L.** Sovremennoe sostojanie i perspektivy ocenki i upravlenija prirodnyimi riskami v stroitel'stve. Analiz i ocenka prirodnogo i tehnogennogo riska v stroitel'stve. Ministroy Rossii. Moscow: PNIIS, 1995. 411 p.
15. **Buzmakov S. A., Kulakova S. A.** Forming of natural-technogenic in the area of oil fields (Perm region experience). *Zashchita okruzhajushchej sredy v neftegazovom komplekse (NTZh)*. 2007. Vol. 1. P. 20–24.
16. **Van A. V.** Methodological problems of investigating natural ecological and naturaltechnogenic systems. Interexpo Geo-Siberia. 2012. Vol. 3. No. 2. P. 33–38.
17. **Grin A. M., Kluev N. N., Muhina L. I.** Geoecological analysis. *Rossiiskaya akademiya nauk. Izvestiya. Seriya geograficheskaya*. 1995. Vol. 3. P. 21–30.
18. **Gulkova S. G., Maiss N. A.** Managements of ekologo-economic risks of natural and technical systems of fuel and energy complex. *Vologdinskie chteniya*. 2007. Vol. 64. P. 9–12.
19. **Smirnov N. V.** Kurs teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki dlja tehniceskikh prilozhenij. Moscow: Nauka, 1969. 511 p.
20. **Lohbaum D.** Issledovanie riskov na atomnyh jelektrostantsijah: udruzhajushhee kachestvo. *Jenergetika i bezopasnost'*. 2000. No. 15. P. 10–14.
21. **Osipov V. I.** Prirodnye katastrofy na rubezhe XXI veka. *Vestnik RAN*. 2001. Vol. 71. No. 3. P. 291–302.
22. **Kolesnichenko A. V., Markov M. Ja.** Turbulentnost' v mnogokomponentnyh sredah. Moscow: Nauka, 1999. 336 p.
23. **Alekseev V. V., Kiseleva S. V., Lappo S. S.** Laboratornye modeli fizicheskikh processov v atmosfere i okeane. Moscow: Nauka, 2005. 312 p.
24. **Samarskij A. A., Kurdjumov S. P., Galaktionov V. A.** Matematicheskoe modelirovanie. Processy v nelinejnyh sredah. Moscow: Nauka, 1986. 309 p.
25. **Golubev V. I., Kvasov I. E.** Vozdejstvie prirodnyh katastrof na nazemnye sooruzhenija. *Matematicheskoe modelirovanie*. 2011. Vol. 23. No. 8. P. 46–54.
26. **Belolipeckij V. M.** Matematicheskoe modelirovanie v zadachah ohrany okruzhajushhej sredy. Novosibirsk: Izd-vo INFOLIO-press, 1997. 240 p.
27. **Denisenko V. V., Zamay S. S.** Ele tri eld in the equatorial ionosphere. *Planetary and Spa e S ien e*. 1992. Vol. 40. No. 7. P. 941–952.

Информация

**Продолжается подписка на журнал
"Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2022 г.**

Оформить подписку можно
через подписные агентства или непосредственно в редакции журнала

**Подписной индекс по Объединенному каталогу
"Пресса России" — 79963**

Сообщаем, что с 2020 г. возможна подписка
на электронную версию нашего журнала.

Подписку на электронную версию журнала можно оформить через
ООО "ИВИС", тел.: +7 (495) 777-65-57, 777-65-58; e-mail: sales@ivis.ru
и Агентство "Урал-Пресс" <http://ural-press.ru> (индекс 013312)

Для оформления подписки следует обратиться в филиал агентства по месту жительства

Адрес редакции: 107076, Москва, ул. Матросская Тишина, д. 23, стр. 2, оф. 45
Издательство "Новые технологии",
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: +7 (499) 270-16-52. E-mail: bjd@novtex.ru



УДК 349.6:502/504

Д. М. Сытников, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., доц., e-mail: sytnikov@list.ru,
Г. В. Кучерик, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, Севастопольский
государственный университет

Правовое обеспечение экологической безопасности государства

Рассмотрено международно-правовое и национальное обеспечение экологической безопасности государства на примере Украины. Показано, что общественные отношения в данной сфере могут регулироваться достаточным количеством нормативных актов различной юридической силы, при этом проблема обеспечения экологической безопасности главным образом заключается в правореализации. Отдельное внимание уделено перспективам перехода к устойчивому развитию и анализу текущей ситуации в экологической сфере. В целом обеспечение экологической безопасности на Украине нельзя признать удовлетворительным, в том числе и из-за отсутствия достоверных данных по ряду показателей. Отмечена необходимость дальнейшей экологизации общественного сознания.

Ключевые слова: экологическая безопасность, нормативно-правовое обеспечение, эколого-правовое регулирование, государство

Введение

Человеческая жизнь, в той или иной степени, является центральным объектом различных видов безопасности, вместе с тем каждый из них в силу своей многообъектности может составлять определенную систему и быть подразделен на подвиды (компоненты). В частности, экологическая безопасность обеспечивается элементами биологической безопасности и безопасностью природопользования. Одним из компонентов биологической безопасности, например, является генетическая безопасность.

Под экологической безопасностью принято понимать составную часть всеобъемлющей системы международной (а значит и национальной) безопасности, состояние охраняемости всех живых организмов и компонентов окружающей среды от действия факторов, способных оказывать на них отрицательное воздействие. Биологическая безопасность, являющаяся частью экологической безопасности, это более узкое понятие, которое представляет собой состояние охраняемости человека, его здоровья, всех живых организмов, а также их будущих поколений от воздействия факторов, способных оказывать на них негативное влияние [1, с. 491—498].

На поиск оптимальных способов и средств охраны окружающей среды и здоровья человека в определенной мере ориентированы все отрасли

знаний, однако именно достижения правовой науки позволяют ввести в практику государственного регулирования природоохранной деятельности новые эффективные инструменты. По мнению некоторых ученых [2, с. 117—126], категорию "экологическая безопасность" следует считать основным юридически значимым критерием для характеристики качества окружающей среды.

Важно помнить, что развитие науки и хозяйственной деятельности связано с появлением новых потенциально экологически вредных факторов. Нормотворчество должно постоянно учитывать это обстоятельство.

Правовое регулирование, охватывая различные стороны общественных отношений, значительное внимание должно уделять вопросам обеспечения надлежащего состояния окружающей природной среды, сохранения биологического разнообразия и защиты здоровья человека. По мнению авторов, успешное решение данного круга вопросов требует выделения конкретных задач и актуальных направлений деятельности в экологической сфере, а также четкого определения понятия экологическая безопасность.

Уже отмечалось, что экологическая безопасность — часть мировой, а значит и национальной безопасности. Из этого следует, что международный (мировой) уровень экологической безопасности определяется состоянием национальных государств, тем, как экологические нормы

и рекомендации, принятые на международном уровне, выполняются каждым государством. Предлагается рассмотреть этот вопрос на примере конкретного государства — Украины. Это частный пример, но авторам известны отдельные недостатки в области правового регулирования, касающиеся экологической безопасности.

Цель исследования — изучить особенности нормативно-правового обеспечения и охарактеризовать состояние экологической безопасности государства на примере Украины.

Объекты и методы исследований

Исследование нормативно-правового регулирования проводилось на основании анализа международно-правовых документов, советского и национального законодательства по обеспечению экологической безопасности Украины с 1972 по 2021 год. Использовались Система официальной документации ООН [3], государственные сайты Украины, в частности, Официальный веб-портал парламента (Раздел "Законодательство Украины") [4], Официальное интернет-представительство президента Украины (Раздел "Все документы") [5], Единый веб-портал органов исполнительной власти Украины (Раздел "Решения правительства") [6] и др. Анализ статистических данных и положений нормативно-правовой базы проводился формально-логическим и системным методами, а также сравнительно-правовым методом соответственно.

Результаты исследования

Международно-правовое обеспечение экологической безопасности

Правовое обеспечение экологической безопасности должно формироваться с учетом основополагающего принципа устойчивого развития, т. е. приоритета прав и интересов следующих поколений и ответственности перед будущим. В соответствии с Конвенцией об охране всемирного культурного и природного наследия (1972), ратифицированной 04.10.1988 Президиумом Верховного Совета УССР, "каждое государство признает, что обязательства обеспечивать выявление, охрану, сохранение, популяризацию и передачу будущим поколениям культурного и природного наследия, которое расположено на его территории, возлагается, прежде всего, на него" (ст. 4).

Обозначенная проблема может быть успешно разрешена исключительно при условии принятия

государством согласованной системы законодательных и подзаконных нормативно-правовых актов, отвечающих требованиям ратифицированных международно-правовых документов, и при разработке эффективного механизма их применения всеми субъектами отношений в экологической сфере.

Безопасность окружающей среды и человека регулируется множеством международно-правовых актов, в большинстве из них центральное место отведено экологической безопасности. Так, подписанная от имени СССР, ратифицированная и вступившая в силу 05.10.1978 Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду (1977), а также подписанная от имени УССР 22.03.1985 Венская конвенция об охране озонового слоя (1985) являются документами, действующими на Украине и сегодня.

Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию от 14.06.1992, подписанная уже независимой Украиной, провозглашает, что "защита окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него" (принцип 4).

Украина также присоединилась к следующим документам: 21.09.1993 — к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (1973); 29.10.1996 — к Конвенции об охране дикой флоры и фауны и природных сред существования в Европе (1979); 14.05.1999 — к Конвенции о международной торговле видами дикой флоры и фауны, находящимися под угрозой уничтожения (1973). Кроме того, украинское государство ратифицировало: 29.10.1996 Рамочную конвенцию ООН об изменении климата (1992) и 04.02.2004 — Киотский протокол (1997) к этой конвенции, регулирующий выполнение количественных обязательств по ограничению и сокращению выбросов парниковых газов; 06.07.1999 — Орхусскую конвенцию о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (1998); 07.09.2005 — Европейскую конвенцию о ландшафтах (2000). Парижское соглашение (2015), регулирующее меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 г., подготовленное взамен Киотского протокола, ратифицировано Украиной 14.07.2016.

Отдельно следует отметить Конвенцию о биологическом разнообразии (1992), ратифицированную Украиной 29.11.1994, и Картахенский протокол о биобезопасности к этой Конвенции (2000),



к которому она присоединилась 12.09.2002. Эти международно-правовые акты составляют ядро правового регулирования биологической (как составной части экологической) безопасности на международном уровне.

Решение проблемы сохранения биоразнообразия служит основой правовой охраны растительного и животного мира и его объектов. Вместе с тем ряд специалистов считают, что сохранение биоразнообразия является более широкой задачей, чем сохранение животного мира, так как связано с обеспечением всего живого на Земле, в том числе с выживанием человека как вида, популяции, мыслящей части биосферы [7, с. 556].

В Конвенции о биологическом разнообразии (1992) отдельно выделены вопросы, имеющие отношение к генной инженерии. Таким образом, этот международно-правовой документ регулирует обеспечение и генетической безопасности (как части биологической безопасности). Присоединение к Картахенскому протоколу о биологической безопасности поставило перед Украиной как стороной данного международно-правового документа целый ряд заданий, связанных с необходимостью реализации мероприятий административного, правового и организационного характера.

Национальное регулирование экологических отношений

Проанализировать исполнение Украиной международно-правовых обязательств можно, обратившись к национальному законодательству и подзаконным нормативно-правовым актам. Конституция — Основной Закон Украинского государства (1996) определяет, что "человек, его жизнь и здоровье, честь и достоинство, неприкосновенность и безопасность признаются на Украине наивысшей социальной ценностью" (ст. 3). Также Конституция гарантирует каждому право на безопасную для жизни и здоровья окружающую среду и на возмещение причиненного нарушением этого права вреда, право свободного доступа к информации о состоянии окружающей среды, о качестве пищевых продуктов и предметов быта, а также право на ее распространение, устанавливает, что такая информация не может быть засекречена (ст. 50).

На обеспечение экологической безопасности направлен ряд так называемых общих нормативно-правовых актов, которые, регулируя тот или иной круг вопросов, в определенной степени

затрагивают проблемы охраны окружающей среды, жизни и здоровья человека. Так, важную роль в правовом регулировании генно-инженерной деятельности сыграли нормы, содержащиеся в Законе Украины (ЗУ) "О защите прав потребителей" (1991). Надлежащее применение этих норм способствовало достижению необходимого уровня безопасности. Например, ст. 15 Закона Украины (1991) закрепляет право потребителей на "получение необходимой, доступной, достоверной и своевременной информации о продукции, которая обеспечивает возможность ее сознательного и компетентного выбора". В соответствии с изменениями от 22.07.2014 к такой информации относится информация "о наличии в составе продукции генетически модифицированных организмов" (п. 5).

Значительное количество положений, содержащихся в ЗУ "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения" (1994) и других подзаконных актах, принятых для его выполнения, могут и должны быть использованы при регулировании отношений с целью обеспечения экологической безопасности.

Отдельного внимания заслуживает ЗУ "Об объектах повышенной опасности" (2001), который определяет правовые, экономические, социальные и организационные основы деятельности, связанной с объектами повышенной опасности, и направлен на защиту жизни, здоровья людей и окружающей среды от вредного влияния аварий на этих объектах путем предотвращения их появления, ограничения (локализации) развития и ликвидации последствий. Понятие объекта повышенной опасности определяется здесь с использованием понятия опасных веществ, к которым, среди прочего, отнесены также биологические агенты и вещества биологического происхождения, в том числе биотехнологические препараты. Для потенциально опасных объектов обязательным является наличие так называемой декларации безопасности, т. е. документа, определяющего перечень мероприятий, которые должны быть приняты субъектами хозяйственной деятельности в целях предупреждения аварий на объектах повышенной опасности (ст. 1, 10).

Актуальными в аспекте исследуемой проблемы являются положения ЗУ "О лицензировании видов хозяйственной деятельности" (2015). Так, среди видов хозяйственной деятельности, подлежащих лицензированию (ст. 7), в законе указаны следующие: производство особо опасных химических веществ, перечень которых утверждается

Кабинетом министров Украины, обращение с опасными отходами (п. 14), медицинская (п. 15) и ветеринарная (п. 17) практика, промышленный вылов водных биоресурсов за границами юрисдикции Украины (п. 21).

К стратегическим приоритетным направлениям инновационной деятельности на 2011—2021 гг. в соответствии с ЗУ "О приоритетных направлениях инновационной деятельности на Украине" (2011) отнесены (ст. 4): внедрение ресурсосберегающих технологий; технологическое обновление и развитие агропромышленного комплекса; внедрение новых технологий и оборудования для качественного медицинского обслуживания, лечения, фармацевтики; широкое применение технологий более чистого производства и охраны окружающей природной среды.

Поскольку экологическая безопасность является составной частью национальной и международной безопасности, ее обеспечение касается ЗУ "О национальной безопасности Украины" (2018), где к числу национальных интересов Украины отнесены "жизненно важные интересы человека, общества и государства, реализация которых обеспечивает государственный суверенитет Украины, ее прогрессивное демократическое развитие, а также безопасные условия жизнедеятельности, благосостояние ее граждан" (ст. 1, ч. 10).

Государственная политика в сфере национальной безопасности и обороны направлена на защиту человека и гражданина, общества, государства, территории и окружающей природной среды (ст. 3, ч. 1). К основным принципам, определяющим порядок формирования государственной политики в сферах национальной безопасности и обороны, отнесены: соблюдение норм международного права, участие в интересах Украины в международных усилиях по поддержанию мира и безопасности, межгосударственных системах и механизмах международной коллективной безопасности (ст. 3, ч. 2, п. 2).

Фундаментальными национальными интересами Украины среди прочих названы устойчивое развитие национальной экономики, гражданского общества и государства (ст. 3, ч. 3). Государственная политика в сферах национальной безопасности и обороны в соответствии с рассматриваемым ЗУ (2018) направлена на обеспечение военной, внешнеполитической, государственной, экономической, информационной, экологической безопасности и кибербезопасности (ст. 3, ч. 4).

Среди специальных законов, непосредственно направленных на обеспечение экологической

безопасности, в первую очередь, следует назвать ЗУ "Об охране окружающей природной среды" (1991). В этом законе определены основные принципы охраны окружающей среды, среди которых такие как приоритетность требований экологической безопасности; гарантированность экологически безопасной среды для жизни и здоровья людей; экологизация материального производства; гласность принятия решений, реализация которых может влиять на состояние окружающей природной среды и т. д. (ст. 3). Закон устанавливает экологические права и обязанности граждан, полномочия органов государственной власти и органов местного самоуправления в сфере охраны окружающей среды, содержит положения касательно наблюдения, прогнозирования, учета и информирования, экологической экспертизы, стандартизации и нормирования, контроля и надзора в сфере охраны окружающей природной среды, регулирует использование природных ресурсов, устанавливает экономический механизм обеспечения охраны окружающей природной среды, содержит легальное определение экологической безопасности и комплекс мер по ее обеспечению, перечисляет природные территории и объекты, подлежащие особой охране, определяет зону чрезвычайной экологической ситуации, устанавливает порядок разрешения споров и ответственность за экологические правонарушения, а также содержит общие положения касательно международных отношений Украины в сфере охраны окружающей природной среды.

Правовой режим соответствующих территорий регламентируют Закон УССР "О статусе и социальной защите граждан, которые пострадали вследствие Чернобыльской катастрофы" (1991), ЗУ "О природно-заповедном фонде Украины" (1992), ЗУ "Об исключительной (морской) экономической зоне Украины" (1995), а также ЗУ "О зоне чрезвычайной экологической ситуации" (2000).

К специальным законам в сфере экологической безопасности следует также отнести ЗУ "Об охране атмосферного воздуха" (1992), ЗУ "О карантине растений" (1993), ЗУ "О Красной книге Украины" (2002), ЗУ "Об оценке воздействия на окружающую среду" (2017), ЗУ "О стратегической экологической оценке" (2018) и др.

Вопросы ресурсопользования Украины регулируются такими кодексами: "О недрах" (1994), "Лесной" (1994), "Водный" (1995), "Земельный" (2001), а также законами: "О растительном мире" (1999), "О животном мире" (2001) и др.



Отдельного внимания заслуживает ЗУ "О государственной системе биобезопасности при создании, испытании, транспортировании и использовании генетически модифицированных организмов" (2007), так как он занимает центральное место в обеспечении биологической (в том числе генетической) безопасности. Вступил также в силу ЗУ "О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно урегулирования проведения некоторых фитосанитарных процедур" (2019), внедрение которого направлено на гармонизацию украинского законодательства в сфере карантина растений с требованиями законодательства Европейского Союза (ЕС).

Среди подзаконных нормативно-правовых актов следует отметить те, которые утверждают положения об определенных органах государственной власти, полномочия которых направлены в той или иной степени на обеспечение экологической безопасности. После известных событий 2014 г. на Украине многие нормативные документы утратили силу, а с принятием новых было реорганизовано большое количество государственных структур (некоторых — неоднократно). К таким нормативно-правовым актам последних лет можно отнести Постановление Кабинета Министров Украины (КМУ) "Об утверждении Положения о Государственном агентстве Украины по управлению зоной отчуждения" (2014), Постановление КМУ "Об утверждении Положения о Государственном агентстве водных ресурсов Украины" (2014), Постановление КМУ "О Государственной службе Украины по вопросам геодезии, картографии и кадастра" (2015), Постановление КМУ "Об утверждении Положения о Государственной службе по вопросам безопасности пищевых продуктов и защите потребителей" (2015), Постановление КМУ "Об утверждении Положения о Государственной службе геологии и недр Украины" (2015), Постановление КМУ "Об утверждении Положения о Министерстве защиты окружающей среды и природных ресурсов Украины" (2020) и др.

Среди подзаконных нормативно-правовых актов можно выделить также те, которые направлены на выполнение положений законов, в частности, на обеспечение государственной регистрации тех или иных объектов. Например, Постановление КМУ "Об утверждении Порядка государственной регистрации косметических и лекарственных средств, которые содержат генетически модифицированные организмы или

получены с их использованием" (2009) и Постановление КМУ "Об утверждении Порядка этикетирования пищевых продуктов, которые содержат генетически модифицированные организмы или изготовлены с их использованием и вводимых в оборот" (2009).

Экологизация общественного сознания и устойчивое развитие

Концепцией экологического образования Украины (2001), утвержденной Коллегией Министерства образования и науки Украины, декларируется, что сбалансированное, экологически безопасное (гармоническое) развитие должно быть методологической основой экологического образования в соответствии с международными требованиями.

В целях повышения экологической культуры населения был также разработан законопроект "Об экологическом образовании" (2002), который так и не был принят. Согласно данному документу экологическое образование, кроме прочего, должно было быть направлено на получение специальных знаний и практических навыков в деле охраны окружающей природной среды, рационального природопользования и экологической безопасности.

Большинство населения не осознает масштабов возможной экологической опасности, что может быть связано с недостаточным уровнем экологического образования и просвещения. Впрочем, это характерно не только для Украины. Распространено мнение [8, с. 112—121], что дефицит экологических знаний является причиной большей части нарушений природоохранного законодательства и бездействия государственной и региональной власти.

Переход Украины на устойчивое развитие требует изменения ранее господствовавших стереотипов общественного сознания, а также отношения государственных органов, граждан и юридических лиц к проблемам окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

В 2015 г. под эгидой ООН состоялась очередная конференция, на которой было сформировано семнадцать целей устойчивого развития, которые предполагалось достичь к 2030 г. В итоговом документе "Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года" освещены указанные цели, среди которых, например, повсеместная ликвидация бедности во всех ее формах, ликвидация

голода, обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания, содействие устойчивому развитию сельского хозяйства, содействие неуклонному, всеобъемлющему и устойчивому экономическому росту, достижение полной и продуктивной занятости, принятие срочных мер по борьбе с изменениями климата и их последствиями. Необходимо отметить, что при принятии указанного документа не могли быть учтены обстоятельства, возникшие в связи с пандемией коронавируса в 2019 году. Данное замечание относится и к соответствующим действиям, предпринятым отдельными государствами.

Так, Украина присоединилась к вышеупомянутой инициативе ООН. Согласно Указу Президента "О целях устойчивого развития Украины на период до 2030 года" (2019) КМУ должен обеспечить с привлечением ученых, экспертов и представителей общественных объединений анализ прогнозов и программных документов с учетом целей устойчивого развития Украины на период до 2030 года и по результатам такого анализа в случае необходимости принять меры по их усовершенствованию, а также ввести действующую систему мониторинга их реализации. В свою очередь, Министерство защиты окружающей среды и природных ресурсов Украины приступило к подготовке рамочной стратегии адаптации к изменению климата Украины до 2030 года. Документ, работа над которым проводится при поддержке ЕС, должен был быть завершен в 2021 г.

Анализ обстановки в экологической сфере

Несмотря на наличие ратифицированных международно-правовых документов, обширную национальную нормативно-правовую базу и попытки разработать собственные цели и стратегию устойчивого развития, обеспечение экологической безопасности на Украине в настоящее время нельзя признать удовлетворительным.

Данные о состоянии окружающей среды и здоровье населения содержатся в открытых источниках Министерства защиты окружающей среды (Раздел "Открытые данные") [9], Государственной службы статистики (Раздел "Окружающая природная среда") [10] и Министерства здравоохранения Украины (Центр медицинской статистики, Раздел "Статистические данные МЗ") [11]. Оценить на их основе уровень негативного воздействия факторов экологической опасности на окружающую среду и человека оказалось достаточно сложно.

При анализе имеющихся данных помимо традиционных проблем, связанных с добычей полезных ископаемых и выбросами химических и металлургических предприятий, обращают на себя внимание трудности, возникающие в связи с закрытием шахт, в том числе из-за накопления шахтных вод, нарастающая потребность утилизации пестицидов и агрохимикатов, истечение срока службы реакторов на АЭС.

Почти во всех областях деятельности государства остро стоит вопрос о неэффективности, аварийности или отсутствии канализационных очистных сооружений, повсеместно существует необходимость переработки и утилизации промышленных и бытовых отходов. В отдельных регионах происходит неконтролируемая вырубка лесов и стихийная добыча полезных ископаемых. Местные органы власти в большинстве случаев не имеют средств для эффективного влияния на ситуацию.

Необходимо отметить, что полноценные исследования экологической ситуации на Украине не проводятся, в связи с чем комплексная экологическая оценка территорий затруднена. Публикуемые государственными органами официальные данные условны, поскольку нет постоянного экологического мониторинга состояния окружающей среды. В стране отсутствуют данные, позволяющие оперативно оценить объемы стоков, выбросов в атмосферу, накопления и утилизации отходов. Регулярные исследования качества питьевой воды и загрязнения почв не проводятся. Нет точных данных о заболеваемости и продолжительности жизни населения.

Кроме того, официальная статистика часто противоречива и не отражает актуальную ситуацию. Частое реформирование министерств и ведомств, влекущее передачу полномочий от одного органа к другому, осложняет учет сведений о текущей обстановке. Имеет также место низкая информированность общественности о проблемах, связанных с экологической безопасностью.

В сложившихся условиях реализация норм права, обеспечивающих экологическую безопасность, становится все более сложной задачей. Накопленные годами системные эколого-экономические противоречия, несогласованная деятельность государственных органов, ограниченные возможности местных органов власти и незаинтересованность должностных лиц затрудняют эффективное правоприменение в экологической сфере.

Заключение

Украина присоединилась ко многим международно-правовым актам в сфере обеспечения экологической безопасности. В развитие их положений был принят ряд законов и подзаконных нормативно-правовых актов. Разработана и действует обширная нормативно-правовая база, направленная на обеспечение экологической безопасности, в общих чертах отвечающая международно-правовым требованиям, но остается ряд неурегулированных вопросов, составляющих проблемы, в том числе в сфере правореализации.

Усовершенствование законодательных и разработка соответствующих подзаконных нормативно-правовых актов должны осуществляться с учетом приоритетов сохранения здоровья человека и охраны окружающей природной среды.

Главными недостатками нормативно-правовых актов в сфере обеспечения экологической, в частности генетической, безопасности Украины являются пробелы в праве, а также "рассеивание" полномочий среди большого числа государственных органов, а также их частое реформирование. Существует необходимость привлечения внимания государственной власти к закреплению надлежащего статуса за регулятивными органами.

Приоритетом должно стать формирование такого правового поля, которое создает условия для сохранения и рационального использования биологического разнообразия, учитывая также риски для здоровья людей. Залогом для его создания является создание последовательного и сбалансированного во всех частях законодательства. При этом необходимо руководствоваться не конъюнктурными экономическими, политическими или другими интересами, а необходимостью сохранения безопасного состояния окружающей природной среды во всем ее разнообразии.

Еще следует отметить, что принятые законы не имеют четких механизмов их реализации, т. е. не создаются реальные возможности применения правовых норм, которые были в них закреплены. Как отмечено в работе [12, с. 681], хотя "принятие законов и других нормативно-правовых актов является достаточно важным, решающее значение имеет все-таки реализация в нашей жизни, на практике, общеобязательных требований, в них содержащихся". Эффективность

соответствующего законодательства во многом связана с наличием и работой механизмов его применения.

Необходима также более полная и достоверная информированность общественности относительно проблем экологической безопасности. Существует также потребность повышения экологической культуры граждан, предоставления реальной информации о потенциально опасных факторах для объектов, подлежащих охране в рамках экологической безопасности. Важна информация и об экологических правах и обязанностях, состоянии окружающей природной среды и приоритетных направлениях ее охраняемости. Все вышеизложенное, естественно, во многом относится и к другим странам.

Список литературы

1. **Сытников Д. М.** Правовое понятие безопасности при внедрении новейших биотехнологий // Шестые юридические диспуты по актуальным проблемам частного права, посвященные памяти Е. В. Васильковского: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Одесса, 20—21 мая 2016 г.). Одесса: Астропринт, 2016. С. 491—498.
2. **Барбашова Н. В.** Экологическая безопасность: актуальность правового регулирования // Изв. Юго-Зап. гос. ун-та. 2015. № 5 (62). С. 117—126.
3. **Система** официальной документации ООН. URL: <https://documents.un.org/prod/ods.nsf/home.xsp> (дата обращения 18.10.2021).
4. **Законодательство** Украины / Верховная Рада Украины. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/ru/> (дата обращения 18.10.2021).
5. **Все документы** / Президент Украины. URL: <https://www.president.gov.ua/ru/documents/all> (дата обращения 18.10.2021).
6. **Решения** Уряду / Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npasearch> (дата обращения 18.10.2021).
7. **Боголюбов С. А.** Актуальные проблемы экологического права: учебник для магистров. М.: Юрайт, 2011. 607 с.
8. **Башлакова О. И.** Проблемы экологической безопасности России // Вестн. МГИМО—Университета. 2015. № 3 (42). С. 112—121.
9. **Відкриті дані** / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/content/vidkriti-dani.html> (дата обращения 18.10.2021).
10. **Навколишнє** природне середовище / Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата обращения 18.10.2021).
11. **Статистичні дані** системи МОЗ / Центр медичної статистики МОЗ України. URL: <http://medstat.gov.ua/ukr/statdanMMXIX.html> (дата обращения 18.10.2021).
12. **Марченко М. Н.** Проблемы теории государства и права: учебник. М.: Проспект, 2001. 760 с.

D. M. Sytnikov, Associate Professor, e-mail: sytnikov@list.ru,
G. V. Kucherik, Head of Department, Sevastopol State University

Legal Provision of the Environmental Safety of the State

The paper considers the international legal and national ensuring of the state's environmental safety on the example of Ukraine. The study of legal regulation was carried out on the basis of an analysis of International, Soviet and Ukrainian legislation of the environmental safety from 1972 to 2021. The analysis of statistical data and provisions of the regulatory framework was carried out by formal logical and systemic methods, as well as by the comparative legal method, respectively.

It is shown that public relations in this area can be regulated by a sufficient number of normative acts of different legal force, while the problem of ensuring environmental safety is mainly in the implementation of the law. Special attention is paid to the prospects for the transition to sustainable development and the analysis of the current situation in the ecological sphere. In general, the authors do not recognize the provision of environmental safety in Ukraine as satisfactory, including due to the lack of reliable data on a number of indicators. The need for further ecologize of public consciousness is noted.

Keywords: environmental safety, regulatory support, environmental and legal regulation, state

References

1. **Sytnikov D. M.** Pravovoye ponyatiye bezopasnosti pri vnedrenii noveyshykh biotekhnologiy. Shestye yuridicheskiye disputy po aktualnym problemam chastnogo prava, posvyaschennye pamyati E. V. Vaskovskogo: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. conf. (Odessa, 20—21 maya 2016 g.). Odessa: Astroprint, 2016. P. 491—498.
2. **Barbashova N. V.** Ekologicheskaya bezopasnost: aktualnost pravovogo regulirovaniya. *Izv. Yugo-Zap. gos. un-ta*. 2015. No 5 (62). P. 117—126.
3. **Sistema** oficialnoy documentatsii OON. URL: <https://documents.un.org/prod/ods.nsf/home.xsp> (date of access 05.10.2021).
4. **Zakonodatelstvo** Ukrainy. Verkhovnaya Rada Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/ru/> (date of access 05.10.2021).
5. **Vse dokumenty**. Prezident Ukrainy. URL: <https://www.president.gov.ua/ru/documents/all> (date of access 05.10.2021).
6. **Rishennya** Uryadu. Uryadovyy portal. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npasearch> (date of access 05.10.2021).
7. **Bogolubov S. A.** Aktualnye problemy ekologicheskogo prava: uchebnik dlya magistrrov. Moscow: Yurayt, 2011. 607 p.
8. **Bashlakova O. I.** The Problem of Environmental Security of Russia. *MGIMO Review of International Relations*. 2015. No 3(42). P. 112—121.
9. **Vidkryti dani**. Ministerstvo zakhystu dovkillya ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. URL: <https://mepr.gov.ua/content/vidkryti--dani.html> (date of access 05.10.2021).
10. **Navkolyshe** pryrodne seredovysche. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (date of access 05.10.2021).
11. **Statystychni dani** systemy MOZ. Tsentr medychnoi statystyky MOZ. URL: <http://medstat.gov.ua/ukr/statdanM-MXIX.html> (date of access 05.10.2021).
12. **Marchenko M. N.** Problemy teorii gosudarstva i prava: uchebnik. Moscow: Prospekt, 2001. 760 p.

Б. С. Ксенофонов, д-р техн. наук, проф., e-mail: kbsflot@mail.ru, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Использование экоккомбайнов для очистки сточных вод

В работе рассмотрены вопросы использования экоккомбайнов, в том числе флотокомбайнов, для очистки сточных вод и сгущения образующихся осадков. Приведены примеры использования экоккомбайнов и флотокомбайнов. Показано, что эффективность очистки сточных вод и сгущения осадков заметно выше при использовании экоккомбайнов и флотокомбайнов. Повышению технологических показателей способствует использование принципов биоподобия и применения многостадийной модели флотации.

Ключевые слова: очистка сточных вод, сгущение осадков, экоккомбайны, флотокомбайны, шнековые сгустители

Эффективность очистки сточных вод в значительной степени зависит от технологических характеристик используемого оборудования [1]. Более эффективно экологические процессы можно осуществлять в экоккомбайнах, представляющих комбинированные установки, реализованные в едином корпусе [1–17]. Классификация экоккомбайнов показана на рис. 1. Использование экоккомбайнов осуществляется в зависимости от решаемой задачи. При этом очистка воды, воздуха или переработка отходов в них происходит с использованием нескольких последовательно осуществляемых способов очистки.

Рассмотрим разные варианты экоккомбайнов. Разработанный автором экоккомбайн (рис. 2) состоит из корпуса 1, на внешней стороне которого установлен патрубок 2 для подачи загрязненного воздуха (стрелка в виде штрихпунктирной линии), на выходе из которого установлен рассекаль 3. На верхней части корпуса расположены патрубки отвода очищенного воздуха 4 и подачи орошающей жидкости (воды) 5, фильтр 6 доочистки воздуха с рассекателем 7. Выход грязной (отработанной) жидкости (воды) осуществляется

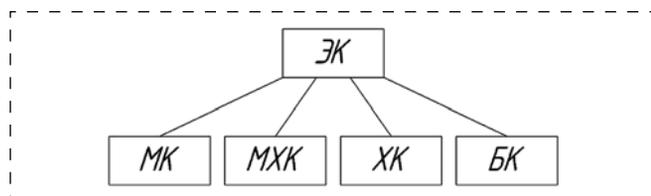


Рис. 1. Классификация экоккомбайнов (ЭК): МК — мехкомбайн; МХК — меххимкомбайн; ХК — химкомбайн; БК — биоккомбайн

через патрубок 8. Отработанная вода поступает на доочистку в камеру флотации 9 с отделением уловленных загрязнений в пенном желобе 10 с последующей подачей их через патрубок 19 в шнековый сгуститель 16 со шнеком 17, имеющий выходы сгущенного продукта в резервуар 18, а осветленной жидкости в резервуар 15. Очищенная вода из камеры флотации 9 выводится через устройство регулирования уровня 11 и далее через фильтр 12, а затем через патрубок 13 в резервуар 20, из которого с помощью насоса 21 подается в патрубок 4.

Принцип работы такого экоккомбайна заключается в следующем. Загрязненный воздух

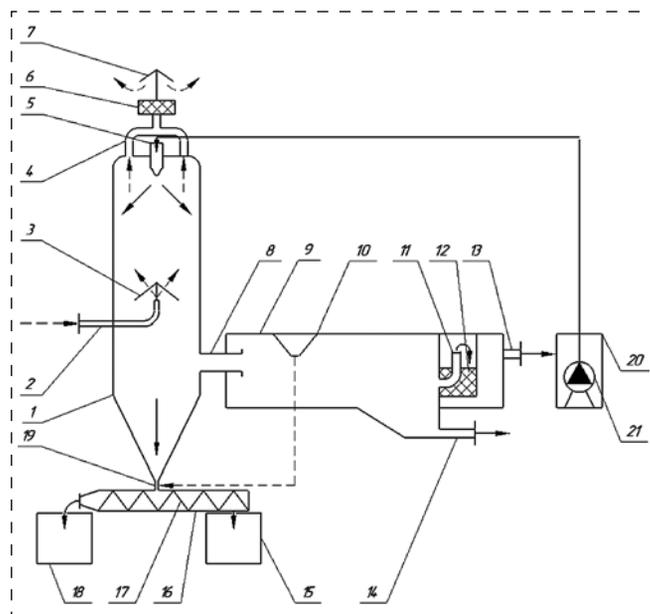


Рис. 2. Схема экоккомбайна

поступает через патрубок 2. Далее за счет контакта загрязненного воздуха с распыленной до мельчайших капель водой происходит очистка воздуха и затем его последующая доочистка в фильтре 6. Очищенный до нормативных показателей воздух выводится в атмосферу через рассекатель 7. Загрязненная в процессе контакта с воздухом вода предварительно очищается в камере флотации 9, а затем доочищается с помощью фильтра 12 и далее выводится через патрубок 13, а осадок выгружается через патрубок 14. При этом сгущение образующегося осадка происходит с использованием шнекового сгустителя 16, из которого выводится сгущенный продукт с остаточной влажностью примерно 80 % и собирается в резервуаре 18, а осветленная жидкость поступает в резервуар 15. Таким образом, с помощью экономайера решается комплексная задача очистки воздуха, воды и обработка осадка, причем с высокими технико-экономическими показателями.

Другой вариант экономайера — колонный экономайер представлен на рис. 3.

Колонный экономайер отличается компактностью и низким значением удельной площади, занимаемой таким аппаратом.

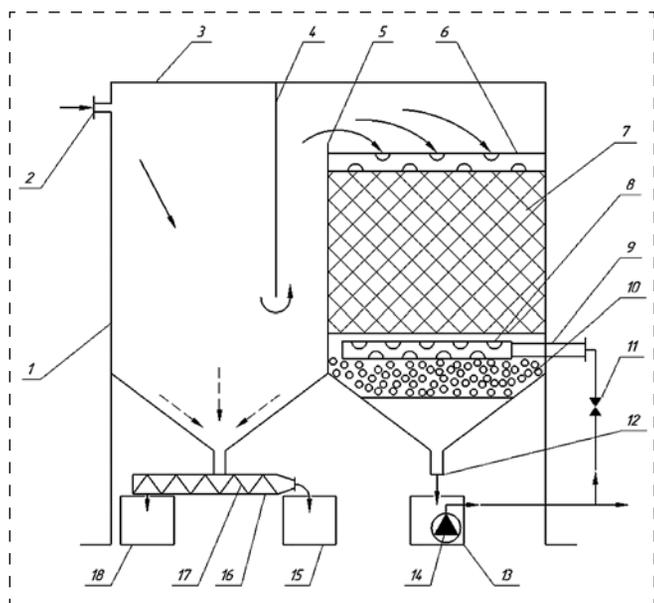


Рис. 3. Схема колонного экономайера:

1 — корпус экономайера; 2 — патрубок подачи грязной воды; 3 — крышка; 4 — полупогружная перегородка; 5 — биофильтр (фильтр); 6 — распределительная система; 7 — загрузка биофильтра; 8 — дренажная система; 9 — патрубок подачи промывной воды; 10 — крупнозернистая загрузка; 11 — вентиль; 12 — патрубок вывода очищенной воды; 13 — резервуар очищенной воды; 14 — насос; 15 — сборник концентрата; 16 — шнековый сгуститель; 17 — шнек; 18 — сборник осветленной жидкости

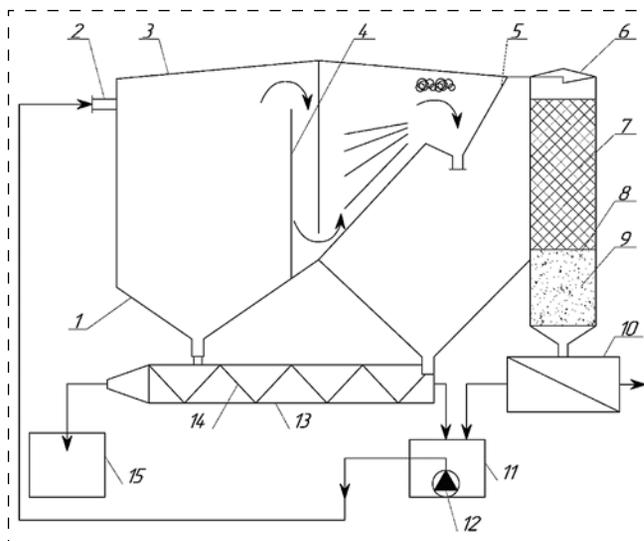


Рис. 4. Схема экономайера с блоком сбора сгущенного осадка

Интенсификация очистки сточных вод и сгущения осадка достигается при использовании экономайера с эффективным узлом сгущения образующегося осадка (рис. 4).

Такой комбайн состоит из корпуса 1, на внешней стороне которого расположены патрубок подачи грязной воды 2, крышка 3, фильтр 6 с зернистой загрузкой 7, поддерживаемой решеткой 8 и поддерживающим слоем 9 и далее мембранным блоком 10 и узлом сгущения осадка, состоящим из шнекового сгустителя 13 со шнеком 14 с блоками сбора сгущенного осадка 15 и осветленной жидкости 11 с расположенным внутри него насосом 12. Внутри корпуса 1 расположены перегородка 4 и сборник пенного продукта 5.

Принцип работы экономайера с блоком сгущения осадка заключается в следующем. Грязную воду внутрь корпуса 1 экономайера подают через патрубок 2. Далее вода очищается путем пропускания последовательно через зону отстаивания и далее через перегородку 4 в зону флотации и затем через фильтр 6 с зернистой загрузкой 7, поддерживаемой решеткой 8, погруженной в поддерживающий слой 9. После фильтра 6 вода доочищается в мембранном блоке 10, после которого поступает к потребителю.

Основные технико-экономические показатели экономайера с блоком сбора сгущенного осадка заметно лучше, чем аналогичные показатели извещенных установок.

Модификацией описанного выше экономайера является аппарат с меньшим количеством блоков и функций (рис. 5).

Модифицированный экономайер состоит из корпуса 1 с расположенным на его внешней

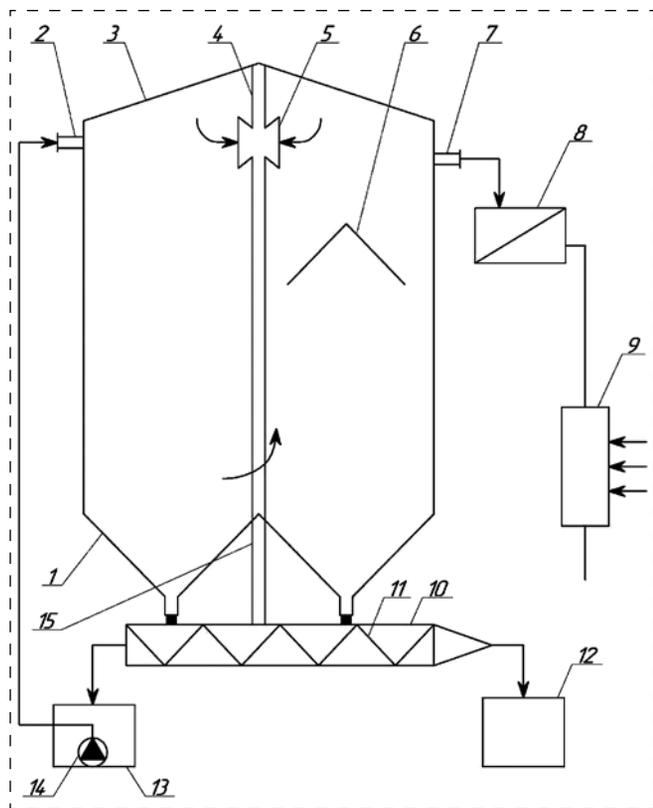


Рис. 5. Схема колонного экоккомбайна с блоком сбора сгущенного осадка

стороне патрубка 2 для подачи грязной воды, крышки 3, канала для подачи воды 4, эжектора 5, отбойной плотины 6, выпускного канала 15, патрубка отвода очищенной воды 7, из которого вода поступает в мембранный блок 8 и далее в блок обеззараживания 9, а блок сгущения осадка состоит из шнекового сгустителя 10 со шнеком 11. Из блока 10 отходят блоки сбора сгущенного осадка 12 и осветленной жидкости 13, где расположен насос 14.

Принцип работы колонного экоккомбайна с блоком сгущения осадка заключается в следующем. Грязную воду внутрь корпуса 1 подают через патрубок 2. Далее вода очищается путем пропускания последовательно через нижнюю зону отстаивания и далее в верхнюю зону флотации и затем через мембранный блок 8 и обеззараживающее ультрафиолетовое устройство 9. Очищенная вода после этого поступает к потребителю.

Основные технико-экономические показатели, в частности эффективность очистки воды и степень сгущения осадка рассмотренного экоккомбайна выше, чем аналогичные показатели известных установок.

Разработка новой флотационной техники для очистки воды проводится в течение нескольких

последних десятилетий на основе применения многостадийной модели флотации и принципов биоподобия [1–13].

Сущность этого подхода заключается в том, что очистка воды с использованием флотации как основы новой предлагаемой технологии, рассматривается на основе многостадийной и обобщенной моделей процесса флотации [1–11], а конструирование водоочистной установки для реализации указанной технологии предлагается на основе биоподобия, в том числе в одном корпусе на единой платформе. Использование многостадийной и обобщенной моделей процесса указывает на целесообразность применения во флотационном аппарате ряда элементов, в частности разделяющих перегородок, регулирующих скорости водного потока внутри аппарата, фильтрующих сеток, блоков с расходящимися или сходящимися пластинами и т. п. На рис. 6 показана принципиальная схема наиболее простого флотокомбайна в виде флотоотстойника простейшей конструкции, а на рис. 7 — схема флотокомбайна с расположенными внутри функциональными элементами. Самым существенным достижением в технологическом отношении является сгущение осадка, а также достижение более высокой эффективности очистки воды.

Простейший вариант флотокомбайна в виде флотоотстойника представлен на рис. 8. Основные стадии процессов, происходящих в рабочем пространстве такого флотоотстойника, связаны

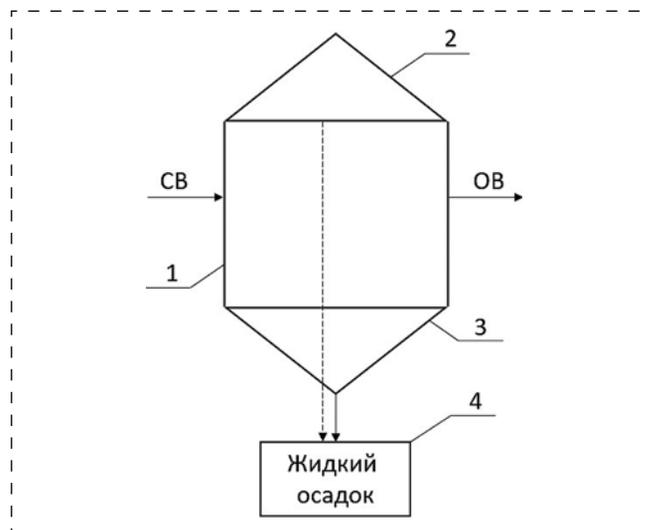


Рис. 6. Принципиальная схема флотокомбайна (в виде флотоотстойника):

1 — корпус флотокомбайна; 2 — зона сбора пены; 3 — зона образования и сбора осадка; 4 — сборник осадка; \dashrightarrow — направление выхода пенного осадка; СВ — сточная вода; ОВ — очищенная вода

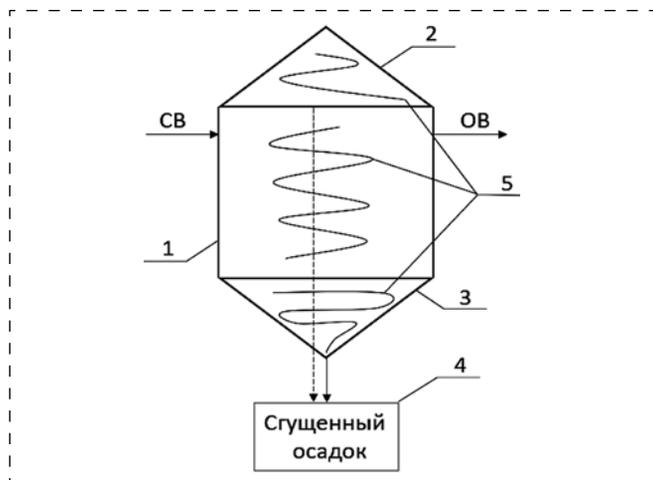


Рис. 7. Принципиальная схема флотокомбайна с расположенными внутри корпуса функциональными элементами: 1 — корпус флотокомбайна; 2 — пеноконцентратор; 3 — зона образования и сгущения осадка; 4 — сборник сгущенного осадка; 5 — функциональные элементы, способствующие интенсификации процессов очистки воды; СВ — сточная вода; ОВ — очищенная вода

с использованием отстаивания, флотации и фильтрации.

Для сравнения различных вариантов флотокомбайнов рассмотрим схему разработанного автором флотокомбайна, показанного на рис. 9.

Использование многостадийной и обобщенной моделей процесса указывает на целесообразность

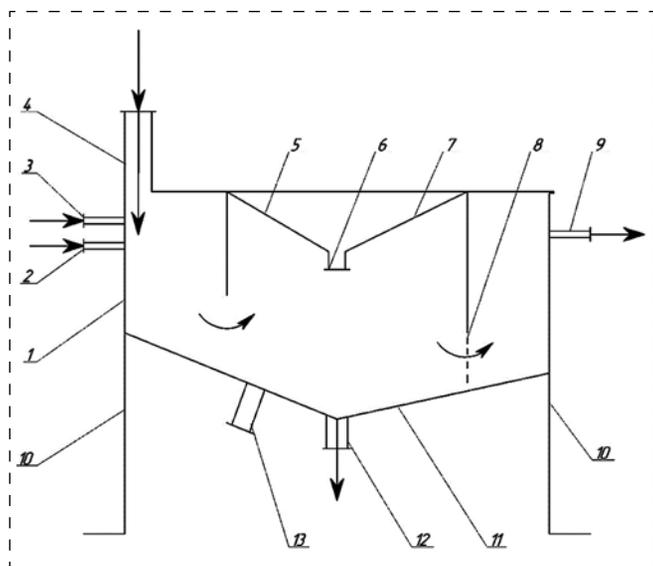


Рис. 8. Схема простейшего флотокомбайна (флотоотстойника): 1 — корпус флотокомбайна; 2 — патрубок для подачи первой рабочей жидкости; 3 — патрубок подачи сточной воды; 4 — патрубок подачи раствора реагента; 5 и 7 — полки пенного желоба; 6 — выходной патрубок для выгрузки пены; 8 — сетка; 9 — патрубок вывода осветленной воды; 10 — стойки; 11 — днище; 12 — патрубок отвода осадка; 13 — патрубок подачи второй рабочей жидкости

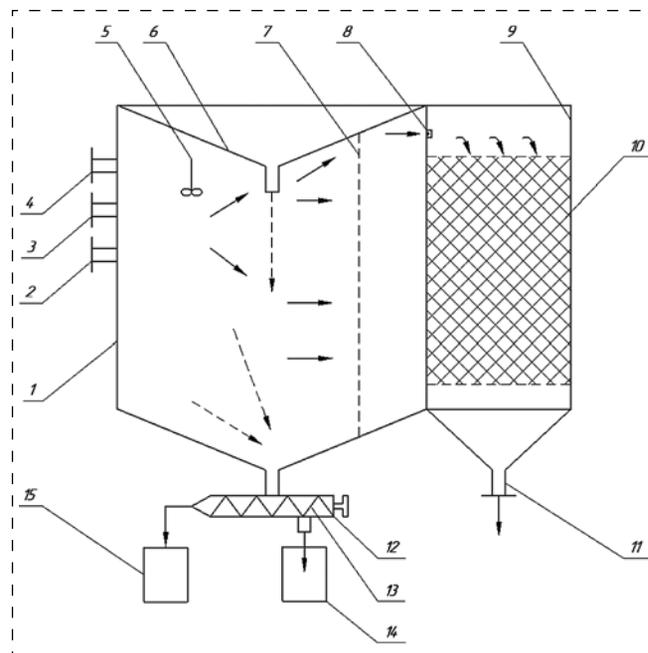


Рис. 9. Схема флотокомбайна

применения во флотокомбайне большего количества элементов, в частности разделяющих перегородок, регулирующих скорости водного потока внутри аппарата, фильтрующей сетки и других, а также блока сгущения осадка (рис. 9).

Флотокомбайн, представленный на рис. 9, состоит из корпуса 1, на внешней стороне которого расположены патрубки соответственно для подачи раствора 2, рабочей жидкости 3, исходной (грязной) воды 4, пенный желоб 6, сорбционный фильтр 9 с фильтрующей угольной загрузкой 10 и патрубком вывода чистой воды 11, шнековый сгуститель 12 со шнеком 13 внутри, соединенным со сборником осветленной жидкости 14 и со сборником сгущенного осадка 15, а внутри корпуса находится мешалка 5, сетчатая перегородка 7 и обеззараживающее устройство 8.

Работа флотокомбайна (см. рис. 9) состоит из подачи грязной воды через патрубок 4 внутрь корпуса 1, а также подачи рабочей жидкости и раствора реагента соответственно через патрубки 3 и 2. Поступающие внутрь корпуса 1 потоки перемешиваются с помощью мешалки 5, что приводит к образованию флотокомплексов частица загрязнений—газовый пузырек и их дальнейшему всплыванию в пенный слой, образуемому в пенном желобе 6, из которого пенный слой подается с осадком в шнековый сгуститель 12. Сгущенный продукт собирается в сборнике 15, а отделенная жидкость в сборнике 14. Очищаемая в корпусе 1 флотокомбайна вода после отделения

загрязнений преимущественно в виде флотокомплексов проходит последовательно через сетчатую перегородку 7, обеззараживающее устройство 8, например, в виде ультрафиолетовой лампы или контактной камеры озонирования и далее пропускается через угольную загрузку 10 фильтра 9 и выводится через патрубок 11. Такой флотокомбайн может автономно использоваться в качестве локальной очистной установки с площадью в 1,6—2,2 раза меньшей, чем в случае использования сооружений-аналогов.

Рассмотрим сравнительную эффективность очистки сточных вод при использовании разных способов обработки с помощью флотокомбайнов, представленных на рис. 8 и 9. На рис. 10 показано, что усредненные значения остаточной концентрации нефтепродуктов в очищенной воде после флотокомбайна заметно ниже, чем после очистки во флотоотстойнике. Аналогичные данные по остаточному влагосодержанию, которые свидетельствуют о более низкой влажности осадка после обработки сточных вод во флотокомбайне по

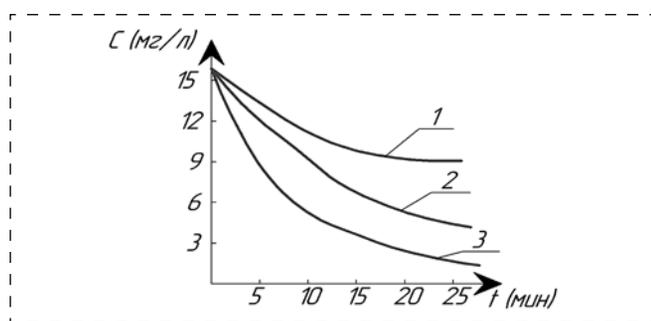


Рис. 10. Усредненные значения концентрации нефтепродуктов в осветленной воде:
1 — после отстаивания; 2 — после очистки во флотоотстойнике; 3 — после очистки во флотокомбайне

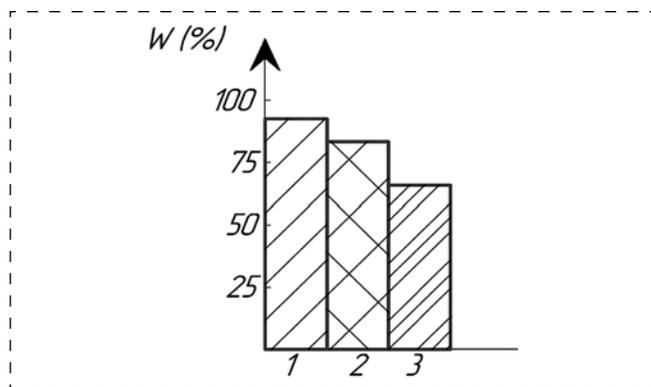


Рис. 11. Усредненные значения влагосодержания осадков, образующихся при различных видах обработки осадков сточных вод:
1 — после отстаивания; 2 — после обработки во флотоотстойнике; 3 — после обработки во флотокомбайне

сравнению с использованием флотоотстойника, приведены на рис. 11.

Таким образом, обработка сточной воды во флотокомбайне приводит к заметно лучшим результатам, чем при использовании флотоотстойника.

Важно также отметить использование кинетических моделей процессов очистки, в том числе флотации. Новый подход, основанный на многостадийности процесса, оказался успешным не только для интенсификации процессов на существующем, но и на вновь разработанном оборудовании [6—11]. При этом развитие процесса моделирования способствовало появлению нового типа оборудования — флотокомбайнов, которые оказались более эффективными при меньших материало- и энергозатратах, чем известные машины и аппараты.

Список литературы

1. **Ксенофонтов Б. С.** Использование многостадийной модели флотации и разработка флотокомбайнов типа КБС для очистки воды. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. 156 с.
2. **Ксенофонтов Б. С.** Флотация: многостадийная и обобщенная модели процесса и флотокомбайны типа КБС и специального назначения. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2020. 424 с.
3. **Ксенофонтов Б. С.** Очистка сточных вод: кинетика флотации и флотокомбайны. М.: ИД "Форум", ИНФРА-М, 2015. 256 с.
4. **Ксенофонтов Б. С., Капитонова С. Н., Сеник Е. В.** Использование многостадийной модели Ксенофонтова в процессах флотационной очистки сточных вод: монография. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2019. 162 с.
5. **Патент РФ** на полезную модель № 170182. Флотокомбайн для очистки сточных вод, пр. 25.07.2016, рег. 18.04.2017. Автор и заявитель Ксенофонтов Б. С.
6. **Ксенофонтов Б. С.** Очистка сточных вод во флотационных колоннах // Водочистка. 2018. № 1-2. С. 18—23.
7. **Ксенофонтов Б. С.** Математические модели сложных сочлененных процессов во флотокомбайнах для очистки сточных вод // Водочистка. 2018. № 10. С. 7—11.
8. **Ксенофонтов Б. С.** Очистка промышленных сточных вод от нефтепродуктов флотацией с доизвлечением микрофлотокомплексов // Водочистка. 2018. № 10. С. 12—18.
9. **Ксенофонтов Б. С.** Интенсификация очистки сточных вод с использованием комбинированной флотационной техники // Водочистка. 2018. № 4. С. 8—13.
10. **Ксенофонтов Б. С.** Модели сложных флотационных процессов очистки сточных вод // Водочистка. 2018. № 6. С. 59—69.
11. **Ксенофонтов Б. С.** Очистка сточных вод: многостадийная модель флотации и флотокомбайны // Водочистка. 2018. № 12. С. 5—21.
12. **Ксенофонтов Б. С.** Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010. 272 с.
13. **Ксенофонтов Б. С.** Моделирование процесса электрофлотационной очистки сточных вод // Экспресс-

информация. Сер. "Промышленность горнохимического сырья". НИИТЭХИМ. 1987. № 4. С. 1—8.

14. **Гвоздев В. Д., Ксенофонтов Б. С.** Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. М.: Химия, 1988. 112 с.
15. **Ксенофонтов Б. С., Виноградов М. С.** Использование обобщенной флотационной модели Ксенофонтова для расчета процессов очистки воды. Тверь: Твер. гос. ун-т. 2019. 185 с.

16. **Ksenofontov B. S.** Flotation multistage and generalized models of the process harvesters of Ksenofontov type and for special purpose. San Francisco, Academus Publ., 2021, pt. 1, 299 p. DOI: 10.31519/0022-8. URL: <https://academuspub.com/en/nauka/monography/2212/view> (date of access 26.09.2021).
17. **Ксенофонтов Б. С.** Очистка сточных вод флотацией с несколькими рабочими жидкостями. Тверь: Тверской госуниверситет, 2021. 144 с.

B. S. Ksenofontov, Professor, e-mail: kbsflot@mail.ru, Bauman Moscow State Technical University

Using Eco-Harvesters for Wastewater Treatment

The paper deals with the use of eco-harvesters, including flotation harvesters, for wastewater treatment and thickening of the resulting sediments. Examples of using eco-harvesters and flotation harvesters are given. It is shown that the efficiency of wastewater treatment and sludge thickening is noticeably higher when using eco-harvesters and flotation harvesters. The use of the principles of biosimilarity and the use of a multistage flotation model contributes to an increase in technological indicators.

Keywords: wastewater treatment, sludge thickening, eco-harvesters, flotation harvesters, screw thickeners

References

1. **Ksenofontov B. S.** Ispolzovaniye mnogostadiynoy modeli flotatsii i razrabotka flotokombaynov tipa KBS dlya ochistki vody. Moscow: Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana. 2019. 156 p.
2. **Ksenofontov B. S.** Flotatsiya: mnogostadiynaya i obobshchennaya modeli protsessa i flotokombayny tipa KBS i spetsialnogo naznacheniya. Tver: Tverskoy gosudarstvennyy universitet. 2020. 424 p.
3. **Ksenofontov B. S.** Ochistka stochnykh vod: kinetika flotatsii i flotokombayny. Moscow: ID "Forum", INFRA-M. 2015. 256 p.
4. **Ksenofontov B. S., Kapitonova S. N., Senik E. V.** Ispolzovaniye mnogostadiynoy modeli Ksenofontova v protsessakh flotatsionnoy ochistki stochnykh vod: monografiya. Tver: Tver. gos. un-t. 2019. 162 p.
5. **Patent** RF na poleznuyu model № 170182. Flotokombayn dlya ochistki stochnykh vod. pr. 25.07.2016. reg. 18.04.2017. Avtor i zavavitel Ksenofontov B. S.
6. **Ksenofontov B. S.** Ochistka stochnykh vod vo flotatsionnykh kolonnakh. *Vodoochistka*. 2018. No. 1-2. P. 18—23.
7. **Ksenofontov B. S.** Matematicheskiye modeli slozhnykh sochlenennykh protsessov vo flotokombaynakh dlya ochistki stochnykh vod. *Vodoochistka*. 2018. No. 10. P. 7—11.
8. **Ksenofontov B. S.** Ochistka promyshlennykh stochnykh vod ot nefteproduktov flotatsiyey s doizvlecheniyem mikroflotokompleksov. *Vodoochistka*. 2018. No. 10. P. 12—18.
9. **Ksenofontov B. S.** Intensifikatsiya ochistki stochnykh vod s ispolzovaniyem kombinirovannoy flotatsionnoy tekhniki. *Vodoochistka*. 2018. No. 4. P. 8—13.
10. **Ksenofontov B. S.** Modeli slozhnykh flotatsionnykh protsessov ochistki stochnykh vod. *Vodoochistka*. 2018. No. 6. P. 59—69.
11. **Ksenofontov B. S.** Ochistka stochnykh vod: mnogostadiynaya model flotatsii i flotokombayny. *Vodoochistka*. 2018. No. 12. P. 5—21.
12. **Ksenofontov B. S.** Flotatsionnaya obrabotka vody, otkhodov i pochvy. Moscow: Novyye tekhnologii, 2010. 272 p.
13. **Ksenofontov B. S.** Modelirovaniye protsessa elektroflotatsionnoy ochistki stochnykh vod. *Ekspress-informatsiya. Ser. "Promyshlennost gornokhimicheskogo syria"*. NIITEKHIM. 1987. No. 4. P. 1—8.
14. **Gvozdev V. D., Ksenofontov B. S.** Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod i utilizatsiya osadkov. Moscow: Khimiya. 1988. 112 p.
15. **Ksenofontov B. S., Vinogradov M. S.** Ispolzovaniye obobshchennoy flotatsionnoy modeli Ksenofontova dlya rascheta protsessov ochistki vody. Tver: Tverskoy gosudarstvennyy universitet. 2019. 185 p.
16. **Ksenofontov B. S.** Flotation multistage and generalized models of the process harvesters of Ksenofontov type and for special purpose. San Francisco. Academus Publ. 2021, pt. 1. 299 p. DOI: 10.31519/0022-8. URL: <https://academuspub.com/en/nauka/monography/2212/view> (date of access 26.09.2021).
17. **Ksenofontov B. S.** Ochistka stochnykh vod flotatsiyey s neskol'kimi rabochimi zhidkostyami. Tver: Tverskoy gosudarstvennyy universitet. 2021. 144 p.



УДК 504.5:577.18:632.95.024.4

С. М. Чеснокова, канд. хим. наук, доц., доц. кафедры,
О. В. Савельев, канд. биол. наук, доц. кафедры, e-mail: olegator86@bk.ru,
Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых

Оценка влияния условий термической обработки на фитотоксичность окситетрациклина в модельных экспериментах

Представлены результаты исследования влияния на фитотоксичность окситетрациклина различных условий предварительной термической обработки его растворов при индивидуальном и комбинированном с хлоридом натрия воздействиях. Установлено, что фитотоксичность окситетрациклина зависела от индивидуальных особенностей тест-культуры, условий его предварительной обработки и концентрации антибиотика, а совместное воздействие окситетрациклина и хлорида натрия вызывало значительное усиление фитотоксичности, что связано с образованием токсичных для растений продуктов взаимодействия антибиотика с хлоридом натрия.

Ключевые слова: окситетрациклин, хлорид натрия, термическая обработка, фитотестирование

Введение

Повсеместное, часто неконтролируемое и нерациональное использование антибиотиков в растениеводстве в качестве профилактики бактериальных и грибковых заболеваний плодовых и овощных культур, в ветеринарии и животноводстве в целях лечения и профилактики инфекционных заболеваний, повышения продуктивности крупного рогатого скота и птицы, в аквакультуре, а также в пищевой промышленности в целях увеличения сроков хранения продукции растительного и животного происхождения привело к глобальному загрязнению биоцидами питьевых и поверхностных вод, почв сельхозугодий и продукции растительного и животного происхождения [1–2].

Среди антибактериальных препаратов, используемых в животноводстве и птицеводстве, ведущее место в настоящее время занимают антибиотики тетрациклиновой группы (АТГ) в силу их высокой эффективности, малой токсичности и незначительной стоимости [3–4].

В результате многолетнего интенсивного использования АТГ при производстве продукции животноводства и употребления контаминированной ими пищи населением произошло загрязнение объектов окружающей среды низкими концентрациями указанных биоцидов и антибиотикорезистентными штаммами патогенных микроорганизмов [3, 5, 6].

Значительная часть мясной и овощной продукции перед непосредственным употреблением

подвергается термической обработке и подсолению. Установлено, что при этом в бульон переходит более 70 % содержащихся в мясе антибиотиков. Часть антибиотиков при термической обработке разрушается. Причем степень их разрушения зависит от продолжительности воздействия высокой температуры [4].

Вещества, образующиеся при термической обработке продуктов, контаминированных АТГ, впоследствии оказываются в почвах сельскохозяйственного использования, поэтому представляло интерес изучение влияния этих веществ на фитотоксичность культурных растений. Наиболее часто в почвах обнаруживается окситетрациклин [7–8].

Цель исследования: определение влияния условий термической обработки на фитотоксичность окситетрациклина в модельных экспериментах при индивидуальном воздействии антибиотика и комбинированном с хлоридом натрия.

Материалы и методы

Для исследований использовали аптечный препарат окситетрациклина гидрохлорида для инъекций, не содержащий наполнителей, и хлористый натрий (х.ч.). В целях исключения мешающего влияния посторонних веществ применяли растворы антибиотиков в дистиллированной воде и в 1,0 %-ном растворе NaCl в интервале концентраций $C = 0,001...1,0$ мг/дм³. Для термической обработки по 50 мл приготовленных растворов

переносили в конические колбы вместимостью 150 см³ и выдерживали в водяной бане при температуре 70 °С и 100 °С в течение 60 мин. В качестве тест-культур использовали проростки маша (фасоли золотистой (*Vigna radiata* (L.)) и редиса красного с белым кончиком (*Raphanus sativus* L.), в качестве тест-параметров — длину корня и высоту побега. Для опытов в чашки Петри на фильтровальную бумагу отбирали по 20 семян тест-культуры. В каждую чашку пипеткой переносили охлажденные до комнатной температуры растворы. Семена маша смачивали в 10 см³, а редиса — в 5 см³ соответствующих растворов. Чашки Петри помещали в термостат и выдерживали 72 ч при температуре 27 °С. Все опыты повторялись три раза. В качестве контроля применялись проростки тест-культур, не подвергавшиеся воздействию антибиотика и его смеси с NaCl при высоких температурах. Семена проращивали при комнатной температуре в дистиллированной воде.

Результаты и их обсуждение

Зависимости относительной длины корня и высоты побегов проростков маша и редиса в растворах окситетрациклина (ОТЦ) различной концентрации при различных условиях предварительной обработки растворов ОТЦ представлены на рис. 1—4. На графиках показана длина корня/высота побега в опытах относительно их длины в контроле (без антибиотика и NaCl в дистиллированной воде при комнатной температуре),

выражена в %: $L_k/L_{п.}$. Интервал выбранных для исследований концентраций окситетрациклина (0,001...1,0 мг/дм³) охватывает величину максимально допустимого уровня остаточных количеств антибиотиков в продуктах животного происхождения (0,01 мг/кг), принятых для АТГ Комиссией Кодекс Алиментариус в странах ЕС и Роспотребнадзором для РФ и стран Таможенного союза [3].

При комнатной температуре окситетрациклин (см. рис. 1) лишь при минимальной концентрации (0,001 мг/дм³) несущественно стимулировал рост корня у проростков маша. Далее с увеличением концентрации происходило слабое неравномерное ингибирование ростовых процессов. Уровень ингибирования роста побегов у проростков маша при комнатной температуре в целом незначительно отличался от этого процесса у их корней (см. рис. 2). Подавление роста корня у проростков редиса происходило неравномерно (см. рис. 3) и было наиболее выражено при концентрации раствора антибиотика 0,001 мг/дм³. Минимальное снижение роста побегов редиса наблюдалось при концентрации ОТЦ 0,1 мг/дм³. Побеги проростков редиса при комнатной температуре (см. рис. 4) оказались более чувствительны к воздействию антибиотика, ингибирование их роста возрастало с увеличением его концентрации.

При индивидуальном воздействии на проростки тестируемых растений при всех концентрациях (см. рис. 1—4) происходило усиление фитотоксичности антибиотика, более выраженное после предварительной обработки при 70 °С, что

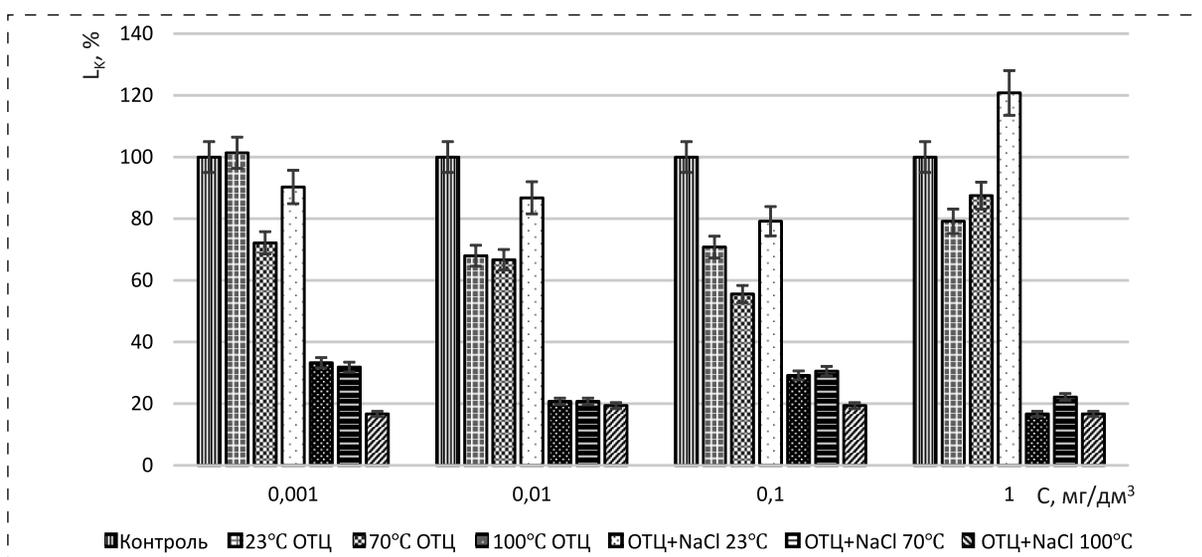


Рис. 1. Зависимость относительной длины корня проростков маша L_k от концентрации и условий предварительной обработки раствора окситетрациклина

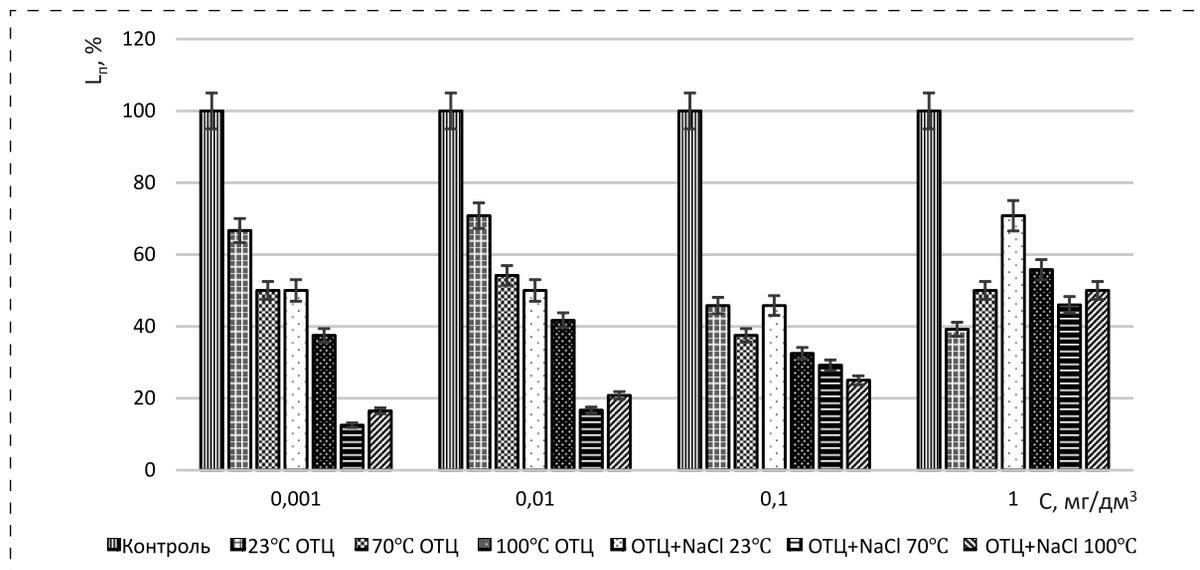


Рис. 2. Зависимость относительной высоты побега проростков маша от концентрации и условий предварительной обработки раствора окситетрациклина

связано с образованием в этих условиях более токсичных метаболитов. Только после обработки растворов при 100 °С с концентрацией 1,0 мг/дм³ наблюдалось увеличение длины корней проростков маша по сравнению с их величиной в контроле (см. рис. 1). Это было связано со значительным снижением концентрации антибиотика в растворе и стимулирующим эффектом малых концентраций (эффект гормеписа) [9]. В то же время после обработки растворов при 100 °С стимуляция роста

корней проростков редиса происходила при концентрациях ОТЦ 0,01...0,1 мг/дм³ (см. рис. 3).

Угнетение ростовых процессов побегов проростков маша окситетрациклином после предварительной обработки при 70 °С (см. рис. 2) при всех концентрациях было приблизительно одинаково, а у проростков редиса более выраженное и неравномерное (см. рис. 4). После обработки растворов при 100 °С влияние антибиотика на высоту побегов маша зависело главным образом

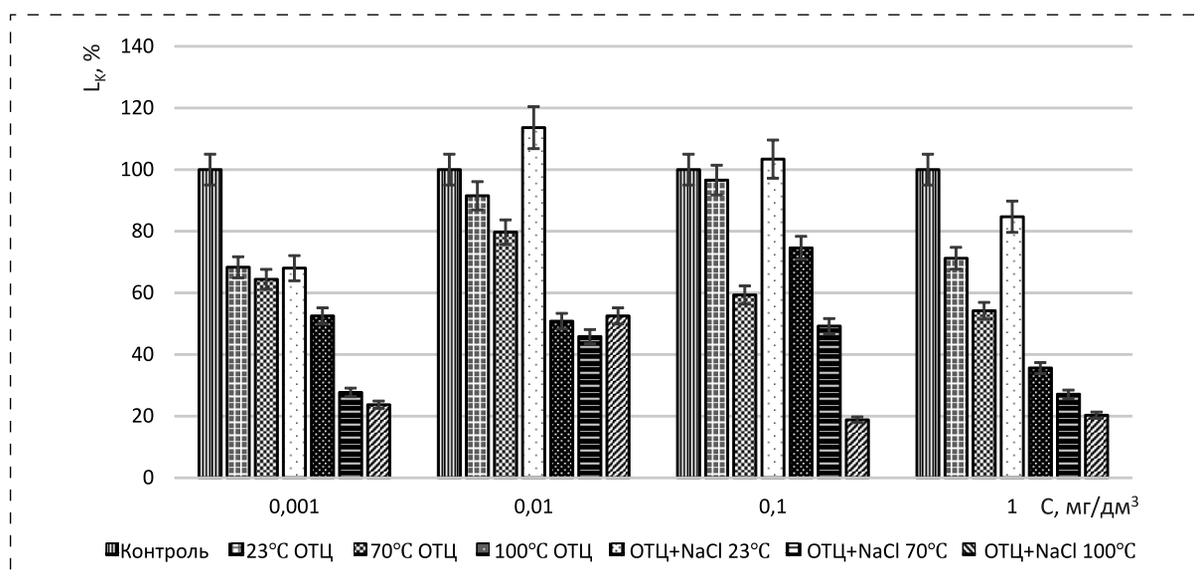


Рис. 3. Зависимость относительной длины корня проростков редиса от концентрации и условий предварительной обработки раствора окситетрациклина

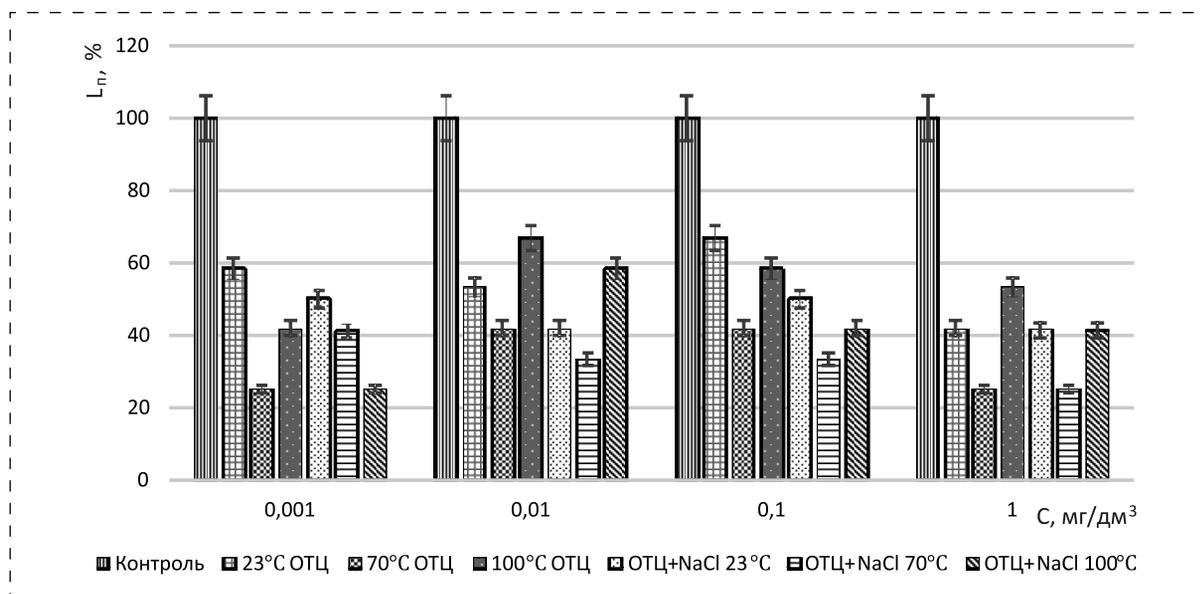


Рис. 4. Зависимость относительной высоты побега проростков редиса от концентрации и условий предварительной обработки раствора окситетрациклина

от его концентрации. При концентрациях 0,001 и 0,01 мг/дм³ высота побегов маша после обработки при 70 °С и 100 °С была практически одинаковой, а при концентрациях 0,1 и 1,0 мг/дм³ побеги были выше при использовании растворов после обработки при 100 °С, что является свидетельством того, что при более высоких концентрациях интенсивнее происходило разложение биоцида, либо образование метаболитов, стимулирующих рост побегов. Такая же закономерность была характерна и для роста побегов редиса (см. рис. 4)

В присутствии хлористого натрия при всех температурах и концентрациях окситетрациклина происходило ингибирование ростовых процессов проростков тестируемых растений (см. рис. 1–4). Этот эффект связан с образованием в растворах токсичных для растений продуктов взаимодействия хлорида натрия с антибиотиком. Наиболее выражено угнетение роста побегов проростков маша продуктами, образовавшимися при взаимодействии хлорида натрия с окситетрациклином, происходило в интервале концентраций 0,001...0,1 мг/дм³ при высоких температурах (см. рис. 2) и корней проростков маша продуктами, образовавшимися при взаимодействии NaCl с антибиотиком при концентрации 1,0 мг/дм³ (см. рис. 1).

В подавляющем числе случаев установлено, что наименее токсичными для тестируемых культур оказались продукты, образовавшиеся при воздействии ОТЦ и NaCl при комнатной температуре (см. рис. 1–4). Исходя из этого при использовании

бульонов, полученных из контаминированных ОТЦ продуктов, для приготовления различных блюд солить их рекомендуется перед непосредственным употреблением.

Заключение

Таким образом, было установлено, что фитотоксичность окситетрациклина зависела от индивидуальных биологических особенностей тест-культур, растворов ОКТ и концентрации, условий их предварительной термической обработки.

Обработка более концентрированных (1,0; 0,1 мг/дм³) растворов при 100 °С вызывала эффекты стимуляции ростовых процессов, что вызвано либо образованием ростостимулирующих метаболитов, либо эффектом малых остаточных количеств (гормезис) неразложившегося антибиотика. При индивидуальном воздействии на проростки тестируемых растений при всех концентрациях происходило усиление фитотоксичности ОТЦ, более выраженное после предварительной обработки при 70 °С, что связано с образованием в этих условиях более токсичных метаболитов.

Совместное воздействие окситетрациклина и хлорида натрия во всех вариантах опытов вызывало значительное (70...80 %) ингибирование роста как корней, так и побегов проростков тестируемых растений. Указанный эффект вызван образованием токсичных для растений продуктов взаимодействия хлорида натрия и антибиотика.

Список литературы

1. **Амелин В. Г., Краснова Т. А.** Идентификация и определение антибиотиков различных классов в пищевых продуктах и кормах методом масс-спектрометрии с матрично (поверхностью)-активированной лазерной десорбцией/ионизацией // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70. № 7. С. 734—744.
2. **Cycoń M., Mrozik A., Piotrowska-Seget Z.** Antibiotics in the Soil Environment—Degradation and Their Impact on Microbial Activity and Diversity. *Front. Microbiol.* 2019. No. 10. P. 338. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00338.
3. **Онищенко Г. Г., Шевелева С. А., Хотимченко С. А.** Новые аспекты оценки безопасности и контаминации пищи антибиотиками тетрациклинового ряда в свете гармонизации гигиенических нормативов санитарного законодательства России и Таможенного союза с международными стандартами // Вопросы питания. 2012. № 5. С. 4—12.
4. **Кальницкая О. И.** Ветеринарно-санитарный контроль остаточных количеств антибиотиков в сырье и продуктах животного происхождения. Диссертация на соискание ученой степени доктора ветеринарных наук. М., 2008. 340 с.
5. **Онищенко Г. Г., Шевелева С. А., Хотимченко С. А.** Гигиеническое обоснование допустимых уровней антибиотиков тетрациклиновой группы в пищевой продукции // Гигиена и санитария. 2012. № 6. С. 4—14.
6. **Huijbers P. M. C., Flach C. F., Larsson D. G. J.** A conceptual framework for the environmental surveillance of antibiotics and antibiotic resistance. *Environ Int.* 2019 Sep; 130: 104880. doi: 10.1016/j.envint.2019.05.074. Epub 2019 Jun 18. PMID: 31220750.
7. **Wei R., Ge F., Zhang L., Hou X., Cao Y., Gong L., Chen M., Wang R., Bao E.** Occurrence of 13 veterinary drugs in animal manure-amended soils in Eastern China. *Chemosphere.* 2016 Feb; 144: 2377—83. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.10.126. Epub 2015 Nov 22. PMID: 26610297.
8. **Удалова А. Ю., Дмитриенко С. Г., Аляри В. В.** Методы выделения, концентрирования и определения антибиотиков тетрациклиновой группы // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70. № 6. С. 577—593.
9. **Agathokleous E., Kitao M., Calabrese E. J.** Hormesis: Highly Generalizable and Beyond Laboratory. *Trends Plant Sci.* 2020 Nov; 25 (11): 1076—1086. doi: 10.1016/j.tplants.2020.05.006. Epub 2020 Jun 13. PMID: 32546350.

S. M. Chesnokova, Associate Professor, **O. V. Savelev**, Associate Professor, e-mail: olegator86@bk.ru, Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov

Evaluation of the Effect of Heat Treatment Conditions on the Phytotoxicity of Oxytetracycline in Model Experiments

The results of the study of the effect on the phytotoxicity of oxytetracycline of various conditions of preliminary heat treatment of its solutions under individual and combined effects with sodium chloride are presented. It was found that the phytotoxicity of oxytetracycline depended on the individual characteristics of the test culture, the conditions of its pretreatment and the concentration of the antibiotic. The combined effect of oxytetracycline and sodium chloride in all variants of the experiments caused a significant increase in phytotoxicity, which is probably due to the formation of toxic products of the interaction of the antibiotic with sodium chloride for plants.

Keywords: oxytetracycline, sodium chloride, heat treatment, phytotesting

References

1. **Amelin V. G., Krasnova T. A.** Identifikatsiya i opredelenie antibiotikov razlichnykh klassov v pishchevykh produktakh i kormakh metodom mass-spektrometrii s matrichno (poverkhnost'yu)-aktivirovannoi lazernoi desorbtsiei/ionizatsiei. *Zhurnal analiticheskoi khimii.* 2015. Vol. 70. No. 7. P. 734—744.
2. **Cycoń M., Mrozik A., Piotrowska-Seget Z.** Antibiotics in the Soil Environment—Degradation and Their Impact on Microbial Activity and Diversity. *Front. Microbiol.* 2019, 10, 338. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00338.
3. **Onishchenko G. G., Sheveleva S. A., Khotimchenko S. A.** Novye aspekty otsenki bezopasnosti i kontaminatsii pishchi antibiotikami tetratsiklinovogo ryada v svete garmonizatsii gigienicheskikh normativov sanitarnogo zakonodatel'stva Rossii i Tamozhennogo soyuza s mezhdunarodnymi standartami. *Voprosy pitaniya.* 2012. No. 5. P. 4—12.
4. **Kal'nitskaya O. I.** Veterinarno-sanitarnyi kontrol' ostatochnykh kolichestv antibiotikov v syr'e i produktakh zhivotnogo proiskhozhdeniya. Dis. PhD in Veterinary Medicine and Science. Moscow, 2008. 340 p.
5. **Onishchenko G. G., Sheveleva S. A., Khotimchenko S. A.** Gigenicheskoe obosnovanie dopustimykh urovnei antibiotikov tetratsiklinovoi gruppy v pishchevoi produktsii. *Gigiya i sanitariya.* 2012. No. 6. P. 4—14.
6. **Huijbers P. M. C., Flach C. F., Larsson D. G. J.** A conceptual framework for the environmental surveillance of antibiotics and antibiotic resistance. *Environ Int.* 2019 Sep; 130: 104880. doi: 10.1016/j.envint.2019.05.074. Epub 2019 Jun 18. PMID: 31220750.
7. **Wei R., Ge F., Zhang L., Hou X., Cao Y., Gong L., Chen M., Wang R., Bao E.** Occurrence of 13 veterinary drugs in animal manure-amended soils in Eastern China. *Chemosphere.* 2016 Feb; 144: 2377—83. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.10.126. Epub 2015 Nov 22. PMID: 26610297.
8. **Udalova A. Yu., Dmitrienko S. G., Apyari V. V.** Metody vydeleniya, kontsentrirovaniya i opredeleniya antibiotikov tetratsiklinovoi gruppy. *Zhurnal analiticheskoi khimii.* 2015. Vol. 70. No. 6. P. 577—593.
9. **Agathokleous E., Kitao M., Calabrese E. J.** Hormesis: Highly Generalizable and Beyond Laboratory. *Trends Plant Sci.* 2020 Nov; 25 (11): 1076—1086. doi: 10.1016/j.tplants.2020.05.006. Epub 2020 Jun 13. PMID: 32546350.

УДК 502.36:622.276

Э. А. Рыбалов, начальник отдела экспертизы промышленной безопасности, e-mail: rybalovea@yandex.ru, ООО "ТЕНЗОР", Москва,

Е. Е. Фомина, канд. техн. наук, доц., зам. зав. кафедрой, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва

К вопросу текущего контроля нефтяных и газовых скважин, находящихся в состоянии консервации и ликвидации

На основе накопленного опыта, включающего промысловую и проектную деятельность, проведения экспертизы проектов разработки месторождений, проведения государственной экспертизы проектной документации на строительство (бурение) скважин и экспертизы промышленной безопасности документации на консервацию и ликвидацию опасных производственных объектов нефтегазодобывающего комплекса (фонд скважин), рассматривается необходимость организации эффективного контроля состояния скважин месторождений углеводородного сырья, находящихся в состоянии консервации и/или ликвидации.

Ключевые слова: промышленная безопасность, опасный производственный объект, консервация и ликвидация скважин, риск аварий

Введение

Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена растущим числом скважин, выводимых в состояние консервации и ликвидируемых по различным причинам. Недропользователи российских нефтяных и газовых месторождений предпринимают необходимые меры для содержания фонда эксплуатируемых скважин в нормативном состоянии в соответствии с требованиями Правил [1, 2]. Однако тенденция роста числа ликвидируемых скважин является неизбежным следствием процесса физического "старения" скважин. Перевод скважин в состояние консервации также зачастую связан с техническими и технологическими проблемами на скважинах и перспективой их дальнейшей ликвидации.

При этом, учитывая опасность нефтяных и газовых скважин, как в состоянии нормальной эксплуатации, так и в состоянии остановки на консервацию, ожидания ликвидации или непосредственной ликвидации скважины, потеря эффективного контроля за этими скважинами может привести к авариям, сопровождающимся неблагоприятными экологическими, экономическими и технологическими последствиями.

Данный вопрос в последнее время актуален и активно прорабатывается в кругу ученых, исследователей, представителей бизнес-сообщества и различных экспертных организаций [3–5].

Современное состояние вопроса

Проведенные исследования научных публикаций, научно-технической информации в рамках работ Научно-технического совета (далее — НТС) Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), НТС Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), Союза нефтегазопромышленников России указывают на высокую заинтересованность организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты (далее — ОПО) нефтегазового комплекса к постепенному переходу на дистанционный контроль за состоянием ОПО.

В перечень ОПО нефтегазовой отрасли включены:

- ОПО магистрального трубопроводного транспорта;
- ОПО химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, а также



других взрывопожароопасных и вредных производств;

— ОПО нефтепродуктообеспечения;
— ОПО нефтегазодобывающего комплекса, в состав которых входят непосредственно скважины на месторождениях по добыче углеводородного сырья.

Наибольшее внимание уделяется ОПО, которые по своим признакам представляют значимое стратегическое значение для страны и большой экономической, производственно-технологической вес, а также являются чрезвычайно опасными согласно классификации, принятой в Федеральном законе "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" № 116-ФЗ от 21.07.1997 [6].

Так, в 2020 г. Госкорпорация "Роскосмос" и ПАО "Газпром" [7] подписали соглашение о сотрудничестве в направлении организации в Московской области сборочного производства космических аппаратов (СПКА) гражданского назначения для системы дистанционного зондирования Земли "СМОТР", который планируется к запуску в 2024 г. и будет оснащен оборудованием для мониторинга выбросов парниковых газов. Космическая система дистанционного зондирования Земли "СМОТР" предназначена для мониторинга производственных объектов ПАО "Газпром". Спутники системы "СМОТР" расширят возможности геотехнического мониторинга и контроля охраняемых зон для обеспечения высокого уровня промышленной и экологической безопасности объектов ПАО "Газпром" [7].

Наряду с этим, в последние годы ведущие отраслевые организации (ПАО "НК "Роснефть", ПАО "СИБУР", ПАО "ЛУКОЙЛ", ПАО "Газпромнефть") в тесном сотрудничестве с Ростехнадзором осуществляют значительную работу по формированию систем дистанционного контроля и надзора.

К вопросам контроля за состоянием скважин, находящихся в консервации и/или ликвидации на месторождениях углеводородного сырья России, необходимо отметить следующие факторы. Скважины упомянутых категорий входят в состав ОПО нефтегазодобывающего комплекса "Фонд скважин" в соответствии с требованиями законодательства [6]. В основном ОПО "Фонд скважин" включает объекты III класса опасности или ОПО средней опасности, за исключением объектов с повышенным содержанием серы в продукции скважин (месторождения Астраханской, Оренбургской областей).

Учитывая степень опасности объектов нефтегазодобычи, определяемую их классом опасности, очевидно, что к данным объектам системы дистанционного контроля будут применены, к сожалению, не скоро. Учитывая тот факт, что скважины, выведенные в состояние консервации и/или ликвидации, нередко оказываются в зоне пониженного внимания и контроля владельцев ОПО, актуальным является вопрос установления оптимальных решений. Одним из таких решений является методика создания карт/полей "опасности" [5], которая включает поэтапное проведение ряда оценочных и расчетных процедур [4, 5], осуществляемых заинтересованными лицами, и определения коэффициентов "опасности" для каждой скважины, находящейся в состоянии консервации и/или ликвидации на том или ином месторождении.

Методика обработки информации для создания карт/полей "опасности"

Процесс анализа и обработки специфической комплексной информации по скважинам, находящимся в состоянии консервации и/или ликвидации, включает следующие этапы.

Этап 1. Ранжирование скважин, находящихся в состоянии консервации и/или ликвидации по следующим критериям: год строительства скважины, состояние скважины, назначение скважины, накопленный отбор нефти, суточная добыча нефти или газа, суточная добыча жидкости, обводненность, газовый фактор для нефтяных скважин, наличие/отсутствие газовых шапок, наличие/отсутствие зон многолетнемерзлых пород, общая характеристика пласта, наличие/отсутствие грифонов, наличие/отсутствие достоверной базы замеров межколонных давлений, наличие/отсутствие достоверной базы по выявлению колонной циркуляции и межпластовых перетоков, содержание серы, в частности, сернистого водорода, в продукции скважин [4].

Этап 2. Определение средних значений балльных оценок для каждого критерия (M_i) влияния на степень опасности скважины в текущем состоянии от 0 до 10, при котором более высокая балльная оценка указывает на повышение уровня негативного влияния данного критерия M_i на расчетные показатели и на основании полученных средних балльных оценок вычисление коэффициента уровня эксплуатационной опасности по формуле

$$K_{\text{оп}} = \sum_{i=1}^N \frac{M_i}{N}, \quad (1)$$

где N — количественная выборка балльных оценок.

Этап 3. Определение средних балльных оценок по критериям квалификации обслуживающего производственного персонала (P_i), непосредственно осуществляющего операции по контролю за текущим состоянием скважин, находящихся в состоянии консервации и/или ликвидации, и на основании полученных средних балльных оценок вычисление коэффициента уровня квалификации персонала по формуле

$$K_{\text{кв}} = \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{N}. \quad (2)$$

Этап 4. Определение поправочного коэффициента (K_x) в диапазоне от 0,1 до 1,0, учитывающего степень недопустимой, но часто встречающейся погрешности из-за небрежности обслуживающего технического персонала при проведении операций по контролю текущего состояния скважин, находящихся в состоянии консервации и/или ликвидации.

Этап 5. Определение коэффициента опасности каждой скважины по формуле:

$$K_{\text{ос}} = K_{\text{оп}} K_{\text{кв}}^{(1+K_x)}. \quad (3)$$

Заключительный этап — графическое построение карт/полей "опасности" выполняется на картографической основе с использованием геодезических данных по размещению устьев скважин (база координат), находящихся в состоянии консервации и/или ликвидации, и полученных коэффициентов опасности для каждой скважины, с использованием соответствующих программных продуктов и реализованных в них алгоритмов интерполяции данных. При этом по полученным значениям коэффициентов опасности скважины ($K_{\text{ос}}$), находящимся в диапазоне от 0 до 100, определяется состояние опасности скважины по принципу: чем меньше коэффициент опасности, тем менее опасным является состояние скважины и, наоборот [5].

Методика представляет собой последовательность инженерных действий персонала, преимущественно из состава инженерно-технических работников с соответствующей квалификацией, по описанному выше поэтапному определению "коэффициентов опасности скважины", находящейся в состоянии консервации и/или ликвидации, являющейся неотъемлемой частью ОПО "Фонд скважин" каждого конкретного месторождения нефти и/или газа.

Предлагаемая методика позволяет объединить специфическую информацию из различных источников (баз данных), характеризующих "жизненный цикл" скважин, и представлять ее графически в форме карт/полей "опасности". Появляется возможность отражать реальную "картину" опасности скважин, находящихся в состоянии консервации и/или ликвидации, в любом месте и в любое заданное или интересующее время: от момента окончания строительства (бурения) скважины до вывода в состояние консервации и/или ликвидации.

Данная методика предназначена для работы инженерного персонала нефтегазодобывающей организации. Непосредственными пользователями конечного продукта карт/полей опасности может быть широкий круг специалистов: от инженера цеха по добыче нефти и/или газа до руководителя службы по обеспечению промышленной безопасности, главного инженера и руководителя нефтегазодобывающей организации (предприятия, компании, холдинга).

Наиболее эффективно результаты проведения ранжирования скважин, выводимых в консервацию или ликвидацию, и расчетных процедур для определения коэффициентов опасности скважин могут быть использованы при решении задач текущего анализа и оценки риска аварий.

К таким результатам относят:

- массив конкретной информации, подготовленный в любом удобном для конечного пользователя виде; вариации ограничиваются лишь организационно-техническими возможностями оснащения того или иного пользователя;
- карта опасности в двухмерном изображении, построенная на актуальной картографической модели в изолиниях с использованием специальных программных продуктов и реализованных в них алгоритмах интерполяции данных (пример подобной карты приведен на рисунке — см. 2-ю стр. обложки);
- поле опасности в трехмерном представлении, построенное на картографической модели аналогично карте опасности (с использованием приемов 3D-визуализации).

В качестве исходных данных для построения карты опасности (см. рисунок) использован гипотетический фонд скважин: общее количество пробуренных скважин в 1989 г. — 21; количество скважин, ликвидированных сразу после бурения (по геологическим причинам) — 14; количество скважин в ожидании ликвидации — 1; количество скважин, находящихся в состоянии консервации — 0; количество эксплуатируемых



добывающих скважин — 6. Соответственно, для расчетов коэффициентов опасности используются данные по 15 скважинам (14 ликвидированных и одна в ожидании ликвидации). Коэффициент опасности K_{oc} , установленный экспертами для всех скважин, равен 17,6, кроме скважин № 10 и № 12 ($K_{oc} = 21,9$) и № 121 ($K_{oc} = 19,5$). Это обусловлено тем, что на скважине № 10 отсутствуют замеры межколлонного давления; на скважине № 12 отсутствуют данные по определению заколонной циркуляции и межпластовых перетоков; на скважине № 121 не установлена бетонная тумба (не выполнены нормативные требования по ликвидации).

В результате инженерно-технический персонал предприятия, эксплуатирующего месторождение нефти (газа), получает возможность оценивать общую ситуацию (с точки зрения требований промышленной безопасности) на актуальной картографической модели, созданной с учетом широкого спектра установленных факторов опасности и риска аварий, на которой показаны "слабые" места и зоны повышенной опасности.

Заключение

При наличии детальных карт/полей опасности (в некотором роде "генплана") месторождения актуальной задачей для ответственных лиц эксплуатирующей организации становится принятие своевременных, первоочередных и остро необходимых решений и мер для обеспечения промышленной безопасности ОПО. Причем эти решения и принимаемые меры безопасности базируются на глубоком и разностороннем анализе имеющейся геолого-технической информации по скважинам.

Кроме решения задач текущего анализа опасностей и оценки риска, массивы данных и карт/полей опасности по ранжированным скважинам могут быть использованы для долгосрочного прогноза и планирования мероприятий, направленных на повышение защищенности ОПО от возникновения угроз инцидентов и аварий.

В перспективе целесообразно рассмотреть вопрос организации дистанционного контроля ключевых показателей опасности (межколлонное давление, грифонопроявления, влияние многолетнемерзлых пород на профиль ствола и др.) на скважинах простаивающего фонда как альтернативы принятому в настоящее время порядку контроля в "ручном" режиме.

Принимая во внимание общегосударственный тренд на цифровизацию, реализуемую практически во всех отраслях экономики России,

необходимо учитывать факты предпринятых нефтепользователями мероприятий по организации дистанционного контроля скважин. То есть в случае, если нефтепользователь обеспечит дистанционный контроль за скважинами, находящимися в состоянии консервации и/или ликвидации, такие мероприятия позволят в индивидуальном порядке пересмотреть подходы к определению коэффициентов опасности K_{oc} каждой скважины за счет пересмотра коэффициентов персонала K_x .

Использование дистанционных методов измерений и контроля технического состояния скважин дает возможность корректировать информацию на картах/полях опасности. Это позволит расширить возможности оперативной оценки степени опасности и риска для принятия решений о предупреждении или ликвидации прогнозируемой чрезвычайной ситуации.

Внедрение систем дистанционного контроля является очень дорогостоящей и ресурсоемкой задачей. Однако следует помнить, что за предпринимаемыми действиями стоит непосредственно промышленная и экологическая безопасность территорий российской нефтегазодобычи, обеспечивающие будущее страны и планеты в целом.

Список литературы

1. **Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности:** федер. нормы и правила в области пром. безопасности. 4-е изд. Сер. 08. Вып. 19. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2021. 546 с.
2. **Правила** разработки месторождений углеводородного сырья: приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 14 июня 2016 г. № 356 (с изменениями на 7 августа 2020 года) URL: <https://docs.cntd.ru/document/420365257> (дата обращения 25.04.2021).
3. **Рыбалов Э. А.** К вопросу о консервации и ликвидации опасных производственных объектов нефтегазодобывающего комплекса "Фонд скважин" // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 1. С. 32—36.
4. **Рыбалов Э. А.** Ранжирование нефтяных и газовых скважин, выводимых в консервацию и (или) ликвидируемых, в целях решения задач анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобывающего комплекса "Фонд скважин" // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 4. С. 78—81.
5. **Рыбалов Э. А.** Патент на изобретение № 2719803 Способ создания карт/полей "опасности" для месторождений нефти и/или газа, опасных производственных объектов нефтегазодобывающего комплекса "Фонд скважин" по скважинам, находящимся в консервации и/или ликвидации. 2020.
6. **Федеральный закон** от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ О промышленной безопасности опасных производственных объектов. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2018. 56 с.
7. **"Газпром" и "Роскосмос"** расширяют сотрудничество в вопросах создания и использования спутниковых систем. URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/2020/december/article521853/> (дата обращения 25.04.2021).

E. A. Rybalov, Head of Department, e-mail: rybalovea@yandex.ru, TENSOR LLC, Moscow,
E. E. Fomina, Associate Professor, Deputy Head of Department, Gubkin Russian State
University of Oil and Gas (NIU), Moscow

On the Issue of Monitoring the Current State of Oil and Gas Wells in Conservation and Liquidation

On the basis of the accumulated experience of the authors, including field and project activities, conducting an expert examination of field development projects, conducting a state expert examination of project documentation for the construction (drilling) of wells and an expert examination of industrial safety documentation for the conservation and liquidation of hazardous production facilities of the oil and gas complex (well fund), the need to organize effective monitoring of the state of wells of hydrocarbon deposits that are in conservation and/or liquidation is discussed.

The relevance of the issue under study is due to the growing indicators of the number of wells that are being put into a state of conservation and liquidated for various reasons at oil and gas production facilities in the Russian Federation. Oil and gas wells, both in the state of normal operation, and in the state of stopping for conservation, pending liquidation or in waiting liquidation of the well, are dangerous. The lack of effective control over these wells can lead to accidents with adverse environmental, economic and technological consequences.

Keywords: industrial safety, hazardous production facility, conservation and liquidation of wells, risk of accident

References

1. **Pravila** bezopasnosti v neftyanoy i gazovoy promyshlennosti: feder. normy i pravila v oblasti prom. bezopasnosti. 4-e izd. Ser. 08. Vyp. 19. Moscow: ZAO NTC PB, 2021. 546 p.
2. **Pravila** razrabotki mestorozhdenij uglevodorodnogo syr'ya: prikaz Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii ot 14 iyunya 2016 g. № 356 (s izmeneniyami na 7 avgusta 2020 goda) URL: <https://docs.cntd.ru/document/420365257> (date of access 25.04.2021).
3. **Rybalov E. A.** K voprosu o konservacii i likvidacii opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazodobyvayushchego kompleksa "Fond skvazhin". *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2019. No. 1. P. 32–36.
4. **Rybalov E. A.** Ranzhirovanie neftnykh i gazovykh skvazhin, vyvodimyyh v konservaciyu i (ili) likvidiruemykh, v celyah resheniya zadach analiza riska avarij na opasnykh proizvodstvennykh ob"ektah neftegazodobyvayushchego kompleksa "Fond skvazhin". *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2019. No. 4. P. 78–81.
5. **Rybalov E. A.** Patent na izobretenie № 2719803 Sposob sozdaniya kart/polej "opasnosti" dlya mestorozhdenij nefti i/ili gaza, opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazodobyvayushchego kompleksa "Fond skvazhin" po skvazhinam, nahodyashchimsya v konservacii i/ili likvidacii. 2020.
6. **Federal'nyj zakon** ot 21 iyulya 1997 g. No. 116-FZ "O promyshlennoj bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov". Moscow: ZAO NTC PB, 2018. 56 p.
7. **"Gazprom" i "Roskosmos"** rasshiryayut sotrudnichestvo v voprosah sozdaniya i ispol'zovaniya sputnikovyykh sistem. URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/2020/december/article521853/> (date of access 25.04.2021).



УДК 303.732.4

С. Ю. Маринин, канд. техн. наук, доц., e-mail: marinin-2015@mail.ru,
Н. М. Кирюникова, инженер, e-mail: kiryunikovaa2001@yandex.ru,
Э. Д. Лесовая, инженер, e-mail: elyaaa_129102000@mail.ru, Кубанский
государственный технологический университет, Краснодар

Оценка уровня безопасности учебного корпуса КубГТУ с применением технологии наземного лазерного сканирования

Рассмотрено применение технологии наземного лазерного сканирования как одного из средств наблюдения за деформациями с целью обеспечения безопасной эксплуатации учебного корпуса, описаны допустимые параметры для контроля состояния исследуемого объекта, а также процесс проведения полевой съемки на примере здания и холла учебного корпуса "В" КубГТУ и обработки данных трехмерного лазерного сканирования в специализированном программном обеспечении.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, деформации, наземное лазерное сканирование, учебный корпус, программное обеспечение, лазерный сканер

Введение

Лазерное сканирование — один из наиболее развитых и эффективных способов анализа состояния конструктивных элементов и их мониторинга. В настоящее время при выполнении различных оценочных работ на передний план выходят методики наземного лазерного сканирования. Для контроля деформаций строительных конструкций применяется мониторинг с помощью специализированного оборудования, в частности наземного лазерного сканера.

На сегодняшний день технология наземного лазерного сканирования позволяет определить уровень безопасности зданий и сооружений на выявление деформаций на ранних стадиях эксплуатации. Анализ технического состояния несущих конструктивных элементов зданий с помощью технологии наземного лазерного сканирования позволяет не только своевременно определить зарождающийся и развивающийся процесс деформации, но и выявить причины его появления на ранних стадиях эксплуатации, а также спрогнозировать процесс развития в целях принятия необходимых мер [1].

Своевременный контроль уровня безопасности учебных корпусов высших учебных заведений является одной из приоритетных задач в организации учебного процесса, в связи с тем, что ежедневно учебные корпуса посещает множество людей. У данного процесса имеются свои

сложности, связанные с проведением натурального и инструментального обследования отдельных труднодоступных конструктивных элементов при необходимости прогнозирования оставшегося срока его эксплуатации до частичного или полного обрушения с исключением вероятности возникновения опасности для жизни и здоровья людей.

В настоящее время классическая технология мониторинга для выявления деформаций на ранних стадиях базируется на применении таких геодезических приборов, как электронные тахеометры. Методика их использования заключается в фиксации большого количества точек на объекте и в последовательном наведении на каждую из них с попутным выполнением измерений вручную или в автоматизированном режиме в случае, если прибор роботизирован [2].

Необходимо отметить, что существенными недостатками такого метода являются значительное влияние погодных условий (дождь, туман, пасмурность), длительность проведения цикла мониторинга и невозможность получения информации о деформационных процессах на тех участках, где не планировалось устанавливать марки для наблюдения изначально.

Контроль над состоянием и развитием деформационных процессов может быть достигнут путем решения следующих задач:

- обеспечение безопасного и своевременного обнаружения на ранней стадии изменений

состояния конструкций, которые могут привести к переходу объектов в ограниченное эксплуатационное или аварийное состояние (в том числе за счет применения технологии трехмерного лазерного сканирования);

- отслеживание степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятие экстренных мер по предотвращению его обрушения в случае необходимости (периодический мониторинг), в том числе путем принятия мер по устранению возникающих факторов, приводящих к ухудшению технического состояния объектов инфраструктуры [3].

Цель исследования — оценка уровня безопасности одного из учебных корпусов Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ) с помощью технологии наземного лазерного сканирования, позволяющего оценить уровень безопасности. Предмет исследования — целесообразность применения технологии наземного лазерного сканирования для выявления деформаций.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования уровня безопасности учебных корпусов КубГТУ был выбран корпус "В". Анализ данного помещения проводился с применением технологии наземного лазерного сканирования. Выбор данной методики обусловлен преимуществами, упомянутыми ранее.

В процессе исследования был отсканирован учебный корпус "В" КубГТУ, результат представлен на рис. 1, 2 (см. 3-ю стр. обложки).

Далее в программном обеспечении Leica Cyclone была создана 3D-модель объекта без облака точек, приведенная на рис. 3 (см. 3-ю стр. обложки).

По результатам сканирования и анализу облака точек было выявлено, что учебный корпус "В" удовлетворяет требованиям безопасности и деформаций не имеет.

Для сканирования холла учебного корпуса "В" использовался наземный лазерный сканер Leica ScanStation C10. В начале работы было произведено визуальное обследование объекта и рекогносцировка прилегающей к нему территории для планирования размещения станций стояния сканера.

Так, при сканировании холла были заданы следующие параметры: дискретность — 0,100×0,100 м; выдержка — 64 с; экспозиция автоматическая; режим съемки: сканировать все; разрешение 1920×1920 пикселей; область охвата сканирования 360×270°.

Возвращаясь к анализу, необходимо отметить, что в ходе проделанной работы в специализированном программном обеспечении Leica Cyclone была создана модель холла учебного корпуса "В" КубГТУ, которая представлена на рис. 4 (см. 3-ю стр. обложки).

При визуальном осмотре выбранного для анализа помещения было выявлено, что на потолке холла учебного корпуса "В" имеется несущая конструкция в виде балки, которую необходимо проверить на наличие деформаций, а именно прогибов.

Оценка уровня безопасности данной конструкции проводилась путем ее моделирования с помощью программного обеспечения Leica Cyclone и сравнения полученных результатов с эталонными. На рис. 5 изображена модель балки учебного корпуса "В".

Результаты исследования

В соответствии с СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01—87 [4] вертикальные упругие прогибы пролетных строений, вычисленные при действии вертикальной нагрузки для несущих конструктивных элементов, не должны превышать значения $l:200$, где l — расчетная длина пролета, м.

Таким образом, получили следующее предельно допустимое значение прогиба для строительной конструкции: $6:200 = 0,03$ м, где 0,03 м — предельно допустимое значение прогиба в соответствии с СП 70.13330.2012 [4].

Рассчитаем предельно допустимое значение прогиба для пролета балки учебного корпуса "В" при условии, что расчетная длина пролета $l = 6$ м и произведем сравнение полученных значений прогибов балок с допустимым значением. На рис. 5 можно увидеть, что крайняя левая точка расположена на высоте 1,851 м, центральная точка — на высоте 1,816 м, крайняя правая — на высоте 1,801 м. Имея эти данные, можно определить размер прогиба (d , м) строительной конструкции следующим образом:

$$d = 1,816 - \frac{1,851 + 1,801}{2} = 1,816 - 1,826 = -0,01 \text{ м.}$$

Подводя итог оценки уровня безопасности здания и холла учебного корпуса "В" КубГТУ с применением технологии наземного лазерного сканирования, можно сделать вывод, что полученные значения находятся в пределах допустимых

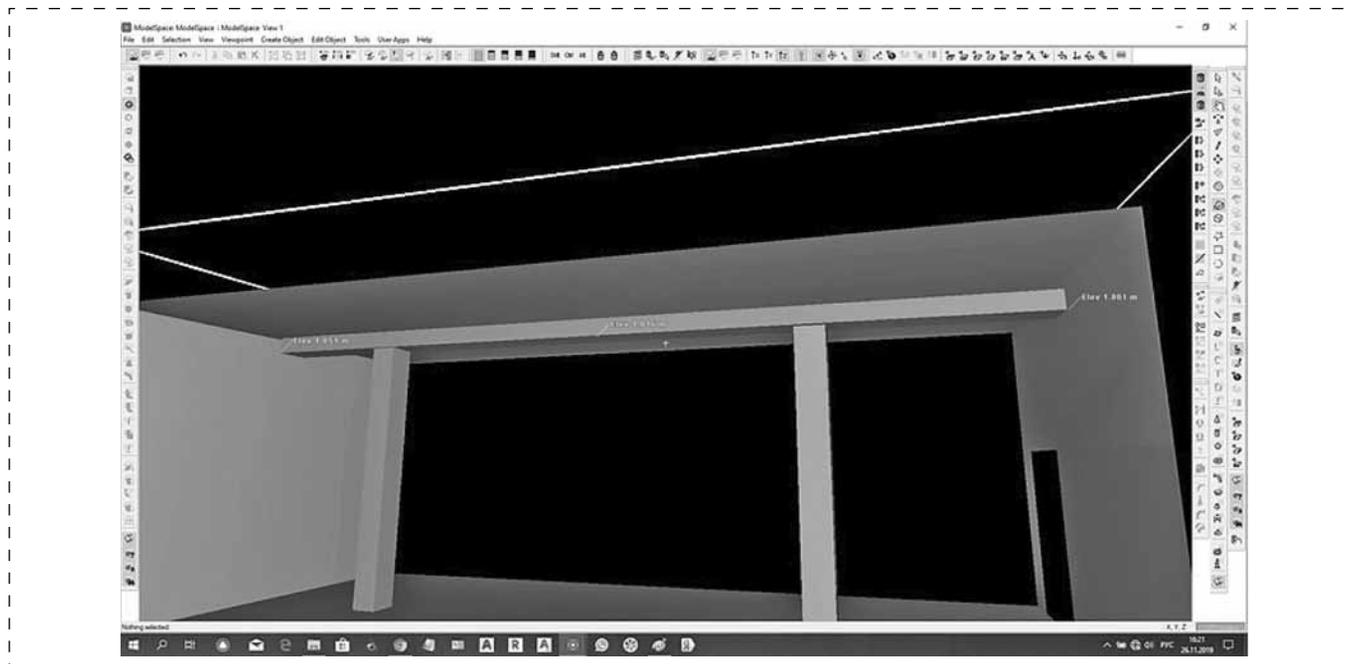


Рис. 5. Модель балки холла учебного корпуса "В"

значений, следовательно, конструктивный элемент удовлетворяет требованиям безопасности и не представляет опасности для студентов и сотрудников университета.

Заключение

Выполненное исследование позволяет сделать вывод, что метод анализа состояния конструктивных элементов зданий на предмет безопасности жизнедеятельности с помощью трехмерного лазерного наземного сканирования является достаточно перспективным и эффективным. Сканирование делает возможным сплошную съемку различных объектов со значительной скоростью и позволяет за малое время осуществлять значительный объем измерений с высокой точностью и информативностью.

В заключение можно отметить несколько основных преимуществ системы наземного лазерного сканирования, которые были выявлены в процессе работ:

1. Мгновенная трехмерная визуализация.
2. Высокая точность.
3. Быстрый сбор данных.
4. Выявление деформаций на ранних стадиях эксплуатации объекта.

Анализ технического состояния природных и искусственных сооружений является необходимостью и неотъемлемой частью системы

обеспечения безопасности жизнедеятельности людей. Регулярное сканирование объектов позволит выявить деформации на ранних стадиях эксплуатации, что поспособствует предотвращению аварийных ситуаций и несчастных случаев [5, 6].

Список литературы

1. **Гура Д., Хушт Н., Марковский И.** Основы мониторинга объектов транспортной инфраструктуры. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2021. 159 с.
2. **Емельянов М. В.** Информационная технология проектирования систем мониторинга зданий и сооружений // Вестник Дагестанского государственного технологического университета. Технические науки. 2019. Т. 46. № 1. С. 123–131.
3. **Дубенко Ю. В., Гура Д. А., Шевченко Г. Г., Дышкант Е. Е., Хушт Н. И.** Three-dimensional laser scanning for safety of transport infrastructure with application of neural network algorithms and methods of artificial intelligence // Транспортное строительство в холодных регионах (TRANSOILCOLD 2019): Сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. — Санкт-Петербург: Федеральное агентство железнодорожного транспорта; Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2019. С. 185–190.
4. **СП 70.13330.2012** Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87.
5. **Lutovinov A. A., Luyun E. A., Pogosyan M. A., Shemyakov A. O.** Providing information connectivity over Russian territory using remote sensing systems of the earth // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. Vol. 89. No. 2. P. 190–195. DOI: 10.1134/S1019331619020114.
6. **Дерюгин П. В., Богачева Л. А.** Перспективное развитие систем диагностики, мониторинга и обслуживания объектов транспортной инфраструктуры // Материалы IV Международной студенческой научно-практической конференции. 2016. С. 14–16.

S. Yu. Marinin, Associate Professor, e-mail: marinin-2015@mail.ru,
N. M. Kiryunikova, Engineer, e-mail: kiryunikovaa2001@yandex.ru,
E. D. Lesovaya, Engineer, e-mail: elyaaa_129102000@mail.ru,
Kuban State Technological University, Krasnodar

Assessment of the Safety Level of the Educational Building of KubSTU with the Use of Ground-Based Laser Scanning Technology

This article discusses the use of ground-based laser scanning technology as one of the means of observing deformation in order to ensure the safe operation of the educational building, describes the permissible parameters for monitoring the condition of the object under study, as well as the process of conducting field surveys on the example of the building and hall of the educational building "B" of the Kuban State Technological University and performing data processing of three-dimensional laser scanning in specialized software.

Keywords: life safety, deformations, ground laser scanning, educational building, software, laser scanner

References

1. **Gura D., Khusht N., Markovsky I.** Fundamentals of monitoring of transport infrastructure facilities. Krasnodar: Kuban State Technological University, 2021. 159 p.
2. **Emelyanov M. V.** Information technology for designing monitoring systems for buildings and structures. *Bulletin of the Dagestan State Technological University. Technical sciences.* 2019. Vol. 46. No. 1. P. 123–131.
3. **Dubenko Yu. V., Gura D. A., Shevchenko G. G., Dyshkant E. E., Khusht N. I.** Three-dimensional laser scanning for safety of transport infrastructure with application of neural network algorithms and methods of artificial intelligence. *Transport construction in cold regions (TRAN-SOILCOLD 2019): collection of tr. international scientific and technical conference.* Saint-Petersburg: Federal Agency of Railway Transport; Saint-Petersburg State University of Railway Transport of the Emperor Alexander I. 2019. P. 185–190.
4. **SP 70.13330.2012** Load-bearing and enclosing structures. Updated version of SNiP 3.03.01–87.
5. **Lutovinov A. A., Lupyay E. A., Pogosyan M. A., Shemyakov A. O.** Providing information connectivity over Russian territory using remote sensing systems of the earth. *Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2019. Vol. 89. No. 2. P. 190–195. DOI: 10.1134/S1019331619020114.
6. **Deryugin P. V., Bogacheva L. A.** Perspective development of diagnostic, monitoring and maintenance systems for transport infrastructure facilities. *Materials of the IV International Student Scientific and Practical Conference.* 2016. P. 14–16.

Информация

Уважаемые авторы и подписчики журнала!

Обращаем ваше внимание, что на сайте ВАК РФ размещен документ, озаглавленный "Справочная информация об отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования и в соответствии с пунктом 5 Правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее — Перечень), утвержденных приказом Минобрнауки России от 12 декабря 2016 г. № 1586 (зарегистрирован Минюстом России 26 апреля 2017 г., регистрационный № 46507), с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. № 99 (зарегистрирован Минюстом России 15 марта 2018 г., регистрационный № 50368), считаются включенными в Перечень". Журнал "Безопасность жизнедеятельности" включен в этот список (поз. 355, список от 22.10.2021). Считаю необходимым подчеркнуть, что текст п. 5 Правил формирования Перечня имеет продолжение: "по отраслям науки, соответствующим их профилю". Напомним, что еще до выхода первого номера журнала в январе 2001 г. в качестве основных тематических направлений профиля были определены вопросы безопасности деятельности человека, экологии и преподавания соответствующих дисциплин в высшей школе.

УДК 54.06

Л. В. Кондратьева, преподаватель, e-mail: telez@rambler.ru,
Ю. Н. Коваль, канд. биол. наук, доц., e-mail: a_yulya@inbox.ru,
Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск,
Красноярский край

Экспресс-метод определения на месте пожара остатков сильных окислителей — средств поджога

Рассмотрена целесообразность применения экспресс-метода определения остатков сильных окислителей — средств поджога на месте пожара. Анализ проб, подвергшихся горению, осуществлялся с применением реактивных индикаторных средств. В лабораторных условиях подготавливали имитаторы окислителей. В результате опробования экспресс-метода для поиска окислителей, пришли к выводу, что тестирование реактивными индикаторными средствами позволяет до отбора пробы на месте пожара установить не только место локализации употребленных сильных окислителей, но и принадлежность таких веществ к той или иной группе. Авторы отмечают достоинства метода: оперативность, возможность проведения анализа на стадии осмотра места пожара, низкая стоимость используемых материалов, простота выполнения методики, возможность проведения не только качественной реакции, но и количественное обнаружение сильных окислителей.

Ключевые слова: экспертиза, поджог, причины пожара, сильные окислители, инициаторы горения, реактивные индикаторные средства

Введение

Поджоги довольно часто являются причиной пожара и могут носить характер как умышленного, так и неосторожного деяния. В течение последних десятилетий проблема борьбы с поджогами крайне актуальна. На территории Российской Федерации такие преступления как поджоги составляют 2,5...6 % общего количества пожаров. Поджоги выступают средством сокрытия тяжких преступлений и несут крайнюю социальную опасность. Для поджогов в качестве зажигательных составов могут быть использованы различные вещества и смеси веществ [1].

В целях подтверждения факта поджога, а затем его расследования, необходимо раннее обнаружение остатков средств поджога и их своевременное исследование. Именно от грамотных и быстрых действий специалистов зависит, будет ли установлен факт поджога и насколько успешно будет его дальнейшее расследование [2].

Остатками средств поджога могут быть либо всевозможные инициаторы, либо акселеранты горения. Данные вещества оказывают воздействие на возникновение и быстрое развитие огня [3]. Инициаторы подразделяют на две категории: традиционные — легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) и горючие жидкости (ГЖ) и нетрадиционные — сильные окислители. Такие средства поджога преступники используют как сами по себе, так и в составе смесей [4, 5].

Если специалист на месте пожара обнаруживает остатки ЛВЖ, ГЖ или других инициаторов горения

в несвойственных для них местах, это может свидетельствовать о поджоге с использованием данных жидкостей [3].

Кроме традиционных средств, используемых в качестве инициаторов горения, применяют нетрадиционные средства — специальные составы на основе окислителей и легкоокисляемых веществ. Окислителями могут быть оксиды железа, кремния, меди, цинка, поскольку реакция горючего с ними заключается в восстановлении неметаллического элемента или чистого металла. Примером самовоспламеняющегося состава может быть смесь перманганата калия (окислитель) и глицерина (окисляемое вещество) [6].

На определенных объектах-носителях остатки поджигающих составов сохраняются хорошо, например, на обугленной поверхности древесины за счет образования после горения трещин на поверхности материала, в которых может скапливаться искомый окислитель. Также легко различимы поджигающие составы на керамической плитке и окрашенной металлической поверхности, так как остатки инициаторов горения находятся в виде застывшей массы, состоящей из перманганата, гексацаноферрата, перхлоратов, хлоратов, нитратов или застывшего расплава окиси свинца с хлопьями бихромата темно-зеленого цвета.

Трудно обнаруживаемые остатки поджигающих составов — это остатки сильных окислителей на обугленных фрагментах мягкой мебели, в состав которых входят пенополиуретан, пенорезина и подобные материалы. В таких случаях необходимо использовать средства, разрушающие фрагменты

Результат тестирования образцов — появление индивидуального окрашивания индикаторов при взаимодействии с окислителями

Индикаторы	Образец				
	NH ₄ NO ₃	KMnO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	NaNO ₃	K ₂ SO ₃
Индигокармин	Голубой	Голубой	Бирюзовый	Голубой	Голубой
Дифениламин	Синий	Синий	Темно-синий	Фиолетовый	Серо-синий
Дифениламин сульфонат натрия	Бесцветный	Светло-фиолетовый	Фиолетовый	Светло-серый	Бесцветный

карбонизованного остатка на поверхности исследуемого материала. К примеру, деструкцию можно осуществлять в лаборатории при растирании застывшей массы смолистых составляющих в агатовой ступке [7].

Одной из проблем является растворение в воде или изменение исходного состояния сильных окислителей после окончания тушения пожара, что делает невозможным применение элементарного анализа [8]. Так как остатки окислителей, входящих в состав поджигательной смеси (непрореагировавшие перманганаты калия и натрия), хорошо растворяются в воде, они могут быть смыты при тушении пожара или могут образовать новые соединения в результате химических реакций [9, 10].

Существует ряд инструментальных методов для выявления следов зажигательных составов: элементный анализ, рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия, ионная хроматография [7, 11, 12]. Одним из перспективных методов обнаружения окислителей на месте пожара является применение экспресс-метода с помощью реактивных индикаторных средств (далее — РИС).

Цель исследования: изучение экспресс-методом остатков сильных окислителей после пожара.

Задачи: рассмотреть возможность применения РИС в инженерно-технической экспертизе; опробовать в лаборатории экспресс-метод для поиска окислителей.

Объекты и методы исследований

Экспресс-анализ проб, подвергшихся горению, осуществлялся с применением РИС. Для предварительного обнаружения места локализации в пробах сильных окислителей независимо от формы их нахождения (окисленной или восстановленной) РИС готовили на основе дифениламина в серной кислоте.

Отбор проб осуществляется путем сбора мелких частиц с поверхности объекта-носителя абразивным материалом на тканевой основе "наждачной шкурки", которая вырезалась в форме круга диаметром 40 мм. Использовался абразивный материал следующих марок: (1300×50С1) 15АМ50ВМ20 по ГОСТ 5009—82 или (1400×50С1) 14АМ63ВМ425 по ГОСТ 5009—82. Отбор пробы выполнялся посредством втирания в наждачный материал небольших частиц с поверхности объекта-носителя.

Основой экспресс-метода поиска окислителей является химическое взаимодействие индикаторов окислительно-восстановительных форм с непрореагировавшими остатками окислителей [6]. В результате взаимного восстановления и окисления индикатора и окислителя происходит изменение окраски индикатора. Для

количественного определения компонентов сравнивали возникающую после контакта индикатора с исследуемым веществом окраску по цветовой шкале.

В качестве индикаторных растворов применяли следующие РИС: раствор на основе индигокармина; раствор на основе дифениламина массой 0,025 г смешанного с 1 мл дистиллированной воды и 5 мл серной кислоты; раствор на основе дифениламин сульфоната натрия массой 0,05 г смешанного с 10 мл серной кислоты.

Результаты исследования

В лабораторных условиях подготавливали имитаторы окислителей. Такими сильными окислителями как перманганат, хлорат, перхлорат, хромат и бихромат калия (аммония), нитрат натрия (аммония), окись свинца пропитывали древесные бруски. Далее образцы древесины сжигали в трубчатой печи, что являлось имитацией пожара.

Каждым приготовленным индикатором выполнялись тестовые определения смывов с образцов. Характерное индивидуальное окрашивание индикаторов говорило о переходе окислителей в восстановленную форму [13]. Экспресс-метод с использованием РИС позволяет до отбора пробы на месте пожара установить не только место локализации употребленных сильных окислителей, но и принадлежность таких веществ к той или иной группе акселерантов. Результаты лабораторных анализов представлены в таблице тестирования образцов с помощью РИС.

Заключение

Обнаружение сильных окислителей до отбора проб с помощью РИС позволяет установить не только факт наличия инициаторов горения, но и локализацию окислителя. Применение экспресс-метода возможно осуществлять на стадии осмотра пожара.

Ниже перечислены достоинства экспресс-метода: оперативность — время на выполнение анализа около 20 мин;

возможность проведения анализа на стадии осмотра места пожара;

низкая стоимость используемых материалов; простота выполнения методики;

возможность не только проведения качественной реакции, но и количественное обнаружение сильных окислителей.

Все перечисленные достоинства свидетельствуют о целесообразности применения экспресс-метода для обнаружения остатков нетрадиционных инициаторов горения на месте пожара.



Список литературы

1. Микеев А. К. Поджог: причина пожара и способ совершения преступления // Пожарная безопасность. 2000. № 1. С. 128—132.
2. Дулов А. В., Крылов И. Ф. Из истории криминалистической экспертизы в России. М.: Госюриздат, 1960. 166 с.
3. Росийская Е. Р. Профессия — эксперт. М.: Юристь, 1999. 192 с.
4. Таубкин С. И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. М.: ВНИИПО, 1999. 600 с.
5. Чешко И. Д., Галишев М. А., Шарапов С. В., Кривых Н. Н. Техническое обеспечение расследования поджогов, совершенных с применением инициаторов горения. М.: ВНИИПО МЧС России, 2002. 118 с.
6. Васильев В. П., Морозова Р. П., Кочергина Л. А. Аналитическая химия: Лабораторный практикум. М.: Дрофа, 2004. 416 с.
7. Чешко И. Д., Охотников М. А., Принцева М. Ю. и др. Обнаружение и исследование зажигательных составов, применяемых при поджогах. Методическое пособие. М.: ВНИИПО МЧС России, 2012. 90 с.
8. Васильев А. В., Кондратьева Л. В., Коваль Ю. Н. Качественный анализ. Лабораторный практикум [Текст]: учебное пособие. Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. 143 с.
9. Золотов Ю. А. Основы аналитической химии. Учебник. В 2 т. 6-е изд. М.: Издательский центр "Академия", 2014. 403 с.
10. Безрук А. И., Коваль Ю. Н. Анализ методов оценки зон загрязнения окружающей среды от пожаров // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России (Иваново, 11 декабря 2019 г.). Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 290—294.
11. Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н. Рентгенографический и электроннооптический анализ: учеб. пособие для вузов. 4-е изд. М.: МИСИС, 2002. 360 с.
12. Рид С. Дж. Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия. М.: Техносфера, 2008. 232 с.
13. Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа: Учебник. М.: Мир, 1997. 424 с.

L. V. Kondratieva, Lecturer, e-mail: telez@rambler.ru,

Yu. N. Koval, Associate Professor, e-mail: a_yulya@inbox.ru, Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory

Express by the Method for Determining at Scene of Fire of Residues of Strong Oxidants — Means of Arson

The article considers the expediency of using the express method for determining the residues of strong oxidants - arson, at the scene of a fire. The analysis of the samples subjected to combustion was carried out with the use of reactive indicator means. Oxidizer simulators were prepared in the laboratory. As a result of testing the express method for searching for oxidants, it was concluded that testing with reactive indicator means allows to establish not only the location of used strong oxidants, but also the affiliation of such substances to a particular group. The authors note the advantages of the method: efficiency, the possibility of analysis at the stage of inspection of the fire, low cost of materials used, ease of implementation, the possibility of not only a qualitative reaction, but also quantitative detection of strong oxidants.

Keywords: examination, arson, causes of fire, strong oxidants, combustion initiators, reactive indicator agents

References

1. Mikeev A. K. Podzhog: prichina pozhara i sposob soversheniya prestupleniya. *Pozharnaya bezopasnost'*. 2000. No. 1. P. 128—132.
2. Dulov A. V., Krylov I. F. Iz istorii kriminalisticheskoy ekspertizy v Rossii. Moscow: Gosurizdat, 1960. 166 p.
3. Rossijskaya E. R. Professiya — ekspert. Moscow: Yurist, 1999. 192 p.
4. Taubkin S. I. Pozhar i vzryv, osobennosti ih ekspertizy. Moscow: VNIIPo, 1999. 600 p.
5. Cheshko I. D., Galishev M. A., Sharapov S. V., Krivyh N. N. Tekhnicheskoe obespechenie rassledovaniya podzhogov, sovershennyh s primeneniem iniciatorov goreniya. Moscow: VNIIPo, 2002. 118 p.
6. Vasil'ev V. P., Morozova R. P., Kochergina L. A. Analiticheskaya himiya. *Laboratornyj praktikum*. Moscow: Drofa, 2004. 416 p.
7. Cheshko I. D., Ohotnikov M. A., Princeva M. Yu. et al. Obnaruzhenie i issledovanie zazhigatel'nyh sostavov, primenyemyh pri podzhogah. *Metodicheskoe posobie*. Moscow: VNIIPo. 2012. 90 p.
8. Vasil'ev A. V., Kondrat'eva L. V., Koval' Yu. N. Kachestvennyj analiz. *Laboratornyj praktikum: uchebnoe posobie*. Zheleznogorsk: Sibirskaya pozharno-spatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2021. 143 p.
9. Zolotov Yu. A. Osnovy analiticheskoy himii. *Uchebnik*. V 2 vol. 6-e izd. Moscow: Izdatel'skij centr "Akademiya", 2014. 403 p.
10. Bezruk A. I., Koval' Yu. N. Analiz metodov ocenki zon zagryazneniya okruzhayushchej sredy ot pozharov // *Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii*. Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 370-j godovshchine obrazovaniya pozharnoy ohrany Rossii (Ivanovo, 11 dekabrya 2019 g.). Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019. P. 290—294.
11. Gorelik S. S., Skakov Yu. A., Rastorguev L. N. Rentgenograficheskij i elektronnoopticheskij analiz: ucheb. posobie dlya vuzov. 4-e izd. Moscow: MISIS, 2002. 360 p.
12. Rid S., Dzh. B. Elektronno-zondovyy mikroanaliz i rastrovaya elektronnyaya mikroskopiya. Moscow: Tekhnosfera, 2008. 232 p.
13. Kunc U., Shvedt G. Osnovy kachestvennogo i kolichestvennogo analiza: *Uchebnik*. Moscow: Mir, 1997. 424 p.

УДК 378.147.88

В. П. Малышев, канд. техн. наук, доц., e-mail: vmalyshev45@bk.ru,
С. О. Кабалоев, магистр, e-mail: kabaloeff.stas@mail.ru,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О создании виртуальной лабораторной работы по радиационной безопасности

Рассмотрена методика создания виртуальных лабораторных работ по радиационной безопасности на основе физических процессов, происходящих при взаимодействии ионизирующих излучений и окружающей среды, с использованием современных языков программирования. Представлен наглядный стенд виртуальной лабораторной работы по исследованию свойств гамма-излучения, включающий в себя реальные измерительные приборы. Приведены снятые с помощью стенда характеристики гамма излучения как при отсутствии защитных материалов различного вида, так и при их наличии. Показана перспективность использования таких работ при дистанционной форме обучения, а также при наличии каких-либо ограничений.

Ключевые слова: радиационная безопасность, ионизирующие излучения, экспозиционная доза, виртуальная лабораторная работа, языки программирования

Введение

Одной из важных сторон высококачественного образовательного процесса является наличие лабораторного практикума, позволяющего как будущему специалисту, так и повышающему квалификацию работнику получить навыки обращения с измерительной аппаратурой, понять сущность физических, химических и других процессов [1]. Лабораторные работы, как правило, выполняются с помощью реальных стендов, в состав которых входят различные, часто дорогостоящие приборы. Кроме того, реальные лабораторные работы имеют целый ряд других недостатков, отмеченных в литературе [2–8], в частности, при исследовании свойств ионизирующих излучений существует целый ряд ограничений (см. Постановление Правительства РФ от 2 апреля 2012 г. № 278 "О лицензировании деятельности в области использования источников ионизирующего излучения" и требования Федерального закона "О радиационной безопасности населения" № 3-ФЗ от 09.01.1996). Поэтому в последнее время все большее внимание привлекает использование виртуального лабораторного практикума, обладающего целым рядом преимуществ по сравнению с реальными лабораторными работами [3–8].

Виртуальная лабораторная работа — это совокупность различных программ, которая предоставляет возможность проведения возможных исследований при отсутствии контакта с настоящей установкой или даже без нее. В настоящее время разработчики виртуальных лабораторных работ для их создания базируются на универсальных программных пакетах, например программах LabVIEW фирмы National Instruments, или на базе специализированных предметно-ориентированных программных пакетах, которые предназначены для относительно ограниченного набора обучающихся областей, например, программы Multisim фирмы Electronics Workbench, используемой для создания электрических и электронных схем.

Создание виртуальных лабораторных работ на основе Java-апплетов позволяет использовать графический режим программирования. Процесс создания Java-апплетов достаточно масштабный. Он громоздок и нуждается в кодовом программировании, хотя и позволяет уменьшить объем памяти. Виртуальные лабораторные работы, созданные на основе объектно-ориентированных языков программирования, например группы языков C, Python имеют ряд сложностей. Для выполнения виртуальных лабораторных работ, необходимо использовать дополнительные визуализаторы и иметь навыки программирования.



При этом спектр работ, которые могут быть выполнены с помощью перечисленных языков программирования, не имеет ограничений, так как каждая работа создается с нуля на своей базе и не ограничена функционалами используемой среды. Этот способ является наиболее трудоемким, но перспективным [6].

Широкое применение получила реализация виртуальных лабораторных работ с использованием веб-технологий на основе программных языков HTML, JavaScript, PHP, Python, Ruby, Perl и других серверных языков [6]. Этот способ выполнения виртуальных лабораторных работ является одним из наиболее перспективных и часто используемых в связи с простотой реализации и возможностью широкого распространения.

Виртуальные лабораторные работы, реализованные с помощью веб-технологий, созданы специально для использования на сервере и в большинстве своем имеют единую систему управления базой данных, что позволяет без перегрузки выполнять большое количество таких работ. Кроме того, они могут функционировать без постоянного подключения к интернету. Спектр использования виртуальных лабораторных работ ограничен лишь потребительскими мощностями приложения и способностями разработчика. При создании приложений возможно использование 3D-моделей для формирования наглядности изучаемого процесса и визуализации элементов лабораторной работы, для знакомства пользователей с реальными приборами.

Цель исследования: разработка виртуальной лабораторной работы, посвященной изучению ионизирующих излучений.

Материалы и методы

За основу создаваемой виртуальной лабораторной работы по разделу "Радиационная безопасность" в Санкт-Петербургском политехническом университете была выбрана существовавшая ранее лабораторная работа, в составе которой были источник гамма-излучения (радионуклид ^{60}Co с энергией гамма-излучения 1,17 МэВ) и устройство регистрации экспозиционной дозы СРП-68-01, а также набор пластин, выполненных из различного материала, предназначенных для ослабления уровня ионизирующего излучения. При выполнении этой работы студенты познакомились со свойствами, природой, характеристиками ионизирующего излучения, их воздействием на организм человека.

Создание виртуальной лабораторной работы происходило в несколько этапов. Сначала был проведен теоретический анализ взаимодействия гамма-излучения с окружающей средой в зависимости от ее характеристик и расстояния до облучаемого объекта. Затем было проведено моделирование данной лабораторной работы. При прохождении ионизирующего излучения до регистрирующего устройства протекают два основных процесса.

Первый процесс — это рассеивание излучения, подчиняющееся закону обратных квадратов. При этом для расчета экспозиционной дозы $D_{\text{экс}}$ в зависимости от расстояния R использовалось соотношение:

$$D_{\text{экс}}(R) = \frac{D(0)}{4\pi R^2} \exp(\mu d) + D_{\text{ф}},$$

где $D_{\text{ф}}$ — фоновое значение экспозиционной дозы среды; μ — коэффициент ослабления гамма-квантов; d — толщина материала, с которым происходит взаимодействие пучка гамма-квантов.

Второй процесс — это поглощение гамма-излучения средой, с которой она взаимодействует. Ослабление гамма-излучения определяется по соотношению

$$N_{\gamma}(d) = N_{\gamma}(0) \exp(\mu d),$$

где N_{γ} — число гамма-квантов.

При энергии гамма-квантов до 10 МэВ ослабление происходит вследствие трех процессов — фотоэффекта, комптоновского рассеяния и образования электрон-позитронных пар [10]. Коэффициент ослабления гамма-квантов μ зависит от природы вещества, с которым происходит взаимодействие, в частности, его молекулярной массы, и от энергии гамма-квантов, взаимодействующих с веществом, от толщины материала, с которым происходит взаимодействие пучка гамма-квантов. Величина коэффициента ослабления μ в зависимости от энергии излучения W и материала среды, используемой при разработке лабораторной работы, приведена в таблице [1].

Поскольку прибор СРП-68-01 позволяет измерять скорость счета импульсов, то при изменении плотности потока гамма-квантов за слоем защитного материала используется соотношение

$$n - n_{\text{ф}} = (n_0 - n_{\text{ф}}) \exp(-\mu d),$$

где n — скорость счета импульсов тока при наличии защитного материала толщиной d , имп/с;

Линейный коэффициент ослабления гамма-излучения μ

W, МэВ	μ , см ⁻¹				
	Свинец	Вода	Алюминий	Железо	Воздух
0,10	65,0	0,171	0,455	2,91	$2,00 \cdot 10^{-4}$
0,20	11,1	0,137	0,328	1,15	$1,59 \cdot 10^{-4}$
0,50	1,80	0,0966	0,227	0,661	$1,12 \cdot 10^{-4}$
1,0	0,798	0,0279	0,165	0,471	$8,21 \cdot 10^{-5}$
2,0	0,518	0,0493	0,116	0,334	$5,74 \cdot 10^{-5}$
5,0	0,480	0,0302	0,0761	0,247	$3,54 \cdot 10^{-5}$
10	0,552	0,0220	0,0619	0,233	$2,62 \cdot 10^{-5}$
50	0,915	0,0166	0,0616	0,299	$2,08 \cdot 10^{-5}$

n_{ϕ} — скорость счета импульсов тока за пределами зоны влияния источника излучения, т. е. фона, имп/с; n_0 — скорость счета импульсов тока без защитного материала на расстоянии R .

Далее прибор переключается на измерение плотности потока гамма-квантов при взаимодействии с различными защитными материалами. Для изучения зависимости мощности экспозиционной дозы от расстояния источника излучения гамма-квантов до трубки сцинтилляционного детектора, производится удаление или приближение трубки детектора к источнику излучения гамма-квантов.

Исходя из приведенных выше соображений, в дальнейшем для разработки виртуальной лабораторной работы необходимо создать объемные модели лабораторных работ, их компилирование и компилирование физических процессов. Для моделирования 3D-моделей используемых объектов применено решение компании Autodesk Maya, которое предназначено для разработки реалистичных персонажей, придания формы 3D-объектам. Используя программно-аппаратный комплекс Maya, была разработана 3D-модель сцинтилляционного геологоразведочного прибора СРП-68-01. Моделирование прибора в программно-аппаратном комплексе Maya проводится поэтапно.

Первым этапом является определение размеров моделируемого объекта и воссоздание грубых болванок для модели. Второй этап — это анализ составных частей, использующихся в лабораторной работе, т. е. анализируется каждая часть объекта, определяются размеры составной части, ее местоположение и назначение.

Третий этап — это моделирование составных частей в соответствии с проведенным анализом размеров и формы изделий. В качестве

инструмента для моделирования выбран высокополигональный способ, который подразумевает разбижку объекта на небольшие полигоны с возможностью деформирования и изменения их. После построения удовлетворяющей модели производится удаление излишних полигонов для увеличения скорости обработки моделей в виртуальной лабораторной работе.

Четвертый этап — это создание материалов для каждого объекта. Для каждого элемента объекта создается материал и присваивается материал объекту. Материалы представлены в виде ячеек с различными свойствами материала, а именно возможно присвоение различных текстур, настройка прозрачности, глубины тени, цвета материала, гладкости материалов и степени отражения поступающих пучков света и многое другое.

Пятый этап — компилирование всех составных частей моделируемого прибора, а также других объектов, используемых в виртуальной лабораторной работе: пластины стекла, железа, алюминия, свинца и источника гамма-квантов.

После создания 3D-модели частей установки и их компилирования необходимо провести компилирование физических процессов с 3D-объектами и провести настройку интерфейса приложения.

Для настройки взаимосвязи 3D-объектов с физическими процессами в лабораторной работе используется объектно-ориентированный язык программирования C Sharp. А для размещения и создания виртуальной лабораторной работы со всеми возможностями работы с 3D-объектами используется программно-аппаратный комплекс Unity3D, который позволяет создавать и моделировать различные программы и игры. Отличительной особенностью комплекса Unity3D является простота использования, кроссплатформенность и возможность построения и перестроения разрабатываемой программы в соответствии с используемым интерфейсом.

Разработанные 3D-объекты виртуальной лабораторной работы были перемещены в комплекс Unity3D из редактора 3D-объектов Maya через импортируемый формат Fbx. После импорта в Unity3D производится корректировка визуальной части, регулируются оттенки материалов, тени и освещение в лабораторной работе. А затем производится настройка работы системы, настраиваются процессы, протекающие в ней, и интерфейс, представленный на рис. 1. Настройка работы системы производится с использованием объектно-ориентированного языка

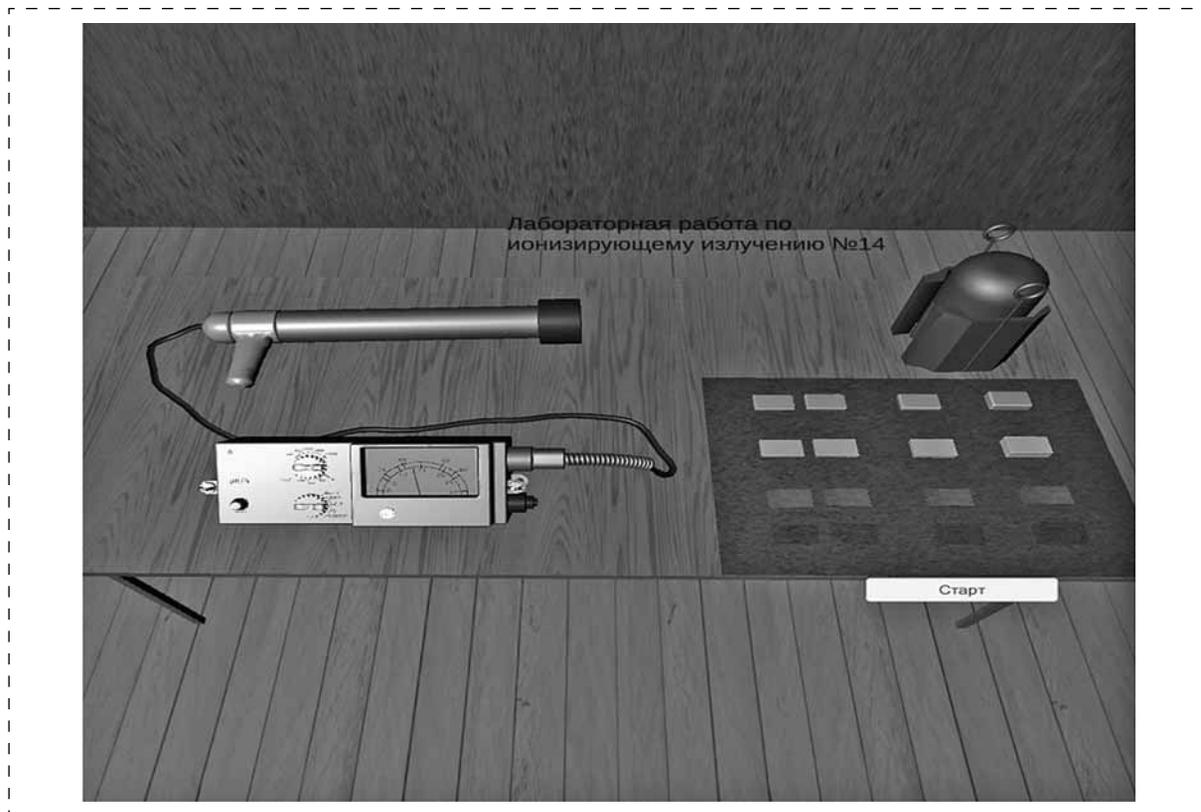


Рис. 1. Виртуальная лабораторная работа по ионизирующему излучению

программирования C Sharp. В данной лабораторной работе производилась настройка изменения объектов в пространстве и отслеживания их положения, это в основном касается пластин, используемых для исследования ослабления излучения гамма-квантов и трубки детектора прибора. Также производилась настройка режимов работы измерительного прибора. Кроме настройки режимов работы прибор позволяет считывать плотности потока энергии и мощности экспозиционной дозы с различными пределами измерений. Для каждого режима лабораторной работы производится внутреннее перестроение под выбранный предел измерений.

В режиме исследования плотности потока энергии применяются различные материалы для изучения ослабления пучка гамма-квантов в зависимости от используемого материала и его толщины. В лабораторной работе представлена возможность выбора четырех видов материала разной толщины. После создания физической модели лабораторной работы производится привязка физических процессов, протекающих в этой работе к 3D-объектам виртуальной лабораторной работы, и отображение получаемых данных в измерительной шкале прибора СРП-68-01.

Для практического выполнения виртуальной лабораторной работы необходимо провести конвертацию и экспорт программы под необходимые платформы, в которых будет выполняться лабораторная работа. Используемая программа для разработки виртуальной лабораторной работы в своем базовом функционале позволяет экспортировать разработанную виртуальную лабораторную работу на стационарные компьютеры со стандартными операционными системами, такими как Microsoft, Mac OS и некоторые из Linux. Кроме того, система позволяет экспортировать виртуальную лабораторную работу на серверы или преобразовать под веб-серверное приложение, которое смогли бы в дальнейшем использовать студенты через ссылку и выполнять работу без установки в системе.

Результаты

Проведенные испытания созданной виртуальной лабораторной работы позволили сделать вывод, что с помощью созданной лабораторной работы можно исследовать зависимость мощности экспозиционной дозы в мкР/ч, создаваемой

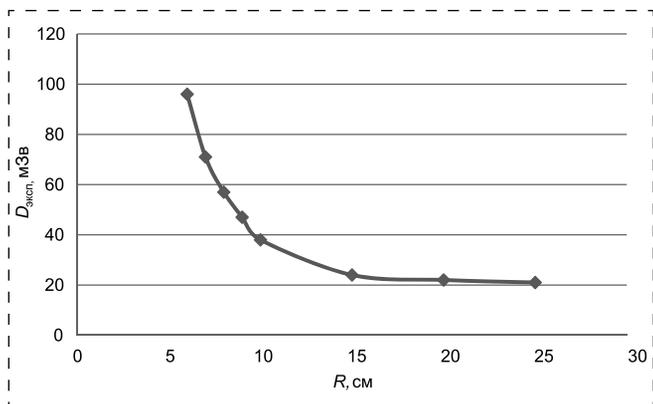


Рис. 2. Зависимость экспозиционной дозы $D_{\text{эксп}}$ от расстояния R (для пластины из Al толщиной $d = 2$ см)

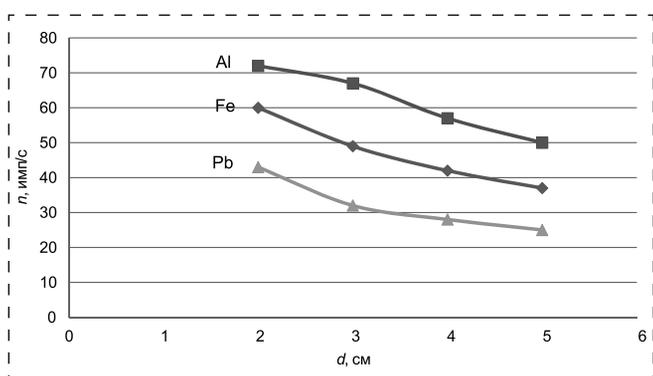


Рис. 3. Зависимости потока гамма-квантов n от толщины пластин защитного материала d (при $n_0 = 91$ имп/с и $n_{\phi} = 19$ имп/с)

источником ионизирующего излучения, от расстояния. В режиме исследования потока гамма-излучения в имп/с применялись различные материалы (четыре вида) для измерения ослабления пучка гамма-квантов в зависимости от используемого материала и его толщины. Полученные виртуальные экспериментальные результаты приведены на рис. 2 и 3.

Показанные на рисунках зависимости подтверждают теоретические выводы и совпадают с результатами экспериментальных исследований, проведенных ранее на реальной физической установке.

Заключение

В результате выполненной работы был проведен анализ программно-аппаратных средств для создания виртуальных лабораторных работ. На основе проведенного анализа программно-аппаратных средств был выбран объектно-ориентированный язык программирования C Sharp

и программа Maya для разработки 3D-объектов виртуальной лабораторной работы. Показано, что с использованием языка программирования C Sharp и визуализатора объектов Maya могут быть созданы различные виртуальные лабораторные работы и исследованы любые физические, химические и другие процессы.

Был проведен пошаговый анализ создания виртуальной лабораторной работы по исследованию характеристик ионизирующего гамма-излучения на основе преобразования реальной лабораторной работы в виртуальную. В ходе работы были проанализированы визуальные и физические данные используемого в реальной работе стенда и впоследствии были разработаны 3D-объекты для компилирования с физическими процессами, протекающими в лабораторной работе. Созданная виртуальная работа в полной мере отражает эти процессы. Также знакомит пользователей с приборами, используемыми на практике. Для смоделированной виртуальной лабораторной работы было разработано методическое пособие с пошаговыми действиями для ее выполнения. Использование представленной методики позволяет расширить возможности лабораторной работы, в частности, проводить исследование других видов ионизирующих излучений, свойств защитных материалов и т. д.

Список литературы

1. Ефремов С. В., Малаян К. Р., Малышев В. П. и др. Безопасность жизнедеятельности. Техносферная безопасность. Санкт-Петербург: Издательство СПбПУ, 2016.
2. Верховский И. А. Виртуальные лабораторные работы в техническом университете. Томск: Изд. Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2017.
3. Гавронская Ю. Ю., Оксенчук В. В. Методика создания виртуальных лабораторных работ по химии. Санкт-Петербург: Изд. Российский государственный педагогический университет им А. И. Герцена, 2010.
4. Рамазанова Г. Г. Преимущества и недостатки использования виртуальных лабораторных работ по физике. Балашиха: Изд. Российский государственный аграрный заочный университет, 2016.
5. Никулина Т. В., Стариченко Е. Б. Виртуальные образовательные лаборатории: принципы и возможности. Екатеринбург: Изд. УГПУ, 2014.
6. Трухин А. В. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании. Томск: Изд. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014.
7. Кабалоев С. О., Логвинова Ю. В., Малышев В. П. Использование виртуального лабораторного практикума по направлению "Техносферная безопасность" как сред-



ства повышения качества учебного процесса // Вестник МАНЭБ. 2018. № 3.

8. **Кабалоев С. О., Малышев В. П.** О создании виртуально-лабораторного практикума по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" // Материалы Всероссийской

конференции "Техносферная безопасность как комплексная научная и образовательная проблема". СПб., 2018.

9. **Голиков И. Г.** Лекции по дозиметрии и защите. СПб.: Изд. Санкт-Петербургский политехнический университет, 2016. 150 с.

V. P. Malyshev, Associate Professor, e-mail: vmalyshev45@bk.ru,
S. O. Kabaloev, Magistr, e-mail: kabaloeff.stas@mail.ru, Saint-Petersburg Polytechnical University

On the Creation of a Virtual Laboratory Workshop on Radiation Safety

The method of creating virtual laboratory works on radiation safety on the basis of physical processes occurring during the interaction of ionizing radiation and the environment, using modern programming languages, is presented. A visual stand has been developed, which includes real measuring devices, virtual laboratory work on the study of the properties of gamma radiation. The characteristics of gamma radiation taken with the help of the stand are given, both in the absence of protective materials of various types, and in their presence. The prospects of using such works in the distance learning form, as well as in the presence of any restrictions, are shown.

Keywords: radiation safety, ionizing radiation, exposure dose, virtual laboratory work, programming languages

References

1. **Efremov S. V., Malayan K. R., Malyshev V. P.** et al. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. Tekhnosfernaya bezopasnost'. Laboratornyj praktikum. Saint-Petersburg: Izdatel'stvo SPbPU, 2016.
2. **Verhovskij I. A.** Virtual'nye laboratornye raboty v tekhnicheskoy universitete. Tomsk: Izd. Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politekhnicheskij universitet, 2017.
3. **Gavronskaya Yu. Yu., Oksenchuk V. V.** Metodika sozdaniya virtual'nykh laboratornykh rabot po himii. Sankt-Peterburg: Izd. Rossijskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet im A. I. Gercena, 2010.
4. **Ramazanov G. G.** Preimushchestva i nedostatki ispol'zovaniya virtual'nykh laboratornykh rabot po fizike. Balashiha: Izd. Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet, 2016.
5. **Nikulina T. V., Starichenko E. B.** Virtual'nye obrazovatel'nye laboratorii: principy i vozmozhnosti. Ekaterinburg: Izd. UGPU, 2014.
6. **Truhin A. V.** Ob ispol'zovanii virtual'nykh laboratorij v obrazovanii. Tomsk: Izd. Tomskij gosudarstvennyj universitet sistem upravleniya i radioelektroniki, 2014.
7. **Kabaloev S. O., Logvinova Yu. V., Malyshev V. P.** Ispol'zovanie virtual'nogo laboratornogo praktikuma po napravleniyu "Tekhnosfernaya bezopasnost'" kak sredstva povysheniya kachestva uchebnogo processa. Vestnik MANEB. 2018. No. 3.
8. **Kabaloev S. O., Malyshev V. P.** O sozdanii virtual'nogo laboratornogo praktikuma po discipline "Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti". Materialy Vserossijskoj konferencii "Tekhnosfernaya bezopasnost' kak kompleksnaya nauchnaya i obrazovatel'naya problema". Saint-Petersburg, 2018.
9. **Golikov I. G.** Lekcii po dozimetrii i zashchite. Izd. Saint-Peterburgskij politekhnicheskij universitet. Saint-Petersburg, 2016. 150 p.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, ул. Матросская Тишина, д. 23, стр. 2., оф. 45

Телефон редакции журнала 8 (499) 270-16-52, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

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

Сдано в набор 08.11.21. Подписано в печать 22.12.21. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ122.

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

К статье С. Ю. Маринина,
Н. М. Кирюниковой, Э. Д. Лесовой
«ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ
УЧЕБНОГО КОРПУСА КубГТУ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО
ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ»

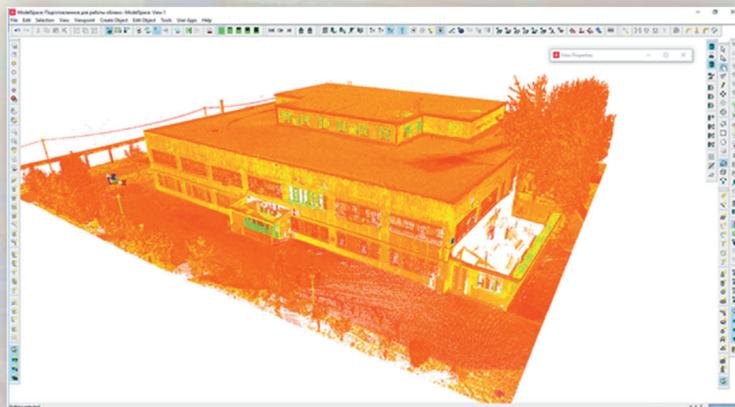


Рис. 1. Итоговое подготовленное к работе облако точек

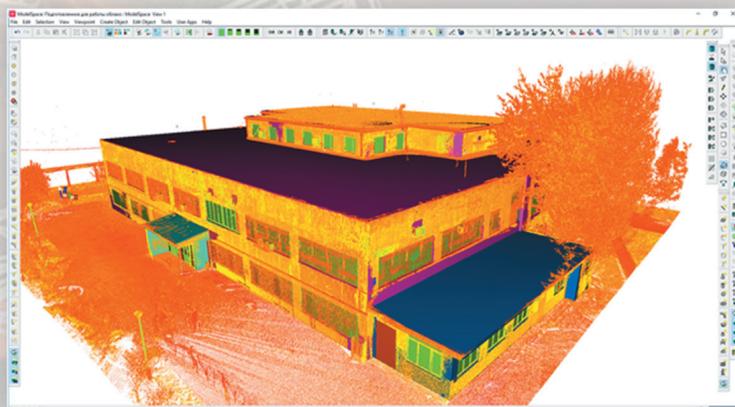


Рис. 2. 3D-модель объекта,
совмещённая с облаком точек

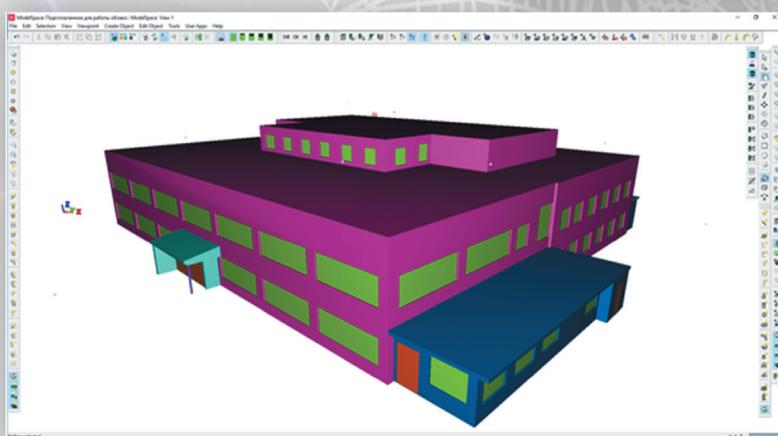


Рис. 3. Итоговая
3D-модель объекта

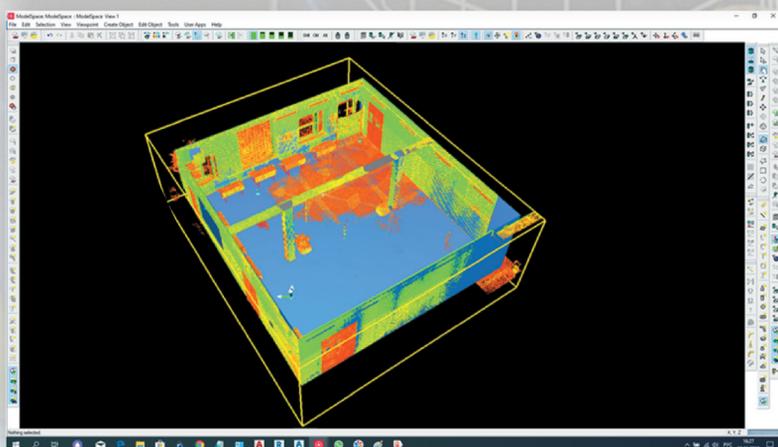
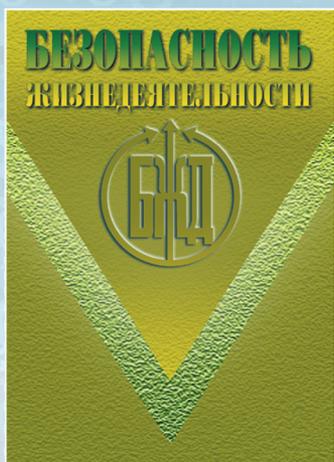


Рис. 4. Модель холла учебного
корпуса «В» КубГТУ

Издательство «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» выпускает научно-технические журналы

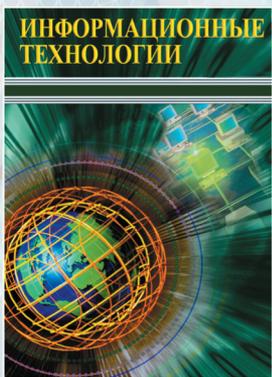


Научно-практический и учебно-методический журнал

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В журнале освещаются достижения и перспективы в области исследований, обеспечения и совершенствования защиты человека от всех видов опасностей производственной и природной среды, их контроля, мониторинга, предотвращения, ликвидации последствий аварий и катастроф, образования в сфере безопасности жизнедеятельности.

Подписной индекс по Объединенному каталогу
«Пресса России» – 79963



Ежемесячный теоретический
и прикладной научно-
технический журнал

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития основных направлений в области разработки, производства и применения информационных технологий.

Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 72656

Междисциплинарный
теоретический и прикладной
научно-технический журнал

НАНО- и МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития нано- и микросистемной техники, рассматриваются вопросы разработки и внедрения нано микросистем в различные области науки, технологии и производства.



Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 79493



Ежемесячный теоретический
и прикладной
научно-технический журнал

МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

В журнале освещаются достижения в области мехатроники, интегрирующей механику, электронику, автоматизацию и информатику в целях совершенствования технологий производства и создания техники новых поколений. Рассматриваются актуальные проблемы теории и практики автоматического и автоматизированного управления техническими объектами и технологическими процессами в промышленности, энергетике и на транспорте.

Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 79492

Теоретический
и прикладной
научно-технический журнал

ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

В журнале освещаются состояние и тенденции развития основных направлений индустрии программного обеспечения, связанных с проектированием, конструированием, архитектурой, обеспечением качества и сопровождением жизненного цикла программного обеспечения, а также рассматриваются достижения в области создания и эксплуатации прикладных программно-информационных систем во всех областях человеческой деятельности.



Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 22765

Адрес редакции журналов для авторов и подписчиков:

107076, Москва, ул. Матросская Тишина, д. 23, стр. 2, оф. 45. Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ".

Тел.: (499) 270-16-52. E-mail: antonov@novtex.ru