



Научно-технический журнал  
Издается с 2013 года.  
Выходит четыре раза в год.  
**№4(12), 2015**  
**(октябрь-декабрь)**

Главный редактор  
**Ильичев В.А.** академик РААСН,  
д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора  
**Емельянов С.Г.** д-р техн. наук, проф.  
**Колчунов В.И.** акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.

Редколлегия

**Азаров В.Н.** д-р техн. наук, проф.  
**Акимкин Е.М.** канд. социол. наук  
**Алексашина В.В.** д-р архитектуры, проф.  
**Асеева И.А.** д-р филос. наук, проф.  
**Бакаева Н.В.** д-р техн. наук, доц.  
**Бок Т.** д-р техн. наук, проф. (Германия)  
**Брандль Х.** д-р техн. наук, проф. (Австрия)  
**Бредихин В.В.** д-р экон. наук, доц.  
**Булгаков А.Г.** д-р техн. наук, проф.  
**Волков А.А.** д-р техн. наук, проф.  
**Гордон В.А.** д-р техн. наук, проф.  
**Егорушкин В.А.** канд. с.-х. наук., доц.  
**Ежов В.С.** д-р техн. наук, проф.  
**Клюева Н.В.** д-р техн. наук, проф.  
**Кобелев Н.С.** д-р техн. наук, проф.  
**Леднев В.И.** д-р техн. наук, проф.  
**Лисеев И.К.** д-р филос. наук, проф.  
**Неделин В.М.** проф.  
**Осинов В.И.** акад. РАН, д-р техн. наук, проф.  
**Пилипенко О.В.** д-р техн. наук, проф.  
**Сергейчук О.В.** д-р техн. наук, проф. (Украина)  
**Теличенко В.И.** акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.  
**Тихонов А.В.** д-р социол. наук, проф.  
**Тур В.В.** д-р техн. наук проф. (Белоруссия)  
**Федоров В.С.** д-р техн. наук, проф.  
**Чернышов Е.М.** акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.  
**Шах Р.** д-р техн. наук, проф. (Германия)  
**Шубин И.Л.** д-р техн. наук, проф.

Ответственные за выпуск  
**Плотников В.В.** докт. техн. наук  
**Цублова Е.Г.** докт. биол. наук

Адрес редакции  
305040, Россия, г. Курск,  
ул. 50 лет Октября, д.94  
Тел.: +7 (4712) 50-45-70, www.swsu.ru  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

Подписной индекс **94005** по объединенному каталогу  
«Пресса России»

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и  
массовых коммуникаций.

Свидетельство **ПИ № ФС77-56639**

© ЮЗГУ, 2015  
© ПГУ, 2015  
© БГИТУ, 2015  
© НИИСФ РААСН, 2015  
© МГСУ, 2015  
© ВолгГАСУ, 2015

# БИОСФЕРНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ: ЧЕЛОВЕК, РЕГИОН, ТЕХНОЛОГИИ

Учредители

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ),  
г. Курск

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» (ПГУ), г. Орел  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический  
университет» (БГИТУ), г. Брянск

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук»  
(НИИСФ РААСН), г. Москва

ФГБОУ ВО «Московский государственный строительный  
университет» (МГСУ), г. Москва

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет» (ВолгГАСУ), г. Волгоград

## Содержание

### Вопросы теории биосферной совместимости городов и поселений

**Самохова Н.А.** Закономерности распределения автотранспортных выбросов в атмосферном воздухе рекреационных территорий города ..... 3

### Экологический мониторинг, гуманитарный баланс и нормирование

**Азаров В.Н., Донцова Т.В., Хегай Д.С.** Основы балансового метода оценки поступления вредных веществ в район крупного города в рамках концепции биосферной совместимости ..... 10

**Бакаева Н.В., Калайдо А.В.** Экспериментальные исследования факторов, формирующих радиационный фон зданий ..... 20

### Биосферосовместимые технологии

**Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Левкович Ф.Н., Макеенко К.В.** Исследование причин возникновения трещин в монолитных бетонных покрытиях дорожных одежд ..... 28

**Плотников В.В., Ботаговский М.В.** Инновационные ограждающие конструкции и материалы для реализации ресурсоэнергоэффективного строительства ... 35

**Плотникова С.В., Викторов Д.А.** Влияние ограждающих конструкций на обеспечение экологической безопасности зданий ..... 45

**Ульянов А.А., Шилин Б.И.** Разработка модели обезвоживания нефтепродуктов фильтрованием в пористых средах ..... 52

### Проблемы и программы развития регионов

**Устинов М.В., Устинов М.М.** Общность и специфичность факторов при районировании лесов Брянской области ..... 58

### Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

**Ахременко С.А., Полехина С.В., Шерстюк Е.А.** Современные способы противорадионовой защиты зданий ..... 66

**Кулешов С.С., Косарев В.П., Меренков О.А., Алексейцев А.В.** Предотвращение техногенных аварий и катастроф путем экспертизы остаточного ресурса технических устройств на опасных производственных объектах ..... 73

**Нанзатоол Ю.В., Романькова Н.В., Трошина М.В., Цублова Е.Г.** Биокоррозия объектов промышленных предприятий и методы защиты от нее ..... 79

**Цыганков В.В., Кумекина В.В.** Методика расчета акустической эффективности проектируемых внутриквартальных шумозащитных зеленых насаждений .... 88

**Шишкина И.В., Матюшин Д.В.** Рекомендации по экологической реконструкции территории, находящейся в зоне влияния объектов городского транспортного строительства ..... 93

### Города, развивающие человека

**Ковалев Р.Б., Ковалев Б.И.** Размещение загородного жилого дома в лесной экосистеме с учетом динамики ее развития ..... 101

**Пилипенко О.В., Мыслишин И.С.** Направления ресурсосбережения и повышения экологической безопасности гражданских зданий ..... 106

**Уважаемые авторы!** ..... 112



Scientific and technical journal.  
The journal is published since 2013.  
The journal is published 4 times a year.

**№4(12), 2015**  
**(October-December)**

*Editor-in-chief*

**V.A. Ilyichev** *academician RAACS,  
Doc. Sc. Tech., Prof.*

*Editor-in-chief assistants*

**S.G. Yemelyanov** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**V.I. Kolchunov** *academician of the RAACS,  
Doc. Sc. Tech., Prof.*

*Editorial committee*

**V.N. Azarov** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**E. M. Akimkin** *Candidate. Sc. Socail.*

**V.V. Aleksashina** *Doc. Arc., Prof.*

**I.A. Aseeva** *Doc. Sc. Phil., Prof.*

**N.V. Bakaeva** *Doc. Sc. Tech., associate professor*

**T. Bock** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)*

**H. Brandl** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Austria)*

**V.V. Bredihin** *Doc. Sc. Econom., assoc. prof.*

**A.G. Bulgakov** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**A.A. Volkov** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**V.A. Gordon** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**V.A. Egorushkin** *Cand. of agricultural sc., assoc. prof.*

**V.S. Yezhov** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**N.V. Kljueva** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**N.S. Kobelev** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**V.I. Ledenev** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**K. I. Lisev** *Doc. Sc. Filos., Prof.*

**V.V. Nedelin** *Prof.*

**V.I. Osipov** *academician of the RAS,  
Doc. Sc. Tech., Prof.*

**O.V. Pilipenko** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**O.V. Sergeychuk** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)*

**V.I. Telichenko** *Doc. Sc. Tech., Prof.,  
academician of the RAACS*

**A. V. Tikhonov** *Doc. Sc. Socail., Prof.*

**V.V. Tur** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Belarus)*

**V.S. Fyodorov** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

**E.M. Chernyshev** *Doc. Sc. Tech., Prof.,  
academician of the RAACS*

**R. Shah** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)*

**I.L. Shubin** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

*Responsible for edition*

**V.V. Plotnikov** *Doktor Sc. Tech.*

**E.G. Tsublova** *Doktor Sc. Biol.*

*The edition address:* 305040, Kursk,

str. 50 let Otyabrya, 94

+7 (4712) 50-45-70, www.swsu.ru

E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

Journal is registered in Russian federal service for monitoring communications, information technology and mass communications

The certificate of registration: **ИИ № ФС77-56639**

© Southwest State University, 2015

© Priokskiy State University, 2015

© Bryansk state engineering and technological university, 2015

© Research institution of construction physics under the RAACS, 2015

© Moscow State University of Civil Engineering, 2015

© Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, 2015

# BIOSPHERE COMPATIBILITY: HUMAN, REGION, TECHNOLOGIES

## The founders

Federal state budget educational institution of higher education  
«Southwest State University»

Federal state budget educational institution of higher education «Priokskiy  
State University»

Federal state budget educational institution of higher education  
«Bryansk state engineering and technological university»

Research institution of construction physics under the Russian academy  
of architecture and construction sciences

Federal state budget educational institution of higher education  
«Moscow State University of Civil Engineering»

Federal state budget educational institution of higher professional education  
«Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering»

## Contents

### Questions of the theory of biospheric compatibility of the cities and settlements

**Samokhova N.A. Regularity of harmful vehicle exhaust distribution in the air of  
city recreational areas** ..... 3

### Environmental monitoring, humanitarian balance and rationing

**Azarov V.N., Doncova T.V., Khagai D.S. Basis of balance method assessment of  
harmful Substances in metropolitan areas concept by biosphere compatibility ..** 10

**Bakaeva N.V., Kalaydo A.V. Experimental study of the background radiation  
factors in buildings** ..... 20

### Biosphere technologies

**Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Levkovich F.N., Makeenko K.V. Investigation of  
causes of cracks in monolithic concrete coatings** ..... 28

**Plotnikov V.V., Botagovskiy M.V. Innovative protecting designs and materials  
for realization of resources and energy-efficient construction** ..... 35

**Plotnikova S.V., Viktorov D.A. Influence of fencing structures on ensure  
of environmental safety of buildings** ..... 45

**Ulianov A.A., Shilin B.I. Development of oil dehydration model by filtration  
in porous media** ..... 52

### Problems and programs of regions development

**Ustinov M.V., Ustinov M.M. Commonness and specificity of factors during  
Bryansk region forests' zoning** ..... 58

### Ecological safety of construction engineering and municipal services

**Akhremenko S.A., Polekhina S.V., Sherstyuk E.A. Modern methods  
protivorazgonnoy the protection of buildings** ..... 66

**Kuleshov S.S., Kosarev V.P., Merenkov O.A., Alekseytsev A.V. Determination  
of the residual of the technical device with a glance to the metal fatigue** ..... 73

**Nanzatool Yu.V., Roman'kova N.V., Troshina M.V., Tsyblova E.G. Biological  
corrosion of objects of industrial enterprises and methods protection against it** 79

**Tsygankov V.V., Kumekina V.V. Method of calculation of acoustic efficiency of  
the projected intra quarter noise-protective green plantings** ..... 88

**Shishkina I.V., Matyushin D.V. Recommendations about ecological  
reconstruction of the territory which is in the zone of influence of objects of  
city transport construction** ..... 93

### The cities developing the person

**Kovalev R.B., Kovalev B.I. Accomodation of the country youse in the forest  
ecosystem, taking into account the dynamics of its developmet** ..... 101

**Pilipenko O.V., Mysisishin I.S. The direction of resource saving and improvement  
of consumer qualities of civilian buildings**..... 106

**Dear authors!** ..... 112

# ВОПРОСЫ ТЕОРИИ БИОСФЕРНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ

УДК 712.253+712.254 : 504.054

Н.А. САМОХОВА

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА

*Рассматривается проблема загрязнения атмосферного воздуха территорий городских зеленых зон, связанного с вредными выбросами автотранспорта. Дана краткая характеристика исследуемых объектов. На разных расстояниях от автомагистрали с помощью газоанализатора определены концентрации таких вредных веществ, как диоксид азота, диоксид углерода, свинец, сажа, диоксид серы, пыль. Установлены закономерности их распространения в атмосферном воздухе. Выявлены участки, которые наиболее подвержены загрязнению. Предложено решение проблемы средозащиты городских объектов рекреации.*

**Ключевые слова:** зеленые зоны, объекты рекреации, атмосферный воздух, вредные выбросы автотранспорта, концентрация загрязняющих веществ.

Одной из главных экологических проблем крупных и крупнейших городов России является загрязнение атмосферного воздуха, в который ежегодно выбрасывается около 5–6 млн. т вредных веществ. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха поступает от автотранспорта. Так, если в 70-е годы доля загрязнения от него составляла в среднем 13%, то в настоящее время эти значения выросли до 70–80% и более. При работе двигателя внутреннего сгорания в окружающую среду выбрасываются отработавшие газы, включающие более 200 компонентов, большинство из которых токсичны (оксиды углерода, углеводороды, оксиды азота, оксиды серы, сажа, соединения свинца и др.). Вредные выбросы, в зависимости от метеорологических факторов, могут распространяться от проезжей части до 100 м и более.

Таким образом, в зону загрязнения автотранспортными выбросами попадают селитебные территории и озелененные объекты городской рекреации, находящиеся вблизи автомагистралей. Поэтому чаще всего качество среды таких территорий характеризуется сложной экологической ситуацией. Данные про-

блемы нашли отражение в научных трудах М.Д. Артамонова, Б.К. Байкова, Ю.Г. Фельдмана, А.В. Городкова, В.Н. Азарова и др. Но, в большинстве случаев, в этих исследованиях были получены обобщенные данные по экологической ситуации города или по транспортно-магистральным территориям. Для городских объектов культурного озеленения (скверов, городских садов, малых парков) таких данных недостаточно. Поэтому исследование уровня загрязнения атмосферного воздуха озелененных объектов рекреации, примыкающих к одной или нескольким автотранспортным магистралям, является довольно актуальным.

Исследования проводились в г. Брянске, крупном административном и промышленном центре Брянской области. В условиях существующей планировки города большая часть объектов рекреации находится в зоне воздействия вредных автотранспортных выбросов. Как показывает практика, различные научно-технические лаборатории или отдельные ученые занимаются в основном мониторингом уровня загрязнения территорий, находящихся в зоне влияния промышленных предприятий. Работы по исследова-

нию воздушного бассейна зеленых зон города, испытывающих на себе автотранспортную нагрузку, как правило, не проводятся.

Целью данного исследования является определение концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе озелененных объектов городской рекреации, находящихся в зоне воздействия автотранспортного потока.

Задачи исследования:

- 1) выбор озелененных объектов рекреации;
- 2) установление планировочного размещения объектов рекреации по отношению к источникам загрязнения;
- 3) измерение концентраций основных вредных веществ;
- 4) камеральная обработка данных и их анализ.

При выборе объектов для исследования принимали во внимание следующие параметры: тип примыкания к автомагистрали; интенсивность автотранспортного потока; отведенная под озеленение площадь; плотность посадки древесных на-

саждений. Таким образом, было выбрано 17 объектов городских рекреационных территорий. В качестве контрольного участка, который не испытывает воздействие автотранспорта, была взята небольшая территория поймы реки Болвы.

В таблице 1 представлены наименования и характеристики нескольких объектов. Нормы площадей, отведенных под озеленение территории, в большинстве случаев соблюдаются. При этом плотность посадки древесных насаждений является недостаточной, а кустарниковый ярус практически полностью отсутствует.

По фактору интенсивности автомобильного потока было установлено, что наибольшую нагрузку испытывают участки, примыкающие к нескольким оживленным магистралям. Так, наиболее интенсивное движение в часы пик было отмечено на уровне почти 5000 автомобилей в час (проспект Московский). На других автомагистралях города эти значения находятся в пределах 600–3000 автомобилей в час.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

Наименование объекта	Общая площадь, га	Площадь озеленения объекта, %	Плотность зеленых насаждений, шт./га	Тип примыкания к автомагистрали	Автомагистраль - интенсивность транспортного потока, шт./час
парк им. А.С. Пушкина	6,0	96,0	42	одностороннее	ул. Майской Стачки - 550
парк «Юность»	3,0	77,0	94	двустороннее	ул. Никитина – 1420 ул. Пушкина - 830
сквер Металлургов	1,9	85,3	59	одностороннее	ул. Литейная - 2370
сквер им. И.К. Гайдукова	0,9	83,0	176	одностороннее	ул. Красноармейская - 2550
сквер им. Ф.И. Тютчева	0,7	71,4	144	двустороннее	пр-т Ленина 1860 ул. Фокина - 1632

*Примечание: 78 % - баланс территории под озеленение для общегородских ПКиО; 69 % - баланс территории под озеленение для скверов; 120-170 шт./га – парки; 100-130 шт./га – скверы [3]*

Исследования проводились в июне-августе 2015 г. при помощи газоанализатора ГАНК-4 (газоанализатор автоматического непрерывного контроля), принцип действия которого основан на оптоносpectрометрическом методе измерений со сменной химкассетой. Ком-

плектация данного прибора позволила провести измерения концентраций таких вредных выбросов, как диоксид азота (NO<sub>2</sub>), диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), свинец (Pb), сажа (C), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), а также пыль, которая поднимается с проезжей части при движении автомобилей.

Дни измерений выбирали таким образом, чтобы господствующий ветер был направлен от магистрали в сторону парка, скорость его составляла в среднем 2–4 м/с, помимо этого исключались измерения в пасмурные дни с высокой влажностью, температура воздуха и атмосферное давление находились приблизительно в одних пределах. Газоанализатор находился в висячем положении на ремне у оператора на уровне 1,5 м от поверхности земли. В процессе забора воздуха прибор работал в режиме «Непрерывные измерения» – для выполнения измерений от момента включения до момента остановки пользователем. Во всех установленных точках по каждому от-

дельно взятому веществу в часы «пик» было проведено по три серии измерений, каждая серия при этом состояла из трех-пяти рабочих измерений. В результате проведенной работы были выявлены максимально разовые концентрации принятых к исследованию шести компонентов, находящихся в атмосферном воздухе вблизи проезжей части и на расстоянии от нее, с удалением вглубь территории исследуемого объекта. Полученные данные были переведены в доли ПДК<sub>м.р.</sub> [1] – предельно допустимой максимально разовой концентрации, на основании чего были определены зоны загрязнений исследуемых территорий (табл. 2).

Таблица 2 – Уровень загрязнения воздушного бассейна озелененных объектов рекреации диоксидом азота и углекислым газом с указанием зоны воздействия

Наименование объекта	Концентрация NO <sub>2</sub> (доли ПДК <sub>м.р.</sub> ) - загрязняемая площадь (%)		Концентрация CO <sub>2</sub> (доли ПДК <sub>м.р.</sub> ) - загрязняемая площадь (%)
	превышенная	предпороговая	предпороговая
парк им. А.С. Пушкина	>5 ПДК – 100	-	-
парк Железнодорожников	1...3 ПДК – 77	0,8...0,9 ПДК – 23	0,5...0,7 ПДК – 18
парк «Майский»	4,7...>5 ПДК – 100	-	-
парк «Юность»	1,1...4,8 ПДК – 62	0,6...1 ПДК – 23	-
парк «Металлург»	-	0,5 ПДК – 30	-
парк им. А.К. Толстого	4...>5 ПДК – 100	-	-
сквер «Пролетарский»	4,5...>5 ПДК – 60	0,8...0,95 ПДК – 40	0,6 ПДК – 20
сквер Metallургов	1,1...3 ПДК – 36	0,7...0,8 ПДК – 64	0,6...0,7 ПДК – 18
сквер им. П.М. Камозина	>5 ПДК – 100	-	-
сквер им. И.К. Гайдукова	>5 ПДК – 100	-	0,5 ПДК – 20
сквер им. Ф.И. Тютчева	>5 ПДК – 100	-	0,5 ПДК – 33
сквер Энергетиков	0,7 ПДК – 100	-	-
сквер БГИТУ	>5 ПДК – 45	0,7...0,8 ПДК – 37	-
сквер на бульваре Щорса	3,2...3,3 ПДК – 100	-	-
сквер им. В.И. Ленина	2...3,6 ПДК – 68	0,55 ПДК – 15	-
сквер у завода «Литий»	1,2 ПДК – 25	0,6 ПДК – 75	0,5 ПДК – 15
сквер у монумента «Паровоз»	>5 ПДК – 100	-	-
пойма р. Болва	-	-	-

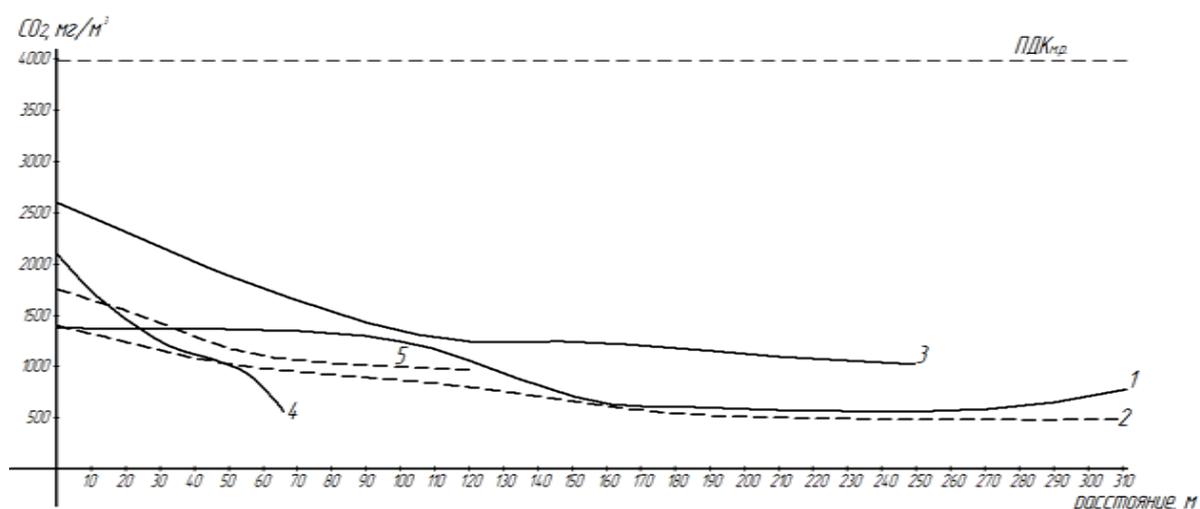
Так, результаты исследований показали, что концентрации SO<sub>2</sub>, Pb, сажи и пыли по всем объектам оказались значительно ниже уровня ПДК<sub>м.р.</sub>. Не превысили установленный норматив и концентрации диоксида углерода CO<sub>2</sub>, которые

в среднем по объектам составили не более 0,4 ПДК<sub>м.р.</sub> (рис. 1). Однако, концентрации данного газа оказались предпороговыми в атмосферном воздухе шести объектов (0,5–0,7 ПДК<sub>м.р.</sub>), с площадью загрязнения территории от 15 до 33%. Диоксид углерода является не токсич-

ным, но вредным веществом в связи с регистрируемым повышением его концентрации в атмосферном воздухе в целом и его влиянием на изменение климата. По некоторым данным, даже небольшой процент содержания диоксида азота во вдыхаемом воздухе вызывает негативные биохимические процессы в крови человека, затрудняет дыхание, способствует возникновению слабости и других функциональных расстройств.

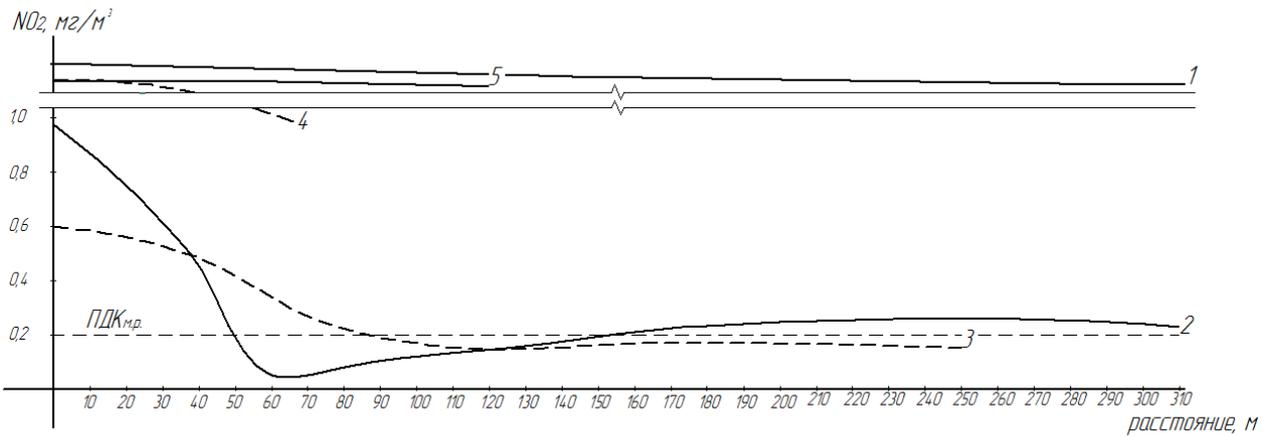
Концентрации  $\text{NO}_2$  оказались превышенными в атмосферном воздухе пятнадцати объектов, причем приземный воздух восьми из них загрязнен на всей территории, еще трех – на 60 % территории (рис. 2). Повышенное содержание  $\text{NO}_2$  в атмосферном воздухе является потенциальным раздражителем, воздействие которого лишь потенциально можно сравнивать с хроническими легочными заболеваниями. Однако, по некоторым данным, у детей в возрасте двух-трех лет наблюдается определенный рост числа заболеваний бронхитом [4].

При сравнении закономерностей распространения загрязняющих веществ в воздухе всех изучаемых объектов просматривается следующая зависимость: интенсивность автотранспортного потока прямо пропорционально влияет на величину концентраций непосредственно у проезжей части, тогда как на удалении от нее эти значения могут становиться если не равными, то максимально приближенными. Также, для объектов рекреации, примыкающих к одной транспортной магистрали, характерна тенденция к снижению уровня загрязняющих веществ с увеличением расстояния от нее. Если к территории объекта с противоположной стороны примыкает еще одна магистраль (двухсторонний контакт), то с приближением к ней эти показатели возрастают снова. Причем подобные распределения концентраций происходят в основном по всем загрязняющим веществам очень плавно, что является закономерным следствием малых скоростей ветра (2–4 м/с), при которых проводились измерения.



**Рис. 1 – Изменение концентрации диоксида углерода (с удалением от автомагистрали слева направо).**

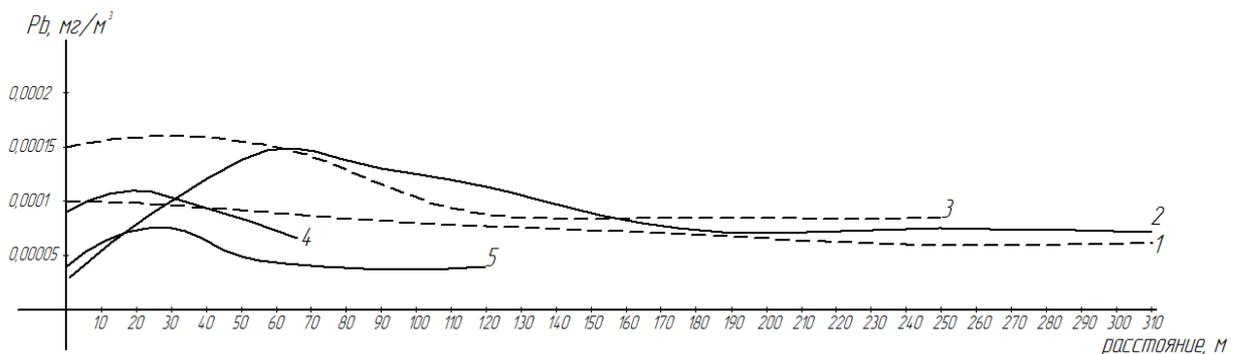
1 – парк им. А.С. Пушкина; 2 – парк «Юность»; 3 – сквер Металлургов; 4 – сквер им. Ф.И. Тютчева; 5 – сквер им. И.К. Гайдукова



**Рис. 2 – Изменение концентрации диоксида азота (с удалением от автомагистрали слева направо):** 1 – парк им. А.С. Пушкина; 2 – парк «Юность»; 3 – сквер Металлургов; 4 – сквер им. Ф.И. Тютчева; 5 – сквер им. И.К. Гайдукова

Отдельно отметим закономерности распространения свинца (рис. 3): наиболее высокие концентрации его зафиксированы у самой проезжей части, а также на расстоянии в среднем 30–50 м. К примеру, в парках им. А.К. Толстого, Железнодорожников, «Юность» именно в пре-

делах этого расстояния находятся детские аттракционы и игровые площадки. Как известно, свинец – ядовитый элемент, влияющий на нервную систему человека, а дети наиболее восприимчивы к свинцовым отравлениям.



**Рис. 3 – Изменение концентрации свинца (с удалением от автомагистрали слева направо):** 1 – парк им. А.С. Пушкина; 2 – парк «Юность»; 3 – сквер Металлургов; 4 – сквер им. Ф.И. Тютчева; 5 – сквер им. И.К. Гайдукова

Итак, проведенные исследования показали, что при невысоких скоростях ветра (2–4 м/с) интенсивному загрязнению подвергаются участки рекреационных объектов в пределах 80–100 м. В зону загрязнения попадают детские площадки, площадки с аттракционами, прогулочные аллеи, кафе, полностью или частично сюда относятся зоны кратковременного отдыха.

Ситуация в распределении загрязняющих веществ может складываться иначе при других скоростях ветра. Так, в условиях штиля вредные газы способны

накапливаться и сохраняться в атмосферном воздухе в течение суток, а затем рассеиваться и поглощаться участками зеленых насаждений. При штилях, а также при малых скоростях ветра существует вероятность значительного накопления токсичных элементов [2]. Такому явлению особенно подвержены участки площадью 3–5 га и более, с примыканием нескольких автомагистралей и недостаточным количеством зеленых насаждений. Для небольших скверов и городских садов это практически не характерно, по-

скольку на этих территориях наблюдается хорошая аэрация.

При повышенных скоростях ветра (4–8 м/с и более) возможно более резкое снижение концентраций загрязняющих веществ на дистанции примерно до 200 м. Но при этом возможен перенос газов на более дальнее расстояние, которое в условиях малых скоростей ветра считалось относительно чистым (с уровнем загрязнения менее 0,5 ПДК<sub>м.р.</sub>).

Несмотря на малые площади, отведенные под городские объекты рекреационного озеленения, в них заложен большой потенциал по средозащите не только от вредных автотранспортных выбросов, но и шума, пыли и ветра. Рассматривая средозащитный аспект озелененных пространств, необходимо обратить внимание на состояние их элементов, таких как наличие древесно-кустарниковой растительности, их ассортимент и возраст, расположение по отношению к источнику загрязнения, плотность и др. [2].

В результате натуральных исследований было выявлено, что наиболее часто в посадке озелененных объектов применяются такие виды, как липа мелколистная, береза повислая, конский каштан обыкновенный, клен остролистный, тополь

черный, ель европейская, туя западная. Схема посадки чаще всего является не продуманной и хаотичной, а в рядовых посадках вдоль границы с автомагистралью применяются довольно большие расстояния между деревьями, что образует подкروновые коридоры распространения атмосферных примесей. Еще одним недостатком озелененных объектов, помимо неудовлетворительной плотности существующей посадки древесных насаждений, является практически полное отсутствие кустарникового яруса – важного элемента структуры средозащитного озеленения.

Решить проблему средозащиты городских объектов рекреации можно с помощью устройства периферийно-периметральных полос зеленых насаждений, которые при грамотном проектировании способны эффективно влиять на снижение автотранспортной нагрузки с прилегающих магистралей от 80 до 100% [2]. При правильном подборе основных и сопутствующих древесных пород, введении одного-двух ярусов кустарника и восстановлении напочвенной растительности, а также при их многорядном параллельном размещении сформируется сомкнутая и плотная конструкция такой полосы зеленых насаждений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [Текст]: введ. 25.06.03 / Минздрав России.- М.: Нефтяник, 2003.- 86 с.
2. Городков, А.В. Архитектура, проектирование и организация культурных ландшафтов [Текст] / А.В. Городков.- СПб.: Проспект Науки, 2013.- 416 с.
3. Нормы посадки деревьев и кустарников городских зеленых насаждений [Текст]: введ. 11.12.87 г. / Отдел научно-технической информации АКХ.- М., 1988.- 81 с.
4. ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе [Электронный ресурс] / Аэролайф.- Режим доступа: <http://www.vozdyx.ru/> (дата обращения 15.09.2015)

**Самохова Наталья Александровна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск

Аспирант кафедры «Инженерная экология и природообустройство»

E-mail: karpes-natalya@yandex.ru

N. SAMOKHOVA

## REGULARITY OF HARMFUL VEHICLE EXHAUST DISTRIBUTION IN THE AIR OF CITY RECREATIONAL AREAS

This article considers the problem of pollution of atmospheric air in urban green areas, which is linked with harmful emissions of motor transport. Below you can see a brief description of the objects under study. We measured the concentration of the following harmful substances on different distances from highway with the help of gas analyzer: nitrogen dioxide, carbon dioxide, lead, carbon black, sulfur dioxide, dust. We defined regularity of their distribution in the atmosphere. We found out the territories which suffer from pollution most of all. There was a solution of environment protection in urban recreation facilities offered.

**Keywords:** *green zones, recreation facilities, atmospheric air, harmful vehicle exhaust, the concentration of pollutants.*

### BIBLIOGRAPHY

1. SN 2.1.6.1338-03. Maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the ambient air of populated areas [Text]: Enter. 25.06.03 / MOH Russia.- M.: Oilman, 2003.- 86 p.
2. Gorodkov AV Architecture, design and organization of cultural landscapes [Text] / A. Gorodkov.- SPb.: Science Avenue, 2013.- 416 p.
3. Norms of planting trees and shrubs in urban green spaces [Text]: Enter. 11/12/87 city / Department of Scientific and Technical Information AKH.- M., 1988.- 81 p.
4. MPC of pollutants in ambient air [electronic resource] / Aerolayf.- Access: <http://www.vozdyx.ru/> (date of treatment 09/15/2015)

#### **Samokhova Natalya**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Post-graduate student, Department «Engineering Ecology and Environmental Engineering»

E-mail: karpes-natalya@yandex.ru

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ГУМАНИТАРНЫЙ БАЛАНС И НОРМИРОВАНИЕ

УДК 502.3.613.15

В.Н. АЗАРОВ, Т.В. ДОНЦОВА, Д.С. ХЕГАЙ

## ОСНОВЫ БАЛАНСОВОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЙОН КРУПНОГО ГОРОДА В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ БИОСФЕРНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

*Исследование посвящено изучению основ балансового метода оценки поступления вредных веществ в район города, как подхода к оценке загрязнений воздушной среды городских территорий. Были определены следующие критерии экологической безопасности: удельная нагрузка на район для оценки загрязненности атмосферы от переноса примесей и среднебалансовый интегральный критерий загрязненности атмосферы района города. Реализовано практическое применение теории балансового метода поступления вредных веществ в район города на примере г. Волгограда.*

**Ключевые слова:** балансовый метод, межрайонный перенос, концепция загрязняющих веществ, режим ветра, среднебалансовая концентрация

В рамках концепции биосферной совместимости Ильичева Вячеслава Александровича [1, 2] естественно изучать балансы воздуха. Одним из важнейших критериев, условно уничтожающих чистый атмосферный воздух, являются загрязняющие вещества (ЗВ). Воздух, выведенный из категории чистый, тот, в котором концентрация вредных веществ в жилой зоне превосходит по одному из показателей предельно допустимой концентрации (ПДК) или сумма концентраций групп суммаций ЗВ, деленных на их ПДК, в сумме превышает единицу (1).

$$\sum C_i / \text{ПДК}_i \geq 1, \quad (1)$$

где  $C_i$  концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества;

ПДК $_i$  ПДК  $i$ -го загрязняющего вещества.

Для оценки загрязнения воздуха существует много подходов. Нормативным документом в настоящее время является ОНД-86, который был введен в действие еще 1 января 1987 г. С середины 70-х годов начали разрабатываться программы расчета загрязнения атмосферы (ПРЗА). В таблице 1 представлен обзор существующих подходов к оценке загрязнения

воздушной среды городских территорий. При этом, есть ряд проблем действующего нормативного документа ОНД-86, наиболее важной из которых заключается в том, что хозяйствующие субъекты, имеющие источники выбросов, разрабатывают проекты нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) только на собственные источники выбросов вредных веществ и всего 1% крупных городов составляют сводные проекты ПДВ для города при отсутствии должного числа постов наблюдения. В результате получаются точные значения концентрации ЗВ для частных случаев посредством большого числа вычислений, притом, что изменение исходных данных приводит к изменению результата расчетов от 50 до 70% [3].

Задачи предлагаемого метода заключаются в определении оценки фонового загрязнения районов города и построении карт альтернативных площадок на стадии ОВОС (оценки воздействия на окружающую среду) при размещении новых промышленных предприятий.

Таблица 1 – Обзор существующих подходов к оценке загрязнения воздушной среды городских территорий

№	Подходы	Программа / модель	Авторы
1	ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (действующий нормативный документ)	УПРЗА «Эколог»	Фирма «Интеграл» г. Санкт-Петербург
2	Математическое моделирование мезометеорологических процессов	Программный комплекс ZONE	Гаврилов А.С. кафедра МКОА РГГМУ г. Санкт-Петербург
3	Моделирование трансграничного загрязнения	Унифицированная модель ЕМЕП	Метеорологический синтезирующий центр «Запад» г. Осло, Норвегия Ведет работу НИИ «Атмосфера» г. Санкт-Петербург
4	Имитационное моделирование динамики загрязняющих примесей	Программные комплексы «ЭкоПром», «АтмоГИС»	Хоперсков А.В., Храпов С.С. лаборатория Вычислительной физики и экологического моделирования ВолГУ г. Волгоград
5	Моделирование мезомасштабных гидротермодинамических процессов и переноса антропогенных примесей в атмосфере	Трехмерная нестационарная негидростатическая модель для изучения мезометеорологических процессов	Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В. кафедра метеорологии и охраны атмосферы ФГБОУ ВПО ИГУ г. Иркутск

Алгоритм решения задач представлен на рисунке 1. При определении межрайонного переноса ЗВ необходимо учитывать гидротермодинамику атмосферы, а в частности режим ветра, а также рельеф местности, источники загрязнения, массу выбросов в атмосферу, рассеивание и оседание вредных веществ.

Более подробно о математической модели балансового метода. Необходимо рассмотреть некий город *A* (рис. 2), который включает в себя 3 района (район 1, район 2, район 3). Причем, в районе 3 располагается крупное промышленное предприятие, которое является основным загрязнителем воздушной среды города. Эта территория была выделена в отдельный район 4.

В данной ситуации универсальная таблица взаимовлияния районов города будет иметь вид, представленный в таблице 2. Каждая ячейка показывает воздействие ветра (загрязняющего) *j*-ого района на (загрязняемый) *i*-ый район.

На основании универсальной таблицы можно составить матрицу *B* взаимовлияния районов города и прилегающих к нему территорий, где каждая ячейка матрицы показывает вероятность максимального поступления выброса из *j*-ого района в *i*-ый район. Умножив данную матрицу на выбросы, получаем поступление вредных веществ в каждом районе. Таким образом, для определения межрайонного переноса вредных веществ выявлена зависимость (2) [4].

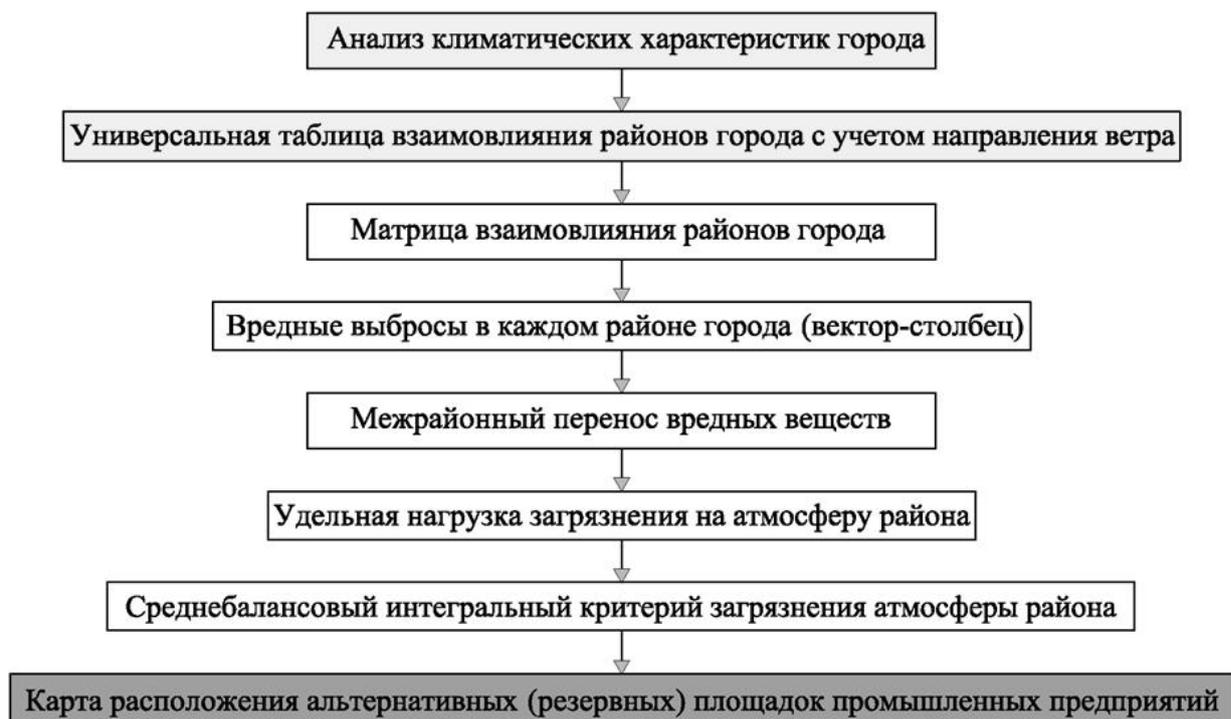


Рис. 1 – Алгоритм решения задач балансового метода поступления вредных веществ в район крупного города

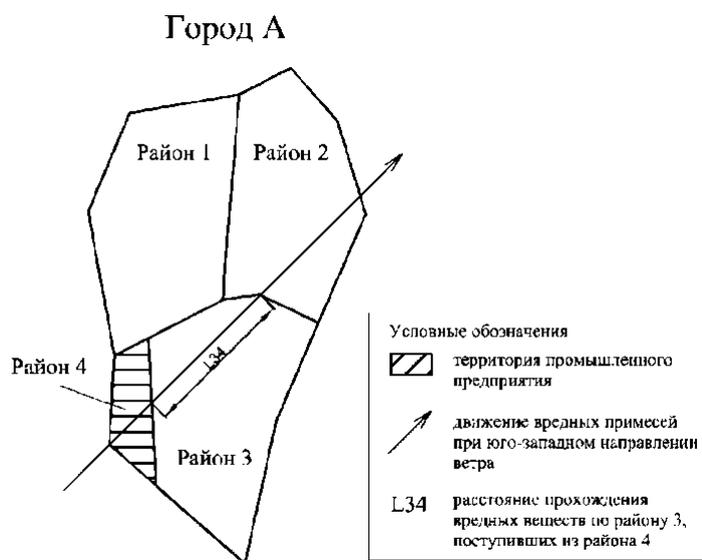


Рис. 2 – Пример города с крупным промышленным предприятием

Таблица 2 – Универсальная таблица взаимовлияния районов города

Наименование $i$ -ых районов	Направления ветра при переносе из $j$ -го в $i$ -й район			
	район $j=1$	район $j=2$	район $j=3$	район $j=4$
район $i=1$	$\Phi_{11}$	$\Phi_{12}$	$\Phi_{13}$	$\Phi_{14}$
район $i=2$	$\Phi_{21}$	$\Phi_{22}$	$\Phi_{23}$	$\Phi_{24}$
район $i=3$	$\Phi_{31}$	$\Phi_{32}$	$\Phi_{33}$	$\Phi_{34}$
район $i=4$	$\Phi_{41}$	$\Phi_{42}$	$\Phi_{43}$	$\Phi_{44}$

$$\bar{G}_{\text{пост}} = B \cdot \bar{g}_{\text{выбр}}, \quad (2)$$

где  $\bar{G}_{\text{пост}}$  - вектор поступления вредных выбросов вследствие межрайонного переноса;

$B$  - матрица взаимовлияния районов города и прилегающих к нему территорий [доля дней в год];

$\bar{g}_{\text{выбр}}$  - вектор вредных выбросов от стационарных (промышленных предприятий) и передвижных (автомобильного транспорта) источников [т/год].

Межрайонный перенос вредных веществ для города А приведен ниже (3).

$$\begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\bar{g}_{\text{выбр}} = \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \end{bmatrix}.$$

Значения поступивших выбросов в район не показывают, какую нагрузку при этом претерпевают загрязняемые районы. Поэтому было введено такое понятие, как удельная нагрузка на район для оценки загрязненности атмосферы от переноса примесей (4), которое может являться критерием экологической безопасности.

$$\bar{P} = (P_i)_{i=1}^N = \left( \frac{\bar{G}_i}{S_i} \right)^N, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь района [км<sup>2</sup>].

Еще одним из критериев экологической безопасности может являться среднебалансовый интегральный критерий (6) загрязнения атмосферы района. Для

его нахождения проводится расчет средней концентрации вредных веществ (5) по каждой группе суммации загрязняемого  $i$ -района, поступивших из загрязняющих  $j$ -районов, а затем сумма концентраций групп суммаций ЗВ делится на их ПДК.

$$C_i(v, \phi) = \frac{1}{V} \left( \sum_{j=1}^N M_j \cdot \alpha_{ij}(v, \phi) \cdot \frac{l_{ij}(\phi)}{v(\phi)} \right), \quad (5)$$

где  $V$  – условный объем воздуха в жилой зоне [м<sup>3</sup>];

$M$  – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени [г/с];

$\alpha_{ij}$  – поправочный коэффициент, учитывающий долю выбросов, поступающих в  $i$ -ый район из  $j$ -ых районов, за исключением тех, которые оседают и рассеиваются [д. ед.];

$v$  – скорость ветра [м/с];

$l$  – расстояние прохождения по  $i$ -ому району вредных веществ [м];

$\phi$  – направление ветра.

Определение среднебалансового интегрального критерия  $J_i$  загрязнения атмосферы района приведено ниже:

$$J_i = \sum_{k=1}^l \left( \frac{C_i^k(v, \phi)}{\text{ПДК}_k} \right), \quad (6)$$

где  $C_i^k$  средняя концентрация вредных веществ по  $k$ -й группе суммации загрязняемого  $i$ -района, поступивших из загрязняющих  $j$ -районов;

$\text{ПДК}_k$  ПДК  $k$ -го загрязняющего вещества.

Применение балансового метода рассматривалось на примере города Волгограда. Были изучены характеристики режима ветра за 5 лет: 2010–2014 гг. [5] (рис. 3, табл. 3), рельеф местности, основные источники загрязнения и массы их выбросов в атмосферу [6–9], 8 районов города, которые располагаются вдоль реки Волги.

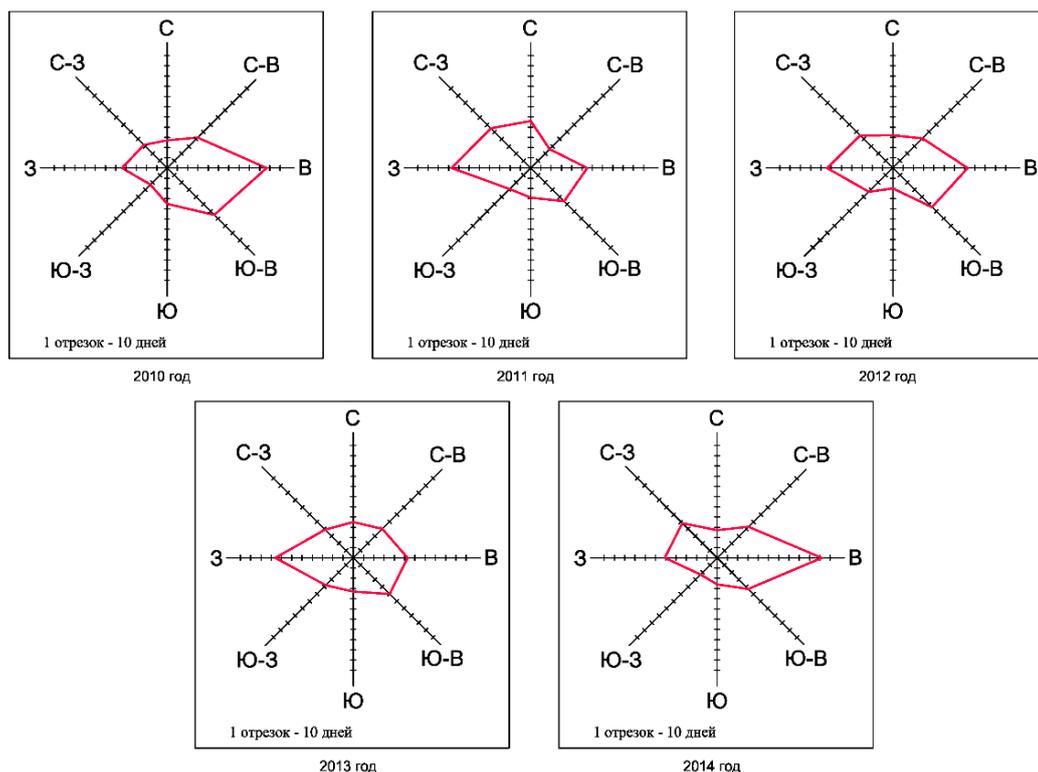


Рис. 3 – Роза ветров по г. Волгограду за 2010-2014 гг.

Таблица 3 – Режим ветра по г. Волгограду за 2010-2014 гг.

Год	Характеристика	Направление ветра							
		с	с-в	В	ю-в	ю	ю-з	з	с-з
2010	Количество дней	27	42	97	65	35	23	44	32
	Средняя скорость ветра, м/с	4,4	5,8	5,8	6,1	4,8	5,5	5,3	4,8
2011	Количество дней	46	26	55	46	29	29	77	55
	Средняя скорость ветра, м/с	4,3	4,4	5,6	5,4	5,3	6,1	5,7	4,7
2012	Количество дней	32	41	73	54	20	33	64	45
	Средняя скорость ветра, м/с	4,5	5,6	6,3	5,2	5,2	5,2	5,6	4,6
2013	Количество дней	35	40	53	50	33	38	76	39
	Средняя скорость ветра, м/с	4,9	5,1	5,8	5,0	4,3	5,7	5,6	5,2
2014	Количество дней	27	43	102	43	26	23	51	48
	Средняя скорость ветра, м/с	5,0	5,7	5,5	6,1	5,0	6,1	5,4	5,0

В годовом ходе в Волгограде отмечено преобладание восточного и западного направления ветров. Повторяемость ветров восточных румбов является преобладающей в 2010, 2012 и 2014 гг., западных румбов – в 2011 и 2013 гг. Среднегодовая скорость ветра в Волгограде составляет 5,3 м/с. Корреляционный анализ данных показал практическое отсут

ствие взаимосвязи между скоростью и направлением ветра в течение всего периода наблюдений.

Распределение повторяемости скоростей ветра города Волгограда за изучаемый пятилетний период описывается двухпараметрическим уравнением Вейбулла (7) [10].

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left|\frac{x - x_0}{a}\right|^c\right), \quad (7)$$

где  $a$  – параметр масштаба,  
 $c$  – параметр формы,  
 $x_0$  – смещение.

На рисунке 4 показаны кривые повторяемости скоростей ветра при различных значениях среднегодовой скорости.

Основные промышленные источники загрязнения (рис. 5) располагаются практически во всех районах, кроме центральной части города, вдоль Волги. По проведенным расчетам загрязнение атмосферы района от собственных источников намного меньше, чем путем поступления вредных веществ с других районов по анализируемым годам, причем разница по каждому году составляет 5-10%. Максимальное поступление вредных веществ приходится на Красноармейский, Краснооктябрьский и Дзержинский районы (табл. 4). Причем наибольшую удельную нагрузку испытывает

именно центральная часть города, а также северные районы.

На рисунках 6–7 представлена интегральная и дифференциальная функции распределения среднебалансового интегрального критерия загрязнения атмосферы в Дзержинском районе г. Волгограда. Была выдвинута гипотеза о подчинении значений логарифмически-нормальному (логнормальному) закону распределения. Для проверки гипотезы использовались критерии согласия Пирсона [11] и одновыборочный критерий Колмогорова-Смирнова [11] для уровня значимости  $\beta = 5\%$ . В результате было получено, что большинство районов г. Волгограда имеют логарифмически-нормальное распределение [10]. И только в одном Ворошиловском районе г. Волгограда значения среднебалансового интегрального критерия загрязнения атмосферы района подчиняется закону гамма распределения [10].

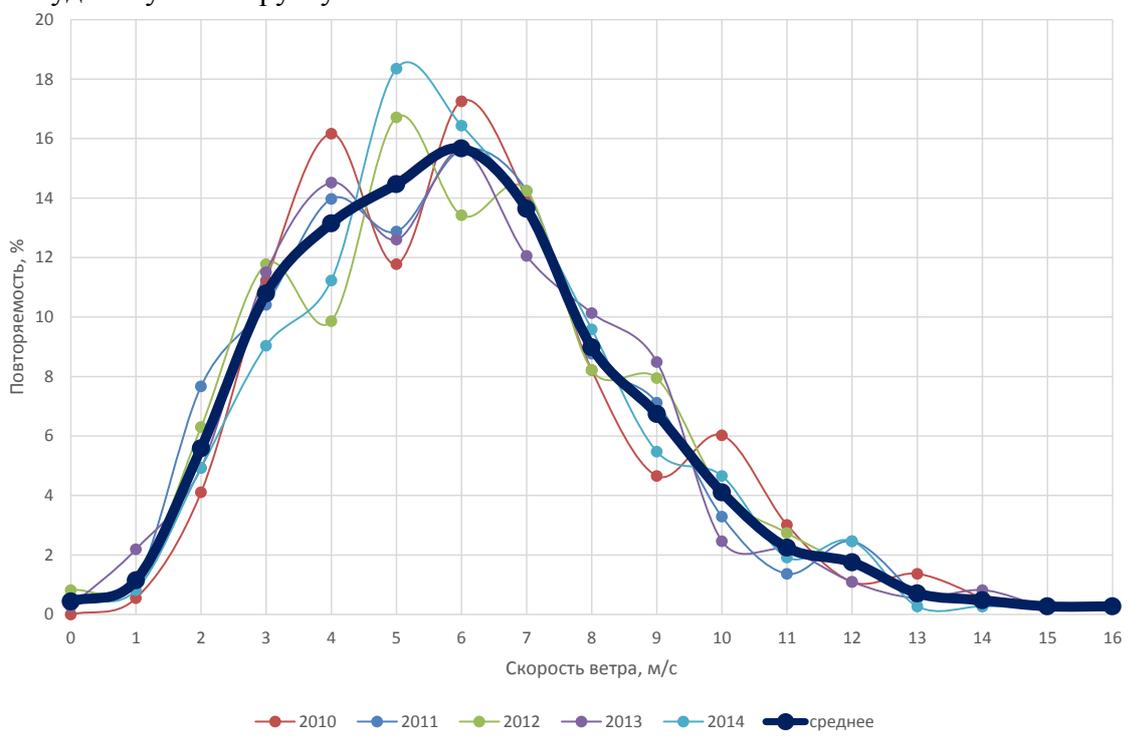


Рис. 4 – Повторяемость скоростей ветра при различных значениях среднегодовой скорости

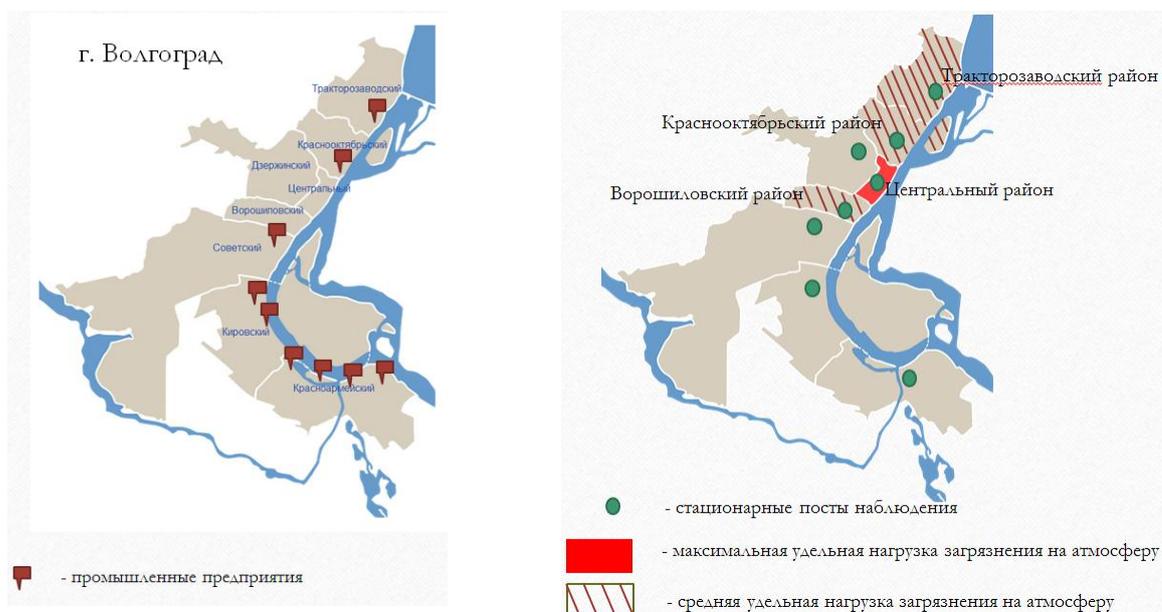


Рис. 5 – Расположение основных источников загрязнений в г. Волгограде и удельная нагрузка загрязнения на атмосферу

Таблица 4 – Значения среднебалансовых концентраций ЗВ по одной из групп суммации

Район	Выборочная средняя концентрация загрязняющих веществ, мг/м <sup>3</sup>	Ожидаемая средняя концентрация загрязняющих веществ, мг/м <sup>3</sup>
Красноармейский	0,118	0,103
Кировский	0,118	0,096
Советский	0,405	0,463
Ворошиловский	0,228	0,360
Дзержинский	0,143	0,121
Центральный	0,598	0,605
Краснооктябрьский	0,309	0,289
Тракторозаводский	0,482	0,431
г. Волжский	0,274	0,234

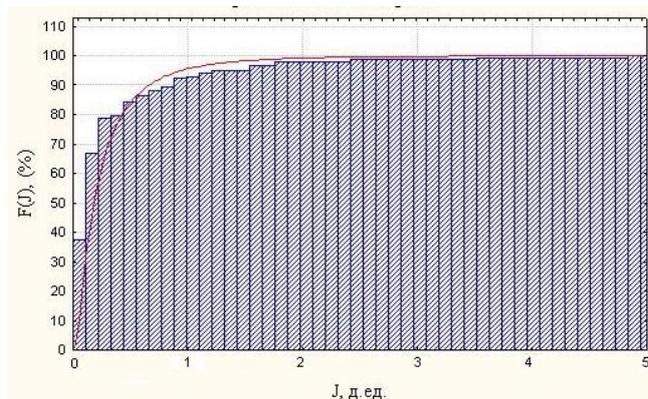


Рис. 6 – Интегральная функция распределения среднебалансовых концентраций загрязняющих веществ по Дзержинскому району г. Волгограда (на рис. 6 и 7 красной линией отображается функция логарифмически-нормального закона распределения)

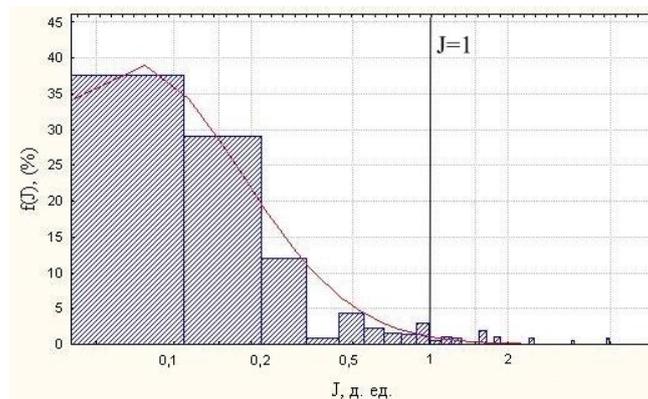


Рис. 7 – Дифференциальная функция распределения среднебалансовых концентраций загрязняющих веществ по Дзержинскому району г. Волгограда

В результате с помощью прогнозного моделирования была получена карта (рис. 8) с наиболее оптимальными районами для размещения промышленных предприятий. Это северный и южный районы города.

В результате разработанный балансовый метод можно использовать при

составлении сводного проекта ПДВ. В том числе при принятии решений о вариантах размещения площадок под новое промышленное строительство возможно применять балансовые данные для оценки фонового загрязнения.

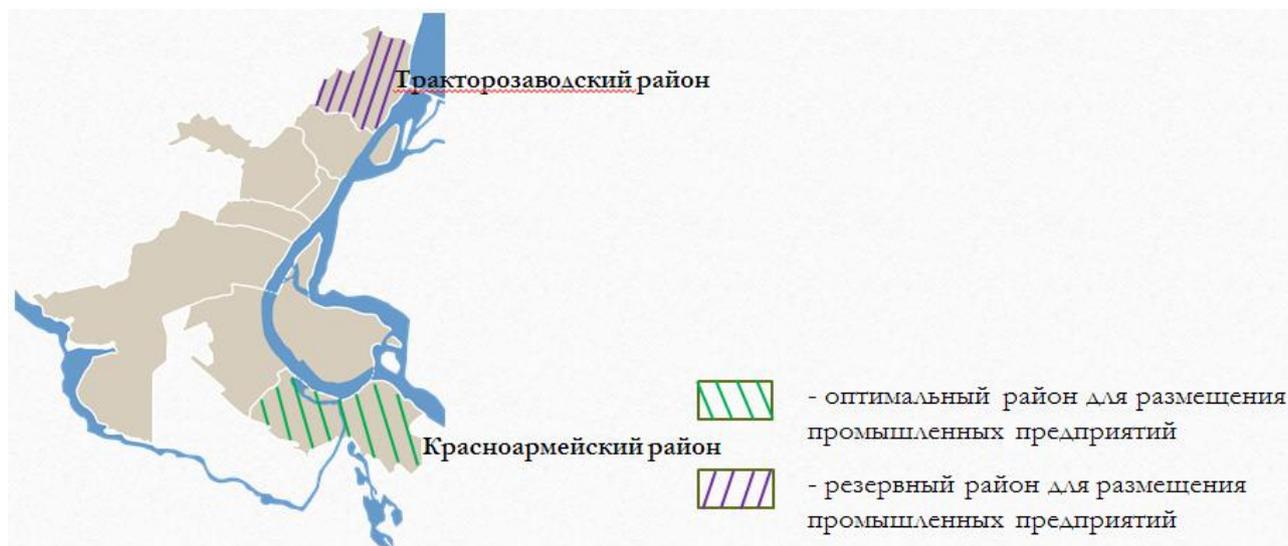


Рис. 8 – Альтернативные (резервные) площадки размещения промышленных предприятий

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичев В.А. Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.
2. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Гордон В.А., Бакаева Н.В. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека. Научная монография – М., Издательство АСВ, 2015. – 184 с.
3. Донцова Т.В., Шкляр М.А., Николенко Д.А. О возможности использования балансового метода для сводных расчетов рассеивания выбросов в атмосферу // электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2015. №1. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/gu/magazine/archive/n1y2015/2770>. Дата обращения: 04.12.2015.
4. Азаров В.Н., Донцова Т.В. О балансах вредных веществ в атмосфере крупных городов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 1(31).Режим доступа: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AzarovDontsova-2014\\_1\(31\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AzarovDontsova-2014_1(31).pdf). Дата обращения: 04.12.2015.
5. Прогноз погоды: сайт Gismeteo [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gismeteo.ru/>. Дата обращения 15.08.2015.
6. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2010 году» Ред. колл.: О.В. Горелов [и др.] // Комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области. – Волгоград: «СМОТРИ», 2011. – 352 с.
7. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2011 году» Ред. колл.: П.В. Вергун [и др.] // Комитет охраны окружающей среды и природопользования Волгоградской области. – Волгоград: «СМОТРИ», 2012. – 352 с.
8. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2012 году Ред. Колл.: П.В. Вергун [и др.] // Комитет охраны окружающей среды и природопользования Волгоградской области. – Волгоград: «СМОТРИ», 2013. – 300 с.

9. Вергун П.В. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2013 году» Ред. колл.: П.В. Вергун [и др.] // Министерство природных ресурсов и экологии Волгоградской области. Волгоград: «СМОТРИ», 2014. 300 с.

10. Черкесов Г. Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. СПб.: Питер, 2005. 479 с.

11. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965. 524 с.

**Азаров Валерий Николаевич**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Волгоград  
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой БЖДТ  
E-mail: kaf\_bgdvt@mail.ru

**Донцова Татьяна Васильевна**

ЗАО «ВолгоградНИПИнефть», Волгоград  
Заместитель начальника отдела геологии и подсчета запасов  
Аспирант кафедры БЖДТ Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета  
E-mail: dontv@inbox.ru

**Хегай Дмитрий Сергеевич**

ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой», Волгоград  
Инженер программного обеспечения  
Магистрант кафедры ИСКМ, Волгоградский государственный университет (ВолГУ)  
E-mail: khegaydima@hotmail.com

---

AZAROV V.N., DONCOVA T.V, KHEGAY D.S.

**BASIS OF BALANCE METHOD ASSESSMENT OF HARMFUL  
SUBSTANCES IN METROPOLITAN AREAS CONCEPT BY BIOSPHERE  
COMPATIBILITY**

*Research is devoted to the study of basics of the balance method of receipt of harmful substances in the district of the city as the approach to the assessment of air pollution in urban areas. They were identified following criteria of ecological safety: specific load on the area to assess the pollution of the atmosphere by ne-transference impurities and average-balance integral criterion of atmospheric pollution district. It implemented the practical application of the theory of the balance method of receipt of harmful substances in the area of the city by an example of Volgograd.*

**Keywords:** *balance method, interdistrict transfer, conception of pollutants, wind conditions, the concentration of average-balance*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Il'ichev V.A. Biosphere Compatibility: Technology innovation. Cities that develop human M.: Book House "LIBROKOM", 2011. - 240 p.
2. Il'ichev V.A., Emel'yanov S.G., Kolchunov V.I., Gordon V.A. Bakaev N.V. The principles of transformation of the city in biosphere compatible and developing human. Scientific monograph - M., Publisher DIA, 2015. - 184 p.
3. Doncova T.V., Shklyar M.A., Nikolenko D.A. About the possibility of using the balance method for the calculation of summary dispersion of emissions into the atmosphere // Electronic scientific journal "Engineering herald of Don" - 2015. №1. Access: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2770>. Date of circulation: 04.12.2015.

4. Azarov V.N. Doncova T.V. About balance of harmful substances into the atmosphere of large cities // In-ternet herald of VolgGASU. Ser .: Polythematic. 2014. Vol. 1 (31) .Operation access: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AzarovDontsova-2014\\_1\(31\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AzarovDontsova-2014_1(31).pdf). Date of circulation: 04.12.2015.
5. Weather: site Gismeteo [electronic resource]. Access: <http://www.gismeteo.ru/>. Date Treatment 08/15/2015.
6. The report "About the state of the environment of the Volgograd region in 2010." Ed. team: O.V. Gorelov [et al.] // Committee for Natural Resources and Environmental Protection Administration of the Volgograd region. - Volgograd, "look", 2011. - 352 p.
7. Report "About the state of the environment of the Volgograd region in 2011." Ed. team: P.V. Vergun [et al.] // Committee for Environmental Protection and Nature Management of the Volgograd region. - Volgograd, "Look", 2012. - 352 p.
8. Report "About the state of the environment of the Volgograd region in 2012." Ed. team: P.V. Vergun [et al.] // Committee for Environmental Protection and Nature Management of the Volgograd region. - Volgograd, "Look", 2013. - 300 p.
9. Vergun P.V. Report "About the state of the environment of the Volgograd region in 2013." Ed. team: P.V. Vergun [et al.] // The Ministry of Natural Resources and Environment of the Volgograd region. Volgograd, "Look", 2014. 300 pp.
10. Cherkesov G.N. Reliability of software and hardware complexes. –SPb .: Peter, 2005. 479 pp.
11. B.V. Gnedenko, Yu.K. Belyaev, A.D. Solovyev Mathematical methods in reliability theory. –M .: Sci-ence, 1965. 524 pp.

**Azarov Valeriy Nikolaevich**

Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, Volgograd  
Dr. sc. tech., Professor Head of Department of BJDT  
E-mail [kaf\\_bgdvt@mail.ru](mailto:kaf_bgdvt@mail.ru)

**Dontsova Tatyana Vasil'tvna**

VolgogradNIPIneft, Volgograd  
Deputy Head of Department of Geology and reserves estimation  
graduate student Department of DJDT Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering E-mail [dontv@inbox.ru](mailto:dontv@inbox.ru)

**Khegay Dmitry Sergeevich**

PTB Volgogradgrazhdanstroy, Volgograd  
software engineer  
master's degree Department of Informational Systems and Machine Simulation Volgograd State University E-mail [khegaydima@hotmail.com](mailto:khegaydima@hotmail.com)

Н.В. БАКАЕВА, А.В. КАЛАЙДО

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ,  
ФОРМИРУЮЩИХ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ЗДАНИЙ**

*На данный момент уже не вызывает сомнений, что большую часть годовой дозы облучения от источников ионизирующего излучения человек получает внутри помещений. При этом основным дозообразующим фактором являются дочерние продукты распада радона, формирующие от 50 до 90% годовой индивидуальной дозы. Вопросам радоноопасности помещений посвящено значительное количество работ, содержащих подчас противоречивые утверждения о закономерностях формирования уровней радона в воздухе помещений. В статье сделана попытка анализа современных представлений о радиационной опасности помещений по результатам радиационного мониторинга, выполненного в Луганском государственном университете имени Тараса Шевченко.*

**Ключевые слова:** радон, дочерние продукты распада, эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), вариации, доза, почва

В последние десятилетия в мире наблюдается устойчивая тенденция к ухудшению экологической ситуации в результате хозяйственной деятельности человека. Деграция экологических систем на урбанизированных территориях приводит к загрязнению природных ресурсов, снижению качества среды жизнедеятельности. В то же время, наряду с антропогенными, действие на человека оказывают и природные факторы, в частности – ионизирующие излучения естественных радионуклидов (ЕРН) почв и радиоактивный газ радон со своими дочерними продуктами распада (ДПР).

Пока источники ионизирующего излучения находятся в пределах Биосферы, они не наносят вреда здоровью человека. Так, природный радиационный фон на территории РФ составляет 0,05–0,25 мкЗв/час, но даже в областях с аномально высоким уровнем радиационного фона не отмечено увеличения числа онкологических заболеваний. Аналогично, эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона в атмосферном воздухе не превышает 7–10 Бк/м<sup>3</sup> [1], что соответствует пренебрежимо малому риску возникновения рака легкого.

Но как только источники ионизирующего излучения вовлекаются в хозяйственную деятельность человека, степень их опасности существенно возрастает. Радиоактивность горных пород пе-

рестает быть естественным источником с момента, как эти породы извлечены из недр и направлены на производство строительных материалов, так же и радон становится крайне опасным, проникая в здания и накапливаясь в них. Таким образом, мы имеем дело с переходом природных источников в антропогенные (гамма-фон строительных материалов) или антропогенно усиленные природные (радон в зданиях и сооружениях).

В настоящее время не вызывает сомнений, что главным дозообразующим фактором для населения является облучение радоном и его ДПР, вклад в годовую дозу гамма-излучения строительных материалов существенно ниже. Однако для современного общества характерно непонимание радоновой проблемы, доминирует стереотип, что угрозу здоровью могут представлять только радиационные аварии и утечки радиоактивных отходов [2, 3].

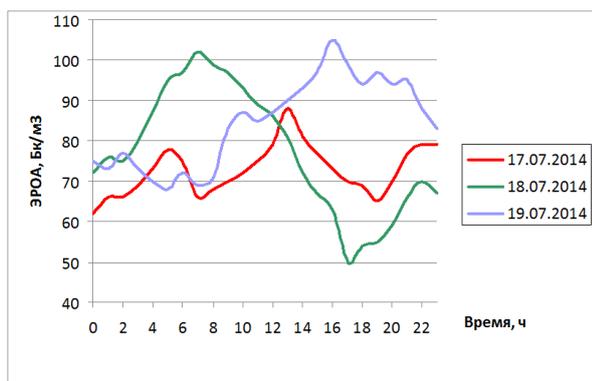
Большинство исследователей сходятся во мнении, что радон со своими ДПР формирует порядка 70–75% годовой индивидуальной эффективной дозы облучения от всех источников ионизирующего излучения [1–5], еще больший вклад радона (92%) отмечен в [6]. Радоновая проблематика достаточно популярна в современной научной литературе, при этом отдельные положения часто принимаются в качестве постулатов без соответствующей экспериментальной

проверки, а по ряду вопросов защиты зданий от радона отсутствует единая точка зрения в силу сложности исследуемых явлений. Поскольку критерием истинности любой теории является эксперимент, целью данной работы является анализ современных представлений о радоне в помещениях по результатам проведенных исследований.

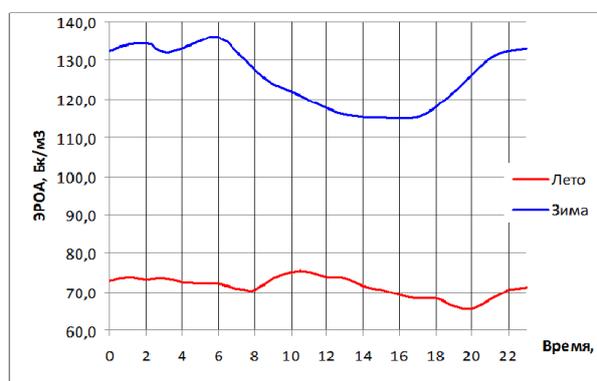
На протяжении 2013–2015 гг. в помещениях Луганского государственного университета имени Тараса Шевченко производились измерения ЭРОА радона и мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения строительных материалов. Обследовано 175 учебных и служебных помещений, еще 680 измерений было выполнено в непрерывном режиме с шагом в один час в закрытых (не открывавшихся не менее 24 часов) помещениях нижних этажей при одновременном измерении разности температур внутри и снаружи помещения. Измерения ЭРОА радона в воздухе помещений проводились радиометром ДПР радона «АТ-ЛЕШ-1м» путем прокачки воздуха через аналитический фильтр с предварительным анализом естественного фона и последующим анализом активности фильтра. Измерения МЭД выполнялись поисковым дозиметром гамма-излучения «Ритм-1М» ДБР-02, аттестованным в диапазоне 0,01 мкЗв/час.

Наиболее важной с практической точки зрения является задача достоверной оценки среднегодового значения ЭРОА (нормируемая величина), поскольку уровни радона в помещениях испытывают существенные суточные и сезонные вариации. Мгновенные уровни радона в одном и том же помещении не являются постоянными, в течение суток они могут меняться в десятки раз [7]. Считается, что поскольку изменения температуры в течение суток носят циклический характер, то циклически и изменения ЭРОА радона внутри зданий [8]: максимальные значения характерны для предзакатных часов, а минимальные – для послеобеденных [9, 10].

Также считается, что накопление радона в помещениях нижних этажей в зимнее время идет интенсивнее [11, 12], поскольку разность температур внутреннего и наружного воздуха создает естественную депрессию, являющуюся дополнительной движущей силой для поступления радона [8, 13]. В то же время, в ряде исследований радоноопасности регионов РФ не отмечено преобладания превышения «зимних» значений ЭРОА над «летними», а в части территорий можно видеть даже обратную зависимость [14]. Результаты исследования динамики уровней радона в закрытой лаборатории цокольного этажа представлены на рисунке 1.



а



б

Рис. 1 – Вариации уровней радона в помещениях: а – суточные; б – сезонные

Для оценки глубины сезонных вариаций уровней радона в помещениях

многие исследователи используют отношение зима/лето, в оценках которого на-

блюдается существенный разброс: данное отношение находится в интервале 0,5–6,2 со средним арифметическим 1,7 в [15]; 3,4–10,6 в [5]; 1,6–5,3 в [16], 1,15–1,62 со средней величиной 1,31 в [17]; 1,54–2,50 в [11].

Исследования представляли четыре недельных цикла непрерывных измерений в каждый из сезонов. Регистрируемая картина имела сходный вид: ярко выраженный максимум (чаще всего один за сутки) и чередование выступов и провалов меньшей амплитуды (рис. 1а). Максимумы ЭРОА регистрировались в произвольное время суток, что позволяет сделать вывод о залповом поступлении радона в помещения нижнего этажа. Усреднение результатов измерений по сезонам приводит к сглаживанию кривых (рис. 1б), также указывая на отсутствие цикличности в поступлении радона в здания.

Средние уровни радона для помещений цокольного этажа составили  $71,3 \pm 4,6$  и  $125,5 \pm 7,9$  Бк/м<sup>3</sup> для теплого и холодного сезонов соответственно; отношение зима/лето –  $1,76 \pm 0,12$ . При этом значительные суточные и сезонные вариации характерны только для нижних этажей зданий, на верхних этажах они несущественны, что указывает на различие источников и механизмов поступления радона.

Бытует мнение, что по причине высокой плотности радон должен концентрироваться внизу помещений, вытесняя более легкий воздух [3, 18–20]. Однако в ряде работ показано, что распределение радона по высоте может быть произвольным, поскольку определяется совокупностью конструктивно-эксплуатационных особенностей зданий, (нестационарность полей температур и давлений, режимы работы вентиляционных и отопительных систем), приводящих к его вовлечению в движение воздуха [21, 22].

В результате исследования распределения уровней радона по высоте учебных корпусов университета отмечены высокие значения ЭРОА и на верхних этажах, что говорит о переносе радона потоками воздуха (рис. 2). Данные значения не являются среднегодовыми ЭРОА, измерения проводились в холодный период с декабря по февраль.

Пожалуй, единственный вопрос радиационной безопасности зданий, не вызывающий споров – характер распределения помещений по величине ЭРОА радона и МЭД излучения строительных материалов. Частотное распределение ЭРОА носит лог-нормальный характер [4, 23–27], тогда как МЭД подчиняется нормальному распределению. Результаты радиационного мониторинга оказались в полном согласии с приведенными выше утверждениями (рис. 3).

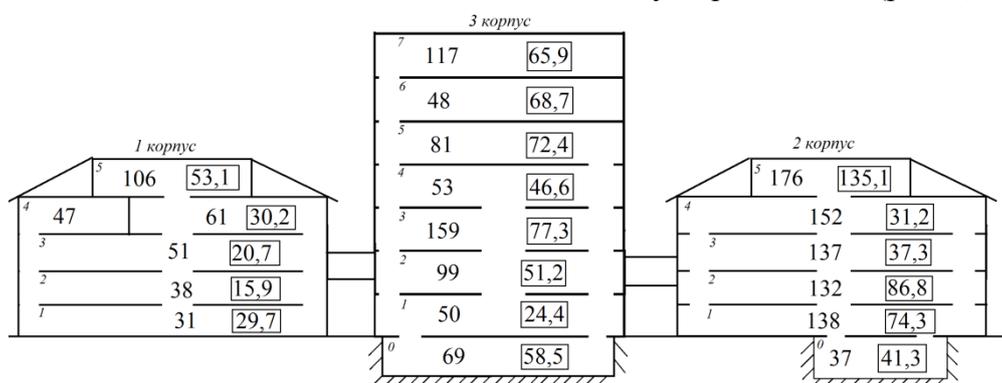


Рис. 2 – Распределения уровней радона по высоте зданий: ЭРОА радона в коридорах и аудиториях университета (в прямоугольнике)

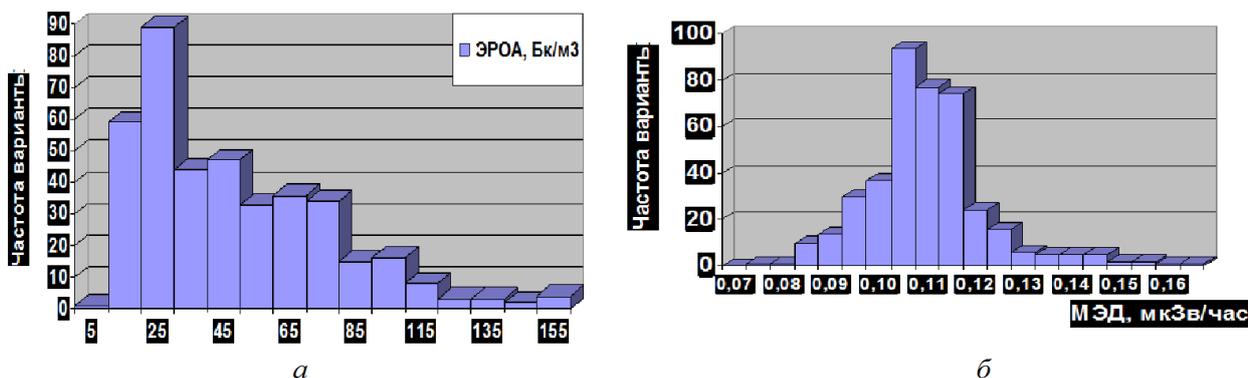


Рис. 3 – Характер распределения помещений по величине ЭРОА и МЭД

Годовая доза в помещениях формируется, в первую очередь, внутренним  $\alpha$ -излучением ДПР радона, а также внешним  $\gamma$ -излучением ЕРН строительных материалов, которое может являться доминирующим фактором только при определенных условиях [27]. По результатам проведенных исследований была сделана попытка оценки величины вклада каждого из источников (рис. 4).

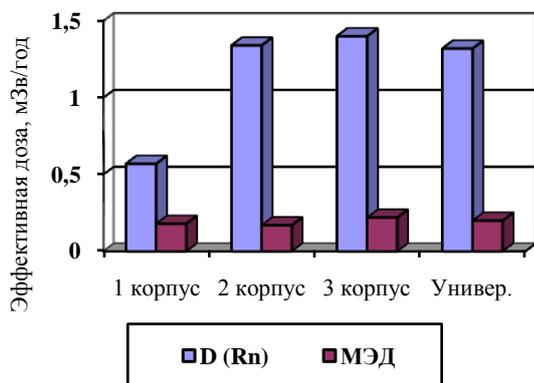


Рис. 4 – Структура радиационного фона помещений университета в зимний период

Поскольку действие ДПР радона оценивается по экспозиции, а не по эквивалентной дозе, как для остальных радиоактивных источников, для сравнения вкладов радона и ЕРН строительных материалов необходим переход от экспозиции по радону к эффективной дозе. При расчете эффективной дозы от ДПР радона время пребывания человека на рабочем месте принималось равным 2 000 ч/год, коэффициент дозового перехода –  $11,9 \text{ нЗв}/(\text{Бк}\cdot\text{ч}/\text{м}^3)$ , косвенно приведенный в стандарте безопасности МАГАТЭ «Защита населения от

природных источников излучения в зданиях» (DS421) [29].

При планировании и реализации мероприятий по защите от радона важно знать его источники и механизмы поступления. Основным источником является грунтовое основание здания [28], даже 1% почвенного воздуха в помещении достаточно для создания активности в  $300\text{--}400 \text{ Бк}/\text{м}^3$  [29]. Выделение радона из ограждающих конструкций зданий чаще всего не превышает 10% величины ЭРОА [30], хотя для этажей, не контактирующих с грунтовым основанием, может быть существенно выше.

Поступление радона внутрь зданий обусловлено комбинацией диффузионного (определяется разностью давлений  $\Delta P$ ) и конвективного (определяется разностью температур  $\Delta T$ ) механизмов с существенным преобладанием первого из них [31], в [8] отмечен также механизм залпового поступления радона из почвы.

Анализ связи величины ЭРОА с разностью температур позволяет установить доминирующий механизм поступления радона. Поскольку температура в экспериментальной лаборатории на протяжении всего периода исследований менялась незначительно ( $\pm 1,5^\circ\text{C}$ ), при статистической обработке данных вместо температурного напора  $\Delta T$  использовалась температура наружного воздуха  $T$ . Коэффициент парной корреляции между ЭРОА радона и температурой воздуха снаружи здания по всему циклу измерений составил

$$r_{ЭРОА-T} = -0,875.$$

В то же время, аналогичные коэффициенты, рассчитанные отдельно по каждому из четырех циклов измерений были существенно ниже ( $r_{ЭРОА-T} = -0,15 \dots -0,25$ ), что может указывать не на преобладание конвекционного механизма поступления радона, а на изменения в условиях выхода радона в атмосферу. Промерзание грунта и снежный покров перекрывают пути выхода радона из почвы в атмосферный воздух, увеличивая тем самым объем его поступления в здания.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Современный человек проводит в помещениях порядка 7000 часов в год, где и получает большую часть годовой дозы облучения, в основном – от ДПР радона.

2. Основным источником поступления радона в помещения является почва под зданием. Внутри зданий радон вовлекается в движение воздушных потоков, как результат – достаточно высокие значения ЭРОА в помещениях верхних этажах.

3. Залповый механизм поступления радона в помещения нижних этажей является доминирующим. Отмечена периодичность выбросов 1–2 раза в сутки и отсутствие зависимости от времени суток.

4. Увеличение поступления радона в помещения в зимний период обусловлено промерзанием почвы и ухудшением условий его выхода в атмосферу. Отношение зима/лето для помещений университета составило  $1,76 \pm 0,12$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулябянц, Л.А. Роль радона в сфере жизнедеятельности человека [Текст] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – № 4. – 2013. – С. 78 – 82.
2. Сидельникова, О.П. Радиационно-экологические аспекты при строительстве зданий [Текст] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 2. С. 65 – 69.
3. Мирончик, А.Ф. Естественные радиоактивные вещества в атмосфере и воздухе жилых помещений Республики Беларусь [Текст] // Вестник Белорусско-Российского университета. – № 4 (17). – 2007. – С. 162 – 171.
4. Павленко, Т.А. Оценка облучения населения Запорожской области [Текст] / Т.А. Павленко, М.И. Костянецкий, Н.В. Аксенов // Радиация на медицина. 2006. Т. 10. № 1. С. 103 – 106.
5. Диденко, П.И. Влияние радона на население Украины [Текст] // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. 2012. № 4. – С. 60 – 67.
6. Тихонов, М.Н. Радоновая опасность: источники, дозы и нерешенные вопросы [Текст] / М.Н. Тихонов // Экол. экспертиза: обзорная информация. – ВИНТИ. – 2008. – Вып.3. – С.29 – 51.
7. Arvela, H. Residential radon in Finland: sources, variation, modeling and dose comparisons (Academic dissertation) STUK-A124. Helsinki, 1995. 87 p.
8. Андреев, А.И. Экспериментальные исследования динамики поступления радона в служебные помещения [Текст] / А.И. Андреев, М.Б. Медведева // Вестник ТОГУ. Физ.-мат. науки. – 2011. – № 3 (22). С. 37 – 45.
9. Ashok G.V., Nagaiah N., Shiva Prasad N.G. Indoor radon concentration and its possible dependence on ventilation rate and flooring type. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 148(1). Pp. 92 – 100.
10. Udovičić V., Aničin I., Joković D., et al. Radon time-series analysis in the underground low-level laboratory in Belgrade, Serbia. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 145(2-3). Pp. 155 – 158.
11. Abd El-Zaher M. Seasonal variation of indoor radon concentration in dwellings of Alexandria city, Egypt. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 143(1). Pp. 56 – 62.
12. Amin A., Leghrouz M., Abu-Samreh M., Ayah Shehadeh K. Seasonal variation of indoor radon-222 levels in dwellings in Ramallah province and East Jerusalem suburbs, Palestine. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 148(2). Pp. 268 – 273.
13. Жуковский, М.В. Радоновая безопасность зданий [Текст] / М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич, И.В. Ярмошенко // Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2000. – 180 с.
14. Маренный, А.М. Проведение обследований зданий различного назначения на содержание радона на территориях, обслуживаемых ФМБА России [Текст] / А.М. Маренный, В.В. Романов, В.И. Астафуров [и др.] // Радиационная гигиена. – Т. 8. – № 1, 2015. – С. 23 – 29.
15. Маренный, А.М. Обследование города Краснокаменск на содержание радона в помещениях [Текст] / А.М. Маренный, С.М. Киселёв, А.В. Титов [и др.] // Радиационная гигиена. – Т. 6. – № 3, 2013. – С. 47–52.

16. Павленко, Т.А. Научное обоснование системы радиационной защиты населения Украины от радона-222 [Текст] // Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.26.05. – Киев, 1996. – 119 с.
17. Rani A., Singh S., Dugga V. Indoor radon measurements in the dwellings of Punjab and Himachal Pradesh, India. Radiat. Prot. Dosim. 2013. No. 156 (1). Pp. 118 – 124.
18. Карпо, Т.В. Методы снижения содержания радона в воздухе помещений [Текст] // Молодежь и наука: начало XXI века: сборник материалов конференции – М., 2009. – Ч. 5, С. 205 – 207.
19. Бекман, И.Н. Радон: враг, врач и помощник // Курс лекций. Лекция 4. URL: <http://www.novsu.ru/file/883232> (дата обращения: 05.12.2015).
20. Ляндзберг, Р.А. Составляющие естественного радиационного фона [Текст] // Вестник КамчатГТУ. – № 5. – 2006. – С. 21 – 22.
21. Кургуз, С.А. Влияние физических свойств радона на его распределение внутри зданий и помещений [Текст] / С.А. Кургуз // Радиоэкология XXI века: материалы междунар. науч.-практ. Конф., Красноярск, 14 – 16 мая 2012. – Красноярск: СФУ, 2012. – С.145 – 150.
22. Торосьян, В.Ф. Исследование особенностей распределения радона в жилых и служебных помещениях / В.Ф. Торосьян, А.А. Приезжев // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – № 3 (55), 2014.
23. Крисюк, Э.М. Радиационный фон помещений [Текст]. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 119 с.
24. Bucci S., Pratesi G., Viti M.L., et. al. Radon in workplaces: first results of an extensive survey and comparison with radon in homes. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 145 (2-3). Pp. 202 – 205.
25. Karadeniz Ö., Yaprak G., Akal C., Emen I. Indoor radon measurements in the granodiorite area of Bergamo. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 149(2). Pp. 147 – 154.
26. Chen J., Moir D., Whyte J. Canadian population risk of radon induced lung cancer: a re-assessment based on the recent cross-Canada radon survey. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 151 (2). Pp. 144 – 153.
27. Стефаненко, И.В. Снижение радиационного фона в помещении [Текст] // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – № 14 (33). – 2009. – С. 128 – 131.
28. Гулабянц, Л.А. Принципы построения новых норм проектирования противорадиационной защиты зданий [Текст] // Благоприятная среда жизнедеятельности человека. Строительные науки. – № 5. – 2009. – С. 461 – 467.
29. Костенецкий, М.І. Грунт під будинком – основне джерело радону в приміщенні [Текст] / М.І. Костенецкий, А.І. Севальнев, А.В. Куцак // Запорожский медицинский журнал. – № 1 (70). – 2012. – С. 89 – 91.
30. Ярмошенко, И.В. Моделирование поступления радона в жилища [Текст] / И.В. Ярмошенко, М.В. Жуковский, А.А. Екидин // АНРИ. – 1999. – N 4. С. 17-26.
31. Гулабянц, Л.А. Мощность «активного» слоя грунта при диффузионном переносе радона в грунтовом основании здания [Текст] / Л.А. Гулабянц, Б.Ю. Заболоцкий // «АНРИ». – № 4. – 2001. – С. 38 – 40.

### **Бакаева Наталья Владимировна**

Юго-западный государственный университет, г. Курск

Доктор технических наук, профессор

E-mail: [natbak@mail.ru](mailto:natbak@mail.ru)

### **Калайдо Александр Витальевич**

Луганский государственный университет имени Тараса Шевченко, г. Луганск

Старший преподаватель кафедры БЖД, охраны труда и гражданской защиты

E-mail: [kalaydo18@mail.ru](mailto:kalaydo18@mail.ru)

---

N.V. BAKAEVA, A.V. KALAYDO

## **EXPERIMENTAL STUDY OF THE BACKGROUND RADIATION FACTORS IN BUILDINGS**

*A large part of the annual dose from all ionizing radiation sources people gets indoors, and the main dose-forming factor are the progeny of radon, which form from 50 to 90% of the annual individual dose. Radon safety problem observed widely, but this works often contain contradictory statements about the laws of radon levels formation at indoor air. This paper attempts to analyze the modern concepts of radiation safety buildings and apartments in the basis of radiation survey results at the Lugansk State University named by Taras Shevchenko.*

**Keywords:** radon, progeny, equivalent equilibrium radon concentration (EERC), variations, dose, soil

## BIBLIOGRAPHY

1. Gulabyants, L.A. The role of radon in the sphere of human activity [text] Biosphere compatibility: people, the region and technology. - № 4. - 2013. - S. 78 - 82.
2. Sidelnikov, O.P. Radiation and environmental aspects of the construction of buildings [Text] // biospheric compatibility: people, the region and technology. 2013. № 2. pp 65 - 69.
3. Mironchik, A.F. Natural radioactive substances in the atmosphere and indoor air of Belarus [Text] // Herald of Belarusian-Russian University. - № 4 (17). - 2007. - S. 162 - 171.
4. Pavlenko T.A. Estimation of population exposure Zaporozhye region [Text] / T.A. Pavlenko, M.I. Kostyannetsky, N.V. Aksenov // Radiation medicine. 2006. T. 10. № 1. S. 103 - 106.
5. Didenko P.I. Effect of radon in the population of Ukraine [Text] // Technogenic and ecological safety and civil protection.. 2012. № 4. - S. 60 - 67.
6. Tikhonov, M.N. Radon danger: Sources, the dose and the outstanding issues [Text] / MN Quiet, newly // Ecol. Expertise: an overview. - VINITI. - 2008. - Issue 3. - C.29 - 51.
7. Arvela, N.M. Residential radon in Finland: sources, variation, modeling and dose comparisons (Academic dissertation) STUK-A124. Helsinki, 1995. 87 p.
8. Andreev, A.I. Experimental studies of the dynamics of radon in the office is displaced [Text] / A.I. Andreev, M.B. Medvedev // Herald PNU. Sci. science. - 2011. - № 3 (22). S. 37 - 45.
9. Ashok G.V., Nagaiah N., Shiva Prasad N.G. Indoor radon concentration and its possible dependence on ventilation rate and flooring type. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 148 (1). Pp. 92 - 100.
10. Udovičić V., Aničin I., Joković D., et al. Radon time-series analysis in the underground low-level laboratory in Belgrade, Serbia. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 145 (2-3). Pp. 155 - 158.
11. Abd El-Zaher M. Seasonal variation of indoor radon concentration in dwellings of Alexandria city, Egypt. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 143 (1). Pp. 56 - 62.
12. Amin A., Leghrouz M., Abu-Samreh M., Ayah Shehadeh K. Seasonal variation of indoor radon-222 levels in dwellings in Ramallah province and East Jerusalem suburbs, Palestine. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 148 (2). Pp. 268 - 273.
13. Zhukovsky M.V. Radon safety of buildings [Text] / M.V. Zhukovsky, A.V. Kruzhalov V.B. Gurvich, I.V. Yarmoshenko // Yekaterinburg Univ UB RAS, 2000. - 180 p.
14. Marennyy, A.M. Surveys of various buildings for radon in the territories served by FMBA of Russia [Text] / A.M. Marennyy, V.V. Romanov V.I. Astafurov [et al.] // Radiation Hygiene. - T. 8. - № 1, 2015. - S. 23 - 29.
15. Marennyy, A.M. Survey the city of Krasnokamensk in the content of radon in indoor [Text] / A.M. Marennyy, S.M. Kiselev, A.V. Titov [et al.] // Radiation Hygiene. - T. 6. - № 3, 2013. - S. 47 - 52.
16. Pavlenko T.A. Scientific substantiation of radiation protection of the population of Ukraine is pleased-on-222 [Text] // thesis for the degree of candidate of technical sciences: 05.26.05. - Kiev, 1996. - 119 p.
17. Rani A., Singh S., Dugga V. Indoor radon measurements in the dwellings of Punjab and Himachal Pradesh, India. Radiat. Prot. Dosim. 2013. No. 156 (1). Pp. 118 - 124.
18. Carro, T.V. Methods for reducing radon in indoor air [Text] // Youth and the science: the beginning of the XXI century: the Conference Proceedings - M., 2009. - Part 5, S. 205 - 207.
19. Beckman, I.N. Radon is the enemy, the doctor and the assistant // Lectures. Lecture 4. URL: <http://www.novsu.ru/file/883232> (the date of circulation: 05.12.2015).
20. Lyandzberg, R.A. The components of the natural radiation background [Text] // Bulletin KamchatSTU. - № 5. - 2006. - S. 21 - 22.
21. Kurguz, S.A. Effect of physical properties of radon in its distribution within the buildings and premises [Text] / S.A. Kurguz // Radioecology XXI Century: Proceedings of the international. scientific and practical. Conf., Krasnoyarsk, 14 - 16 May 2012 - Krasnoyarsk: SFU, 2012. - P.145 - 150.
22. Torosyan, V.F. The study of the distribution of radon in homes and offices / V.F. Torosyan, A.A. Priezzhev // Internet magazine "Technology technospheric security» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). - № 3 (55), 2014.
23. Krisyuk, E.M. The radiation background space [text]. - M.: Energoatomizdat, 1989. - 119 p.
24. Bucci S., Pratesi G., Viti M.L., et. al. Radon in workplaces: first results of an extensive survey and comparison with radon in homes. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 145 (2-3). Pp. 202 - 205.
25. Karadeniz Ö., Yaprak G., Akal C., Emen I. Indoor radon measurements in the granodiorite area of Bergama. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 149 (2). Pp. 147 - 154.
26. Chen J., Moir D, Whyte J. Canadian population risk of radon induced lung cancer: a re-assessment based on the recent cross-Canada radon survey. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 151 (2). Pp. 144 - 153.
27. Stefanenko, I.V. Reducing radiation background in the room [Text] // Bulletin VolgSABU. Ser.: Building and architect. - № 14 (33). - 2009. - S. 128 - 131.
28. Gulabyants, L.A. Principles of construction of the new design standards antiradon protection buildings [Text] // enabling environment of human life. Building Science. - № 5. - 2009. - S. 461 - 467.

29. Kostenets'ky, M.I. The soil under the house - the main source of radon indoors [Text] / M.I. Kostenets'ky, A.I. Sevalnev, A.V. Kutsak // Zaporozhye Medical Journal. - № 1 (70). - 2012. - S. 89 - 91.

30. Yarmoshenko, I.V. Simulation of radon in dwellings [Text] / I.V. Yarmoshenko, M.V. Zhukovsky, A.A. Ekidin // HENRI. - 1999. - N 4. S. 17-26.

31. Gulabyants, L.A. Power of the "active" layer of soil in the diffusion transfer of radon in soil based building [Text] / LA Gulabyants, BJ Z // "Henri." - № 4. - 2001. - S. 38 - 40.

**Bakaeva Natalia Vladimirovna**

Southwest State University, Kursk

Doctor Tech. Sci., professor

E-mail: natbak@mail.ru

**Kalaydo Alexandr Vital'evich**

Luhansk State University named by Taras Shevchenko, Lugansk

Senior lecturer of the department of BC, labour protection and civil defense

E-mail: kalaydo18@mail.ru

УДК 694

Т.И. ЛЕВКОВИЧ, З.А. МЕВЛИДИНОВ, Ф.Н. ЛЕВКОВИЧ, К.В. МАКЕЕНКО

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРЕЩИН В МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

*При планировании и проектировании строительства и реконструкции дорожных покрытий, наряду с учетом транспортных загрязнений, следует более детально выявлять их воздействие на природные и социально-экономические системы и принимать технические решения, предотвращающие или сокращающие негативные последствия таких воздействий. При строительстве цементобетонного покрытия строительной организацией были устроены поперечные контрольные швы, а также швы расширения, сжатия, коробления и продольные швы. На некоторых плитах около шва образовались поперечные трещины, в основном параллельно шву, с шириной раскрытия до 5 мм, на расстоянии до 30 см от шва. Некоторые трещины переходят с одной стороны шва на другую и имеют произвольную форму.*

*В статье приведены результаты натурных обследований цементобетонного покрытия с целью выявления причин появления трещин у деформационных швов. Также были проверены: коэффициент уплотнения песчаного основания, прочность бетона в покрытии, проектные материалы и технология производства работ по устройству деформационных швов.*

***Ключевые слова:** цементобетонное покрытие, прочность, песчаное основание, коэффициент уплотнения, деформационные швы, трещины, арматура.*

Наряду с появлением новых эффективных материалов и конструкций, используемых в дорожном строительстве, не последнее место в настоящее время занимает монолитный бетон и полимербетон.

До времен перестройки монолитные покрытия автомобильных дорог из бетона в нашей стране строились во многих регионах. По нормам [1] срок службы их составляет 20...30 лет без капитального ремонта при правильном содержании во время эксплуатации. До сих пор в Брянской области есть местные дороги из монолитного бетона в хорошем состоянии. Некоторые участки бетонных покрытий автомобильных дорог в настоящее время отремонтированы, часть использована в качестве оснований под асфальтобетонные покрытия.

Следует отметить то, что опять началось использование монолитного бетона или так называемого цементобетона (термин у дорожников) при строительстве дорожной одежды в по-

крытиях автомобильных дорог.

У дорожных конструкций с цементобетонным покрытием проблемным вопросом является наличие на покрытии деформационных швов.

Нами рассмотрен случай, когда устраиваемые в покрытии деформационные швы «не сработали». Последствием данного состояния швов стало появление поперечных трещин на некотором расстоянии от устроенных швов.

Объектом исследований являются: песчаное основание, бетонное покрытие и деформационные швы в монолитном цементобетонном покрытии промышленной площадки для хранения древесного сырья реконструируемого завода ЖБИ под строительство завода ДСтП и ЛДСП в г. Дятьково Брянской области.

Исследование причин появления трещин при строительстве цементобетонного покрытия является актуальной задачей и требует всестороннего изучения не только выполненных работ строительными организациями (уплотнение

песчаного подстилающего слоя, устройства деформационных швов и т.д.), но и прочности бетонного покрытия. Также необходима проверка данных проектирования цементобетонного покрытия и деформационных швов.

Анализируя имеющиеся в настоящее время источники современной научно-технической литературы по строительству монолитных цементобетонных покрытий дорожных одежд и устройству в них деформационных швов, можно сделать вывод, что бетон, как основной дорожно-строительный материал актуален и может опять занять одно из ведущих мест в дорожном строительстве по его использованию. Ежегодно возрастает разнообразие видов бетонов, вяжущих композиций, технологических приемов производства монолитного и сборного бетона и железобетона.

Еще в середине 80-х годов в мировой строительной практике появились бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. Для них характерно то, что высокая (55...80 МПа) и сверхвысокая (выше 80 МПа) прочность при сжатии, низкая проницаемость и большая долговечность достигается путем использования высокоподвижных смесей, а конструкциям и сооружениям из таких смесей присущи высокие эстетические качества.

Дорожные одежды с цементобетонным покрытием имеют особенность расширяться при высоких положительных температурах воздуха и сужаться при пониженных положительных и отрицательных температурах в зимнее время.

При перепаде температур устраивают деформационные швы (расширения, сжатия, коробления), которые разрезают цементобетонное покрытие дорожной одежды на отдельно работающие плиты.

Деформационные швы необходимы в конструкции цементобетонного покрытия дорожных одежд, так как не дают ей разрушаться при смене температур и изменении климата.

Швы расширения повышают продольную устойчивость цементобетонно-

го покрытия дорожной одежды при максимальном нагреве летом.

Деформационные швы расширения в цементобетонных покрытиях в условиях континентального климата Брянской области должны быть устроены на расстоянии 25 м друг от друга при температуре воздуха ниже +5°C и толщине покрытия равной 20 см.

При температуре воздуха в интервале от +5°C до +10°C это расстояние увеличивают до 35...42 м. При температуре от +10°C до +25°C расстояние между плитами достигает 50...54 м, а при более высокой – 80...90 м [2].

Цель исследования – выявить причину «несрабатывания» деформационных швов. Площадка с цементобетонным покрытием имеет размеры 105×250 (м). Она разрезана деформационными швами на отдельные цементобетонные плиты размерами 5×5 (м), толщиной – 0,20 м. В качестве поперечных деформационных швов служат швы расширения, сжатия, и коробления. В продольном направлении устроены продольные швы.

Швы расширения армированы арматурой класса АШ диаметром 22 мм длиной 500 мм, расстояние между штырями 300 мм.

Швы сжатия армированы арматурой класса АШ диаметром 22 мм длиной 450 мм, расстояние между штырями 1000 мм.

Швы коробления армированы арматурой класса АШ диаметром 20 мм длиной 500 мм, расстояние между штырями 500 мм.

Продольные швы армированы арматурой класса АШ диаметром 16 мм длиной 750 мм, расстояние между штырями 1 000 мм.

На некоторых плитах около шва образовались поперечные трещины, в основном параллельно шву, с шириной раскрытия до 5 мм и на расстоянии до 30 см от шва. Некоторые трещины переходят с одной стороны шва на другую и имеют произвольную форму. Всего трещины образовались в 14 плитах (рис. 1).



**Рис. 1 – Внешний вид трещин в бетонных плитах**

Для выявления причин образования трещин вначале определили коэффициент уплотнения песчаного основания [3]. Песчаное основание под цементобетонное покрытие имеет общую толщину 0,65 м. Оно состоит из двух слоев - верхний слой из среднезернистого песка толщиной 0,25 м и нижний слой из мелкозернистого - толщиной 0,40 м.

Определение коэффициента уплотнения песчаного основания из среднезернистого песка проводили статическим плотномером СГП – 1М, предназначенным для ускоренного операционного контроля качества уплотнения грунтов земляного полотна и дополнительных слоев основа-

ний автомобильных дорог, аэродромов и прочих земляных сооружений.

Плотномер допускается применять для зондирования любых грунтов, содержащих не более 15% твердых включений крупностью свыше 2 мм.

Тип прибора – пенетромтр статического действия с силоизмерительным устройством с ценой деления 2 кГс.

При проведении работ вначале подготовили площадки размерами 30x70 (см). Затем подготовили (собрали) прибор. Кнопку фиксации усилия установили на отсчет 0. Установили прибор рабочим стержнем вертикально к измеряемой поверхности и нажимом на рукоять погрузили наконечник до упора ограничительной муфты. Сняли показания прибора. Затем испытания повторили. Например, на площадке №1 получили следующие значения: 1-ое – 64 кГс; 2 –ое – 64 кГс; 3-е – 63 кГс; 4-ое – 70 кГс; 5 – ое – 67 кГс. Определили среднее значение – 65,6 кГс. По графику усредненного коэффициента уплотнения определили, что данное основание из среднезернистого песка уплотнено с коэффициентом  $K_{уп} \geq 0,99$ . Повторные испытания показали аналогичные значения.

Следует отметить, что полученная плотность песчаного слоя является фактической плотностью нижней части песчаного слоя. Хотя снимался сверху слой песка толщиной 0,05-0,10 м при подготовке площадки к испытанию, рабочий стержень с наконечником при нажиме на рукоять погружался в песок без усилия до глубины 0,05-0,15 м, а дальше приходилось прилагать значительное усилие, чтобы погрузить стержень до ограничительной муфты.

Это свидетельствует о том, что верхняя часть песчаного слоя толщиной до 0,15–0,25 м имеет недостаточную плотность, а нижняя часть песчаного основания уплотнена в достаточной степени.

После определения коэффициента уплотнения произвели проверку прочности бетона в покрытии электронным измерителем прочности бетона ИПС-МГ4.03 [4].



*Рис. 2 – Проверка коэффициента уплотнения в песчаном слое статическим плотномером СПП-1М*

Определение прочности бетона проводили выборочно (рис. 3) на участке размером не менее  $100 \text{ см}^2$  площади бетона. Количество и расположение контролируемых участков при испытании конструкций должно соответствовать ГОСТ 18105 [5].

Места измерений на поверхности изделия (места нанесения удара) выбирали, по возможности, между гранулами щебня. Число испытаний на участке - не менее 10.

Выборочно было проверено десять плит монолитного цементобетонного покрытия площадки, построенных в летних условиях и к моменту испытаний имеющих возраст более 28 суток.

На основании измерения прочности и проведения статистической обработки малой выборки, можно сделать вывод: что марка (прочность) уложенного в покрытие бетона при возрасте 28 суток, равная 35,78 МПа соответствует требуемой – 35 МПа.



*Рис. 3 – Проверка прочности бетона измерителем прочности бетона ИПС-МГ4.03*

Проверку устройства швов провели на участках площадки, где еще не была уложена цементобетонная смесь.

При расширении или сжатии плита должна свободно скользить по основанию. Основание под цементобетонное покрытие дорожной одежды должно быть прочным и в то же время не создавать сил трения при перемещении плит. Для того чтобы не было сцепления стержней армирования швов одной плиты при ее перемещении с бетоном другой плиты, стержень арматуры обмазывают битумом или мастикой слоем 0,2–0,3 мм.

В швах расширения длина обмазки должна быть равна 30 см. На обмазанный стержень одевают резиновый или полиэтиленовый колпачок, оставляя зазор в колпачке около 7 мм.

Между швами расширения устраивают швы сжатия и коробления, причем швы коробления должны находиться за швами расширения, а между ними – швы сжатия [2].

При устройстве швов сжатия стержни обмазывают битумом или мастикой на 2/3 его длины.

Чтобы плиты цементобетонного покрытия дорожной одежды свободно перемещались по поверхности основания, штыри (стержни) должны быть изготовлены из гладкой арматуры. При периодическом профиле битум (мастика) может стечь в заглобления профиля, на выпуклой поверхности стержня будут создаваться напряженные участки с повышенным трением-сцеплением, что в свою очередь может разорвать плиту у швов и вызвать появление трещин.

Согласно проекту штыри арматуры класса АШ деформационных швов имели периодический профиль, такие штыри были использованы строительной организацией.

В соответствии с требованиями действующего нормативного документа ВСН 139-80 [2, п.3.15] при устройстве швов в цементобетонных плитах штыри следует изготавливать из стержневой горячекатаной арматурной стали класса АІ.

Об этом же говорится в СТО НОСТ-РОЙ 2.25.41-2011 [1, п.6.7].

К арматурным сталям, используемым при устройстве швов расширения, сжатия, коробления предъявляют следующие требования:

– для изготовления каркасов и плоских сварных сеток следует применять стержни из горячекатаной арматурной стали периодического профиля класса А-II по ГОСТ 5781 [6];

– для изготовления штыревых соединений следует применять стержневую горячекатаную гладкую арматурную сталь класса А-I по ГОСТ 5781 [6].

Для того, чтобы сработали деформационные швы, устраиваемых в цементобетонных покрытиях необходимо заменить штыри периодического профиля класса АШ на штыри из гладкой арматуры класса АІ.

В цементобетонных плитах дорожной одежды обследуемой площадки помимо использования в стержнях арматуры периодического профиля были применены для армирования плоские арматурные сетки. Но между сетками и стержнями арматуры швов осталось неармированное пространство в бетоне длиной около 20...30 см, что в свою очередь ослабило цементобетонное покрытие.

Изучив представленные проектные материалы по строящейся площадке, информацию от подрядчика, проводившего строительство и результаты проведенных обследований, можно сделать следующие выводы:

– верхняя часть песчаного слоя основания толщиной до 0,15–0,25 м имеет недостаточную плотность, что может привести к короблению плит под воздействием проезжающего груженого транспорта при эксплуатации, нижняя часть песчаного основания уплотнена в достаточной степени;

– марка (прочность) уложенного в покрытие бетона при возрасте 28 суток, равная 35,78 МПа соответствует требуемой – 35 МПа;

– трещины появились на том участке, где при устройстве швов в цементобетонных плитах использовались штыри из арматуры класса АШ, имеющие периодический профиль, на тех участках,

где при устройстве швов в цементобетонных плитах стали использовать штыри из арматуры класса АІ, имеющие гладкую поверхность, трещины не появились.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. СТО НОСТРОЙ 2.25.41-2011 Автомобильные дороги. Устройство цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Дата актуализации 21.05.2015. – М.: ООО МАДИ-плюс, 2011.– 44 с.
2. ВСН 139-80 Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог. - М.: Минтрансстрой СССР, 1980. - 55 с.
3. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Технические условия - Государственный комитет СССР по делам строительства, 1984.- 18 с.
4. ГОСТ 22690-88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М.: Госстрой СССР, 1988. – 20 с.
5. ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. - М.: Стандартинформ, 2013.–20с
6. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5), переиздан 2005. – М.: Госстрой СССР, 1982.- 12 с.

#### **Левкович Татьяна Ивановна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г.Брянск  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги»,  
Тел.: 8 920 601 06 75  
E-mail: tilevovich@mail.ru

#### **Мевлидинов Зелгедин Алаудинович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г.Брянск  
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Автомобильные дороги»,  
E-mail: zelgedinm@yandex.ru

#### **Левкович Федор Николаевич**

ООО «Проект-сервис», г.Брянск  
Кандидат технических наук, инженер-проектировщик  
Тел.: 8 910 336 06 86  
E-mail: fedya@hotmail.ru

#### **Макеенко Клавдия Владимировна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г.Брянск  
Студент строительного факультета  
E-mail: klava95,95@mail.ru

T.I. LEVKOVICH, Z.A. MEVLIDINOV, F.N. LEVKOVICH, K.V. MAKEENKO

## INVESTIGATION OF CAUSES OF CRACKS IN MONOLITHIC CONCRETE COATINGS

*When you planning and designing the construction and reconstruction of road surfaces, along with consideration of transport pollution, you need to identify their impact on the natural and socio-economic system more detail and to make technical decisions that will prevent or reduce the negative impacts of such impacts. In the construction of cement concrete pavement construction company were arranged in a transverse control joints and expansion joints, shrinkage, warpage and longitudinal joints. On some boards near a seam formed transverse cracks, mainly parallel to the seam, with opening widths up to 5 mm, at a distance of 30 cm from the seam. Some cracks go from one side seam to the other and have arbitrary shape.*

*The article presents the results of field surveys of concrete pavement for the purpose of identifying the causes of cracking near deformation joints. Also were checked: the rate of compaction of sandy grounds, the strength of concrete in the coating, project materials and technology of production of works on installation of expansion joints.*

**Key words:** cement concrete pavement, durability, sand base, the coefficient of consolidation, expansion joints, cracks, rebar.

### BIBLIOGRAPHY

1. STO NOSTROY 2.25.41-2011 Highways. Device concrete slabs AB motor roads. 05.21.2015 Date actualization. - M.: OOO MADI-plus, 2011.- 44 c.
2. VSN 139-80 Instructions for the construction of cement concrete pavement of car roads. - M.: Mintransstroy USSR, 1980. - 55 p.
3. GOST 5180-84. Soils. Laboratory methods of determining physical characteristics. Technical conditions - the USSR State Committee for Construction, 1984.- 18 p.
4. GOST 22690-88 Concrete. Determination of strength with mechanical methods of nondestructive testing. - M.: Gosstroy of the USSR, 1988. - 20 s.
5. GOST 18105-2010 Concrete. Rules of monitoring and evaluation of strength. - M.: Standartinform, 2013. - 20 s.
6. GOST 5781-82 Hot-rolled steel for reinforcement of reinforced concrete structures. Technical conditions (with change in N 1, 2, 3, 4, 5), reissued 2005. - M.: USSR State Building, 1982.- 12 p.

#### **Levkovich Tatyana Ivanovna**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Highways"

E-mail: tilevkovich@mail.ru

#### **Mevlidinov Zelgedin Alaudinovich**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Highways"

E-mail: zelgedinm@yandex.ru

#### **Levkovich Fedor Nikolaevich**

The limited liability company "Project-service", Bryansk

Candidate of Technical Sciences, Design engineer

E-mail: fedya@hotmail.ru

#### **Makeenko Claudia Vladimirovna**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Student of the Civil Engineering Faculty

E-mail: klava95,95@mail.ru

В.В. ПЛОТНИКОВ, М.В. БОТАГОВСКИЙ

## ИННОВАЦИОННЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ РЕСУРСОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*В статье приведены инновационные решения ограждающих конструкций и материалов для использования при возведении пассивных и активных биосферно-совместимых зданий, представлены результаты исследования свойств теплоизоляционных красок нового поколения. Показано, что теплоизоляционные краски не обладают заявленными фирмами – производителями и поставщиками теплофизическими свойствами и имеют коэффициент теплопроводности  $\lambda$  в пределах 0,051- 0,064 Вт/м·К, такой же, как и обычные акриловые краски.*

**Ключевые слова:** биосферная совместимость, многослойные ограждающие конструкции, тепловая защита зданий, энергоэффективные здания, теплоизоляционные краски.

Для развития и осуществления концепции биосферной совместимости городов необходимо при проектировании и строительстве зданий предусматривать реализацию инновационных технологий, направленных на повышение энергетической эффективности зданий и использование при этом безвредных для человека и окружающей среды материалов.

Исторически сложилось, что энергоэффективность никогда не была приоритетной задачей в нашей стране, что связано с большим запасом энергетических ресурсов в России. Но сегодня мировая тенденция, ориентированная на повышение энергоэффективности и экологической безопасности технологий, начинает влиять и на российскую архитектурно-строительную сферу. Одним из архитектурных приемов повышения энергоэффективности здания является использование материалов, способных уменьшить теплопотери здания и сделать внутренний микроклимат более комфортным. Сегодня такая сфера деятельности человека, как разработка различных теплоизоляционных материалов и энергоэффективных решений ограждающих конструкций активно развивается.

Наряду с совершенствованием традиционных теплозащитных систем в настоящее время на строительном рынке появляются инновационные разработки в области новых теплоизоляционных мате-

риалов и энергоэффективных ограждающих конструкций.

**Теплоизоляционные краски.** В настоящее время на рынке под разным названием появляются новые сверхтонкие энергосберегающие материалы, например «Thermal-Coat™», «THERMO-PROTECT», «Корунд», «Жидкий керамический кафель», «Акварелла ТМ-150», «Теплос –Топ» и т.п. Эти краски, по данным производителей, содержат микроскопические стеклокерамические и силиконовые вакуумированные сферы, которые находятся во взвешенном состоянии в жидкой композиции, состоящей из синтетического каучука, акриловых полимеров и неорганических пигментов. Эта комбинация придает материалу легкость, гибкость, упругость и высокие характеристики адгезии к покрываемым поверхностям. Технология как бы использует эффект «теплого зеркала», обусловленный термодинамическими процессами вакуумной среды. Материалы представляют собой состав белого или серого цвета, который после высыхания образует эластичное покрытие, имеющее, по данным рекламных проспектов фирм, коэффициент теплопроводности в пределах 0,001- 0,005 Вт/м·С. Энергосберегающие покрытия разработаны в рамках освоения космоса для защиты пилотируемых объектов от неравномерности тепловых излучений, воздействующих на

корабль (нагрев со стороны солнца и охлаждение с теневой стороны) и работающих, по мнению фирм, представляющий материал на строительном российском рынке, на физических принципах, отличных от привычных теплоизоляционных материалов. Материал, по данным производителей, изначально обладает комплексом специфических свойств: уникальными теплофизическими свойствами, высокой экологичностью, очень низким тепловыделением при воздействии на него мощных тепловых потоков, крайне высокими диэлектрическими свойствами, устойчивостью к ультрафиолетовому облучению и к большинству агрессивных средств, высокой адгезией к твердым поверхностям, вандалоустойчивостью и ремонтнопригодностью. Материал не поддерживает горение. По данным представителей фирм, поставляющих материал на строительный рынок, наноструктурированная

краска, наносимая на поверхность наружных стен с помощью специального оборудования слоем 0,4-2 мм, решает проблему теплозащиты зданий и способна заменить традиционные системы теплозащиты, предусматривающие использование пенопласта или минеральной ваты толщиной до 25 см (рис. 1).

Нами проведена проверка теплоизоляционных свойств указанных выше красок различных производителей с использованием стандартных и нестандартных методов измерения теплопроводности материалов. Результаты испытаний представлены в таблице 1. При этом были испытаны микросферы в виде порошка, используемого для приготовления красок (состав 1), только краски (составы 2-3) и образцы из различных материалов (гипсокартон, металл, картон, оргстекло), на которые нанесены с одной или с двух сторон различное количество слоев теплоизоляционной краски (составы 4-12).

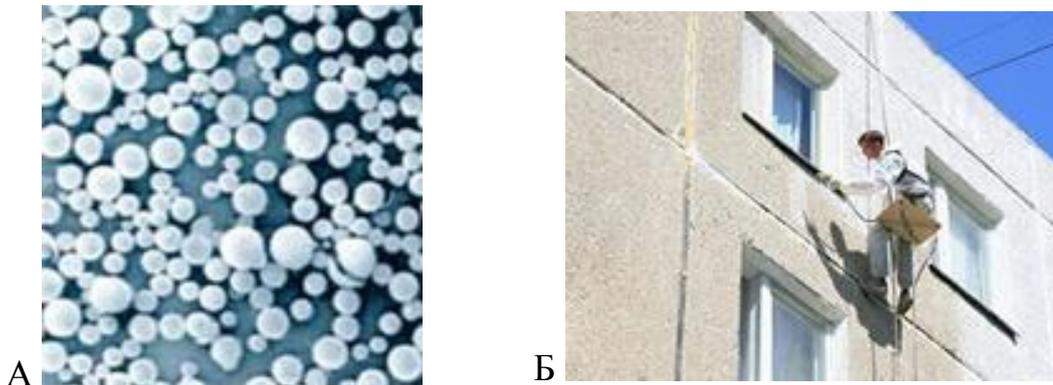


Рис. 1 – Общий вид микросфер, используемых в теплоизоляционных красках (А) и применение краски при утеплении стен зданий (Б)

Определение теплопроводности и термического сопротивления производилось по ГОСТ 7076-99 с помощью прибора ИТП-МГ4 «100». Прибор обеспечивает определение коэффициента теплопроводности в диапазоне 0,02-1,5 Вт/м·К и термического сопротивления в диапазоне 0,01-1,5 м<sup>2</sup>·К/Вт.

Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных красок проводилось по следующей формуле:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{H_1}{\lambda_1} + \frac{H_2}{\lambda_2} + \frac{H_3}{\lambda_3}, \quad (1)$$

где R – полное сопротивление теплопередаче образца (например, гипсокартон + краска), м<sup>2</sup>·К/Вт;

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> - сопротивление теплопередаче отдельных слоев образца, (например, гипсокартона, оргстекла и краски соответственно), м<sup>2</sup>·К/Вт;

H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> - толщина отдельных слоев образца (например, гипсокартона, оргстекла и краски соответственно), м;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – коэффициент теплопроводности отдельных слоев гипсокартона (картона), оргстекла и краски соответственно.

Таким образом, теплоизоляционные краски показали коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,054 - 0,064$  Вт/м·К, такой же, как и обычные акриловые краски ( $\lambda = 0,051$  Вт/м·К).

Интересный эксперимент провели студенты, чтобы доказать несостоятельность теплоизоляционных красок как супертеплоизоляционного материала. В две

одинаковых емкости, одна из которых была окрашена теплоизоляционной «чудо-краской», а другая обычной акриловой, был залит одновременно кипятком (рис. 2). Затем студенты фиксировали в течение определенного времени изменение температуры в емкостях. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

Как оказалось, вода остывала в емкостях с одной интенсивностью, что косвенно, но достоверно свидетельствует об отсутствии у теплоизоляционных красок необычных теплофизических свойств.

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов

№ п/п	Вид и толщина образца	Число слоев краски	Толщина краски, мм	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м·К		$T_n$ , °С	$T_x$ , °С	Сопротивление теплопередаче образца $R$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	Тепловой поток $q$ , Вт/ м <sup>2</sup>
				образца	краски				
1	Только микросферы, 3,6 мм	-	-	0,062	-	30	15	0,058	258,3
2	Краска, 4,9 мм	1	4,9	0,057	0,057	35,0	15,0	0,086	232,7
3	Краска, 5,7 мм	1	5,7	0,056	0,056	40,0	15,0	0,102	245,6
4	Гипсокартон, 9,6 мм	-	-	0,246	-	35,0	15,0	0,039	512,5
5	Гипсокартон с краской, 10,7 мм	1	1,1	0,180	0,055	40,0	15,0	0,059	420,6
6	Гипсокартон (толщиной 9,6 мм) с краской, 11,2 мм	2 (по 1 слою с каждой стороны)	1,6	0,175	0,064	40,0	15,0	0,064	390,6
7	Гипсокартон (толщиной 13 мм) с краской, 15,0 мм	2 (по 1 слою с каждой стороны)	2	0,166	0,054	40,0	15,0	0,090	276,7
8	Гипсокартон (толщиной 13 мм) с краской, 15,0 мм	4	2	0,173	0,059	40,0	15,0	0,087	288,3
9	Картон + оргстекло, 15,2 мм (0,4+14,8)	-	-	0,184	-	40,0	15,0	0,084	298,7
10	Картон с краской + оргстекло, 16 мм	1	0,8	0,174	0,062	40,0	15,0	0,093	283,4
11	Акриловая краска на картоне + оргстекло, 15,6 мм	1	0,4	0,178	0,051	40,0	15,0	0,088	283,4
12	Металлическая пластина с краской, 1 мм	1	0,6	0,091	0,055	25,0	15,0	0,011	910,0

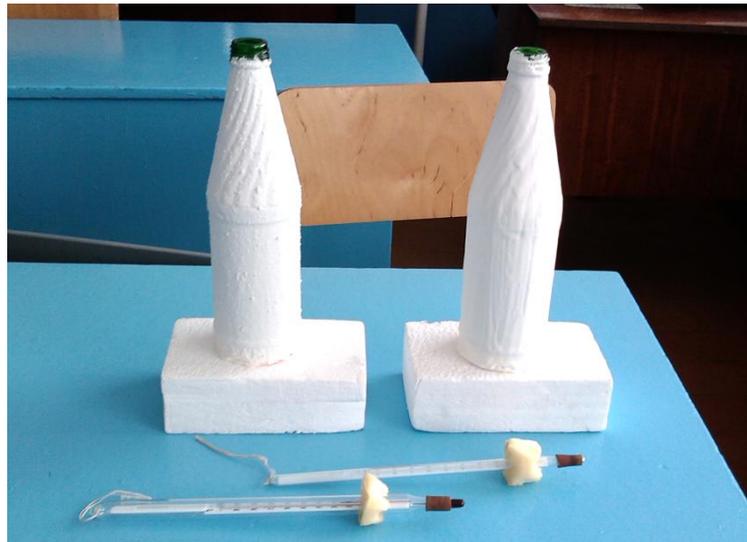


Рис. 2 – Две емкости с кипятком, одна из которых окрашена теплоизоляционной краской, другая – обычной акриловой краской

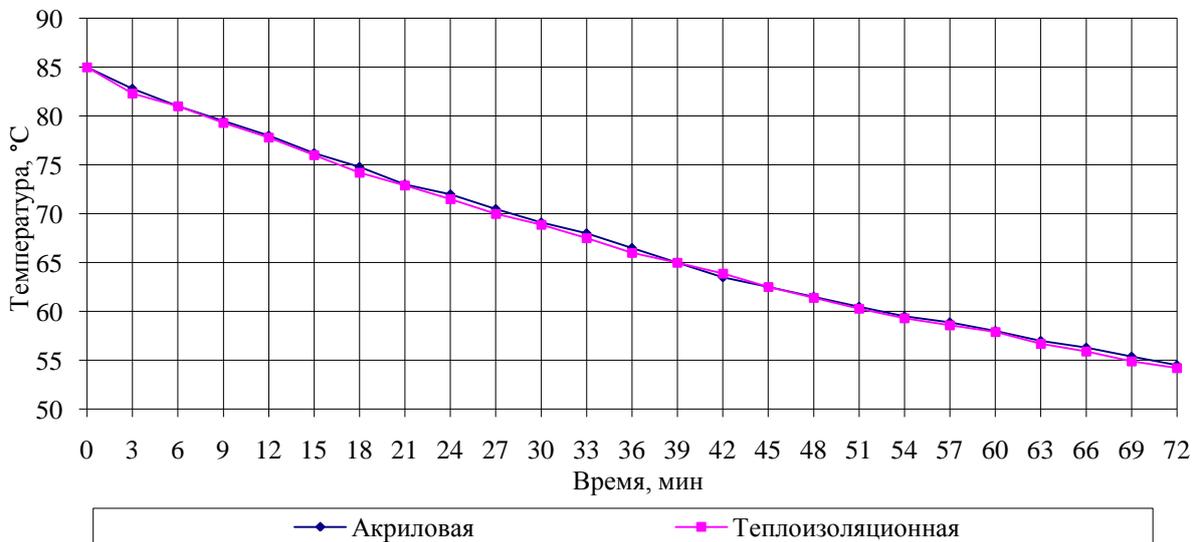


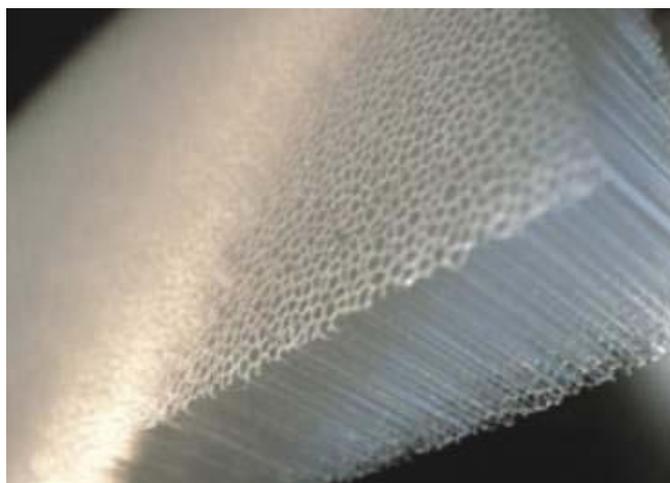
Рис. 3 – График остывания горячей воды в емкостях, одна из которых окрашена теплоизоляционной краской, другая – обычной акриловой краской

**Прозрачная теплоизоляция (ПТ)**, как новый инновационный продукт, относится к классу теплоизоляционных материалов свободно пропускающих солнечный свет. Дома с такой системой теплоизоляции могут эффективно использовать энергию солнца для отопления. Такой способ утепления фасадов зданий позволяет, во-первых, минимизировать тепловые потери и, во-вторых, получать энергию для отопления помещений, абсорбируя и накапливая энергию солнечного света. Понятие ПТ включает в себя обширную группу светопрозрачных мате-

риалов, таких как акриловую пену, капиллярное стекло, сотовый поликарбонат и т.д. (рис. 4). Кроме прозрачности ПТ имеют пористую или трубчатую структуру: они примерно на 95% состоят из воздуха, благодаря чему и обладают великолепной теплоизоляцией. В ПТ практически отсутствует конвекция воздуха из-за очень мелкого размера пор. Слой такого материала толщиной 30 мм в 3 раза лучше сохраняет тепло, чем толстая кирпичная стена толщиной 640 мм традиционного русского дома.

Пассивное использование солнечной энергии при применении ПТ происходит в несколько этапов. Прозрачный верхний слой термоизоляционного материала пропускает солнечный свет к внутреннему слою световодных трубок. Слои этот можно представить себе в виде множества связанных вместе прозрачных соломинок, с помощью которых свет попадает на чёрный абсорбирующий слой, где он и преобразуется в тепло, которое в свою очередь накапливается в стене. Благодаря горизонтальному расположе-

нию световодов, зимнее солнце, которое не поднимается высоко над горизонтом, беспрепятственно проникает к абсорбирующему слою. И наоборот: солнце летом отражается от поверхностного слоя и капилляров, не доходя до стен дома, что и препятствует нежелательному нагреву помещений в теплое время года. По данным производителей, на южных фасадах зданий, оборудованных прозрачной теплоизоляцией, можно получать до 120 кВт·ч с квадратного метра поверхности за отопительный сезон.



*Рис. 4 – Внешний вид прозрачной теплоизоляции*

Использовать в строительстве ПТ можно двояким образом. При первом варианте, который ученые считают наиболее перспективным, прозрачная теплоизоляция размещается перед массивной стеной из бетона или иного тяжелого материала, наружная сторона которой окрашивается в черный цвет и которая играет роль накопителя тепловой энергии. Солнечное излучение проникает сквозь ПТИ и на черной поверхности стены преобразуется в тепловую энергию. Стена, в свою очередь, постепенно отдает тепло внутрь здания. Таким образом, стены дома больше берут тепла от солнца, чем отдают его наружу, то есть дом как бы отапливается стенами. В теплый период такая система отопления регулируется следующим образом. Между наружным стеклом и ПТИ размещается затеняющее устройство, которое регулируется

автоматическими датчиками, и которое опускается при высокой уличной температуре, обеспечивая оптимальный поток энергии и максимальный комфорт в здании. Как уже показала практика, температура внутренней поверхности стены с прозрачной теплоизоляцией в среднем за зимний сезон на 2°С выше, чем стены с непрозрачным утеплением, что обеспечивает оптимальные условия теплового комфорта для жителей.

Подобная конструкция, названная солнечным фасадом, разработана Стребковым Д.С. и Митиной И.В. На рисунке 5 представлены общие схемы конструкции солнечного фасада с вакуумированными стеклопакетами и конструкции солнечного фасада с воздушным зазором между стеной и вакуумированным стеклопакетом [4].

Солнечный фасад с вакуумированным стеклопакетом содержит стену 1 здания, поглощающую поверхность 2 с коэффициентом поглощения 0,95 и излучательной способностью 0,1, вакуумированный стеклопакет 3 с внешней стороны стены, состоящий из двух листов стекла, дистанция между которыми поддерживается при помощи стеклокерамических фиксаторов 4. В вакуумном зазоре 5 воздух откачан до давления  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  мм рт.ст., на внутреннюю поверхность 6 стекла нанесено селективное покрытие с излучательной способностью 0,1. В конструкции солнечного фасада предусмотрена

штора на роликах (или жалюзи) 7, предотвращающая перегрев стены и помещения в летний период и способствующая сохранению тепла в ночное время. В солнечном фасаде, показанном на рисунке 5Б, между поглощающей поверхностью 2 и вакуумированным стеклопакетом 3 имеется воздушный зазор 8. Теплоъем внутрь помещения осуществляется за счет циркуляции воздуха при помощи вентилятора 9. Солнечный фасад работает следующим образом. Солнечное излучение приходит на стену 1 с поглощающей поверхностью 2 и нагревает стену.

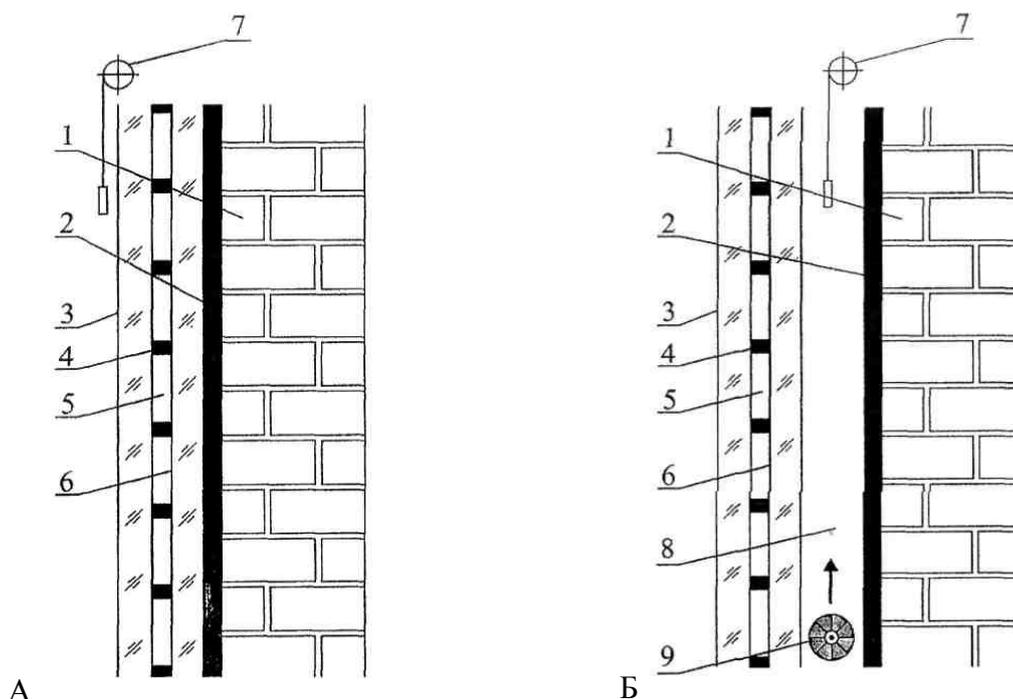


Рис. 5 – Общая схема конструкции солнечного фасада с вакуумированным стеклопакетом (А) и схема конструкции солнечного фасада с воздушным зазором между стеной и вакуумированным стеклопакетом (Б)

Поглощающая поверхность имеет коэффициент поглощения 0,95 и излучательную способность 0,1. Потери снижаются за счет вакуумированного стеклопакета 3 с вакуумом  $10^{-3}$ ... $10^{-4}$  мм рт.ст. и со стеклокерамическими фиксаторами 4, имеющего сопротивление теплопередаче  $R=0,75-0,77$  ( $m^2 \cdot K$ )/Вт. В вакуумном зазоре 5 конвекция и теплопроводность разреженного газа незначительны, а теплотери за счет излучения снижаются за счет нанесения на внутреннюю поверх-

ность стекла селективного покрытия с излучательной способностью 0,1. Тепло в помещение поступает за счет теплопроводности стены, конвекции и теплового излучения. Штора на роликах (или жалюзи) 7 предотвращает перегрев стены и помещения в летний период и способствует сохранению тепла в ночное время. В варианте солнечного фасада с воздушным зазором 8 между поглощающей поверхностью и вакуумированным стеклопакетом теплоъем осуществляется за

счет циркуляции воздуха при помощи вентилятора 9.

**Аэрогели**, как перспективный теплоизоляционный материал, сегодня также вызывают большой интерес. В частности, силикагель – материал на основе кремниевой кислоты, изобретенный еще в 1931 году, практическое применение начинает получать лишь в последние годы. Размер микропор в силикагеле намного меньше длины волны видимого света, и вследствие малого рассеивания образцы толщиной 12 мм на 10% прозрачнее, чем двухслойное остекление. Исходя из технологии производства, и для избегания загрязнений аэрогель заключают между двумя стеклами в рамах из различных материалов, то есть, по сути дела, в стеклопакет.

Название «аэрогель» произошло от двух латинских слов: *aer* — воздух и *gelatus* — замороженный. Поэтому аэрогель часто называют «замороженным дымом», который по внешнему виду действительно напоминает застывший дым. Аэрогель впервые был получен в 1920-1922 гг. в Стенфордском университете из диоксида кремния. Аэрогель представляет собой необычный гель, в котором отсутствует жидкая фаза, полностью замещенная газообразной, вследствие чего вещество обладает рекордно низкой плотностью, всего в полтора раза превосходящей плотность воздуха, и рядом других уникальных качеств: твердостью, прозрачностью, жаропрочностью и т.д. Аэрогель на 99.8% состоит из воздуха. Материал был удостоен за свои уникальные качества 15 позициями в книге рекордов Гиннеса. Процесс получения аэрогеля начинается с собственно геля - взвеси слипшихся частиц в жидкости. Получается она в результате химической реакции тетраэтилортосиликата (TEOS) в воде при щелочном или кислотном катализе. Воду из полученного геля вымывают этанолом. Далее возникает проблема: как удалить жидкость, не повреждая структуры. Ведь если позволить гелю просто высохнуть, то мениски поверхности испаряющейся воды будут двигаться

по гелю и за счет капиллярных сил разрушат всю структуру. Капиллярные силы крайне сильны на столь малых размерах. Решение заключается в том, чтобы не удалять из геля воду, а превратить ее в пар прямо на месте. Пар уже не имеет поверхностного натяжения и не сможет повредить структуру. Поэтому гель нагревают в прочном автоклаве до сверхкритических температур и давлений и выпускают превратившийся в пар этанол. Уникальные свойства аэрогеля объясняются его не менее уникальной внутренней структурой. Аэрогель представляет собой трехмерный кластер с размером элементов около 4 нм и характерным размером поры 10 нм. Таким образом, микроскопически аэрогель представляется сплошным однородным веществом, что выгодно отличает его от таких пористых сред как различные пены. Поскольку размер неоднородностей в аэрогеле много меньше длины волны видимого света, аэрогель прозрачен. Характерный голубоватый оттенок ему придает рэлеевское рассеяние света, которое, как известно, обратно пропорционально четвертой степени длины волны и поэтому гораздо сильнее для голубого диапазона, чем для красного. Этим же рассеянием собственно и объясняется цвет неба. Оксид кремния (кварц, стекло) - один из самых прочных материалов, известных человечеству. Тут с ним могут поспорить разве что сапфир и алмаз. Поэтому, несмотря на крайне разреженную структуру, аэрогель достаточно механически прочен. Аэрогель - пожалуй, самый лучший из теплоизоляторов. Крайне «запутанная» структура задерживает тепло лучше любых пен или стекловаты. В основном аэрогель использовался в космической промышленности, в том числе и для теплоизоляции. Но в традиционной промышленности и в быту применения он не находил в виду его высокой хрупкости. Компания «Aspen aerogels» разработала ряд материалов на основе аэрогеля, при помощи которых можно теплоизолировать теплотрассы и различные тепловое оборудование, а также дома.

Специально для каркасного строительства предлагается материал Spaceloft. Он представляет из себя «сплав» стеклоткани и аэрогеля толщиной 5 и 10 мм, с рекордными показателями теплопроводности 0,015 Вт/мК. Не трудно рассчитать, что 10 мм такой теплоизоляции заменит 42 мм стандартной минеральной ваты (рис. 6).

**Вакуумная изоляция.** Вакуумная изоляция впервые была создана для целей космического строения. На сегодня

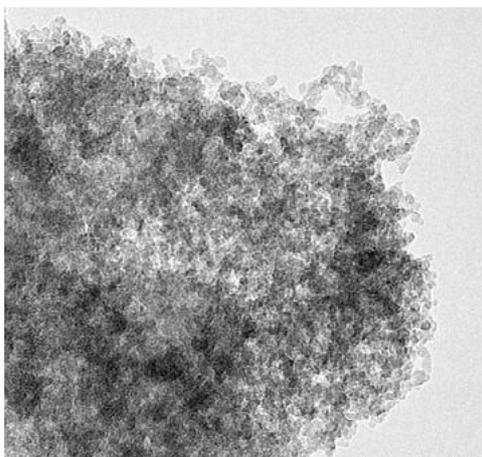


Рис. 6 – Общий вид аэрогеля

Их изоляционный эффект от 5 до 10 раз выше, чем у обычных систем теплоизоляции. Таким образом, такая вакуумная изоляция требует соответственно меньшей толщины изоляционного материала для достижения того же изоляционного эффекта. Данная технология будет иметь большое преимущество по сравнению с другими технологиями, где существуют высокие требования на тепловую изоляцию. Тем не менее, у вакуумной изоляции есть один недостаток, из-за которого не возможно использование на строительной площадке как отдельную панель этим недостатком может являться даже маленькая царапина, которая позволяет воздуху проникать в пластины, тем самым резко уменьшая их теплоизоляционные свойства. Риска разгерметизации можно избежать, если использовать данные панели в заводских условиях для производства фасадных элементов, или сэндвич-панелей (рис. 7).

это самая эффективная, но самая дорогая и сложная изоляция. Она может быть представлена в виде прямоугольных панелей стандартного размера, обтянутых фольгой и имеющих внутри себя вакуумное пространство. Вакуум дает очень хорошую тепловую изоляцию. Микропористые кремниевые пластины диоксида упакованы в газонепроницаемую вакуумную пленку. Эти панели с вакуумной теплоизоляцией обладают чрезвычайно низкой теплопроводностью.

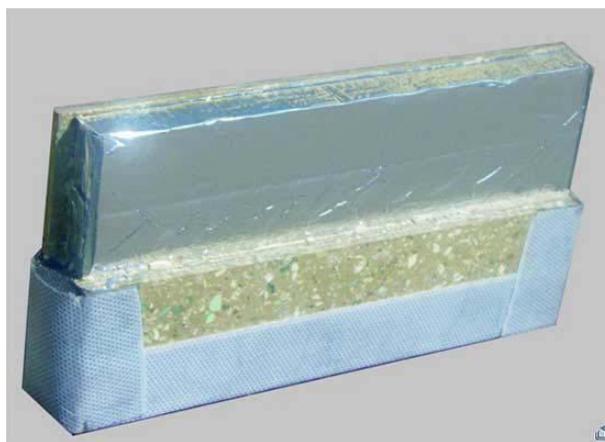


Рис. 7 – Панель с вакуумированным пакетом

Сэндвич – конструкции надежны и универсальны для применения в строительстве зданий. Крыши, стены, фасады, окна и двери могут быть сделаны из сэндвич-элементов с вакуумной теплоизоляцией больших и малых форматов (рис. 8). В рамках этого проекта вакуумная изоляция в настоящее время может применяться с различными комбинациями материалов (дерево, монолитный бетон и т.п.).

Наиболее эффективная реализация «Интеллектуальных» ограждающих конструкций возможна при принципиальном изменении стандартных архитектурных и конструктивных решений зданий. Например, замена традиционной крыши и вертикальных стен на сферическую оболочку не только уменьшает площадь поверхности ограждающих конструкций, через которые уходит тепло, но позволяет успешно реализовать техническую сторону инновационной технологии и даже повысить архитектурную вырази-

тельность здания. В настоящее время нами разрабатываются ограждающие конструкции, имеющие герметичную полость, из которой при отрицательных температурах наружного воздуха по сигналу датчика с помощью вакуумного насоса создается разреженное до нужной степени пространство. При этом термическое сопротивление ограждающей конструкции может возрастать в несколько раз (рис. 9).



*Рис. 8 – Утепление фасадов зданий вакуумированными панелями*



*Рис. 9 – Вариант здания с ограждающими конструкциями в виде оболочки с регулируемыми теплофизическими свойствами*

## Выводы

1. В настоящее время на строительном рынке появляются новые инновационные материалы и технологии для обеспечения теплозащиты и экологической безопасности зданий.

2. Инновационные теплоизоляционные краски показали коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,054-0,064$  Вт/м·К, такой же, как и обычные акриловые краски ( $\lambda = 0,051$  Вт/м·К). Одинаковый эффект с позиции повышения теплозащиты зданий достигается как при использовании теплоизоляционных, так и обычных красок за счет предохранения поверхностей фасадов зданий от увлажнения.

3. Наибольший интерес вызывают ограждающие конструкции с изменяющимися теплофизическими характеристиками в зависимости от погодных условий и времени года. Современное состояние техники и технологий позволяют реализовать автоматическое управление сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций за счет изменения давления в герметично изолированной воздушной прослойке. Применение новых технологий позволит значительно уменьшить толщину слоя ограждающей конструкции, отвечающего за обеспечение теплоизоляции, при одновременном увеличении сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции в несколько раз.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Опубликовано 27 ноября 2009 г. Вступает в силу: 27 ноября 2009 г. Принят Государственной Думой 11 ноября 2009 года. Одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года.
2. Плотников, В.В. Современные конструкционные, теплоизоляционные и отделочные материалы для стен энергоэффективных зданий [Текст] / В.В.Плотников. – Брянск: БГИТА, 2013.- 168 с.
3. Плотников, В.В. Современные технологии теплозащиты зданий [Текст] / В.В.Плотников, М.В.Ботаговский.- Брянск: БГИТА, 2013. – 164 с.
4. Патент 2382164 Российская Федерация, МПК Е 06 В 3/677. Солнечный фасад с вакуумированным пакетом/ Стребков Д.С., Митина И.В.; заявитель и патентообладатель Гос. науч. учрежд. Всерос. науч.-исслед. ин-т электр. сельск. х-ва. - № 2008148711/03; заявл. 11.12.2008. опубл. 20.02.2010, Бюл.- 5с.: ил.

**Плотников Валерий Викторович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г.Брянск

Проректор по научно-инновационной деятельности, доктор технических наук, профессор,  
зав.кафедрой «Строительное производство»  
E-mail: plotn57@mail.ru

**Ботаговский Михаил Владимирович**

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, г.Брянск  
Старший преподаватель кафедры «Строительное производство»  
E-mail BO1981@mail.ru

---

V.V. PLOTNIKOV, M.V. BOTAGOVSKIY

**INNOVATIVE PROTECTING DESIGNS AND MATERIALS  
FOR REALIZATION OF RESOURCES AND ENERGY-EFFICIENT  
CONSTRUCTION**

The paper presents innovative solutions of protecting designs and materials using in the construction of passive and active biosphere-compatible buildings, and also the results of studies of the properties of thermal insulation paints of the new generation are present in the paper. It is shown that insulating paint not possess the thermo-physical properties stated by manufacturers and suppliers and have a coefficient of thermal conductivity  $\lambda$  in the range 0,051- 0,064 W / m • K, the same as conventional acrylic paint.

*Keywords: biosphere compatibility, multi-layer protecting designs thermal protection of buildings, energy-efficient buildings, insulating paint.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Federal Law of the Russian Federation of November 23, 2009 N 261-FZ "On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" .Opublikovano November 27, 2009 g. Published: November 27, 2009 . Adopted gosdu dedication Duma November 11, 2009 the Federation Council goda.Odobren November 18, 2009.
2. Plotnikov, V.V. Modern construction, thermal insulation and finishing materials for the walls of energy-efficient buildings [Text] / V.V. Plotnikov. - Bryansk: BGITA, 2013.- 168 p.
3. Plotnikov, V.V. Modern technologies of thermal performance of buildings [Text] / V.V. Plotnikov, M.V. Botagovskiy.- Bryansk: BSAET, 2013. - 164 p.
4. Patent 2,382,164 Russian Federation, IPC E 06 B 3/677. Solar facade with vacuum-processed package / Strebkov D.S., Mitin I.V. .; applicant and patentee State. scientific. established. Proc. nauch.-research. Inst RE. Agri. x-va. - № 2008148711/03; appl. 11.12.2008. publ. 20.02.2010, Byul.- 5c .: silt.

**Plotnikov Valeriy Viktorovich**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk  
Vice-rector for scientific and innovation activity Doctor of Engineering, professor, head of the  
«Building manufacturing» department  
E-mail: plotn57@mail.ru

**Botagovskiy Michael Vladimirovich**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk  
Senior Lecturer of the «Building manufacturing» department  
E-mail BO1981@mail.ru

С.В. ПЛОТНИКОВА, Д.А. ВИКТОРОВ

## ВЛИЯНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ

*В статье приведены результаты энергетической и экологической экспертизы жилых кирпичных и крупнопанельных многоэтажных домов в г. Брянске, построенных в период 1973 – 1991 годов. Установлено, что дома с учетом современных нормативных требований относятся к низкому (класс D) или очень низкому (класс E) классу энергетической эффективности. Исследованы теплофизические свойства ограждающих конструкций зданий и выявлены причины снижения их энергоэффективности и экологической безопасности.*

**Ключевые слова:** биосферная совместимость, ограждающие конструкции, энергетическая эффективность, теплопроводность, влажность, экологическая безопасность

Ограждающие конструкции играют определяющую роль в обеспечении экологического состояния внутреннего пространства зданий. От их конструктивного решения, способности обеспечивать и поддерживать требуемые параметры микроклимата помещений разного функционального назначения, сохранять заданные свойства в процессе эксплуатации зависит в определенной степени биосферная совместимость не только отдельных зданий, но и поселений в целом.

В настоящее время при возведении зданий реализуются конструктивные системы с устройством разнообразных ограждающих конструкций, отдельные из которых не выдерживают критики с позиции целого ряда критериев. Например, для повышения теплозащитных функций наружных стен зданий используют многослойные ограждающие конструкции с различными видами современных теплоизоляционных материалов [1, 2]. При этом довольно широко распространено конструктивное решение кирпичных или комбинированных стен с внутренним слоем из пенополистирола, пенополиуретана или пеноизола. Использование указанных теплоизоляционных материалов в качестве внутреннего слоя многослойной кирпичной или бетонной стены является нерациональным решением, так как не обеспечивается долговременное сохранение стеной высоких эксплуатационных свойств. В отличие от наружных капитальных слоев

стен, рассчитанных по долговечности до 150 лет и более, внутренние слои из высокоэффективных теплоизоляционных материалов сохраняют свои физико-механические свойства в течение 10–25 лет [2]. По истечении указанного срока возникает проблема повышения теплофизических свойств наружных стен, которые перестают удовлетворять нормативным требованиям по теплозащите. Восстановление теплозащитных функций наружных стен, в свою очередь, потребует достаточно больших трудозатрат и использования дорогостоящих технологий. Кроме того, в процессе эксплуатации многослойных стен с использованием утеплителей с малой паропроницаемостью, например различных видов пенопластов, наблюдается значительное повышение влажности стен, что приводит, в свою очередь, к снижению их теплозащитных свойств.

Одной из главных задач ученых, конструкторов, проектировщиков и строителей в настоящее время, и, особенно в ближайшем будущем, является создание нового поколения ограждающих конструкций, обеспечивающих во взаимосвязи с автоматизированными инженерными системами и оборудованием высокую энергетическую эффективность и экологическую безопасность зданий. В настоящее время идеология создания ограждающих конструкций предусматривает их возведение с определенными свойствами на весь период

эксплуатации зданий с учетом действующих на данный период нормативных требований. То есть, если выразиться образно, «зимняя одежда» здания остается неизменной на все время существования здания независимо от времени года, погодных условий и т.д. При изменении нормативных требований к свойствам ограждающих конструкций, которые могут происходить по ряду причин, например, в связи с принятием закона и других нормативных актов по энергосбережению, вызывает необходимость модернизации глухих и светопрозрачных ограждающих конструкций при осуществлении капитального ремонта или реконструкции здания. Эти мероприятия часто требуют огромных трудовых и материальных затрат.

Целью проводимых исследований являлось изучение на первом этапе влияния ограждающих конструкций существующих многоэтажных жилых домов на обеспечение их энергоэффективности и экологической безопасности с разработкой на втором этапе концепции капитального ремонта и создания новых ограждающих конструкций с изменяющимися свойствами в зависимости от параметров окружающей среды в определенный период времени.

Создание «интеллектуальных стен» и «интеллектуальных окон», способных при определенных воздействиях менять ряд своих свойств: теплопроводность, герметичность, воздухо- и паропроницаемость, позволит значительно снизить энергетические затраты при эксплуатации зданий и повысить их экологичность.

В данной статье представлены результаты первого этапа исследований, связанных с определением энергетической эффективности и экологического состояния кирпичных и крупнопанельных многоэтажных домов в г. Брянске 1970–1990-х годов постройки (табл. 1).

В большинстве домов имеют место проблемы с экологическим состоянием отдельных квартир: наблюдается промерзание стен, образование конденсата и увлажнение внутренней поверхности стен, что, в свою очередь, ведет к образованию плесени, отслоению обоев и т.п. (рис. 1).

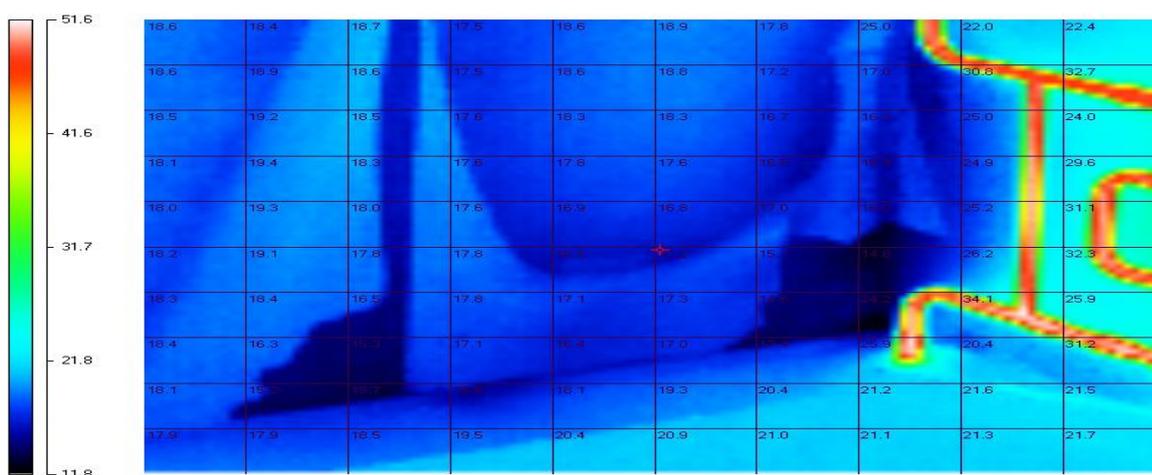
Проведенное тепловизионное обследование показало, что в отдельных квартирах температура внутренней поверхности наружных стен имеет значения 8–12°C, при которых происходит образование конденсата и плесени (рис. 2).

Таблица 1 – Характеристика обследованных многоэтажных жилых домов в г. Брянске

Адрес, вид жилого дома и год постройки	Этажность	Конструктивное решение стен	Отапливаемая площадь дома, м <sup>2</sup>	Отапливаемый объем объекта, м <sup>3</sup>
Ул. Пушкина д. 85, кирпичный, 1978 г.	9	Сплошные из силикатного кирпича толщиной 510 мм	8062,7	21894,6
Ул. Лермонтова д. 5, кирпичный, 1986 г.	9	Сплошные из силикатного кирпича толщиной 640 мм	5825,7	16376,7
Ул. Володарского д. 66, крупнопанельный, 1973 г.	5	Однослойные керамзитобетонные панели толщиной 250 мм;	4454,1	11919,2
Ул. Фосфоритная д. 5, крупнопанельный, 1989 г.	9	Трехслойные керамзитобетонные панели с внутренним слоем из пенополистирола	7838,6	22165,7
Ул. Фосфоритная д. 7, крупнопанельный 1989 г.	9	Трехслойные керамзитобетонные панели с внутренним слоем из пенополистирола	7813,7	21860,8
Ул. Фосфоритная д. 31, крупнопанельный, 1991 г.	9	Трехслойные керамзитобетонные панели с внутренним слоем из пенополистирола	7757,7	21859,3
Ул. Лермонтова д. 7 крупнопанельный, 1990 г.	9	Трехслойные керамзитобетонные панели с внутренним слоем из пенополистирола	12021,2	34113,3



**Рис. 1- Общий вид увлажненных внутренних поверхностей стен с образованием плесени и места установки датчиков при определении сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции по глади**



**Рис. 2 – Термограмма внутренней поверхности наружной стены одной из квартир жилого крупнопанельного дома. Ограждающие конструкции - трехслойные керамзитобетонные панели с пенополистирольным вкладышем. 9 этаж, температура внутреннего воздуха: +22,7°С минимальная температура поверхности стены: +11,8°С**

В соответствии с п. 4.5 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» для эксплуатируемых зданий установлены классы D и E, которые показывают очередность и состав мероприятий по их реконструкции (табл. 2).

В результате проведенного энергетического обследования жилых домов установлено, что сопротивление теплопередаче стен R имеет значение в кирпичных домах 0,58–1,13 м<sup>2</sup>·°С/Вт, для крупнопанельных – 0,48–2,06 м<sup>2</sup>·°С/Вт в зависимости от конструктивных решений стен и их состояния. Установлено также, что теплотери через стены составляют 47,9–65,9%, через окна – 18,2–20,4% от общих теплотерь жилых домов (табл. 3).

Определение сопротивления теплопередаче наружных стен крупнопанельных жилых домов выявило значительное уменьшение теплозащитных свойств трехслойных керамзитобетонных панелей – 0,48–2,06 м<sup>2</sup>·°С/Вт в зависимости от конструктивных решений стен и их состояния. Установлено также, что теплотери через стены составляют 47,9–65,9%, через окна – 18,2–20,4% от общих теплотерь жилых домов (табл. 3).

Определение сопротивления теплопередаче наружных стен крупнопанельных жилых домов выявило значительное уменьшение теплозащитных свойств трехслойных керамзитобетонных панелей – 0,48–2,06 м<sup>2</sup>·°С/Вт в зависимости от конструктивных решений стен и их состояния. Установлено также, что теплотери через стены составляют 47,9–65,9%, через окна – 18,2–20,4% от общих теплотерь жилых домов (табл. 3).

лей в процессе эксплуатации (табл. 4).  
Одной из возможных причин этого процесса является старение полистирольных

вкладышей и увеличение коэффициента теплопроводности пенополистирола.

Таблица 2 – Классы энергетической эффективности зданий

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Удельный расход энергии на отопление $q_h$ , $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.})$ [ $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.})$ ].		Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов РФ
		5-этажных зданий	9-этажных зданий	
A	Очень высокий	42 и менее [15,5 и менее]	38 и менее [13,75 и менее]	Экономическое стимулирование
B	Высокий	42–77 [15,5–28]	38–69 [13,75–25]	Экономическое стимулирование
C	Нормальный	77–90 [28–33]	69–80 [25–29]	–
D	Низкий	90–149 [33–54,5]	80–133 [29–48]	Желательна реконструкция
E	Очень низкий	149 и более [54,5 и более]	133 и более [48 и более]	Необходимо утепление в ближайшей перспективе

Таблица 3 – Сводная ведомость по годовым тепловым потерям жилых домов

Адрес жилого дома	Ед. изм.	Зона теплопотерь					Суммарные, Гкал
		крыша	стены	окна	пол	ворота и двери	
Ул. Пушкина д. 85	Гкал	166,8	876,9	243,3	41,8	4,6	1333,5
	%	12,5	65,8	18,2	3,1	0,3	100,0
Ул. Лермонтова д. 5	Гкал	135,7	727,4	201,8	33,8	5,2	1103,9
	%	12,3	65,9	18,3	3,1	0,4	100,0
Ул. Володарского д. 66	Гкал	150,6	331,8	142,9	38,4	5,3	669,1
	%	22,5	49,6	21,5	5,7	0,8	100,0
Ул. Фосфоритная д. 5	Гкал	271,5	656,5	279,7	51,3	6,7	1265,8
	%	21,4	51,8	22,1	4,1	0,5	100,0
Ул. Фосфоритная д. 7	Гкал	268,9	654,6	278,9	50,8	6,6	1259,9
	%	21,3	51,9	22,1	4,0	0,5	100,0
Ул. Фосфоритная д. 31	Гкал	265,2	666,4	283,9	36,4	6,8	1258,8
	%	21,1	52,9	22,5	2,9	0,5	100,0
Ул. Лермонтова д. 7	Гкал	442,9	808,7	344,7	82,7	8,2	1687,2
	%	6,3	47,9	20,4	4,9	0,5	100,0

Таблица 4 – Удельный расход энергии на отопление и класс энергоэффективности зданий

Адрес жилого дома	Расход энергии на отопление $Q_h^y$ , МДж	Сопротивление теплопередаче стен $R$ , м <sup>2</sup> °С/Вт	Удельный расход энергии на отопление $q_h$ , кДж/(м <sup>2</sup> ·°С·сут.) [кДж/(м <sup>3</sup> ·°С·сут.)]		Класс энергоэффективности
			фактич.	норматив.	
Ул. Пушкина д. 85	3768790	0,80 – 1,00	102,23 [37,64]	76 [27,5]	D
Ул. Лермонтова д. 5	3109871	0,58 – 1,13	116,75 [41,53]	76 [27,5]	D
Ул. Володарского д. 66	3069427	0,56 – 0,64	150,72 [56,3]	85 [31]	E
Ул. Фосфоритная д. 5	4762276	0,56 – 1,62	132,9 [47]	76 [27,5]	D
Ул. Фосфоритная д. 7	5047648	1,22 – 2,06	141,3 [50,5]	76 [27,5]	E
Ул. Фосфоритная д. 31	3837956	0,48 – 1,27	108,2 [38,4]	76 [27,5]	D
Ул. Лермонтова д. 7	4855893	0,57 – 0,81	88,35 [31,13]	76 [27,5]	D

Удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период,  $q_h^{des}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°С·сут. или кДж/(м<sup>3</sup>·°С·сут.), определяли по формулам:

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (A_h D_d), \quad (1)$$

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (V_h D_d), \quad (2)$$

где  $Q_h^y$  - расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

$A_h$  - сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м<sup>2</sup>;

$V_h$  - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений, м<sup>3</sup>;

$D_d$  - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht}, \quad (3)$$

где  $t_{int}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая для расчета ограждающих конструкций жилых зданий по минимальным

значениям оптимальной температуры по ГОСТ 30494-96;

$t_{hb}$ ,  $z_{ht}$  – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность отопительного периода, сут, принимаемые для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°С по СНиП 23-01-99\* или территориальным строительным нормам соответствующего региона. Для г. Брянска уточненные данные приведены в ТСН 23-327-200:  $t_{ht} = -2,3$  °С,  $z_{ht} = 205$  сут.  $D_d = (20 - (-2,3)) \cdot 205 = 4572$  °С·сут.

В сравнении с европейскими показателями удельный расчетный расход тепла на отопление исследуемых жилых зданий в г. Брянске выше в 2,5-3 раза, что свидетельствует о весьма низкой их энергетической эффективности (табл. 4). Одной из причин отставания от мировых стандартов является то, что до 1995 г. отечественные нормативные значения термических сопротивлений ограждающих конструкций зданий изменялись незначительно, в то время как в западных странах они существенно возросли: в Канаде - до 2,5-3,7 м<sup>2</sup>·°С/Вт, в Норвегии и Швеции - до 4 м<sup>2</sup>·°С/Вт для стен.

Расчеты показали, что повышение сопротивления теплопередаче стен до  $R = 3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  приведет к уменьшению расхода тепла на отопление по сравнению с исходным значением на 20-25%. Целенаправленная корректировка нормативов для смежных разделов проекта - отопления, вентиляции и др., обеспечивает еще 15-20% экономии теплоэнергетических ресурсов. В сумме, выполнение перечисленных мероприятий может сократить расход тепла на отопление зданий на 40-50%, что возможно достичь при развитии и совершенствовании методологической базы проектирования, предназначенной представить способы, приемы и примеры искомых решений проектных задач. Применение в многослойных стеновых конструкциях и покрытиях полимерных и минеральных теплоизоляционных материалов вызвало необходимость комплексно и всесторонне исследовать эксплуатационные свойства и долговечность в ограждениях различных типов утеплителей с целью определения расчетных значений их теплофизических параметров, поскольку энергосберегающий эффект в этих системах зависит от повышения теплозащитных свойств ограждения, его теплотехнической однородности и долговечности слоев, из которых наиболее слабым является теплоизоляционный слой.

#### Выводы

1. В результате проведенного энергетического обследования жилых домов установлено, что сопротивление тепло-

передаче стен  $R$  имеет значение в кирпичных домах от 0,58 до 1,13  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , для крупнопанельных – от 0,48 до 2,06  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , что значительно ниже проектных значений. Установлено также, что теплотери через стены составляют от 47,9 до 65,9%, через окна – от 18,2 до 20,4% от общих теплотерь обследованных жилых домов.

2. Перепад температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности наружных стен в отдельных квартирах значительно превышает нормируемые значения, что вызывает образование конденсата и плесени и способствует нарушению экологической безопасности жилых помещений.

3. Определение сопротивления теплопередаче наружных стен крупнопанельных жилых домов выявило значительное уменьшение теплозащитных свойств трехслойных керамзитобетонных панелей в процессе эксплуатации (табл.4). Одной из возможных причин этого процесса является старение полистирольных вкладышей и увеличение коэффициента теплопроводности пенополистирола в результате знакопеременных температурно-влажностных воздействий.

4. Обследованные жилые дома в соответствии со СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» относятся по энергоэффективности к низкому (класс D) и очень низкому (класс E) классам и требуют определенных мероприятий по повышению их энергоэффективности и экологической безопасности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плотников, В.В. Современные конструкционные, теплоизоляционные и отделочные материалы для стен энергоэффективных зданий [Текст]/ В.В.Плотников. – Брянск: БГИТА, 2013.- 168 с.
2. Плотников, В.В. Современные технологии теплозащиты зданий [Текст]/ В.В.Плотников, М.В.Ботаговский. - Брянск: БГИТА, 2013. – 164 с.
3. Плотников, В.В. Повышение долговечности монолитного бетона низкой плотности путем модифицирования цемента активированными кристаллогидратами [Текст] / В.В.Плотников, М.В. Ботаговский // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. - №10. - С.33-39.

#### Плотникова Светлана Валерьевна

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск.

Аспирант кафедры «Строительное производство»

E-mail: wonderlandru@gmail.com

**Викторов Дмитрий Александрович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск

Старший преподаватель кафедры «Строительное производство»

E-mail: viktorov.bryansk@gmail.com

---

S.V. PLOTNIKOVA, D.A. VIKTOROV,

## **INFLUENCE OF FENCING STRUCTURES ON ENSURE OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF BUILDINGS**

*The article contains results of energy and ecological expertise of brick and large panel residential multi-story houses in Bryansk city, built in the period 1973 - 1991 years. It is established that houses in view of modern regulatory requirements related to low (class D) or very low (Class E) energy efficiency class. The thermophysical properties of fencing structures of buildings were studied and identified the reasons for the decline of their energy efficiency and environmental safety.*

**Keywords:** biosphere compatibility, fencing structures, energy efficiency, thermal conductivity, humidity, environmental safety.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Plotnikov, V.V. Modern construction, thermal insulation and finishing materials for the walls of energy-efficient buildings [Text] / V.V. Plotnikov. - Bryansk: BGITA, 2013.- 168 p.
2. Plotnikov, V.V. Modern technologies of thermal performance of buildings [Text] / V.V. Plotnikov, M.V. Botagovskiy.- Bryansk: BSUET, 2013. - 164 p.
3. Plotnikov, V.V. Increased durability of monolithic concrete of low density by Modifying the entiation cement-activated crystal hydrates [Text] / V.V. Plotnikov, M.V. Botagovsky // Industrial and civil construction. - 2015. - №10. - S.33-39.

**Plotnikova Svetlana Valer'evna**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Postgraduate student of the «Building manufacturing» department

E-mail: wonderlandru@gmail.com

**Viktorov Dmitry Aleksandrovich**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Senior Lecturer of the «Building manufacturing» department

E-mail: viktorov.bryansk@gmail.com

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ФИЛЬТРОВАНИЕМ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

*В статье рассматривается проблема разделения двух нерастворимых друг в друге жидкостей, например нефтепродукт – вода фильтрованием в пористых средах. Решение вопроса предусматривает создание математической модели процесса фильтрования.*

*Ключевые слова:* нефтепродукты, вода, математическая модель, коагуляция.

Механизм обезвоживания нефтепродуктов фильтрованием обуславливается дисперсионным взаимодействием между микрокаплями воды и поверхностью волокна.

Влияние поверхностных явлений в дисперсных системах введены в граничные условия в разработанную стохастическую модель фильтрования, что позволяет количественно описывать процессы разделения водомасляных эмульсий в фильтрах водоотделителях и определять гидродинамический режим работы и структуру порового материала, обеспечивающего заданную степень обезвоживания.

Исследования проводились путем получения и отбора информации из научно-технической и периодической печати с применением методов математической статистики и законов распределения.

В настоящее время обезвоживание нефтепродуктов фильтрованием находит все более широкое применение. Преимущество фильтров-водоотделителей перед используемыми в настоящее время для удаления воды центробежными сепараторами очевидно. Они просты и надежны в эксплуатации, не требуют дополнительной энергии на привод, т.к. используют только кинетическую энергию потока, имеют небольшие массогабаритные показатели. Однако в настоящее время отсутствуют какие-либо рекомендации по расчету и выбору фильтров-водоотделителей. В результате качество разделения ими водомасляных эмульсий, как правило, невысокое.

В статье сделана попытка разработать методы расчета качества обезвожи-

вания нефтепродукта в фильтре водоотделителя с целью выработки практических рекомендаций по повышению эффективности их использования.

Основополагающие работы по исследованию механизма обезвоживания нефтепродуктов и выявлению основных закономерностей этого процесса изложены в работе [1]. В соответствии с ними механизм обезвоживания углеводородов методом фильтрования с применением двух последовательно установленных перегородок - коагулирующей и водоотталкивающей – включает следующие этапы:

1. Приближение микрокапель воды к волокнам коагулирующей перегородки и их захват волокном;
2. Вытеснение микрокапель воды масляной пленки с поверхности волокна;
3. Адгезию микрокапли воды с поверхности волокна;
4. Коалесценцию микрокапли воды, прилипшей к волокну, с микрокаплями, находящимися в потоке и на волокне;
5. Отрыв скоагулировавшейся капли воды от поверхности волокна;
6. Течение водомасляной эмульсии через коагулирующую перегородку;
7. Отделение (сепарацию), нескоагулировавшихся капель воды на поверхности водоотталкивающей перегородки;
8. Осаждение скоагулировавшихся капель воды в отстойник.

Таким образом, как следует из приведенного выше механизма обезвоживания, определяющим в процессе задержки микрокапель в фильтре-водоотделителе является первый этап.

Действительно, если в результате соприкосновения микрокапли с волокном, покрытым адсорбционным слоем масла работа сил адгезии будет больше, чем работа гидродинамических сил потока, то произойдет перехват микрокапли воды с последующей ее адгезией к волокну фильтровального материала. В противном случае частица будет вынесена потоком из фильтра. Отсюда следует, что задачей расчета объемного фильтроводоотделителя является не только определение эффективности его работы в эксплуатации, но и выбор рациональной скорости фильтрационного потока и геометрической структуры фильтровального материала для обеспечения высокого качества разделения углеводородных эмульсий.

Для решения поставленной задачи рассмотрим термодинамику процесса обезвоживания минеральных нефтепродуктов. Известно, что адгезия результат стремления системы к уменьшению, свободной поверхностной энергии. При приближении микрокапли воды к стенке капилляра суммарная свободная энергия системы фильтровальная пора – масло – вода  $W_1$ , отнесенная к единице площади составит

$$W_1 = \sigma_{ПМ} + \sigma_{МВ},$$

где  $\sigma_{ПМ}$ ,  $\sigma_{МВ}$  - поверхностное натяжение на границе раздела пора -масло, вода - масло.

В конце процесса адгезии после вытеснения масляной пленки имеем

$$W_2 = \sigma_{ПВ},$$

где  $\sigma_{ПВ}$  - поверхностное натяжение на поверхности пора – вода.

Отсюда работа адгезии  $W_a$  запишется как

$$W_a = W_1 - W_2 = \sigma_{ПМ} - \sigma_{ПВ}. \quad (1)$$

Для равновесного состояния микрокапли воды на поверхности капилляра [2]

$$\sigma_{МВ} \cos \Theta_{ПВ} = \sigma_{ПМ} + \sigma_{МВ} - \sigma_{ПВ}, \quad (2)$$

где  $\Theta_{ПВ}$  - краевой угол смачивания каплей воды поверхности поры в среде масла.

Тогда работа адгезии после подстановки (1) в (2) запишется следующим образом

$$W_a = \sigma_{МВ}(1 + \cos \Theta_{ПВ}). \quad (3)$$

Выражение (3) определяет работу адгезии микрокапли жидкости к поверхности фильтровальной поры в конце процесса. В начальной фазе захвата, т.е. когда микрокапля воды и поверхность поры разделены адсорбированным на ней слоем нефтепродукта, величина работы адгезии значительно меньше. Это связано с тем, что граничный слой жидкости оказывает существенное влияние на краевой угол. Краевой угол образуется не с самой поверхностью твердого тела, а с покрывающим ее граничным слоем жидкости, Причем поверхностное натяжение адсорбированного слоя зависит от его толщины и увеличивается при приближении к твердой поверхности, а его величина превышает поверхностное натяжение жидкости в объеме. Величина краевого угла смачивания наоборот уменьшается при приближении к поверхности твердого тела и достигает некоторого равновесного значения.

Из проведенного анализа следует, что работа сил адгезии изменяется от некоторой минимальной величины  $W_a^*$  до максимума у поверхности материала.

Превышение  $W_a^*$  над энергией гидродинамического потока  $W_k$  является тем условием, который определяет перехват частицы жидкости волокном при нахождении последней у его поверхности.

Уравнение (3) не позволяет качественно определить работу адгезии  $W_a^*$  из-за невозможности нахождения текущих значений поверхностного натяжения  $\sigma_{МВ}$  и  $\Theta_{ПВ}$ . Термодинамический анализ процесса обезвоживания нефтепродуктов позволяет в данном случае качественно определить механизм удаления частиц жидкости из водомасляной эмульсии, не раскрывая физической сущности происходящих процессов.

Известно, что есть результат взаимодействия молекулярных сил, которые могут быть вызваны разными причинами. В связи с этим, работа адгезии является суммой следующих составляющих

$$W = W_a^d + W_a^h + W_a^p + W_a^i + W_a^\pi + W_a^{da} + W_a^e.$$

Индексы, применяемые в равенстве означают, что работу адгезии определяют:  $d$  – дисперсионное взаимодействие Лондона (Ван-дер-Ваальсовы силы);  $h$  – водородная связь;  $p$  – дипольное взаимодействие;  $i$  – индукционное взаимодействие;  $\pi$ - $\pi$  – связь;  $d_a$  – донорно-акцепторная связь;  $e$  – электростатическое взаимодействие.

Анализ литературных источников показывает следующее. Межфазное натяжение на границе раздела насыщенный углеводород – вода, определяется, главным образом, дисперсионными силами между молекулами углеводорода и воды. Для дистиллятных топлив преобладающими являются также дисперсионные силы. Для воды – дисперсионные силы и водородная связь.

С другой стороны взаимодействие микрокапли жидкости с поверхностью капилляра в начальной фазе происходит через масляную пленку. В настоящее время считают, что эффекты дальнего действия (взаимодействие между различными телами на расстоянии, превышающем межмолекулярное) обуславливается либо взаимодействием двойных электрических слоев, либо дисперсионным взаимодействием. Поскольку масло и вода являются монополярными жидкостями, первое для них не приемлемо.

Из сказанного выше следует, что при взаимодействии микрокапли жидкости с волокном при наличии на последнем адсорбированного слоя масла основными силами, определяющими это взаимодействие, являются дисперсионные. Водородные связи в этом случае малы т.к. с удалением они убывают обратно пропорционально двенадцатой степени расстояния, в то время Ван-дер-Ваальсовы силы меняются обратно пропорционально шестой степени расстояния.

В соответствии с положениями квантовой механики, развитыми Ф. Лондоном, энергия взаимодействия между сферической частицей и поверхностью за счет дисперсионных сил определяется выражением [3]

$$W_a = \frac{A}{12} \left( \frac{2}{x} + \frac{2}{x+2} + 2 \ln \frac{x}{x+2} \right) \quad (4)$$

где  $A$  – постоянная Гаммакера;

$$x = \left( \frac{H}{r} \right)^2 ;$$

$H$  – кратчайшее расстояние между поверхностью объектов;

$r$  – радиус частицы.

Энергия взаимодействия, определяемая по выражению (4), справедлива лишь для расстояний меньших  $3 \times 10^{-10}$  м. При больших расстояниях выражение дает завышенные значения энергии взаимодействия. Это связано с тем, что в силу электромагнитной природы молекулярные силы распространяются не мгновенно, а со скоростью света. С учетом эффекта запаздывания дисперсионного взаимодействия работы сил адгезии будет равна

$$W'_a = kW_a , \quad (5)$$

$$\text{где } k = -\frac{2,45}{10p} + \frac{2,17}{30p^2} - \frac{0,59}{70p^3} .$$

$$\text{Здесь } p = 2\pi v H / C ,$$

где  $v$  – лондоновская частота ( $\sim 10^{-7} \text{ с}^{-1}$ ),

$C$  – скорость света.

Кинетическая энергия гидродинамического потока  $W_k$  воздействующая на микрокаплю жидкости

$$W_k = \frac{mv^2}{2} ,$$

где  $m, v$  – масса частицы жидкости и ее скорость.

Поскольку течение суспензии в масляных фильтрах объемного действия ламинарное, а распределение скоростей потока по сечению капилляра подчиняется параболическому закону, то

$$W_K = \frac{m}{2} \left\{ \frac{4Q_{II}}{\pi D_{II}^2} \left[ 1 - \frac{(D_{II} - d_K - H)^2}{D_{II}^2} \right] \right\}^2 , \quad (6)$$

где  $D_{II}$ ,  $Q_{II}$  – диаметр и расход жидкости через пору;

$d_K$  – диаметр микрокапли жидкости.

Выразив массу частицы жидкости через ее объем и плотность, получим окончательное выражение для расчета энергии потока

$$W_K = \frac{30Q_{II}^2 d_K \rho_B}{4\pi D_{II}^4} \left\{ \left[ 1 - \frac{(D_{II} - d_K - H)^2}{D_{II}^2} \right] \right\}^2 ,$$

где  $\rho$  – плотность воды.

Таким образом, условием захвата микрокапли жидкости фильтровальной порой является для  $H < 3 \times 10^{-10} W_K < W_\alpha$ , а для  $H > 3 \times 10^{-10} W_K < W'_\alpha$ .

Толщина удерживаемого стенками капилляра жидкости (эффект капиллярности) может быть количественно определена с учетом межмолекулярного взаимодействия по выражению [4]

$$h = R \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4,8A}{\pi I R^2 \alpha}} \right), \quad (7)$$

где  $I$  – градиент давления;

$\alpha$  – межмолекулярное расстояние.

Для реальных режимов фильтрации моторных масел величина градиента напора изменяется от  $0,5 \times 10^7$  н/м<sup>3</sup> до  $4 \times 10^7$  н/м<sup>3</sup>. Межмолекулярные расстояния в дистиллятных топливах и маслах составляют  $10^{-9}$  м. Константа Гаммакера для взаимодействия масла с поверхностью материала  $A$  может быть ориентировочно определена по следующему соотношению

$$\sigma_{мв} (1 + \cos\theta) = \frac{0,6A}{\pi \alpha^2},$$

где  $\sigma_{мв}$  – поверхностное натяжение на границе фаз масло-воздух.

Краевой угол для моторного масла на стекле составляет  $25^\circ$  (основным материалом для фильтров-водоотделителей является стекловолокно). Отсюда  $A = 3,48 \times 10^{-19}$  Дж.

Расчет по выражению (7) для указанных условий показывает, что толщина слоя удерживаемого капилляром не превышает  $10^{-9}$ – $10^{-10}$  м. По данным [4] она имеет толщину нескольких молекулярных диаметров и составляет  $(5 \div 7) 10^{-10}$  м.

Эффект капиллярности, как показывают расчеты, существенно проявляется при более низких градиентах давления. Например, при  $I = 25$  Па/м весь капилляр диаметром 1 мкм окажется заполненный жидкостью, связанной влиянием поверхности его стенок. Для поры диаметром 10 мкм, толщина пленки жидкости не участвующей в течение составляет 2 мкм, а для поры 100 мкм – 0,1 мкм.

Однако, такие градиенты напоры характерны для гидростатического движения жидкости. Поэтому учитывать влия-

ние «капиллярности» для расчета гидродинамических характеристик работы объемного фильтра нет необходимости вследствие малости пристеночного слоя жидкости. Поэтому структурная блок-схема алгоритма расчета фильтра-водоотделителя принимается аналогичной рассмотренной ранее [5] для фильтра-грязесборника за исключением ряда специфических для механизма обезвоживания особенностей, о которых будет сказано ниже.

Первоначально, в соответствии с разработанной ранее моделью поровой структуры волокнистых фильтров, определяются параметры геометрической структуры материала. Затем, в соответствии с выражением

$$\varphi_{дсл.i} = \frac{\int_0^{D_{max}} \varphi_d D^4 f(D) dD}{\int_0^{D_{max}} D^4 f(D) dD} \quad (8)$$

производится расчет фракционных коэффициентов отсева. Здесь в качестве граничных вводятся условия (6) и (7), изложенные в настоящем параграфе. Последовательность расчета в данном случае следующая. По выражению (8) определяется толщина пристеночного слоя масла  $H$ . Затем рассчитывается работа сил адгезии по выражениям (4) или (5) в зависимости от величины  $H$ . Далее определяется кинетическая энергия потока, воздействующая на микрокаплю жидкости. По условию  $W_\alpha > W_K$  проверяется фиксация частицы жидкости на поверхности материала. Если условие выполняется, то величина  $\varphi_d$  данной поры принимается равной, рассчитанной по выражению (8). В противном случае  $\varphi_d$  становится равным 0, т.е. частица прошла через элементарный слой. По полученным значениям  $\varphi_d$  определяется величина  $\varphi_{сл}$ . Затем переходим к расчету следующего слоя и т.д. Результатом расчета является эффективность водоотделения и гидравлическая характеристика фильтра.

Вследствие того, что в процессе обезвоживания нефтепродукта поровая структура фильтра-водоотделителя, а следовательно и его эффективность работы» остается неизменной расчет на этом заканчивается.

Подводя итог сказанному, следует отметить, что данная модель является одной из первых попыток в отечественной и зарубежной практике количественно описать механизм обезвоживания нефтепродуктов на основе физических закономерностей этого процесса. Она не ограничена рамками многофакторного эксперимента, что определяет ее универсальность. Модель справедлива не толь-

ко для моторных масел, а и для других углеводородных жидкостей, в частности, для топлив дизелей. На ее основе можно проследить влияние параметров поровой структуры на механизм обезвоживания и выбрать рациональные характеристики фильтра-водоотделителя, обеспечивающие максимальную эффективность разделения эмульсий типа вода в углеводородах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко, В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнения / В.П.Коваленко, В.Е. Турчанинов – М.: Недра, 1990. – 160 с.
2. Шукин, Е.Д. Коллоидная химия: Учебник для университетов и химико-технологических вузов 3-е изд., перераб. и доп. / Е. Д. Шукин, Е. Д. Перцов, Е. А. Амелина – М.: Высшая школа, 2004. – 445 с.
3. Сумм, Б.Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов – М.: Химия, 1976. – 232 с.
4. Арье, А.Г. Физические основы фильтрации подземных вод / А.Г. Арье – М.: Наука, 1984. – 101 с.
5. Шилин, Б.И. Стохастическое моделирование моторных масел в судовых дизелях фильтрами объемного типа / Б.И. Шилин, А.К. Артемьев, А.В. Надежкин // Тезисы докладов отраслевой научно-технической конференции «Вопросы повышения надежности и эффективности судовых энергетических установок». – Владивосток, 1985. – с33-35.

#### **Ульянов Алексей Алексеевич**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетика и автоматизация производственных процессов»  
E-mail: al\_ulianov@mail.ru

#### **Шилин Борис Иванович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетика и автоматизация производственных процессов»  
E-mail: mehshaf@mail.ru

---

A.A. ULIANOV, B.I. SHILIN

### **DEVELOPMENT OF OIL DEHYDRATION MODEL BY FILTRATION IN POROUS MEDIA**

*The problem of division of two liquids insoluble in each other, for example oil product – water by filtering in porous media is considered in this article. The decision of a problem provides creation of mathematical model of filtering process.*

**Keywords:** oil products, water, mathematical model, coagulation.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Kovalenko, V.P. Cleaning petroleum products from pollution / V.P. Kovalenko, V.E. Turchaninov - M. : Nedra, 1990. - 160 p.
2. Shchukin, E.D. Colloid chemistry: textbook for universities and chemical-technological universities, 3rd ed., Rev. and add. / E.D. Shchukin, E.D. Pertsov, E.A. Amelin - M. : Higher School, 2004. - 445 p.

3. Summ, B.D. Physical and chemical bases of wetting and spreading / B.D. Summ, Y.V. Goryunov - М.: Chemistry, 1976. - 232 p.

4. Ar'e, A.G. Physical basis of filtering groundwater / A.G. Arie - М.: Nauka, 1984 - 101 p.

5. Shilin, B.I. Stochastic modeling of engine oils in marine diesel filters volume type / B.I. Shilin, A.K. Artem'ev, A.V. Nadezhkin // Abstracts Industrial Scientific Conference "Problems of improving the reliability and efficiency of ship power plants." - Vladivostok, 1985. – P.33-35.

**Ulianov Aleksey Alekseevich**

Bryansk State Technological University of Engineerig, Bryansk

Candidate of technical Sciences, assistant professor «Power and automation of industrial processes»

E-mail: al\_ulianov@mail.ru

**Shilin Boris Ivanovich**

Bryansk State Technological University of Engineerig, Bryansk

Candidate of technical Sciences, assistant professor of «Power and automation of industrial processes»

E-mail: mehshef@mail.ru

УДК 630.5:630.9

М.В. УСТИНОВ, М.М. УСТИНОВ

### ОБЩНОСТЬ И СПЕЦИФИЧНОСТЬ ФАКТОРОВ ПРИ РАЙОНИРОВАНИИ ЛЕСОВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Выявлена существенность влияния факторов, используемых при группировке лесничеств в типичные ресурсно-экологические лесные районы.*

*Ключевые слова:* лесничество; районирование; типичность; фактор; общность; специфичность.

Лесное районирование лежит в основе управления лесами, так как обеспечивает возможность создания и применения на уровне субъекта РФ, Федерального округа и страны в целом четко структурированной правовой и нормативно-методической базы лесопользования, воспроизводства, охраны и защиты леса.

Лесное районирование позволяет дифференцировать нормативно-правовую базу, разрабатывать лесохозяйственные регламенты лесничеств и лесопарков с учетом специфики лесных районов, разрабатывать оптимальные лесные планы по субъектам РФ.

Устойчивое управление лесными ресурсами субъекта РФ невозможно без детального анализа и оценки ресурсно-экологического и социально-экономического потенциала региона. Особенности ландшафтно-экологических условий в значительной мере определяют уклад жизни местного населения, специализацию и концентрацию производств как сельскохозяйственного, так и лесного сектора экономики. Большинство карт-схем лесного, ландшафтного и других тематических районирований получено, в основном, эмпирически. Их достоверность зависит только от эрудиции автора, его интуитивно-субъективного представления ситуации. Такой методический подход к райониро-

ванию и такие схемы нельзя считать достоверными, так как они не опираются на статистические критерии доказательства однородности (типичности) лесничеств. Схемы районирования лесного фонда, основанные только на природно-климатических показателях и ландшафтно-типологической структуре, недостаточно информативны.

Проанализировав разработанные карты-схемы лесных районирований можно сделать вывод о том, что степень общности или специфичности использованных при этом факторов не оценивалась. Таким образом, интуитивно-субъективный подход к оценке значимости каждого фактора при районировании также даёт основания полагать о необоснованности типичности выделяемых районов.

Цель работы: выявить переменные с позиций общности и специфичности, на примере лесов Брянской области, для повышения достоверности выделяемых типичных ресурсно-экологических лесных районов.

Решаемые задачи:

- подбор переменных для разработки системы комплексного ресурсно-экологического районирования лесов;
- установить значения общности и специфичности отобранных переменных;

– проанализировать общность и специфичность переменных в границах отдельных лесничеств области.

Методика исследований. При лесном районировании особо следует отметить, что неравномерность структуры земель лесного фонда, типов лесов, их продуктивности и пространственной структуры требуют решения классификационной задачи – провести многомерную группировку (классификацию) лесничеств и лесопарков по целому комплексу показателей. При этом группы однородных лесничеств могут образовывать как цельные контуры, так и частично разорванные типичные образования.

При группировке важным научно-методическим вопросом остается распределение таксонов (лесничеств) в однородные группы, в которых наблюдается максимально возможная однородность лесной территории (отдельного района). Только при минимальном варьировании всего комплекса показателей, характеризующих лесной фонд отдельных лесничеств, обеспечивается достоверность средних значений показателей типичной группы лесничеств, а значит, района в целом.

Достоверная схема комплексного ресурсно-экологического районирования лесов может быть получена только на основе методов многомерной классификации (группировки) лесничеств по однородности (схожести) значений показателей, включённых в анализ. Сущность такого подхода заключается в последовательном применении факторного, кластерного и дискриминантного анализов, на что ещё в начале 80-х годов прошлого столетия было указано в специальной литературе [1 – 3].

Следуя критическим замечаниям и указанным методическим рекомендациям, при решении поставленных задач было задействовано 34 переменных, разделённых на группы:

1) группа почвенно-климатических переменных;

2) группа переменных, отображающих структуру земель лесного фонда;

3) группа показателей, характеризующих структуру площадей под типами лесов;

4) группа показателей, характеризующих продуктивность и сомкнутость древостоев по типам лесов.

При исследованиях почвы по плодородию распределены на 6 классов, от 1 – бедные до 6 – очень богатые.

Переменные, вошедшие в названные группы показателей, непосредственно или косвенно характеризуют экологические и социально-экономические условия каждого из 18 лесничеств области.

Следует отметить, что границы контуров лесничеств, соответствующие административным районам, определяют в итоге общий контур типичного лесного района. При этом, даже на тематической карте (атласе), практически невозможно визуально представить и нанести достоверные границы районов.

Тем не менее, соблюдая требования ст.15 Лесного Кодекса РФ [4] по разработке карты-схемы ресурсно-экологических лесных районов, требуется, в первую очередь, определиться с методическими принципами и методами распределения таксонов (лесничеств) в многомерном комплексе переменных, характеризующих хозяйствующие субъекты.

Так, для решения географических задач по тематическому районированию традиционно положен принцип соблюдения целостности выделенного района, хотя территориальная целостность района не всегда обеспечена требуемой достоверностью. При разработке карт-схем многомерной группировки лесничеств некоторые из них, как правило, отдельные лесничества, не могут в полной мере соответствовать типичности выделенным районам. В этом случае будет справедливым допустить выделение в массовом скоплении типичных лесничеств отдельного подрайона. Важную роль здесь играют присущие отдельным лесничествам общность и специфичность переменных. Определение значений общности и специфичности переменных, включённых в расчёт, осуществлено путём факторного

анализа с использованием пакета STATISTICA 6.1.

Важными понятиями факторного анализа являются общность и специфичность наблюдаемой переменной.

Фактор называется общим, если он оказывает влияние на две и более наблюдаемые переменные. Каждый из специфических факторов несет информацию только об одной переменной.

Общность отличается от других единиц учета тем, что имеет территориальную основу. Основным критерием выделения территориальной общности среди других единиц территориальной организации является способность факторов

(переменных) повседневно проявлять свои функции на данной территории.

Специфические факторы соответствуют необъясненной общими факторами изменчивости набора наблюдаемых переменных.

При многомерной классификации лесничеств важно знать, какие из переменных для региона являются общими (типичными), а какие – специфическими, свойственными только какой-то определенной части таксонов. Для визуальной оценки переменных с позиций общности и специфичности при распределении факторных нагрузок по шести главным компонентам приведены на рисунке 1.



Рис. 1– Соотношение общности и специфичности переменных при шести главных компонентах

Для достоверности отношения переменных к группе обладающих общностью или специфичностью свойств, дополнительно проведено распределение их факторных нагрузок по пяти, четырём и трём главным компонентам. Анализ результатов распределения показал, что пять переменных – воды, усадьбы, пески, класс бонитета твёрдолиственных и полнота хвойных древостоев обладают специфичностью, при распределении фак-

торных нагрузок по 6-ти, 5-ти и 4-ём главным компонентам. Остальное большинство переменных здесь обладают общностью. Совсем другое распределение переменных мы видим при распределении факторных нагрузок при 3-х главных компонентах. В этом случае специфичностью обладают 15 переменных из всех 34-х. Таким образом, при изменении числа главных компонент, соотношение количества переменных, относящихся к

общности или специфичности, изменяется только при распределении факторных

нагрузок по 3-м главным компонентам, рис. 2.



Рис. 2 – Соотношение общности и специфичности переменных при трёх главных компонентах

В факторном анализе сумма коэффициентов общности и специфичности равна единице. При этом численное значение характеризующее величину общности или специфичности признака не зависит от числа главных компонент.

Показатели переменных, принятых для анализа с позиций общности и специфичности при распределении факторных нагрузок от 6-ти до 3-х главных компонент, приведены в таблице 1.

**Интерпретация общности и специфичности переменных.**

Анализ общности и специфичности переменных, принятых для разработки системы комплексного ресурсно-экологического районирования лесов Брянской области показывает, что общими, имеющими значение в лесном фонде лесничеств, являются следующие переменные (табл. 1):

– из группы почвенно-климатических переменных высокие показатели общности у площадей с продуктивностью почв 1, 2, 4, 5 и 6 классов, суммарной обеспеченности теплом, продолжительности весны, увлажнения весной, средних температур наиболее теплого и наиболее холодного месяцев. Показатель общности у них находится в пределах от 0,896 у почв шестого класса продуктивности, до 0,981 у средней температуры наиболее холодного месяца;

– из группы показателей характеризующих структуру площадей под типами лесов общность свойственна следующим переменным – светлохвойным лесам, темнохвойным лесам, твердолиственным лесам, мягколиственным лесам, кустарникам. В этой группе переменных показатель общности находится в пределах от 0,803 у площадей занятых кустарниками,

Таблица 1 – Показатели переменных с позиций общности и специфичности при разном количестве главных компонент

Переменные			Количество главных компонент								
			6		5		4		3		
			Общ-ность	Специфичность	Общ-ность	Специфичность	Общ-ность	Специфичность	Общ-ность	Специфичность	
Широта северная			<b>0,765</b>	0,235	<b>0,765</b>	0,235	<b>0,721</b>	0,279	<b>0,715</b>	0,285	
Долгота восточная			<b>0,917</b>	0,083	<b>0,880</b>	0,120	<b>0,876</b>	0,124	<b>0,858</b>	0,142	
Продуктивность почв	1		<b>0,970</b>	0,030	<b>0,933</b>	0,067	<b>0,933</b>	0,067	<b>0,917</b>	0,083	
	2		<b>0,917</b>	0,083	<b>0,810</b>	0,190	<b>0,787</b>	0,213	<b>0,703</b>	0,297	
	4		<b>0,980</b>	0,020	<b>0,980</b>	0,020	<b>0,980</b>	0,020	<b>0,971</b>	0,029	
	5		<b>0,898</b>	0,102	<b>0,504</b>	0,496	<b>0,504</b>	0,496	0,499	<b>0,501</b>	
	6		<b>0,896</b>	0,104	<b>0,876</b>	0,124	<b>0,859</b>	0,141	<b>0,808</b>	0,192	
Суммарная обеспеченность теплом			<b>0,968</b>	0,032	<b>0,869</b>	0,131	<b>0,857</b>	0,143	<b>0,750</b>	0,250	
Весна	продолжительность		<b>0,970</b>	0,030	<b>0,933</b>	0,067	<b>0,933</b>	0,067	<b>0,917</b>	0,083	
	увлажнение		<b>0,918</b>	0,082	<b>0,873</b>	0,127	<b>0,850</b>	0,150	<b>0,737</b>	0,263	
Температура средняя	наиболее тёплого месяца		<b>0,965</b>	0,035	<b>0,863</b>	0,137	<b>0,849</b>	0,151	<b>0,733</b>	0,267	
	наиболее холодного месяца		<b>0,981</b>	0,019	<b>0,960</b>	0,040	<b>0,958</b>	0,042	<b>0,948</b>	0,052	
Лесные земли	всего покрытых лесом		<b>0,965</b>	0,035	<b>0,964</b>	0,036	<b>0,958</b>	0,042	<b>0,723</b>	0,277	
	фонд лесовосстановления		<b>0,544</b>	0,456	0,167	<b>0,833</b>	0,135	<b>0,865</b>	0,103	<b>0,897</b>	
	всего лесных земель		<b>0,965</b>	0,035	<b>0,939</b>	0,061	<b>0,938</b>	0,062	<b>0,773</b>	0,227	
Нелесные земли	сельхозугодья		<b>0,797</b>	0,203	<b>0,797</b>	0,203	<b>0,769</b>	0,231	0,349	<b>0,651</b>	
	воды		0,463	<b>0,537</b>	0,463	<b>0,537</b>	0,257	<b>0,743</b>	0,252	<b>0,748</b>	
	протяжён. дорог и просек на 1 км <sup>2</sup> лесного фонда		<b>0,637</b>	0,363	<b>0,632</b>	0,368	0,140	<b>0,860</b>	0,126	<b>0,874</b>	
	усадебь и пр.		0,415	<b>0,585</b>	0,343	<b>0,657</b>	0,173	<b>0,827</b>	0,157	<b>0,843</b>	
	болота		<b>0,876</b>	0,124	<b>0,797</b>	0,203	<b>0,756</b>	0,244	<b>0,655</b>	0,345	
	пески		0,416	<b>0,584</b>	0,403	<b>0,597</b>	0,401	<b>0,599</b>	0,341	<b>0,659</b>	
	прочие		<b>0,628</b>	0,372	<b>0,628</b>	0,372	0,450	<b>0,550</b>	0,304	<b>0,696</b>	
	всего нелесных земель		<b>0,965</b>	0,035	<b>0,939</b>	0,061	<b>0,938</b>	0,062	<b>0,773</b>	0,227	
Площадь под типами лесов на покрытых лесом земля	светлохвойные		<b>0,882</b>	0,118	<b>0,858</b>	0,142	<b>0,791</b>	0,209	<b>0,567</b>	0,433	
	тёмнохвойные		<b>0,818</b>	0,182	<b>0,790</b>	0,210	<b>0,788</b>	0,212	<b>0,738</b>	0,262	
	твёрдолиств.		<b>0,928</b>	0,072	<b>0,837</b>	0,163	<b>0,746</b>	0,254	<b>0,685</b>	0,315	
	мягколиств.		<b>0,842</b>	0,158	<b>0,838</b>	0,162	<b>0,781</b>	0,219	<b>0,605</b>	0,395	
	кустарники		<b>0,803</b>	0,197	<b>0,793</b>	0,207	<b>0,760</b>	0,240	0,364	<b>0,636</b>	
Таксационные показатели насаждений под типами лесов	Среднезвешенные	класс бонитета	хвойные	<b>0,683</b>	0,317	<b>0,614</b>	0,386	0,345	<b>0,655</b>	0,283	<b>0,717</b>
			тв.листв	0,432	<b>0,568</b>	0,281	<b>0,719</b>	0,281	<b>0,719</b>	0,210	<b>0,790</b>
			м.листв	<b>0,825</b>	0,175	<b>0,818</b>	0,182	<b>0,560</b>	0,440	0,349	<b>0,651</b>
	полнота	хвойные	0,460	<b>0,540</b>	0,459	<b>0,541</b>	0,345	<b>0,655</b>	0,341	<b>0,659</b>	
		тв.листв	<b>0,714</b>	0,286	<b>0,696</b>	0,304	<b>0,502</b>	0,498	0,486	<b>0,514</b>	
		м.листв.	<b>0,820</b>	0,180	<b>0,783</b>	0,217	<b>0,598</b>	0,402	0,407	<b>0,513</b>	

– до 0,928 у площадей занятых твердолиственными породами;

– из группы показателей, характеризующих продуктивность и сомкнутость древостоев по типам лесов общность

свойственна средневзвешенному бонитету хвойных пород, который характеризуется наиболее низким значением общности, равным 0,683, средневзвешенному бонитету мягколиственных пород, который характеризуется наиболее высоким значением общности для этой группы показателей, равным 0,825, а также средневзвешенной полноте твердолиственных пород и средневзвешенной полноте мягколиственных пород;

– из группы переменных, отображающих структуру земель лесного фонда, обладают более высокой общностью следующие переменные – всего покрытых лесом земель, всего лесных земель, сельхозугодья, болота, всего нелесных земель. Показатель общности у них находится в пределах от 0,797 у сельхозугодий, до 0,965 у всего покрытых лесом земель. Из этой группы у протяженности дорог и просек на 1 км<sup>2</sup>, прочих нелесных землях и фонда лесовосстановления показатель общности граничит со специфичностью, поэтому мы их рассмотрим немного подробнее.

Так показатель общности протяженности дорог и просек на 1 км<sup>2</sup> при расчетах по 6 главным компонентам равен 0,637 единицы. При расчетах с распределением дисперсии по 4 главным компонентам усиливается специфичность признака, его значение равно 0,860. Анализ показывает, что среднее количество протяженности дорог и просек в лесном фонде лесничеств составляет 1,64 км/км<sup>2</sup>. Протяженность дорог и просек на 1 км<sup>2</sup> лесного фонда выше среднего значения имеют Злынковское лесничество – 1,99 км/км<sup>2</sup>, затем по убыванию: Мглинское – 1,93 км/км<sup>2</sup>, Севское – 1,89 км/км<sup>2</sup>, Брянское – 1,82 км/км<sup>2</sup>, Карачевское – 1,76 км/км<sup>2</sup> и Клинцовское – 1,74 км/км<sup>2</sup> лесничества. Наименьшую протяженность дорог и просек в лесном фонде имеет Клетнянское лесничество – 1,24 км/км<sup>2</sup>. Так как этот признак в лесном фонде отдельных лесничеств проявляет в большей степени специфичность, нежели общность, и может выступить даже как отдельный фактор, то эту особенность

нельзя не учитывать при разработке системы районирования объектов.

Прочие нелесные земли характеризуются показателем общности равным 0,628 единицы при расчетах по 6-ти главным компонентам. При расчетах с распределением дисперсии по 4-м главным компонентам наоборот, общность снижается, а специфичность этого признака усиливается, показатель специфичности становится равным 0,550. В лесных фондах лесничеств прочие земли в среднем занимают 0,6% от площадей нелесных земель. Выше среднего процента прочие земли имеются в Злынковском – 1,6%, Клинцовском – 1,5%, Брянском – 1,1%, Навлинском – 0,9% и Выгоничском – 0,6% лесничествах. Наименьший процент от нелесных земель прочие земли занимают в лесном фонде Мглинского – 0,02%, Севского – 0,1% и Трубчевского – 0,2% лесничеств. В этом, возможно, и проявляется специфичность для последних трех лесничеств.

Показатель общности фонда лесовосстановления равен 0,544 единицы, он очень близок к специфичности. При расчетах с распределением дисперсии по 4-м главным компонентам специфичность фонда лесовосстановления проявляется гораздо сильнее, её значение равно 0,865. По лесничествам в среднем площади фонда лесовосстановления составляют 1,0% от лесных земель. Выше среднего площадь фонда лесовосстановления имеется почти в половине лесничествах Брянской области. Так в Карачевском лесничестве эти площади составляют 1,9%, в Брасовском – 1,8%, Дятьковском – 1,6%, Злынковском – 1,6%, Клинцовском – 1,2%, Мглинском – 1,1%, Суземском – 1,1% и Клетнянском – 1,1% от лесных земель лесничеств. Наименьший процент площадей фонда лесовосстановления имеют Навлинское – 0,4% и Севское – 0,4% лесничества. Учитывая необходимость больших финансовых и трудовых затрат на лесовосстановление, специфичность площадей фонда лесовосстановления как признака, нельзя не учитывать эту особенность при разра-

ботке системы комплексного лесного районирования.

В ряде лесничеств проявляется специфичность переменных, представленных водными объектами, усадьбами, песками, продуктивностью твердолиственных пород и полнотой хвойных насаждений.

По оценкам переменных, специфичность водных объектов проявляется в Навлинском, Карачевском и Трубчевском лесничествах; специфичность усадеб и прочих земель – в Унечском и Дятьковском и, в меньшей степени, в Брянском, Трубчевском и Клетнянском лесничествах; специфичность песков – в двух лесничествах – Клинцовском и Жуковском.

Специфичность средневзвешенного класса бонитета твердолиственных пород, зависящего от воздействия хозяйственной деятельности на леса, проявляется в Жуковском, Выгоничском, Брянском и Дубровском лесничествах. Зависящей от хозяйственного воздействия на леса является также полнота хвойных пород, специфичность которой проявляется в

Клетнянском и Клинцовском лесничествах.

Таким образом, для лесного фонда лесничеств Брянской области переменными, обладающими общностью или специфичностью следует считать те, которые определены при распределении факторных нагрузок по 6-ти главным компонентам, так как при этом учитывается большее количество накопленной дисперсии (79,5%) действующих факторов при распределении таксонов по ресурсно-экологическим лесным районам [5].

При распределении факторных нагрузок по 6-ти главным компонентам 29 из 34 переменных обладают общностью, т.е. значимыми факторами для лесничеств области.

Специфичностью обладают 5 переменных, которые могут оказывать свое весомое влияние на организацию и ведение лесного хозяйства в отдельных лесничествах.

Оценка переменных по общности и специфичности позволяет более информативно осуществлять разделение лесов Брянской области на ресурсно-экологические лесные районы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шейнгауз А.С., Дорофеева А.А. Принципиальная схема лесохозяйственного районирования. – Лесоведение. – 1977. – № 5. С. 51–59.
2. Burrough P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. Oxford, 1986. 194 pp.
3. Sibcon R. Natural Neighbourhood Interpolation in Graphical Methods for Multivariate Data (ed. Barnett V.D.). Wiley, Chichester, U. K., 1980.
4. Лесной Кодекс Российской Федерации: федер. закон : [принят Гос. Думой 08 нояб. 2006 г.: по состоянию на 10 апр. 2010 г.]. – М. : Проспект : КноРус, 2010. 48 с.
5. Хлюстов В.К., М.В. Устинов. Комплексное ресурсно-экологическое районирование лесов Брянской области. – М.: Изд-во РГАУ – МСХ имени К.А. Тимирязева, 2013. 201 с.

### **Устинов Михаил Васильевич**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Лесостроительства».

E-mail: mvustinov@mail.ru

### **Устинов Максим Михайлович**

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кафедра лесоводства и мелиорации ландшафтов»

E-mail: max32br@gmail.com

M.V. USTINOV, M.M. USTINOV

## COMMONNESS AND SPECIFICITY OF FACTORS DURING BRYANSK REGION FORESTS' ZONING

*This paper revealed significant of influences of factors used in forestry grouping into typical resource-ecological forest areas.*

**Key words:** forestry; zoning; typical nature; factor; commonness; specificity.

### BIBLIOGRAPHY

1. Sheyngauz A.S., Timofeev A.A. Schematic diagram of the forest zoning. - Silvics. - 1977. - № 5. С. 51-59.
2. Burrough P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. Oxford, 1986. 194 pp.
3. Sibcon R. Natural Neighbourhood Interpolation in Graphical Methods for Multivariate Data (ed. Barnett V.D). Wiley, Chichester, U. K., 1980.
4. The Forest Code of the Russian Federation: Feder. Law: [adopted by the State. Duma on Nov. 08. 2006 .: consisting on April 10. 2010]. - M: Prospect: KnoRus, 2010. 48 p.
5. Khlyustov V.K., Ustinov, M.V. Integrated resource-ecological zoning of the forests of Bryansk district. - M .: Publishing House RGAU - MAA named by K.A. Timiryazev, 2013. 201 pp.

#### **Ustinov Mikhail Vasil'evich**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

The candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department «Forest management».

E-mail: mvustinov@mail.ru

#### **Ustinov Maxim Mikhailovich**

Russian State Agrarian University – MAA named by K. A. Timiryazev, Moscow

The candidate of agricultural Sciences, Professor of «Department of forestry and land reclamation landscapes».

E-mail: max32br@gmail.com

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК.699.887

С.А. АХРЕМЕНКО, С.В. ПОЛЕХИНА, Е.А. ШЕРСТЮК

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПРОТИВОРАДОНОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

*Статья посвящена проблеме содержания в воздухе радона, который оказывает негативное воздействие на человека и окружающую среду. Рассматривается общая характеристика радона, процесс его накопления, а также особенности строительных материалов, взаимодействующих с радионуклидами. Установлены основные требования к содержанию радона в помещениях и конструкциях. Предлагаются основные методы противорадоновой защиты зданий.*

**Ключевые слова:** радон-222, эксхалляция, концентрация радона, радонособирающая система, радоноопасные зоны

Природные источники ионизирующего излучения вносят основной вклад в дозу облучения населения. Так как население большую часть времени проводит в помещениях, на дозу от природных источников существенно влияют естественные радионуклиды, содержащиеся в материалах. Содержание естественных радионуклидов варьирует в широких пределах, поэтому индивидуальные дозы облучения в различного типа зданиях изменяются в очень широком диапазоне [1-5].

К радионуклидам, присутствие которых в строительных материалах обуславливает радиационный фон в помещениях, относятся уран-238, торий-232 с дочерними продуктами распада и калий-40.

Так как вклад фотонного излучения предшественников радия-226 в мощность поглощенной дозы составляет около 1 %, при оценке радиационного качества строительных материалов учитывают только удельную активность радия-226, находящегося в состоянии радиоактивного равновесия с дочерними продуктами распада. Продуктом распада радия-226 служит радон-222 [6]. Радон – это радиоактивный благородный газ, бесцветный, без запаха, без вкуса. Радон является самым тяжелым благородным газом и имеет самую высокую точку кипения, температуру плавления. Радон является весьма растворимым в

неполярных растворителях и умеренно растворим в холодной воде. Период полураспада составляет 3,82 суток [7].

Облучение людей, находящегося в помещении, обусловлено присутствием в воздухе помещений радона-222 и дочерних продуктов его распада.

Радон – это газ, который может диффундировать по пустотам в почве и в материалах, из которых построены дома. Радон может просачиваться через грунтовой пол, трещины в бетонном полу и стенах, через дренаж пола, водостоки, стыки, трещины или поры в стенах из пустотелых блоков [8].

Повышенное содержание радона наблюдается на первых этажах жилых зданий и, в первую очередь, в домах сельского типа, в которых подполье земляное без цементированного покрытия. Радон в такие помещения поднимается непосредственно из подполья. Достаточно обеспечить постоянную проветриваемость с кратностью 0,5 объема помещения в час, чтобы обеспечить безопасный уровень концентрации радона (рис. 1). Концентрация радона в верхних этажах многоэтажных домов, как правило, ниже, чем на первом этаже. Концентрация радона в деревянных домах даже выше, чем в кирпичных, хотя дерево выделяет совершенно ничтожное количество радона по сравнению с други-

ми материалами. Это объясняется тем, что деревянные дома, как правило, имеют меньше этажей, чем кирпичные, и, следовательно, комнаты, в которых проводились измерения, находились ближе к земле-основному источнику радона [9].



Рис. 1 – Пути проникновения радона в дом

Радон хорошо растворяется в воде, поэтому он содержится во всех природных водах, причем в глубинных грунтовых водах его, заметно больше, чем в поверхностных водостоках и водоемах. Например, в подземных водах его концентрация может быть в миллион раз выше, чем в озёрах и реках. Радон попадает из воды в атмосферу помещения, выделяясь из пузырьков воздуха, содержащихся в воде. Наиболее интенсивно это происходит при разбрызгивании, испарении или кипении воды (например, в душевой или парилке). При использовании больших общественных накопителей воды, радон обычно не приносит вреда, т.к. испаряется до того, как вода попадает в дом. Из строительных материалов радон выделяется, если использовались материалы со сравнительно высоким содержанием радия (урана, тория) или способные к выделению радиоактивных газов, при этом низкая радиоактивность по другим видам излучений не гарантирует безопасности по радону. Однако основной, наиболее вероятный путь накопления радона в помещениях связан с выделением радона непосредственно из грунта, на котором построено здание. В прак-

тике геологических исследований нередко случаи, когда слаборадиоактивные породы содержат в своих пустотах и трещинах радон в количествах, в сотни и тысячи раз больших, чем более радиоактивные горные породы. При сезонных колебаниях температуры и давления воздуха, радон выделяется в атмосферу. Возведение зданий и сооружений непосредственно над такими трещинными зонами приводит к тому, что в эти сооружения из недр Земли непрерывно поступает поток грунтового воздуха содержащего высокие концентрации радона, который, накапливаясь в воздухе помещений, создает серьезную радиологическую опасность для находящихся в них людей. Известны случаи, когда в производственных подвальных помещениях, снабженных вытяжной вентиляцией, концентрация радона за счет подсоса воздуха из почвы, достигала  $8000-10\,000\text{ Бк/м}^3$ , что превышало нормы в 40-50 раз.

К настоящему времени в различных странах накоплена достаточно обширная информация о содержании радона в жилых и служебных помещениях. Эти данные постоянно пополняются и уточняются, поэтому представления о средних и предельных концентрациях радона в зданиях претерпевают изменения. С этой точки зрения интересны результаты обследования домов, показанные в таблице 1 [8].

Для нашей страны предельная концентрация радона в воздухе жилой и рабочей зоны в помещениях составляет 100 беккерелей. Зачастую эта цифра бывает превышена не только в разы, но и в десятки раз. Причем, нередко ПДК радона в воздухе бывает превышена в зданиях, которые находятся не в радоноопасных зонах – тут дело в особенностях грунта, материалах из которых велось строительство здания и т.п. Основную опасность радон-222 представляет для детей, так как он тяжелее воздуха и «стелится» обычно ближе к полу в помещении. Содержание радона-222 в воздухе можно измерить с помощью специального прибора – радонметра [10].

При пониженном воздухообмене и повышенной или средней скорости эксхалляции объемная активность радона в воздухе

помещений может достигать высоких значений. Таким образом, даже при отсутствии эксхалляции радона из строительных конструкций в помещениях могут наблюдаться высокие объемные активности радона в тех случаях, когда пол не обеспечивает достаточно хорошую изоляцию помещений от проникновения в них радона из почвы [6].

Таблица 1 – Содержание радона в зданиях

Страна, регион	Число обследованных зданий	Концентрация радона, Бк/м <sup>3</sup>
Канада	13450	17 ± 4
Германия	5970	40 ± 2
Финляндия	2154	64 ± 3
Италия	1000	25 ± 3
Нидерланды	927	30 ± 5
Швейцария	400	-
Подвал		720 ± 120
1-й этаж		228 ± 68
2-й этаж		127 ± 36
Альпы	100	-
Подвал		926 ± 210
1-й этаж		267 ± 73
2-й этаж		171 ± 42
США	30000	72 ± 5
Великобритания	2000	12 ± 3

Строительные материалы с содержанием естественных радионуклидов характеризуются конкретными данными. Брянская область обладает значительным комплексом минерального сырья, наибольшую ценность в котором предоставляют: фосфориты, мел, стекольные пески, цементное сырье и различные типы глин. Здесь действуют около 150 предприятий по добыче и переработке нерудного сырья, преимущественно для производства строительных материалов (силикатный кирпич, керамзитобетон, цемент и др.). Область испытывает недостаток в гравии, щебне и бутовом камне; их завозят из соседних регионов. Для определения содержания естественных радионуклидов (ЕРН) в строительном сырье и готовых изделиях используется гамма-спектральный метод.

Наименьшее содержание естественных радионуклидов у силикатного кирпича и гипсобетона. Наибольшей активностью обладают пески карьера фосфоритного за-

вода. Причем содержание Ra-226 в семь раз превышает эти же значения в силикатном кирпиче, но не превышает НРБ для строительных материалов, используемых в жилищном строительстве. Высокое содержание Ra-226 в фосфоритных песках создает большую дозу внешнего облучения человека. Пески являются радоноопасными материалами – коэффициент эманирования в среднем составляет 20 %, что может привести к дополнительному облучению легких человека.

Скорость эксхалляции радона из строительных конструкций (стен и перекрытий) зависит от произведения удельной активности Ra – 226, а также от длины диффузии Rn – 222 в строительных конструкциях. При этом коэффициент эманирования для бетона значительно больше, чем для красного кирпича.

Инженерно-геологическое строение Брянской области показывает наличие радоноопасных зон и участков на территориях объектов строительного комплекса. Это означает, что в помещениях жилых и производственных зданий, расположенных здесь, можно ожидать повышенной концентрации радона. Информация о геологических характеристиках мест застройки, особенностях конструкций зданий, их этажности и применяемых строительных материалах позволит прогнозировать, какие концентрации радона будут в воздухе жилых и производственных помещений и их соответствие с существующим предельно допустимым уровнем (ПДУ). На данный момент исследования продолжаются [11].

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);
- запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возмож-

ного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);

– поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации) [6].

Противорадоновая защита – специальные технические мероприятия, предпринимаемые с целью защиты помещений здания от поступления радона. Основные виды противорадоновой защиты следующие:

1. Вентилирование помещений – замещение воздуха внутри помещений с высоким содержанием радона наружным воздухом.

2. Пропитка – состав, внедряемый в жидком состоянии в поры и пустоты пористого и сыпучего материала путем ввода состава непосредственно в материал или просачивания после нанесения на поверхность материала. Пропитки рекомендуется использовать для снижения радонопроницаемости таких мелкодисперсных материалов, как глина, песок и т.п. в неэксплуатируемых подпольях зданий с небольшим заглублением.

3. Покрытие – состав, наносимый в жидком состоянии тонким слоем на твердую поверхность элемента ограждающей конструкции. Покрытие одновременно может выполнять функцию гидроизоляционного слоя. Многослойные покрытия более эффективны, чем однослойные.

4. Мембрана – слой пленочного, рулонного или листового материала, опирающийся на несущий элемент подвальной стены, пола или перекрытия. Радоноизолирующие мембраны применяются при устройстве фундаментных плит, стен и перекрытий подвалов из монолитного железобетона или железобетонных элементов для предотвращения переноса радона через поры, трещины, стыки.

5. Барьер – несущая или самонесущая сплошная практически газонепроницаемая конструкция (или элемент конструкции). Барьер выполняют из монолитного трещиностойкого железобетона в виде подвальной стены, пола или перекрытия.

6. Коллектор радона – система свободно проводящих газ конструктивных элементов в основании здания, служащая для сбора и отвода в атмосферу выделяющегося из грунта радона, минуя помещения здания.

7. Депрессия грунтового основания пола – создание в грунтовом основании пола подвала или подполья зоны пониженного давления с использованием коллектора радона и специальной вытяжной системы.

8. Уплотнение – герметизация щелей, швов, стыков и коммуникационных проемов в ограждающих конструкциях на пути движения радона от источника к помещениям здания, осуществляемая с использованием самоклеящихся, упругих, пластичных, вспенивающихся и других материалов.

В соответствии с Санитарными нормами и правилами «Требования к радиационной безопасности» при проектировании новых административных и общественных зданий, жилых помещений среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов изотопа радона ( $^{222}\text{Rn}$  и  $^{220}\text{Rn}$ ) в воздухе помещений ЭРО $_{\text{Rn}+4,6}$ ЭРО $_{\text{Rn}220}$ ) не должна превышать 100 Бк/м<sup>3</sup>. В воздухе, эксплуатируемых жилых помещений, среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов изотопа радона ( $^{222}\text{Rn}$  и  $^{220}\text{Rn}$ ) в воздухе помещений ЭРО $_{\text{Rn}+4,6}$ ЭРО $_{\text{Rn}220}$ ) не должна превышать 200 Бк/м<sup>3</sup>. При более высоких значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух жилых помещений и улучшение вентиляции жилых помещений [12].

После заделки щелей в полу и стенах какого-либо помещения концентрация радона должна уменьшиться. Исследования в этом направлении продолжаются, но некоторые обнадеживающие результаты уже получены. Особенно эффективное средство уменьшения количества радона, просачивающегося через щели в полу, – вентиляционные установки в подвалах.

Эмиссия радона из стен уменьшается в 10 раз при облицовке стен пластиковыми

материалами типа полиамида, поливинилхлорида, полиэтилена или после покрытия стен слоем краски на эпоксидной основе или тремя слоями масляной краски. Даже при оклейке стен обоями скорость эмиссии радона уменьшается примерно на 30 % [9].

Для уменьшения поступления радона в жилые этажи выполняют газоизоляцию (герметизацию) строительных конструкций. Газоизоляцию обычно совмещают с устройством гидроизоляции подземной и цокольной частей здания. Такое совмещение не вызывает сложностей, так как материалы, используемые для гидроизоляции, обычно являются барьером и для газов.

Слой пароизоляции также может служить барьером для радона. Следует заметить, что полимерные пленки, особенно полиэтиленовая, хорошо пропускают радон. Поэтому, в качестве газо- гидро- пароизоляции цокольной части здания необходимо использовать полимер-битумные рулонные материалы и мастики [2].

Для защиты зданий от проникновения радона используются специальные конструкции и материалы. Для герметизации швов используются специальные эластичные замазки и пластмассовые уплотнители. Обращает на себя внимание использование для утепления и герметизации перекрытий битумизированного войлока, покрытого алюминиевой фольгой. Этот материал является наиболее эффективным предохранителем попадания радона в помещения через перекрытия.

Основные принципы проектирования вентиляции в помещениях с повышенным содержанием радона должны удовлетворять двум основным условиям: во-первых, внутри помещений должно быть небольшое избыточное давление по сравнению с давлением атмосферного воздуха за пределами здания, и во-вторых, поток приточного наружного воздуха должен проходить по полу помещения. Первое условие препятствует проникновению радона из атмосферного воздуха в помещение через окна. Второе условие учитывает тот факт, что радон является газом тяжелее воздуха и концентрируется внизу помещения. Одним из наиболее эффективных является метод отвода радона из-под перекрытий первого

этажа. Воздух из-под перекрытий отводится с помощью специальных вентиляционных магистралей за пределы зданий. При этом в зависимости от конструкции здания используются различные схемы отвода воздуха (по размещению вентиляционных магистралей и воздухопроводов).

Понизить концентрацию радона в зданиях позволяет применение радоновых колодцев. Радоновый колодец – это колодец, выкопанный на глубину 4 м на расстоянии 10-60 м от дома. В колодце устанавливается мощный вентилятор. Радоновые колодцы могут понизить уровень концентрации радона на 92 % в пределах 60 м от колодца при условии высокой проницаемости почвы. Понижение концентрации радона позволяет применение радонособирающей системы под фундаментом и герметизация фундамента и перекрытий. Принцип действия радонособирающей системы заключается в следующем. В пространстве под фундаментом с помощью центробежного вентилятора создается пониженное, по сравнению с помещениями, давление воздуха. При этом выделяющийся из почвы радон выбрасывается в атмосферу. Ввод в действие радонособирающей системы, состоящей из пяти воздухозаборников, позволяет снизить концентрации радона в помещениях первого этажа в 10 и более раз [13].

#### **Выводы**

Приведенные выше примеры достаточно наглядно показывают, что применение тех или иных мер эффективно снижает содержание радона в воздухе помещений. Вопрос выбора конкретных мер определяется во многом размерами финансирования ремонтно-строительных и вентиляционных мероприятий.

В заключении необходимо подчеркнуть, что радон можно достаточно просто и без особых затрат обнаружить и, что самое главное, выделить дома, где радон присутствует в опасных концентрациях. В то же время риск для здоровья, если этого не сделать, очень большой. На сегодняшний день в мире накоплен достаточно большой опыт ремонтно-строительных и вентиляционных мероприятий, позволяющих снизить концентрацию радона в воздухе помещений.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Радиационная безопасность: Учеб. пособие / И.С. Асаенко, А.И. Навоша. – Минск: Бестпринт, 2004. – 180 с.
2. Михнев, И.П. Фоновое облучение населения и методы защиты от природных радионуклидов в помещении: Диссертация. – Волгоград, 2000. – 267с.
3. Банников, Ю.А. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 79 с.
4. Природный радиационный фон: Учебное пособие // М.Н. Левин, О.П. Негробов, В.Р. Гитлин, О.В. Селиванова, О.А. Иванова. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008.
5. Грикоренко, М.М. Безопасность жизнедеятельности. – СПб.: СПбГУЭФ, 2008. – 112 с.
6. Ахременко, С.А. Управление радиационным качеством строительной продукции: Учебное пособие. – М.: Изд. Ассоциация строительных ВУЗов, 2000. – 236 с.
7. Field RW: Radon Occurrence and Health Risk // Department of Occupational and Environmental Health, Department of Epidemiology, College of Public Health. – University of Iowa, Iowa City, 1999. – 10 p.
8. Уткин, В.И. Радоновая проблема в экологии // Соросовский образовательный журнал, 2000. – том 6, № 3. – С. 73-80.
9. Радиоактивность в окружающей среде. Радиационный фон внутри помещений: Учебное пособие // Е.В. Сулейманов, А.О. Коршунов. – Нижний Новгород: Изд. Научно-исследовательский институт химии, 2013. – 29 с.
10. Юрасов, Т.И. Основы радиационной безопасности: Учебное пособие. – М.: АТиСО, 2008. – 155 с.
11. Ахременко, С.А. Управление радиационным качеством продукции строительного комплекса в Брянской области. – Брянск, 2006. – 36 с.
12. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [электронный ресурс] // Профессиональная справочная система Техэксперт [сайт].
13. Бородин, С.Н. Методы снижения концентрации радона в воздухе жилых помещений / С.Н. Бородин, Д.В. Матвиенко // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос [электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section231.html>, свободный.

**Ахременко Сергей Аврамович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск  
Кандидат технических наук, профессор кафедры «Строительное производство»  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

**Полехина Светлана Васильевна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск  
Магистрант направления «Строительство»  
E-mail: sveta\_polehina@mail.ru

**Шерстюк Евгения Александровна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск  
Магистрант направления «Строительство»  
E-mail: sherstyuk94@list.ru

---

S.A. AKHREMENKO, S.V. POLEKHINA, E.A. SHERSTYUK

**MODERN METHODS OF ANTIRADON PROTECTION  
OF BUILDINGS**

*The article is devoted to the problem of the content air radon , which has a negative impact on humans and environment. Consider general characteristics of radon, the process of accumulation and characteristics of the building materials that interact with radionuclide. The basic requirements to the content of radon in buildings and structures were established. Offers basic methods of antiradon protection of buildings.*

*Key words: radon-222, exhalation, the concentration of radon, radon collects system, radon danger zone.*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Radiation safety: Proc. Benefit / I.S. Asaenok, A.I. Navosha. – Minsk: Bestprint, 2004. – 180 p.
2. Mikhnev, I.P. Background exposure of the population and the methods of protection from natural radionuclide in the room: the Dissertation. – Volgograd, 2000. – 267 s.
3. Bannikov, Yu.A. Radiation. Dose effects, the risk of: Trans. from English. – M.: Mir, 1990. – 79 p.
4. Natural background radiation: Textbook // M.N. Levin, O.P. Negrobov, V.R. Gitlin, O.V. Selivanov, O.A. Ivanov. – Voronezh: Publishing and printing center of Voronezh State University, 2008.
5. Grikorenko, M.M. Life Safety. – SPb.: SPSUEF, 2008. – 112 p.
6. Akhremenko, S.A. Management radiation quality construction products: Textbook. – M.: Publishing House. Association building universities, 2000. – 236 p.
7. Field RW: Radon Occurrence and Health Risk // Department of Occupational and Environmental Health, Department of Epidemiology, College of Public Health. – University of Iowa, Iowa City, 1999. – 10 p.
8. Utkin, V.I. Radon problem in ecology // Soros Educational Journal, 2000. – Volume 6, № 3. – С. 73-80.
9. Radioactivity in the environment. Background radiation indoors: Textbook // E.V. Suleymanov, A.O. Korshunov. – Nizhny Novgorod: Publishing house. Research Institute of Chemistry, 2013. – 29 p.
10. Yurasov, T.I. Fundamentals of Radiation Safety Manual. – M.: ATIS, 2008. – 155 p.
11. Akhremenko, S.A. Radiation product quality management of a building complex in the Bryansk region. – Bryansk, 2006. – 36 p.
12. Sanitary rules and norms 2.6.1.2523-09. Radiation Safety Standards (NRB-99/2009) [electronic resource] // Professional help system Techexpert [site].
13. Borodin, S.N. Methods to reduce the concentration of radon in indoor air / S.N. Borodin, D.V. Matvienko // Youth and Science: Proceedings of the VII All-Russian scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists dedicated to the 50th anniversary of the first manned space flight [electronic resource]. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University Press, 2011. – Access: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section231.html>, free.

### **Akhremenko Sergey Avramovich**

Bryansk State Technological University of Engineerig, Bryansk  
Candidate of technical Sciences, professor of «Building manufacturing» department  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

### **Polekhina Svetlana Vasil'evna**

Bryansk State Technological University of Engineerig, Bryansk  
Master directions «Building»  
E-mail: sveta\_polehina@mail.ru

### **Sherstyuk Evgenia Aleksandrovna**

Bryansk State Technological University of Engineerig, Bryansk  
Master directions «Building»  
E-mail: sherstyuk94@list.ru

С.С. КУЛЕШОВ, В.П. КОСАРЕВ, О.А. МЕРЕНКОВ, А.В. АЛЕКСЕЙЦЕВ

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ И КАТАСТРОФ ПУТЕМ ЭКСПЕРТИЗЫ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

*В статье рассмотрены методы определения срока службы и условий дальнейшей эксплуатации технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, при проведении экспертизы промышленной безопасности. Использование предлагаемых подходов позволит уменьшить риски возникновения аварийных ситуаций, приводящих к возможному ухудшению экологического состояния территорий с потенциально опасными объектами.*

**Ключевые слова:** экспертиза промышленной безопасности, усталость материалов, остаточный ресурс.

Для снижения рисков техногенных аварий и катастроф, которые могут сопровождаться негативным влиянием на окружающую среду и здоровья человека следует использовать современные подходы к оценке степени аварийности объектов промышленных производств. Одним из актуальных вопросов при экспертизе промышленной безопасности технических устройств (резервуаров, находящихся под давлением, грузоподъемных кранов, строительных подъемников), применяемых на опасных производственных объектах, является определение остаточного ресурса (срока службы) объектов экспертизы с прогнозированием условий дальнейшей безопасной эксплуатации конструкции [1]. Своевременное выявление возможности и предупреждение аварийных ситуаций позволит избежать тяжелых экологических и социальных последствий. В статье рассмотрены основные подходы, используемые при оценке остаточного ресурса технических устройств.

**Первый подход.** Выполняется расчет на прочность несущей стальной конструкции технического устройства с учетом начальных несовершенств относительно расчетной схемы, приобретенных в процессе ее монтажа и эксплуатации (здесь учитывается утонение стенки конструкции под действием коррозии, изменение геометрии, микродефекты, износ). В ряде случаев такой расчет провести проблематично из-за сложности геометрии расчетных моделей и адекватного описания нагрузок и воздействий на конструкцию. При этом будут

найжены компоненты напряженно-деформированного состояния на момент обследования несущей системы. Поэтому единственным фактором, по которому можно прогнозировать срок эксплуатации стальной конструкции до наступления предельного состояния по ее прочности и устойчивости к разрушению является скорость распространения коррозии. Эта скорость определяется на основании данных полученных эмпирически, по оценке срока службы технического устройства и величине утонения стенок в результате их коррозии. Скорость общей коррозии можно оценивать по уменьшению толщины металла (мм/год). В методиках обследования конкретных технических устройств указываются предельно допустимые величины утонения для наиболее часто и интенсивно изнашиваемых узлов и деталей в каждом конкретном изделии.

Для оценки скорости распространения коррозии проводятся эксплуатационные исследования, т.е. проверка машин, аппаратов, сооружений в эксплуатационных условиях [2]. При уменьшении толщины металла, например, на 0,2 мм за 2 года принято считать, что годовое уменьшение толщины на 0,1 мм будет продолжаться и в последующие периоды. При коррозии металла и утонении стенки металлоконструкции менее чем на 10%, срок эксплуатации технического устройства может быть продлен.

**Второй подход.** Производится оценка усталости материала несущей стальной конструкции. Эта оценка характеризует

процесс постепенного накопления повреждений под действием переменных или циклически изменяющихся нагрузок, что приводит к изменению свойств материала, образованию трещин, их развитию и разрушению конструкции за определенное время.

Зависимость между амплитудами напряжений в циклах и числом циклов до разрушения выражается диаграммой Вёллера [3]. В общем виде для стали данная кривая приведена на рисунке 1. Для оценки величины напряжений при циклических нагружениях стальных конструкций вводятся понятия предела выносливости.

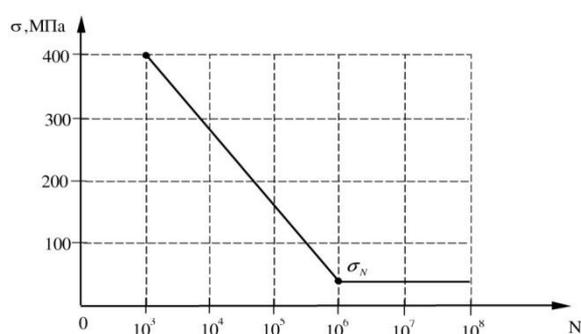


Рис.1 – Диаграмма Вёллера для стали  
 $\sigma$  – напряжение,  $N$  – количество циклов

Предел выносливости ( $\sigma_R$ ) определяется, как максимальное напряжение, при котором не происходит разрушение образца после произвольно большого числа циклических нагружений. Для асимметричных циклов предел выносливости обозначим  $\sigma_{-1}$ , для пульсационных –  $\sigma_0$ .

Оценку предела выносливости выполняют преимущественно для сталей, поскольку установлено [3], что стальные образцы не проявляют склонности к разрушению независимо от длительности испытания. Кривая усталости для некоторых материалов (мало- и среднеуглеродистой стали и др.) после некоторого числа циклов (равного нескольким миллионам) почти не изменяется; поэтому числу циклов, даже в несколько раз большему, на кривой усталости соответствуют такие же максимальные напряжения. В связи с этим число циклов (при испытании материала на выносливость) ограничивают некоторым пределом, который называют базовым

числом циклов. Если образец выдерживает базовое число циклов, то считается, что напряжение в нем не выше предела выносливости. Предел выносливости для стали при симметричном цикле в несколько раз меньше предела прочности.

Пределы выносливости натуральных сварных соединений могут быть в 3-8 раз ниже пределов выносливости свариваемой стали, определенных на стандартных полированных образцах. Эта разница объясняется влиянием ряда факторов:

1. Концентрация напряжений.
2. Качество обработки поверхности.
3. Дефекты сварки.

4. Технология сварочных работ (метод и режимы сварки, применяемые электроды, термическая обработка после сварки и т.д.).

5. Изменение химсостава и структуры металла шва и околошовной зоны.

Формула предела выносливости для сварной металлоконструкции будет выглядеть следующим образом [4]

$$\sigma_{-1} = (0,32 - 0,38) \sigma_v, \quad (1)$$

где  $\sigma_v$  – предел прочности.

Формула может быть использована при условии качественного сварного соединения с минимально возможными остаточными напряжениями. Стыковое соединение с нарушением технологических допусков имеет предел выносливости в следующем соотношении  $\sigma_{-1} = 0,21 \sigma_v$ .

Далее определяется, сколько было сделано нагружений несущей стальной конструкции, при которых возникающие напряжения в ее элементах больше или равны пределу выносливости (согласно справке о характере работ грузоподъемного устройства). Зная величину и количества таких нагружений, можно с использованием диаграммы Вёллера определить количество циклов, необходимых для разрушения стальной конструкции.

Левый наклонный участок кривой усталости (рис. 1) для различных типов сварных соединений удовлетворительно описывается уравнением

$$\sigma_a^m N = \sigma_{-1D}^m N_0, \quad (2)$$

где  $\sigma_a$  – амплитуда переменных напряжений;

$N$  – разрушающее число циклов нагружения сварного соединения;

$\sigma_{-1D}^m$  – медианное значение предела выносливости;

$N_0$  – абсцисса точки преломления кривой усталости [4].

Медианное значение предела выносливости определяется как отношение предела выносливости к коэффициенту снижения предела выносливости [4]

$$\sigma_{-1D} = \frac{\sigma_{-1}}{K}$$

где  $K$  – коэффициент снижения предела выносливости. Для сварных несущих конструкций грузоподъемных кранов, в частности,  $K$  приравнивается к эффективному коэффициенту концентрации напряжений [4].

$$K = K_\sigma.$$

С учетом различных факторов, влияющих на усталостную прочность, эффективный коэффициент концентрации напряжений удовлетворяет следующей зависимости

$$K_\sigma = \left( \frac{K_{\sigma k}}{K_{d\sigma}} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1 \right) \frac{1}{K_V}, \quad (3)$$

где  $K_{\sigma k}$  – эффективный коэффициент, учитывающий влияние макроскопических концентраторов;

$K_{d\sigma}$  – масштабный фактор (учитывает влияние размера детали);

$K_{F\sigma}$  – коэффициент влияния качества поверхности;

$K_V$  – коэффициент влияния поверхностного упрочнения.

Порядок определения величин, входящих в формулу (3) определен в литературе [4, 6]. Эффективный коэффициент концентрации напряжений конструкции  $K_\sigma$  находится в области от 1 до 3 и обычно меньше теоретических коэффициентов концентрации напряжений  $a_\sigma$  и  $a_\tau$ . В тех случаях, когда экспериментальные данные по определению эффективного коэффициен-

та концентрации напряжений отсутствуют  $K_\sigma$  можно определить по формулам

$$K_\sigma = 1 + q_\sigma \cdot (a_\sigma - 1), \quad K_\tau = 1 + q_\tau \cdot (a_\tau - 1), \quad (4)$$

где  $q_\sigma$  и  $q_\tau$  – теоретические коэффициенты чувствительности материала к концентрации нормальных и касательных напряжений соответственно;

$a_\sigma$  и  $a_\tau$  – теоретические коэффициенты концентрации напряжений;

$q_\sigma = 0,2 - 0,4$  – для сталей низкой прочности;

$q_\sigma = 0,4 - 0,6$  – для сталей средней прочности;

$q_\sigma = 0,6 - 0,8$  – для сталей высокой прочности.

Из формулы (4) следует, что применение высокопрочных сталей в конструкциях, испытывающих переменные нагружения, ведет к повышению концентрации напряжений и не всегда является целесообразным.

Далее вычисляется теоретический коэффициент концентрации напряжений – отношение максимального напряжения  $\sigma$  в области концентратора к номинальному напряжению  $\sigma_n$  (вычисленному в предположении отсутствия концентратора)

$$K_T = \frac{\sigma}{\sigma_n}. \quad (5)$$

Максимальное напряжение  $\sigma$  в области концентратора можно определить опытным путем, например, на основе тензометрии, а номинальное напряжение  $\sigma_n$  можно определить, обратившись к справочным данным для данной стальной конструкции.

Таким образом, подставляя в формулу (5) наибольшее из значений теоретического концентратора напряжений, полученного при оценке касательных или нормальных напряжений, получим наибольший из возможных эффективный коэффициент концентрации напряжений, а следовательно, и медианное значение предела выносливости.

К определению величины теоретического коэффициента концентрации напря-

жений можно подойти и путем анализа формул, приведенных в литературе [7, 8]:

Данные формулы имеют вид:

$$a_{\sigma} = 1 + 4\pi \frac{A}{T}, \quad (6)$$

$$a_{\sigma H} = 1 + 4\pi \sqrt{2\gamma} \frac{A}{T}, \quad (7)$$

$$a_{\sigma y} = 1 + 4\pi \sqrt{2} \frac{A}{T}, \quad (8)$$

где  $A$  – высота выступов неровностей элемента металлоконструкции (сварного соединения);

$T$  – шаг неровностей;

$\gamma$  – коэффициент чувствительности [8].

При сравнении результатов, полученных по зависимостям (6)-(8) и отображения их графически получены три линии, показанные на рисунке 2. Как видно из рисунка 2 все три кривые дают близкие значения теоретического коэффициента концентрации напряжений. Руководствуясь принципом наибольшего запаса прочности, по уравнению (6) определяем наибольший из возможных теоретический коэффициент концентрации напряжений и далее по уравнению (5) определяем эффективный коэффициент концентрации напряжений. Тогда можно приблизительно оценить медианное значение предела выносливости обследуемой стальной конструкции без использования данных тензометрии, а так же использовать полученный коэффициент снижения предела выносливости в дальнейших расчетах разрушающего числа циклов нагружения обследуемой металлоконструкции ( $N$ ).

Разрушающее число циклов нагружения стальной конструкции можно определить по формуле

$$N = \left( \frac{\sigma_{-1D}}{\sigma_a} \right)^m N_{\sigma}.$$

В этом уравнении неизвестны амплитуда переменных напряжений  $\sigma_a$  и показатель угла наклона  $m$  кривой усталости. Предельную амплитуду напряжений при асимметричном цикле можно представить в виде

$$\sigma_a = \sigma_{-1} - \varphi_{\sigma} \sigma_m,$$

где  $\sigma_m$  – среднее напряжение;

$\varphi_{\sigma}$  – коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла.

Для низкоуглеродистых сталей, используемых для изготовления стальных конструкций грузоподъемных кранов,  $\varphi_{\sigma} = 0$ . Следовательно, в этом случае

$$\sigma_a = \sigma_{-1}.$$

Показатель угла наклона  $m$  (рис. 1) кривой усталости определяется по формуле [4]

$$m = \frac{12}{K_{\sigma}}, \quad (9)$$

или по ГОСТ [9]

$$m = \frac{C}{K_{\sigma}}, \quad (10)$$

где

$$C = 5 + \frac{\sigma_v}{80}.$$

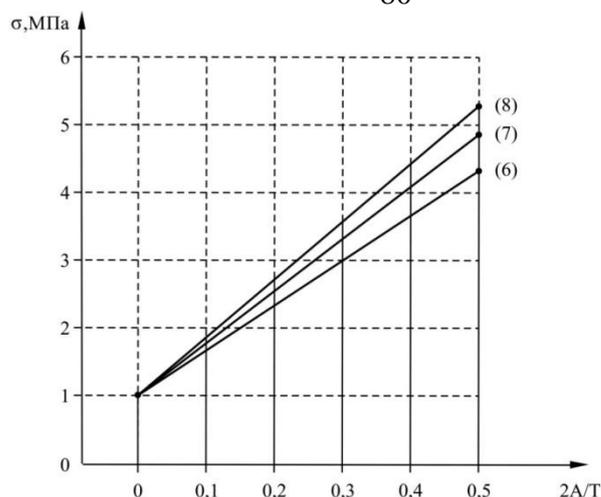


Рис. 2 – Зависимости для коэффициента концентрации напряжений

$\sigma$  – напряжение,  $2A/T$  – отношение удвоенной высоты выступов к шагу

При сравнительной оценке формул (9) и (10), большее значение  $m$  получаем по формуле (9), следовательно, разрушающее число циклов нагружения будет иметь меньшее значение при прочих равных условиях. Тогда при отсутствии экспериментальных данных, можно пользоваться уравнением (9).

### Выводы

1. С целью снижения рисков аварий с негативными экологическими последствиями необходимо оценивать остаточный

ресурс технических устройств при экспертизе промышленной безопасности опасных производственных объектов. Для этого можно рекомендовать проводить приближенную оценку разрушающего числа циклов нагружения. Это число сопоставляется с фактически выполненным числом циклов нагружения.

2. Для определения срока дальнейшей безопасной эксплуатации должно учитываться два основных требования:

– условия эксплуатации объекта не будут изменяться или их изменение будет прогнозируемым;

– при учете уже выполненных до момента проведения обследования циклов нагружения, должны приниматься во внимание те циклы, при которых напряжения больше или равны пределу выносливости характерному для данной конструкции. В такие циклы включаются нагружения, составляющие более 30% от номинальной несущей способности сооружения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, ст. 28 ФНиП в области промышленной безопасности от 14 ноября 2013 года № 538.
2. Акимов, Г.В. Теория и методы исследования коррозии металлов [Текст] / Г.В. Акимов. – М.: АН СССР, 1945. – 414 с.
3. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов [Текст] / В.И. Феодосьев. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – 592 с.
4. Когаев, В.П. Прочность сварных соединений [Текст] / В.П. Когаев. – М.: Машиностроение, 1977. – 272 с.
5. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность [Текст] / С.В. Серенсен, Р.М. Когаев, Р.М. Шнейдерович. – М.: Машиностроение, 1975 – 488 с.
6. РД 50-694-90 Методические указания. Надежность в технике.
7. Лейкин, А.С. Напряженность и выносливость деталей сложной конфигурации [Текст] / А.С. Лейкин. – М.: Машиностроение, 1968. – 371 с.
8. Нейбер, Г. Концентрация напряжений [Текст] / Г. Нейбер. - М.: Гостехиздат, 1947. – 204 с.
9. ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости.

### **Кулешов Сергей Семенович**

ООО «ЦентрСервис», генеральный директор  
E-mail: 281444@bk.ru

### **Косарев Валерий Петрович**

ООО «ЦентрСервис», Брянск  
Начальник технического отдела  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

### **Меренков Олег Анатольевич**

ООО «ЦентрСервис», Брянск  
Инженер-обследователь лаборатории неразрушающего контроля  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

### **Алексейцев Анатолий Викторович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство»  
E-mail: aalexw@mail.ru

S.S. KULESHOV, V.P. KOSAREV, O.A. MERENKOV, A.V. ALEKSEYTSEV

**PREVENTION OF THE TECHNOLOGICAL ACCIDENTS AND CATASTROPHES  
WITH EXPERTISE OF RESIDUAL RESOURCE OF TECHNICAL DEVICES ON  
DANGEROUS INDUSTRIAL OBJECTS**

*This paper view the methods of the determination of the term of service and the conditions of further exploitation of the technical devices used at the dangerous industrial objects while proving an examination of industrial safety. Using the proposed approaches will allow to reduce the risks occurrence of emergencies, leading to a possible deterioration of the ecological state of areas with potentially dangerous objects.*

**Keyword:** examination of industrial safety, metal fatigue, residual resource.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Rules of industrial safety expertise, st. 28 FNR in industrial safety from November, 14 2013 № 538.
2. Akimov, G.V. The theory and methods of metal corrosion [Tekst] / G.V. Akimov. – M.: AN SSSR, 1945. – 414 s.
3. Feodos'ev, V. I. Strength of materials [Text] / V.I. Feodos'ev. — M.: Publishing house MSTU named by N. EH. Bauman, 1999. – 592 s.
4. Kogaev, V.P. The strength of welded joints [Text] / V.P. Kogaev. – M.: Machine building, 1977. – 272 s.
5. Serensen, S.V. Bearing capacity and calculations of machine parts for strength [Text] / S.V. Serensen, R.M. Kogaev, R.M. SHnejderovich. – M.: Machine building, 1975 – 488 s.
6. GD 50-694-90 Methodical instructions. The reliability of the technique.
7. Lejkin, A.S. The intensity and endurance of complex configuration [Text] / A.S. Lejkin. – M.: Machine building, 1968. – 371 s.
8. Nejber, G. Stress concentration [Text] / G. Nejber. - M.: Gostekhizdat, 1947. – 204 s.
9. GOST 25.504-82 Calculations and tests of strength. Methods for calculating the characteristics of fatigue resistance.

**Kuleshov Sergej Semeonovich**

«CenterService», Bryansk  
General Director.  
E-mail: 281444@bk.ru

**Kosarev Valery Petrovich**

«CenterService», Bryansk  
Head of Technical Department  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

**Merenkov Oleg Anatol'evich**

«CenterService», Bryansk  
Engineer-interviewer laboratory of nondestructive testing  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

**Alekseytsev Anatoliy Viktorovich**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk  
Candidate of technical Sciences, assistant professor of the «Building manufacturing» department  
E-mail: aalexw@mail.ru

Ю.В. НАНЗАТООЛ, Н.В. РОМАНЬКОВА, М.В. ТРОШИНА, Е.Г. ЦУБЛОВА

## БИОКОРРОЗИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ

*В работе рассмотрены основные причины возникновения биокоррозии металлических конструкций и методы химической защиты от нее. Акцент сделан на деятельности сульфатредуцирующих бактерий как основного фактора биодеструкции металлов в анаэробной среде. Выделены факторы процесса разрушения металлов, обусловленные деятельностью сульфатредуцирующих бактерий. Приведены сведения о традиционных и перспективных веществах, обладающих бактерицидным и бактериостатическим действием. Показано преимущество азотсодержащих органических соединений в плане уничтожения сульфатредуцирующих бактерий или приостановления роста их колоний.*

**Ключевые слова:** биокоррозия металлов, сульфатредуцирующие бактерии, биоциды

В последнее время общей тенденцией развития промышленного производства является повышение безопасности технологических процессов, а также объектов в пределах промплощадок предприятий и их инфраструктуры. С этой целью разрабатываются различные системы, технологии и методы, позволяющие предотвратить возможные нештатные ситуации, сопряженные с формированием техногенных аварий. Традиционно особое внимание уделяется прочности и живучести конструкций, их устойчивости к действию физических и химических факторов среды, управляемости технологических процессов в конкретных условиях. Однако в последнее время все большее внимание уделяется способности искусственных объектов сохранять целостность и эксплуатационные свойства на фоне повреждающего действия биологических факторов [19, 24].

Любой объект, внедренный в среду, становится потенциальным ресурсом для живых организмов, причем в большей степени ресурсом пространства и в меньшей – пищевым и/или энергетическим. Осваиваемый живыми организмами объект претерпевает изменения, обусловленные их жизнедеятельностью, в том числе: нарушение целостности, изменение структуры (появление полостей, инфильтратов, различных включений), цвета (пигментация или обесцвечивание участков), снижение прочности и т.п., приводящие, в конечном счете, к сниже-

нию его эксплуатационных характеристик, а, в крайнем случае, разрушению [5, 22].

Воздействию живых организмов подвергаются все объекты независимо от их состава, структуры, функций, расположения. Это во многом обусловлено не столько особенностями объектов, сколько принципом мозаичности биодеструкторов: объект, являющийся репеллентным или индифферентным для одних организмов, проявляет аттрактивность в отношении других. К тому же, учитывая тот факт, что до 80% биоповреждающих ситуаций формируется благодаря действию бактерий и микроскопических грибов (преимущественно *Deuteromycota*), обладающих крайне пластичным генетическим и как следствие ферментативным аппаратом, абсолютно не биоповреждаемых объектов не существует: скорее искусственные объекты обладают повышенной или пониженной устойчивостью к действию биодеструкторов. В связи с этим возникает определенная проблема с разработкой средств защиты от повреждающего действия организмов именно этих групп.

Бактерии и микроскопические грибы способны развиваться практически на любом материале в широком диапазоне действующих факторов: начиная от оптимальных для жизни человека и заканчивая условиями, которые в нашем понимании являются экстремальными. Несмотря на тот факт, что деятельность

большинства биодеструкторов наибольшая в условиях с температурой +15...+27°C, влажностью воздуха от 60% и выше, рН среды от слабокислой до слабощелочной, воздействию живых организмов подвергаются искусственные объекты при температуре окружающей среды выше +87°C, рН среды 3,4...4,5, повышенном радиационном фоне [5, 20, 24].

Биоповреждения представляют угрозу практически для всех искусственных объектов, находящихся в пределах городов и промышленных центров: здания различного назначения, резервуарные парки, коммуникации и трубопроводы. С одной стороны это связано с появлением огромного количества экологических ниш, подлежащих заселению микроорганизмами, а с другой с тем, что имеющиеся в урбоэкосистемах загрязнения выступают в качестве фактора, способствующего созданию приемлемых для развития биодеструкторов условий [16]. Поллютанты, присутствующие в воздухе, почве и в меньшей степени в водных объектах, вступая в физико-химическое взаимодействие на поверхности, а иногда и во внутренней среде искусственных объектов, обеспечивают большую их привлекательность доступность для микроорганизмов, особенно для грибов. Появляющиеся под влиянием средовых факторов и старения материалов дефекты в структуре искусственного объекта усугубляются деятельностью бактерий и микромицетов. При этом незначительные видимые повреждения устраняются человеком по мере их обнаружения или при проведении планового ремонта. Значительную угрозу для окружающей среды и человека представляют результаты биодеструкции, возникающие в скрытых участках искусственных объектов. Именно они приводят к наиболее неблагоприятным последствиям: разрушению целостности конструкций, полной утрате эксплуатационных свойств объекта, созданию аварийных ситуаций [1].

Одними из потенциально опасных объектов с позиций формирования экологического ущерба являются объекты

хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов. Резервуарные парки, отдельные емкости для хранения нефтепродуктов, трубопроводы, располагающиеся в пределах промплощадок предприятий, будут являться обязательным элементом производственных объектов еще долгое время, поскольку именно жидкие углеводороды используются не только как основной энергоноситель, но и в качестве сырья при производстве различной продукции, изолирующих компонентов и т.п. Поэтому проблема защиты от внутренней биодеструкции оказывается актуальной не только для предприятий нефтегазового комплекса.

Целью настоящей работы является систематизация и обобщение результатов исследований, посвященных проблеме биоповреждения металлических конструкций и средствам защиты от него.

Задачи.

1. Выделить на основе литературных данных группы организмов, являющихся факторами биокоррозии металлов, в том числе внутренней биокоррозии.

2. Систематизировать данные о механизмах возникновения и развития биокоррозии.

3. Определить перспективные классы органических соединений, обладающих защитными свойствами в условиях биокоррозии металлов.

Металлические конструкции резервуарных парков и трубопроводов подвергаются биодеструкции как со стороны внешней (воздушной и почвенной) среды, так и действию неблагоприятных факторов внутренней среды. Металлические изделия являются объектами биодеструкции в 12,6% случаев [2]. Необходимо отметить, что микроорганизмы принимают участие в наиболее опасной разновидности коррозионных процессов, а именно, в местных коррозионных разрушениях: питтинге, язвенной коррозии под изоляционным покрытием, ручейковой коррозии, коррозионном растрескивании под напряжением и т.п. Локальная коррозия при ничтожных потерях металла может вызвать катастрофическое па-

дение прочности и труднее поддается контролю [8].

Колонии микроорганизмов могут создавать на поверхности металлов наросты мицелия или слизи, под которыми в результате разности электрических потенциалов на различных участках поверхности металла и ассимиляции ионов металлов самими микроорганизмами может развиваться язвенная коррозия [16].

В общем виде развитие микробной деструкции протекает в виде последовательных процессов, которые можно рассматривать как универсальные независимо от параметров повреждаемого объекта и систематической принадлежности биодеструктора.

1. Наличие в среде потенциального повреждающего организма. Данное условие легко выполнимо, учитывая факт присутствия в среде достаточно разнообразного микробиотического сообщества и принцип мозаичности, о котором было сказано выше. К тому же в отличие от более высокоорганизованных в биологическом плане организмов для бактерий и микромицетов практически нет понятия индифферентности и репеллентности. Учитывая наличие высокопластичного ферментативного и наследственного материала, бактерии обладают «всеядностью», то есть способны в условиях дефицита пищевых ресурсов адаптироваться к потреблению новых химических компонентов, присутствующих в среде. Следовательно, в плане разработки средств снижения или устранения биокоррозии целесообразно вести поиск веществ, обладающих способностью уничтожать биодеструкторов (бактерицидное действие) или приостанавливать рост их колонии (бактериостатическое действие), а не влиять на степень аттрактивности искусственного объекта.

2. Контакт потенциального биодеструктора с повреждаемым объектом. Этап, реализуемый благодаря малым размерам и массе микроорганизмов, в связи с чем для их переноса на поверхность материала, изделия или конструкции достаточно незначительного тока воздуха или воды.

Исключить этот этап из процесса формирования микробиодеструкции не представляется возможным, поскольку достижим он только в условиях полной стерильности.

3. Адгезия (закрепление) биодеструктора на поверхности объекта с последующим ростом и развитием колонии микроорганизмов, которая постепенно осваивает не только наружные части материала и изделия, но и толщу стенки и/или внутреннее пространство. Налипание (адгезия) микробных клеток становится возможным благодаря наличию поверхностных белков мембраны, выполняющих функции своеобразных якорей или присосок, надежно фиксирующих организм на поверхности объекта [6, 7, 15].

Дальнейшее закрепление микроорганизмов на материале с последующим его разрушением обеспечивается, в том числе, и благодаря изменению свойств самого материала под влиянием активных метаболитов.

В бактериях присутствуют ферменты, относящиеся ко всем 6 классам по существующей международной классификации. Однако особо важную роль в росте на большинстве материалов оказывают оксидоредуктазы, гидролазы и липазы. Из разрушителей углеводородсодержащих материалов наиболее активны продуценты липаз и оксидоредуктаз. На материалах, содержащих минеральный компонент, преобладают виды, продуцирующие органические кислоты, а также окислительные ферменты – пероксидазу и каталазу [11, 12, 14, 15].

Установлено наличие в метаболитах бактерий и микроскопических грибов порядка 40 органических кислот, среди которых наибольшая концентрация приходится на долю уксусной, пропионовой, масляной, фумаровой, янтарной, яблочной, лимонной, винной, глюконовой и щавелевой. [17].

Органические кислоты способны вызывать коррозию металлов за счет непосредственного воздействия на них, через образование органических продуктов, которые могут действовать как деполя-

ризаторы или катализаторы коррозионных реакций, а также при условии, что коррозионные реакции являются отдельной частью метаболического цикла бактерий [5, 14–17].

В случае, когда металлические изделия и конструкции находятся в непосредственном контакте с углеводородами, опасность возникновения биокоррозии значительно увеличивается. Установлено, что практически все топлива, в том числе и авиационные керосины, не устойчивы к воздействию микроорганизмов, поскольку являются достаточно благоприятной средой для развития ряда видов микроскопических грибов и бактерий. Рост микроорганизмов может приводить к накоплению в топливных системах большого количества биомассы и агрессивных продуктов жизнедеятельности (органических кислот, в том числе аминокислот, ферментов и т.д.), что в случае непринятия необходимых мер приводит к отказам и неисправностям в работе технических изделий [15, 21]. По мнению ряда авторов, многие соединения серы, имеющиеся в сернистой нефти, значительно снижают микробиологическую стойкость изготовленных из нее масел. Среди многочисленных внешних условий, способствующих микробиологическим повреждениям горюче-смазочных материалов, определяющими являются наличие в материале воды, минеральных примесей (загрязнений) и температура. Характерными, способными развиваться в топливах микроорганизмами являются бактерии родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Desulfovibrio*; грибы родов *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium*; дрожжи родов *Candidas*, *Torula*. Масла и смазки наиболее часто повреждаются грибами *Aspergillus niger*, *Penicillium variabile*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium verrucosum*, *Scopulariopsis brevicaulis*; бактериями *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis* [5, 24].

В отношении развития биокоррозии внутренней поверхности резервуарных

парков и трубопроводов, используемых для хранения и транспортировки жидких углеводородов, влияние микромицетов имеет значение только при формировании процессов на внешних сторонах объекта при наличии достаточного для роста и развития организмов кислорода, что исключает микромицеты из числа биодеструкторов – источников внутренней биокоррозии.

В природных и промышленных средах с ограниченной или отсутствующей аэрацией биоповреждения вызываются преимущественно сульфатредуцирующими бактериями. Наибольший вред такие микроорганизмы наносят при эксплуатации подземных коммуникаций, в замкнутых системах охлаждения и, особенно – в процессах добычи и хранения нефтепродуктов. В последнем случае ущерб, причиняемый бактериями рода *Desulfovibrio*, усугубляется еще и тем, что последние могут усваивать углеводороды нефти и, воздействуя на них продуктами своего обмена веществ, изменять состав топлив, масел и смазок, ухудшать их физико-химические и эксплуатационные характеристики [14].

В процессе обмена веществ бактерии поглощают водород и восстанавливают сульфаты. Одновременно происходит снижение pH, что способствует коррозии металла [14].

Основу современных представлений о механизме электрохимической коррозии с участием сульфатредуцирующих бактерий составляет положение о непосредственном их участии в процессе катодной деполяризации [13]. Это объясняется их способностью усваивать элементарный водород в процессе метаболизма, т.е. от активности фермента гидрогеназы. Чем последняя более выражена у данного штамма, тем более интенсивно протекает коррозия. Катализатором данного процесса является повышенное содержание в среде сульфида железа. В связи с этим было высказано предположение, что при высокой доле поверхности, занятой сульфидом железа, на металлах группы железа он образует гальваниче-

скую пару, в частности, с железом, в которой сульфид является катодом, а железо – анодом [3].

Активность сульфида железа как катода со временем снижается вследствие связывания им атомарного водорода. Благодаря гидрогеназной активности бактерий водород высвобождается, и катодная функция сульфида железа восстанавливается. Таким образом, непосредственное участие бактерий в коррозионном процессе, вследствие потребления водорода, определяет стимуляцию катодной деполяризации твердыми сульфидами железа, образующимися в результате взаимодействия ионов железа с сульфид-ионами, являющимися конечными продуктами бактериального восстановления сульфатов [4].

Эксплуатация резервуарных парков и линейных сооружений показала, что наиболее надежной системой защиты от внутренней биокоррозии на настоящий момент является использование бактерицидных и бактериостатических средств.

Для защиты металлов от биокоррозии используют те же биоциды, что и для защиты неметаллических материалов. Существенным требованием к таким биоцидам наряду с нетоксичностью для человека является отсутствие самостоятельной коррозионной активности [12].

Традиционно в качестве средств защиты внешних частей объектов хранения и транспортировки углеводородов от действия сульфатредуцирующих бактерий используют такие универсальные биоциды как гипохлорид натрия, формалин и ряд других. Их внесение в почву в местах расположения искусственных объектов обеспечивает защитный эффект на протяжении от нескольких месяцев до года. Преимуществом этих веществ является отсутствие адаптации колоний бактерий к ним. Однако такие способы защиты являются неприемлемыми в отношении внутренней биодеструкции.

В работах ряда авторов была установлена повышенная чувствительность сульфатредуцирующих бактерий к действию азотсодержащих соединений [5, 9,

10, 16]. Так высокая эффективность действия четвертичных соединений аммония при низких минимальных ингибирующих концентрациях и длительности сохранения бактерицидной активности, вероятно, связана с их катионной структурой и способностью растворяться в фосфолипидных биомембранах клеточной оболочки бактерий, что приводит их к гибели. Бактерицидное действие четвертичных соединений аммония зависит от природы содержащихся в их молекулах углеводородных цепей. Так, увеличение длины цепи до 12 атомов углерода или наличие в молекулах двух цепей с 10 атомами углерода приводит к снижению минимальной ингибирующей концентрации с 800 до 100 мг/л [23].

Наряду с четвертичными аммонийными соединениями в качестве эффективного бактерицида выступает 2,4-динитрофенол и соединения, разработанные на его основе. Бактерицидное действие 2,4-динитрофенола при дозировке 50–100 мг/л в водную среду, содержащую сульфатредуцирующие бактерии составляет 96–100%.

Для предотвращения биокоррозии технических материалов используется биоцид с широким антимикробным спектром действия, содержащий 1-гетероарил-4-арилпиразолин-5-ОН. Применяемая концентрация зависит от тест-культуры бактерий и вида материала; массовая доля может составлять от 0,001 до 5%.

Исследовано влияние промышленных ингибиторов коррозии серии КХО (каменноугольные хинолиновые основания), которые представляют собой узкие фракции ректификации тяжелых пиридиновых оснований, получаемых при переработке каменноугольной смолы, на рост и ферментативную активность бактерий цикла серы. Установлено, что ингибиторы КХО, являясь бактерицидами по отношению к тионовым и сульфатредуцирующим бактериям, снижают скорость коррозии стали в 1,5–2 раза [18].

Для ингибирования бактериальной коррозии, стимулируемой накопительными культурами СВБ, и подавления

жизнедеятельности последних разработаны методы защиты с применением ингибиторов-бактерицидов из классов нитропарафинов, селеносодержащих би- и тетрациклических органических соединений, вводимых в интервале концентраций 0,1–0,2 г/л. При этом практически полностью предотвращается образование сероводорода.

Новым направлением в области защиты от биокоррозии является разработка полимерных биоцидов, одно из главных преимуществ которых заключается в пролонгированном действии вещества [10, 12].

Для промышленного использования перспективны оловоорганические биоцидные полимеры на основе трибутилоловосодержащих сополимеров, которые могут использоваться в качестве биоцидных присадок и пленкообразователей. Высокую степень защиты металлов, а также других материалов, подверженных биоразрушениям, обеспечивает лак АГС-4, представляющий 40%-й раствор сополимера трибутилоловоакрилата с бутилакрилатом и метилметакрилатом в бутилацетате [14].

Бактерицидной активностью по отношению к СРБ обладают отходы производства некоторых гербицидов – карахола, ацетала, мукохлорной кислоты, цимида. Доступность и низкая стоимость этих продуктов позволяют рекомендовать их для периодической обработки оборудования в целях предотвращения биогенной сульфатредукции и ликвидации биообразований [13, 14].

Особенностью внутренней биокоррозии является образование защитной пленки на внутренних стенках металлических конструкций. Такие пленки образуются микроорганизмами в анаэробной среде и не позволяют проникать биоцидам к местам расположения бактерий [5, 22, 23]. В связи с этим необходимо применение веществ, способных предотвращать развитие таких пленок и/или обладать способностью создавать барьер между колонией микроорганизмов и металлом, изолируя последний от деструктивного действия микробиоты.

Таким образом, анализ литературных данных позволяет сделать следующие выводы.

1. Ведущую роль в формировании внутренней коррозии металлических конструкций трубопроводов и резервуарных парков принадлежит сульфатредуцирующим бактериям.

2. В основе механизма коррозионного действия сульфатредуцирующих бактерий лежит восстановление сульфатов, присутствующих в среде. Продукты указанных реакций являются причиной возникновения электрохимической коррозии металлических конструкций.

3. Среди веществ, обладающих бактерицидным и бактериостатическим действием, в целях разработки защитных средств в отношении сульфатредуцирующих бактерий перспективными являются азотсодержащие органические соединения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева, Д.Д., Фахрутдинов, Р.З. Коррозионно-опасная микрофлора нефтяных месторождений // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №10. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/korroziionno-opasnaya-mikroflora-neftyanyh-mestorozhdeniy> (дата обращения: 13.11.2015)
2. Варченко, Е.А. Особенности оценки биоповреждений и биокоррозии материалов в природных средах. // Научный журнал КубГАУ. – 2014. - №104(10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10pdf/135/pdf> (Дата обращения: 12.10.2015).
3. Герасименко А.А. Биокоррозия и защита металлоконструкций // Практика противокоррозионной защиты. 1998. – № 4 (10). – С. 14-26.
4. Завершинский А.Н., Вигдорович, В.И. О,о-дигидроксиазосоединения как потенциальные биоциды-ингибиторы коррозии в присутствии *Desulfovibrio desulfuricans* // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2000. –№1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-o-digididroksiazosoineniya-kak-potentsialnye-biotsidy-ingibitory-korrozii-v-prisutstvii-desulfovibrio-desulfuricans> (дата обращения: 13.11.2015)

5. Ильичев, В. Д. Биоповреждения [Текст] : учеб. пособие для биолог. спец. вузов / В.Д. Ильичев, Б.В. Бочаров, А. А. Анисимов [и др.] ; под ред. В.Д. Ильичева. М. : Высш. шк., 1987. 352 с.
6. Калинина, И.Г. Взаимосвязь адгезии конидий микроскопического гриба (*Trichoderma viride*) с электрохимическими свойствами металлов/ И.Г. Калинина, К.З. Гумаргалиева, О.Н. Кузнецова, Г.Е. Заиков // Вестник Казанского технологического университета . – 2012 . – №12. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-adgezii-konidii-mikroskopicheskogo-griba-trichoderma-viride-s-elektrohimicheskimi-svoystvami-metallov> (дата обращения: 13.10.2015).
7. Калинина, И.Г. Кинетический подход к оценке адгезии микроскопических грибов к поверхности металлов/ И.Г. Калинина, К.З. Гумаргалиева, Г.Е. Заиков, О.В. Стоянов // Вестник Казанского технологического университета . – 2012 . – №21. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kineticheskiy-podhod-k-otsenke-adgezii-mikroskopicheskikh-gribov-k-poverhnosti-metallov> (дата обращения: 13.11.2015)
8. Камаева С.С. Биокоррозионная активность грунта как фактор стресскоррозии магистральных трубопроводов . – М.: ИРЦ. Газпром, 1996. 72 с.
9. Кудинов П.И., Наумович И.В. Эффективность защиты технологических трубопроводов от биоповреждений // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2006. – №1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-zaschity-tehnologicheskikh-truboprovodov-ot-biopovrezhdeniy> (дата обращения: 13.11.2015).
10. Кузнецова Н. С. Новый препарат для борьбы с биологической коррозией // Ученые записки Тамбовского отделения РСОМУ. – 2014. – №2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/novyy-preparat-dlya-borby-s-biologicheskoy-korroziye> (дата обращения: 13.11.2015).
11. Лаптев А.Б. Повышение безопасности эксплуатации оборудования и трубопроводов нефтегазовых промыслов в условиях их биозаражения: Автореф. дисс. на соиск. доктор техн. наук. УГНТУ. 2008.
12. Пехташева, Е.Л. Микробиологическая коррозия металлов и защита от нее / Е.Л. Пехташева, А.Н. Неверов, Г.Е. Заиков, С.Ю. Софьина и соавт. // Вестник Казанского технологического университета . – 2012 . – №5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologicheskaya-korroziya-metallov-i-zaschita-ot-nee> (дата обращения: 13.10.2015)
13. Поспелов, А.П. Механизм ингибирования коррозии стали метанотрофными бактериями/ А.П.Поспелов, Ж.С. Потехина, Н.Г. Шерышева //Защита металлов. – 2001. – Т. 37. – № 1. – С. 28–30.
14. Рязанов, А.В., Биокоррозия металлов. Теоретические представления, методы подавления/ А.В. Рязанов, В.И. Вигдорович, А.Н. Завершинский // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2003. – №5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/biokorroziya-metallov-teoreticheskie-predstavleniya-metody-podavleniya> (дата обращения: 13.11.2015)
15. Семенов, С.А. Биоразрушения материалов и изделий техники. /С.А. Семенов, К.З. Гумаргалиева, И.Г. Калинина, Г.Е. Заиков //Вестник МИТХТ им. М.В. Ломоносова. – 2007. – Т. 2. – № 6 – С. 3–26.
16. Семенов, С.А. Характеристики процессов и особенности повреждения материалов техники микроорганизмами в условиях эксплуатации/ С.А. Семенов, К.З. Гумаргалиева, Г.Е. Заиков // Вестник МИТХТ им. М.В. Ломоносова. – 2008. – Т.3 . – №2. – С.1-21
17. Строганов, В.Ф. Метод испытания минеральных строительных материалов на биостойкость в модельных агрессивных средах/ В.Ф. Строганов, Д.А. Куколева, Л.Р. Бараева // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – №17. – С.117–121.
18. Угрюмов, О.В. Ингибиторы коррозии марки СНПХ. 2. Ингибитор на основе фосфор- азотсодержащих соединений, для защиты нефтепромышленного оборудования / О.В. Угрюмов, О.А. Варнавская, В.Н. Хлебников, В.А. Иванов и соавт. // Защита металлов. - 2007. - Т. 43. - № 1. - С. 94-102.
19. Цублова, Е.Г. Биоповреждения строительных материалов и изделий как эколого-технологическая проблема// Вестник Орловского гос. техн. ун-та.– Орел, 2007. – С. 210-212.
20. Цублова, Е.Г. Исследование сообществ биодеструкторов в городских экосистемах// Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013. - №4. – С.83-86.
21. Ямпольская, Т.Д., Шалахай, Т.В. Биоповреждение горюче-смазочных материалов в условиях северных регионов. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т.12. - №1(5). – С.1250-1255
22. Booth, H. Microbiological Corrosion. – London, 2001. – P. 87
23. Iverson, W.P. Biological corrosion. Advances in corrosion science and technology. – New-York : Fontana M. G. and Stackle., 2002. – 342 p
24. Semenov S. A., Gumargalieva K. Z., Zaikov G. E.. Biodegradation and durability of materials under the effect of microorganisms– Utrecht : VSP International Science Publishers, 2003

### Нанзатоол Юрий Викторович

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
аспирант  
e-mail: nanzat@rambler.ru

**Романькова Наталья Владимировна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
Младший научный сотрудник научно-инновационного управления  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

**Трошина Мария Викторовна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
Младший научный сотрудник научно-инновационного управления  
e-mail: fly\_1991@mail.ru

**Цублова Елена Геннадьевна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
Доктор биологических наук, начальник научно-инновационного управления  
e-mail: etsublova@yandex.ru

---

YU.V. NANZATOOL, N.V. ROMAN'KOVA, M.V.TROSHINA, E.G. TSYBLOVA

**BIOLOGICAL CORROSION OF OBJECTS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES AND METHODS PROTECTION AGAINST IT**

*The paper discusses the main causes of corrosion of metal structures and methods of chemical protection from it. Emphasis is placed on the activities of sulfate-reducing bacteria as the main factor of biodegradation of metals in an anaerobic environment. The factors of the process of destruction of metals caused by the activity of sulfate-reducing bacteria was distinguished. The information about traditional and promising substances with bactericidal and bacteriostatic effect was given. We show advantage of the nitrogen-containing organic compounds in terms of the destruction of sulfate-reducing bacteria or suspension of the growth of their colonies.*

**Keywords:** biological corrosion of metal, sulfate-reducing bacteria, biocides

**BIBLIOGRAPHY**

1. Andreeva, D.D., Fahrutdinov, R.Z., Corrosion dangerous microflora of oil fields // Herald of Tehnologic University of Kazan. - 2013. - №10. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/korrozionno-opasnaya-mikroflora-neftyanyh-mestorozhdeniy> (date of the application: 13.11.2015)
2. Varchenko, E.A., Features of assessment of biodegradation and biocorrosion of materials in the environment. // Science Magazine of kubSAU. - 2014. - №104(10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10pdf/135/pdf> (date of the application: 12.10.2015).
3. Gerasimenko, A.A., Corrosion and protection of metal structures // Practice of corrosion protection. 1998. - №4 (10). - p. 14-26/
4. Zavershinskiy, A. N., Vigdorovich, V.I., O, O-dihydroxy azo compounds as potential biocides, corrosion inhibitors in the presence of Desulfovibrio desulfuricans // Herald of Tambov University. Series of: National and Technical sciences. - 2000. №1. <http://cyberleninka.ru/article/n/o-o-digidroksiazosodineniya-kak-potentsialnye-biotsidy-ingibitory-korrozii-v-prisutstvii-desulfovibrio-desulfuricans> ( date of the application: 13.11.2015)
5. Il'ichov, V. D., Biodeteriorations [Text]: study guide for biological special universities/ V.D. Il'ichov, B.V. Bocharov, A.A. Anisimov [etc]; edited by V.D. Il'ichov. – M.: Hight school, 1987. – 352 p.
6. Kalinina, I.G., Interconnection between adhesion of conidia of microscopic fungus (*Trichoderma viride*) and electrical and chemical properties of metals/ I.G. Kalinina, K.Z. Gumargalieva, O.N. Kuznetsova, G.E. Zaikov // Herald of Kazan Tehnologic University. – 2012. – №12. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-adegezii-konidiy-mikroskopicheskogo-griba-trichoderma-viride-s-elektrohimicheskimi-svoystvami-metallov> ( date of the application : 13.10.2015).
7. Kalinina, I.D., The kinetic approach to evaluation of adhesion of microscopic fungi to metal surfaces/ I.G. Kalinina, K.Z. Gumargalieva, G.E. Zaikov, O.V. Stoyanov // Herald of Kazan Tehnologic University. – 2012. – №21. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kineticheskiy-podhod-k-otsenke-adegezii-mikroskopicheskikh-gribov-k-poverhnosti-metallov> (date of the application: 13.11.2015)
8. Kamaeva, S.S. Bioerosivity of the soil as a factor of stress corrosion of trunk pipelines. - M.: Attendance. Gasprom, 1996. – 72 p.

9. Kudinov, P.I., Naumovich, I.V., The effectiveness of the protection of industrial pipelines from biodegradation // News of universities. Food technology. – 2006. – №1. : <http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-zaschity-tehnologicheskikh-truboprovodov-ot-biopovrezhdeniy> (date of the application: 13.11.2015)
10. Kuznetsova, N.S., New drug to fight against biological corrosion // Scientific notes of the Tambov branch of RuUYS. – 2014. – №2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/novyy-preparat-dlya-borby-s-biologicheskoy-korroziy> ( date of the application: 13.11.2015).
11. Laptev, A.B., Improving the safety of of equipment operation and pipelines of oil and gas fields under their biozarazheniya: thesis abstract on competition of a doctoral degree of technical sciences. USOTU. 2008.
12. Pehtasheva, E.L. Microbiological corrosion of metals and the protection of it / E.L. Pehtasheva, A.N. Neverov, G.E. Zaikov, S.YU. Sof'ina et al. // Herald of Kazan Tehnologic University. – 2012. – №5. <http://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologicheskaya-korroziya-metallov-i-zaschita-ot-nee>
13. Pospelov, A.P. The mechanism of inhibition of corrosion of steel with methanotrophic bacteria/AP Pospriov, ZS Potehina, NG Sherysheva//Protect of metall.–2001.–T.37.–№1.–P.28–30
14. Ryazanov, A.V., Biocorrosion of metals. Theoretical concepts, methods of suppression/ A.V. Ryazanov, V.I. Vigdorovich, A.N. Zavershinskiy // Herald of Tambov University. Series of: natural and tehcnical sciences. – 2003. – №5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/biokorroziya-metallov-teoreticheskie-predstavleniya-metody-podavleniya> ( date of the application : 13.11.2015)
15. Semenov, S.A. Biodegradation of materials and products technology. /S.A. Semenov, K.Z. Gumarglieva, I.G. Kalinina, G.E. Zaikov// Herald of MSUTCT n.b. M.V. Lomonosov. – 2007. – T.2. – №6 – P. 3–26.
16. Semenov, S.A. Characteristics of processes and particularly damaging of materials of technology with microorganisms in operation/ S.A. Semenov, K.Z. Gumargaliev, G. E. Zaikov // Herald of MSUTCT n.b. M.V. Lomonosov. – 2008. – T.3. – №2 – P.1–21.
17. Stroganov, V.F. Testing method mineral building materials biological stability in the model aggressive environments/ V.F. Stroganov, D.A. Kukoleva, L.R. Baraeva // Herald of Kazan Tehnological University. – 2011. – №17. – P. 117–121.
18. Ugriumov, OV Corrosion inhibitors SNPCH brand. 2 inhibitor on the basis of phosphorus-, nitrogen-containing compounds, for the protection of oilfield equipment / OV Ugriumov, OA Varnavskaya, VN Khlebnikov, VA Ivanov et al//Protection of Metals.–2007.–V.43.–№1.–P.94–102
19. Tsublova. E.G. Biodeteriorations of building materials and products as an ecological and technological problem// Herald of Orel State Tehnological University. – Orel, 2007. – P.210-212.
20. Tsublova E.G. Research of biodestrukturorov communities in urban ecosystems // Biosphere compatibility: people, the region and technology. – 2013. – №4. – P. 83–86.
21. Yampol'skaya, T.D., Shalahay, T.V. Biodegradation of fuels and lubricants in the conditions of the northern regions.//News of Samara science centr of RSA.–2010.–T.12.–№1(5).–P.1250–1255
22. Booth, H. Microbiological Corrosion. – London, 2001. – P. 87
23. Iverson, W.P. Biological corrosion. Advances in corrosion science and technology. – New-York : Fontana M. G. and Stackle., 2002. – 342 p.
24. Semenov S. A., Gumargaliev K. Z., Zaikov G. E. Biodegradation and durability of materials under the effect of microorganisms– Utrecht : VSP International Science Publishers, 2003

### **Nanzatool Yuri Viktorovich**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk  
graduate student  
E-mail: nanzat@rambler.ru

### **Roman'kova Natalia Vladimirovna**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk  
Jr. Research Associate of Scientific and Innovation Management  
E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

### **Troshina Maria Viktorovna**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk  
Jr. Research Associate of Scientific and Innovation Management  
E-mail: fly\_1991@mail.ru

### **Tsublova Elena Gennad'evna**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk  
Doctor of Biology, Head of Scientific and Innovation Management  
e-mail: etsublova@yandex.ru

В.В. ЦЫГАНКОВ, В.В. КУМЕКИНА

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ВНУТРИКВАРТАЛЬНЫХ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

*В статье на основе исследований, проведенных БГИТУ, приводится методика расчета акустического эффекта озеленения внутридворовых пространств на селитебных территориях. Данная методика позволяет проектировщикам определять необходимый процент приложения шумозащитного озеленения во внутридворовых пространствах для достижения нормированного уровня шума.*

**Ключевые слова:** шум, методика расчета, шумозащита, акустическая эффективность, внутриквартальные пространства, зеленые насаждения.

Методика расчета акустической эффективности проектируемых внутриквартальных шумозащитных зеленых насаждений (ШЗН) объединяет в своем составе наиболее эффективные расчетные методики, разработанные предыдущими авторами, а также результаты наших исследований.

Во-первых, необходимо определить акустические характеристики источников шума, против которых будут использоваться ШЗН, т.к. знание интенсивности и спектрального состава воздействующего шума позволит произвести подбор наиболее эффективных конструкций ШЗН. Сделать это можно, опираясь на данные инструментальных исследований, или расчетным путем, пользуясь данными [1, 2, 6].

Во-вторых, исходя из требований СНиП [3], реальных условий и рекомендаций [4], а также исходя из результатов настоящих исследований, определяются места и размеры размещаемых ШЗН.

В-третьих, определить условия эксплуатации ШЗН (наличие загазованности, запыленности, световой режим). Следует отметить, что именно этот пункт накладывает основные ограничения на породный состав конструкции ШЗН.

Исходя из условий размещения ШЗН и их конструкции, посадки можно разделить на 3 группы:

1. ШЗН, обладающие в основном экранирующим эффектом.

2. ШЗН, расположенные вблизи звукоотражающих поверхностей, обладаю-

щие звукопоглощением наряду с экранирующими свойствами.

3. ШЗН, расположенные внутри замкнутых пространств, вследствие чего обладающие высокими звукопоглощающими свойствами.

Каждая из групп обладает определенными преобладающими акустическими свойствами, влияющими на акустическую обстановку защищаемого жилого квартала.

В процессе проведения вышеперечисленных действий выявляются исходные проектные условия:

– Спектральные и энергетические характеристики источников шума.

– Возможный породный состав ШЗН.

– Группа ШЗН, место их размещения и геометрические размеры этого места, а также возможности их варьирования.

Проектирование и расчет следует производить в следующем порядке.

1. Определяем конструкцию посадки (2-х - 3-х ярусная, с продольными разрывами или нет). Рекомендуемые расстояния: при шахматной посадке деревьев – расстояние между рядами 1,5 м, расстояние между деревьями в ряду – 2 м; расстояние между рядами деревьев и кустарников – 1 м; расстояние между кустарниками в ряду 0,6 м.

2. По спектральным характеристикам источников шума и возможного породного состава растений подобрать такие, спектр снижения шума которых близок к спектру источника. Для одноряд-

ных или сплошных многоярусных посадок спектр  $\Delta L_0$  можно рассчитать по формуле (5.7) [5], разработанной на основе наших исследований:

$$\Delta L_0 = -K_d(f - f_0)^2 + \beta K_d K_r \text{ (дБ)}, \quad (1)$$

где  $K_d$  – коэффициент, зависящий от дендрологического состава, структуры зеленой массы, возраста посадки (способность полосы к звукоизоляции на различных частотах);

$K_{d1}$  – коэффициент, зависящий от плотности или массы посадки (м.б. отождествлен с плотностью);

$K_r$  – коэффициент, зависящий от геометрии и физических свойств посадки (способность к отражению звука элементами кроны);

$f_0$  – «резонансная» частота, зависящая от дендрологического состава полосы и ее физических параметров;

$f$  – расчетная спектральная частота;

$\beta$  – приведенная ширина сечения  
Формула дает удовлетворительные результаты при  $\beta = 4 - 15$  м.

В случае если посадка имеет продольные разрывы с внутренней реверберацией, определяется величина снижения шума посадкой по формуле:

$$\Delta L_1^{\partial 3} = \Delta L_0 - K_{1,f,n}, \quad (2)$$

где  $\Delta L_0$  – снижение шума.

Для кустарниковых посадок можно воспользоваться данными таблиц или рисунков.

В случае если используется однородная кустарниковая посадка, величину  $\Delta L_1^{k1}$  можно определить по таблице 3.5.3 [6], выдержки из которой приведены в таблице 1.

3. Аналогично п.2 определить снижение шума средним ярусом ( $\Delta L_1^{\partial 2}$ ) при трехъярусной конструкции посадки.

4. Проверить акустическую однородность посадки. Удовлетворительным считается результат, когда эффективность нижних ярусов ШЗН не ниже основного (древесного) яруса, т.е.:

$$\Delta L_1^{\partial 3} \leq \Delta L_1^{k1} \leq (\Delta L_1^{\partial 2}).$$

5. При условии, если  $\Delta L_1^{\partial 2} \geq \Delta L_1^{\partial 3}$  (акустическая эффективность второго яруса значительно выше эффективности основной древесной посадки), а ее фронтальная площадь близка площади основной посадки, следует определить среднюю эффективность посадки:

$$\Delta L_1^{\text{общ}} = \Delta L_1^{\partial 2} - 10 \lg \left[ \frac{\left( \frac{S^{\partial 2}}{S^{\partial 3}} + \frac{10 \Delta L_1^{\partial 2} - \Delta L_1^{\partial 3}}{10} \right)}{\frac{1 + S^{\partial 2}}{S^{\partial 3}}} \right] \quad (3)$$

где  $\Delta L_1^{\partial 2}$  – снижение шума (дБ) древесной посадкой второго (среднего) яруса;

$\Delta L_1^{\partial 3}$  – снижение шума (дБ) древесной посадкой третьего (основного) яруса;

$S^{\partial 2}$  – фронтальная площадь ( $\text{м}^2$ ) посадки второго яруса (не перекрытая первым);

$S^{\partial 3}$  – фронтальная площадь ( $\text{м}^2$ ) посадки третьего (основного) яруса, не перекрытая вторым ярусом.

Таблица 1 - Снижение шума  $\Delta L_1$  однородными кустарниковыми полосами

Вид растения	Плотность кг/м <sup>2</sup>	Снижение шума $\Delta L_1$ (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, f, Гц						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
Акация желтая	7,7	1,8	2,0	2,3	3,0	4,2	6,9	9,5
Спирея средняя	4,2	4,1	4,6	8,0	10,4	10,3	15,2	19,4
Ирга овальная	5,5	2,8	2,9	3,2	4,0	5,0	11,3	16,9
Пузыреплодник калинолистный	5,2	1,2	1,3	1,8	1,9	2,9	4,6	3,6
Боярышник кроваво-красный	6,9	4,4	5,2	7,5	8,7	11,2	15,4	19,2

6. В случае посадки, выполняющей экранирующие функции, но имеющей внутреннюю реверберацию и обладаю-

щей неоднородным дендрологическим составом, ее шумозащитные свойства в

каждой октавной полосе будут определяться по формуле

$$\Delta L_1 = \Delta L_1^{\text{общ}} K_{1,f,n} \text{ (дБ)}, \quad (4)$$

где  $\Delta L_1^{\text{общ}}$  – средняя эффективность посадки в каждой октавной полосе (дБ). Определяется по (3) [6].

7. Снижение шума ШЗН, расположенных во дворовом пространстве, принципиально определяется по формуле:

$$\Delta L_2 = \Delta L_2^1 + \Delta L_2^2 + \Delta L_2^3 \text{ (дБ)},$$

где  $\Delta L_2^1$  – снижение шума посадкой за счет экранирования, внутреннего звукопоглощения, определяется в порядке, описанном в п. п. 1-6;

$\Delta L_2^2$  – дополнительное снижение шума посадкой ШЗН за счет реверберации в пространстве «посадка – стена дома» при отnose 7,0 – 8,5 м;

$\Delta L_2^3$  – дополнительное снижение шума за счет объемного звукопоглощения насаждений.

Величина  $\Delta L_2^1$  определяется для каждой конкретной конструкции внутриквартальной посадки.

Дополнительное снижение шума за счет реверберации между посадкой и отражающей поверхностью ( $\Delta L_2^2$ ) определяется по формуле (4,3) [6], в нее же включена и величина  $\Delta L_2^3$ :

$$\Delta L_2^2 = 10 \lg \left( \frac{B_1}{B_2} \right) \text{ (дБ)}, \quad (5)$$

где  $B_2 = A / (1 - \alpha_{\text{ср}})$  – акустическая постоянная внутриквартального дворового пространства без ШЗН.

Средний коэффициент звукопоглощения пространства:

$$\alpha_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^{\infty} A_i / \sum_{i=1}^{\infty} S_i, \quad (6)$$

где  $A_i = \alpha_i \times S_i$  – эквивалентная площадь звукопоглощения  $i$ -ой поверхности;

$\alpha_i$  – коэффициент звукопоглощения  $i$ -ой поверхности;

$S_i$  – площадь  $i$ -ой поверхности (для вертикальных рабочая высота принимается по наименьшей);

Эквивалентная площадь звукопоглощения замкнутого пространства ( $\text{м}^2$ ):

$$A = \sum_{i=1}^{\infty} A_i.$$

Акустическая постоянная пространства с ШЗН:

$$B_1 = (A + \Delta A^1 + \Delta A^2) / (1 - \alpha_1), \quad (7)$$

где  $\Delta A^1$  – дополнительная эквивалентная площадь звукопоглощения от ШЗН, определяется по формуле

$$\Delta A^1 = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_{vi} V_i \text{ (м}^2\text{)}, \quad (8)$$

где  $\alpha_{vi}$  – объемный приведенный коэффициент звукопоглощения древесных пород при плоском звукоотражении (табл. 2);

$V_i$  – приведенный объем посадки;

$\Delta A^2$  – дополнительная эквивалентная площадь звукопоглощения посадки с внутренними продольными разрывами. Средний коэффициент звукопоглощения пространства с ШЗН, определяется по формуле

$$\alpha_1 = (A + \Delta A^1 + \Delta A^2) / S \quad (9)$$

Приведенный пример расчета акустической и экономической эффективности применения шумозащитного озеленения в целях снижения внешних, проникающих и внутриквартальных шумов показывает:

1. Шумозащитные зеленые насаждения аллеяного типа, имеющие продольные межкороновые разрывы, обладают дополнительным звукопоглощением, эффективность которого рассчитывается методами статистической акустики и дополняет снижение шума за счет экранирующего эффекта.

2. Применение ШЗН во внутриквартальной жилой застройке обладает рассчитываемой положительной экономической эффективностью и может использоваться применительно к различным градостроительным ситуациям.

На основе результатов проведенных исследований разработана методика расчета эффективности шумозащитных свойств зеленых насаждений, дополняющая имеющиеся методики и учитывающая повышение звукопоглощения ШЗН аллеяного типа в условиях внутриквартальных пространств.

Таблица 2 – Удельные объемные коэффициенты звукопоглощения древесных пород

Наименование пород	Относ полосы от стены (м)	Среднегеометрические частоты октавных полос, f, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Клен остролистный	0	0,04	0,05	0,21	0,25	0,32	0,88
	7,0	0,06	0,10	0,32	0,32	0,34	0,37
	7,5	0,07	0,10	0,26	0,36	0,39	0,39
	8,0	0,09	0,08	0,34	0,36	0,41	0,34
Каштан Конский	0	0,05	0,07	0,29	0,34	0,45	1,22
	7,0	0,09	0,14	0,41	0,56	0,61	0,98
	7,5	0,1	0,13	0,34	0,53	0,65	0,74
	8,0	0,11	0,16	0,47	0,57	0,63	0,73
	8,5	0,11	0,17	0,50	0,61	0,59	0,67
Береза повислая	0	0,6	0,09	0,14	0,24	0,35	0,44
	7,0	0,06	0,11	0,19	0,23	0,29	0,34
	7,5	0,06	0,14	0,16	0,26	0,29	0,31
	8,0	0,06	0,15	0,20	0,26	0,30	0,32
	8,5	0,09	0,13	0,22	0,29	0,28	0,29
Тополь серебристый	0	0,03	0,04	0,14	0,23	0,30	0,76
	7,0	0,04	0,12	0,28	0,33	0,34	0,35
	7,5	0,03	0,15	0,26	0,30	0,35	0,37
	8,0	0,05	0,13	0,24	0,29	0,36	0,37
	8,5	0,05	0,10	0,25	0,34	0,37	0,35
Липа мелколистная	0	0,03	0,04	0,13	0,18	0,26	0,41
	7,0	0,06	0,11	0,35	0,38	0,38	0,47
	7,5	0,07	0,15	0,32	0,38	0,44	0,49
	8,0	0,11	0,13	0,38	0,44	0,46	0,44
	8,5	0,14	0,17	0,39	0,47	0,44	0,42
Вяз обыкновенный	0	0,03	0,04	0,17	0,21	0,29	0,64
	7,0	0,05	0,13	0,26	0,29	0,35	0,42
	7,5	0,07	0,12	0,28	0,31	0,35	0,41
	8,0	0,05	0,11	0,24	0,34	0,37	0,40
	8,5	0,08	0,16	0,22	0,42	0,35	0,39

Учитывая растущий интерес к научно-обоснованному применению шумозащитных зеленых насаждений и широту их применения в условиях промышленной и городской застройки, необходимо продолжать дальнейшие исследования акустических свойств зеленых насаждений и их зависимостей, уточнение и корректировку расчетных методов оценки

акустических свойств проектируемых посадок, а так же пополнять каталог исследованных пород не только за счет основных, но и за счет декоративных, что приведет, несомненно, к дополнительному снижению шума, созданию не только эффективных, но и эффектных зеленых зон, что положительно отразится на оздоровлении окружающей среды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов В. И. Охрана окружающей среды при проектировании городов / В. И. Смирнов, В. С. Кожевников, Г. М. Гаврилов – Л.: Стройиздат, 1981. – 167 с.
2. Руководство по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий / ЦНИИП Градостроительства. – М.: Стройиздат, 1984. – 33 с.

3. СП 51.133330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 – Введ. 2011-05-20. – Минрегион России. – М.: ОАО "ЦПП", 2010. – 48 с.
4. Рекомендации по применению древесно-кустарниковых растений для озеленения промышленных, хозяйственных и городских объектов Брянской области/ Под ред. Б.С. Мурахтанова – Брянск, 1965. – 22 с.
5. Багинский В.Ф. Лесопользование в Беларуси: История, современное состояние, проблемы и перспективы / В.Ф. Багинский, Л.Д. Есимчик. - Мн.: Беларуская навука, 1996. – 89 с.
6. Поляков В. И. Снижение шума зелёными насаждениями в межцеховых пространствах промышленных зон: автореф. дис. ... канд. т. наук / Поляков В. И.; БГИТА. - М., 1999. -22 с.

**Цыганков Владимир Викторович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зам. зав. кафедрой «Строительные конструкции»

E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

**Кумекина Виктория Вадимовна**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск

Магистрант направления «Строительство»

e-mail: vika.kum94@mail.ru.

---

V.V. TSYGANKOV, V.V. KUMEKINA

**METHOD OF CALCULATION OF ACOUSTIC EFFICIENCY OF THE PROJECTED  
INTRADISTRICT NOISE-PROTECTIVE GREEN PLANTINGS**

*The method of calculation of acoustic effect of gardening of intra domestic spaces on the residential quarter territories is given in article on the basis of the researches conducted by BGITU. This technique allows designers to define necessary percent of the appendix of noise-protective gardening in intra domestic spaces for achievement of rated noise level.*

**Keywords:** noise, the method of calculation, noise protection, acoustic efficiency, inner space, green spaces.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Smirnov V.I. Environmental protection in the design of cities / V.I. Smirnov, V.S. Kozhevnikov, G.M. Gavrillov - L. : Stroyizdat, 1981. - 167 p.
2. Design Guide sanitary protection zones of industrial enterprises / TSNIIP Urbanism. - M. : Stroyizdat, 1984. - 33 p.
3. SP 51.133330.2011. Noise protection. The updated edition of SNIP 23-03-2003 - enter. 2011-05-20. - Ministry of Regional Development of Russia. - M. : JSC "ZPP", 2010. - 48 p.
4. Recommendations for the use of trees and shrubs for landscaping of industrial, commercial and municipal facilities of Bryansk area / Ed. B.S. Murahtanova - Bryansk, 1965. - 22 p.
5. V.F. Baginski Forest management in Belarus: history, current status, problems and prospects / VF Baginski, LD Esimchik. - Mн. : Belaruskaya Navuka, 1996. - 89 p.
6. Polyakov V.I. Noise Reduction greenery in interplant spaces, industrial zones: Author. Dis. ... Cand. m. sciences / Polyakov V.I. ; BGITA. - M., 1999. -22 p.

**Tsygankov Vladimir**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Doctor of agricultural Sciences, professor, assistant superintendent the department «Building constructions».

E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

**Kumekina Victoria**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Master directions «Building»

e-mail: vika.kum94@mail.ru.

И.В. ШИШКИНА, Д.В. МАТЮШИН

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕРРИТОРИИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*Рассматривается новый подход к количественной оценке экологической безопасности городской среды, обусловленный ингредиентным и акустическим воздействиями объектов городского транспортно-строительства. В зависимости от расчетного значения критерия оценки - показателя биосферной совместимости урбанизированной территории и комфортности городской среды в статье приводятся рекомендации по экологической реконструкции придорожной полосы и регулированию ширины санитарного разрыва.*

**Ключевые слова:** экологическая безопасность городской среды, экологическая реконструкция, биосферная совместимость, критерий оценки экологической безопасности, придорожная полоса.

В последнее время в связи с быстрым развитием автотранспортной системы городского хозяйства существенно обострились проблемы ее воздействия на окружающую среду. Известно, что объекты городского транспортного строительства (автомобильные дороги, мосты, путепроводы с движущимся по ним потоком автотранспортных средств, автотранспортная инфраструктура, предприятия дорожного сервиса и другие инженерные сооружения) являются мощным источником загрязнения окружающей природной среды. Из 35 млн.т вредных выбросов 89% приходится на выбросы автомобильного транспорта и предприятий дорожно-строительного комплекса [1]. Главной причиной возрастающего негативного воздействия на окружающую среду является несоответствие параметров состояния объектов городского транспортного строительства требованиям экологической безопасности, и несвоевременный учет динамики среды вследствие роста интенсивности дорожного движения, изменения состава транспортного потока и других техногенных факторов.

Одним из практических методов обеспечения экологической безопасности объектов городского транспортного строительства является экологическая реконструкция урбанизированных территорий. Экологическая реконструкция – это изменение параметров существую-

щего неэкологичного объекта с приведением его и окружающей среды в состояние экологичности, в том числе равновесия с природной средой [2]. Рассмотрим мероприятия по экологической реконструкции территории применительно к объектам городского транспортного строительства, как наиболее мощным источникам негативного техногенного воздействия, в составе которых автомобильные дороги являются наиболее динамичными элементами.

Автомобильная дорога, как инженерное сооружение городской транспортной инфраструктуры, нарушает природные ландшафты, изменяет режим стока поверхностных и грунтовых вод, приводит к изменению микроклимата и взаимосвязанных с ним явлений во флоре и фауне. На придорожной территории нарушается средняя скорость преобладающих ветров, нарушаются традиционные сезонные пути миграции животных и насекомых. Повышенный температурный и вибрационный режимы изменяют физику грунтов. Значительный вред окружающей среде, почвам и растительности оказывают выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания автомобилей, в которых содержатся более 200 токсичных веществ, в том числе оксид углерода, диоксида азота и серы, сажа, альдегиды, соединения свинца и другие тяжелые металлы. Автотранспортные тепловые и газообразные выбросы существенно из-

меняют качественный и количественный составы атмосферного воздуха, его энтропию и циркуляцию. Кроме того, каменноугольные дегти, смолы и битумы, радиоактивные породы и разнообразные шламы цветной металлургии, используемые при строительстве автомобильных

дорог, способны загрязнять придорожную полосу токсичными веществами.

Общая схема взаимосвязей объектов транспортного строительства с экосистемой придорожной полосы представлена на рисунке 1.

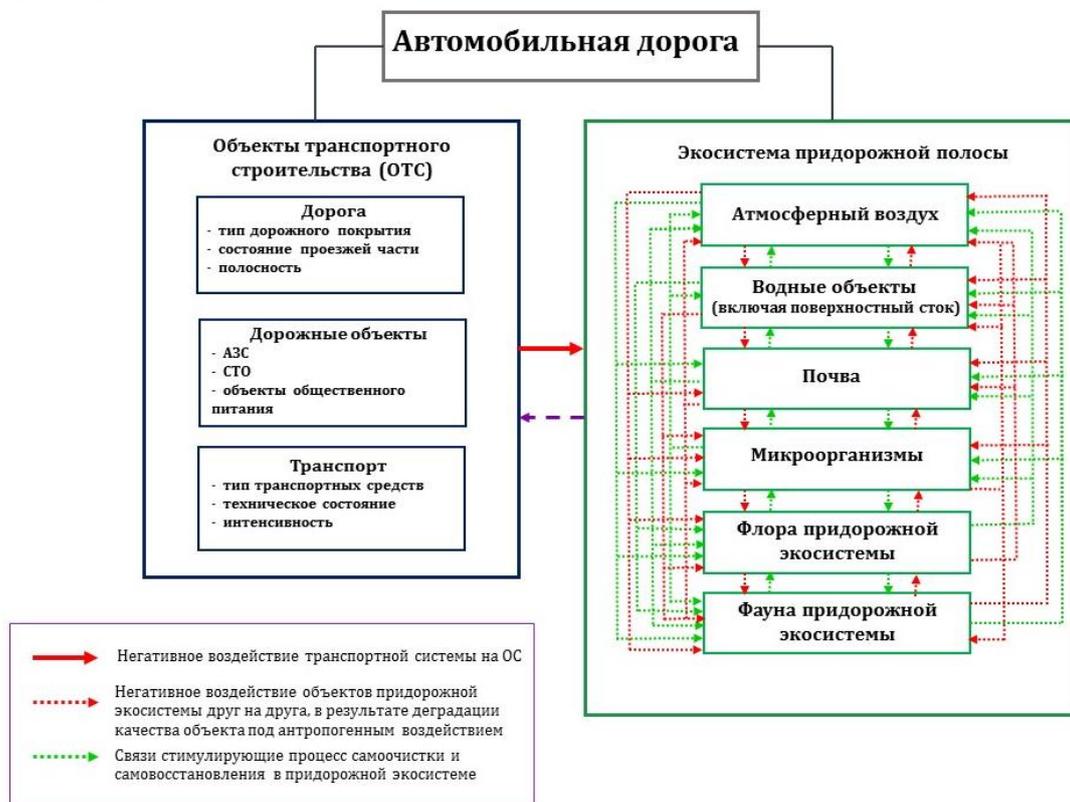


Рис. 1 – Схема взаимосвязей объектов городского транспортного строительства с экосистемой придорожной полосы

В соответствии со статьей 3 Федерального закона № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации...» от 8 ноября 2007 г. придорожные полосы автомобильной дороги – это территории, которые прилегают с обеих сторон к полосе отвода автомобильной дороги и в границах которых устанавливается особый режим использования земельных участков (частей земельных участков) в целях обеспечения требований безопасности дорожного движения, а также нормальных условий реконструкции, капитального ремонта, ремонта, содержания автомобильной дороги, ее сохранности

учетом перспектив развития автомобильной дороги (рис. 2).

Решение об установлении границ придорожных полос автомобильных дорог федерального, регионального или муниципального, местного значения или об изменении границ таких придорожных полос принимается соответственно федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере дорожного хозяйства, уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, органом местного самоуправления на основе данных экомониторинга.



Рис. 2 – Схема расположения полосы отвода и придорожных полос для автомобильных дорог (на примере третьей и четвертой категорий)

Выявленное в ходе мониторинга состояния городской среды ингредиентное и акустическое загрязнение зачастую продолжают распространяться и за установленными пределами придорожной полосы. Особенно это актуально для дорог с высокой интенсивностью движения, а также при недостаточных организационно-технических или конструктивных решениях, снижающих неблагоприятные воздействия объектов транспортного строительства в пределах придорожной полосы [3]. Зона влияния на окружающую природную среду может достигать 3000 м. На рисунке 3 показано распространение автомобильно-дорожных воздействий на придорожной территории.

Исходя из рисунка, можно видеть, что существующие нормативно-технические требования к параметрам придорожной полосы [4] не учитывают принципов синергетического воздействия в нормировании требований. В связи с чем, экологически безопасное состояние объектов транспортного строительства предлагается обеспечивать путем введения интегральных критериев оценки техногенного воздействия на окружающую среду – показателей биосферной совместимости территории. Экологическую безопасность придорожной полосы возможно оценивать, сравнивая фактические значения объема поступающих загрязняющих веществ с объемами, не нарушающими экологического равновесия территории, находящейся в зоне влияния объектов транспортного

строительства, с учетом газопоглотительной способности зеленых насаждений, расположенных на данной территории [5,6].

Значение показателя биосферной совместимости территории формализовано в виде:

$$\eta = \sum_k \sum_i [(B_{ik} - Z_{ik})], \quad (1)$$

где  $B_{ik}$  – количественный индикатор состояния биосферы при воздействии на нее  $k$ -х элементов автотранспортной инфраструктуры в виде некоторого относительного показателя, стандартизованного числовыми значениями от нуля (минимальное) до единицы (максимальное);

$Z_{ik}$  – количественный индикатор состояния техносферы, обусловленный объемом  $i$ -х загрязняющих веществ (ЗВ), образующихся от воздействия  $k$ -х элементов автотранспортной инфраструктуры с максимальными концентрациями, допускающими развитие (МКДР) урбанизированных территорий.

В зависимости от расчетного значения показателя биосферной совместимости и оцененного состояния городской среды могут быть даны рекомендации по экологической реконструкции территории. Примером градостроительных мероприятий по экологической реконструкции может служить регулирование ширины придорожной полосы и санитарного разрыва (полосы отвода). Так, при низких значениях показателя биосферной совместимости территории или стремлении его к нулю необходимо либо увеличивать рекомендуемую ширину са-

нитарного разрыва, либо предусматривать соответствующие организационно-технические или конструктивные решения, снижающие неблагоприятные воздействия объектов транспортного строительства. При высоких значениях показателя или стремлении его к единице воз-

можно сохранение размера санитарного разрыва автомобильной дороги в пределах, установленных действующими нормами, за счет ранее реализованных мероприятий по экологической реконструкции придорожной полосы.

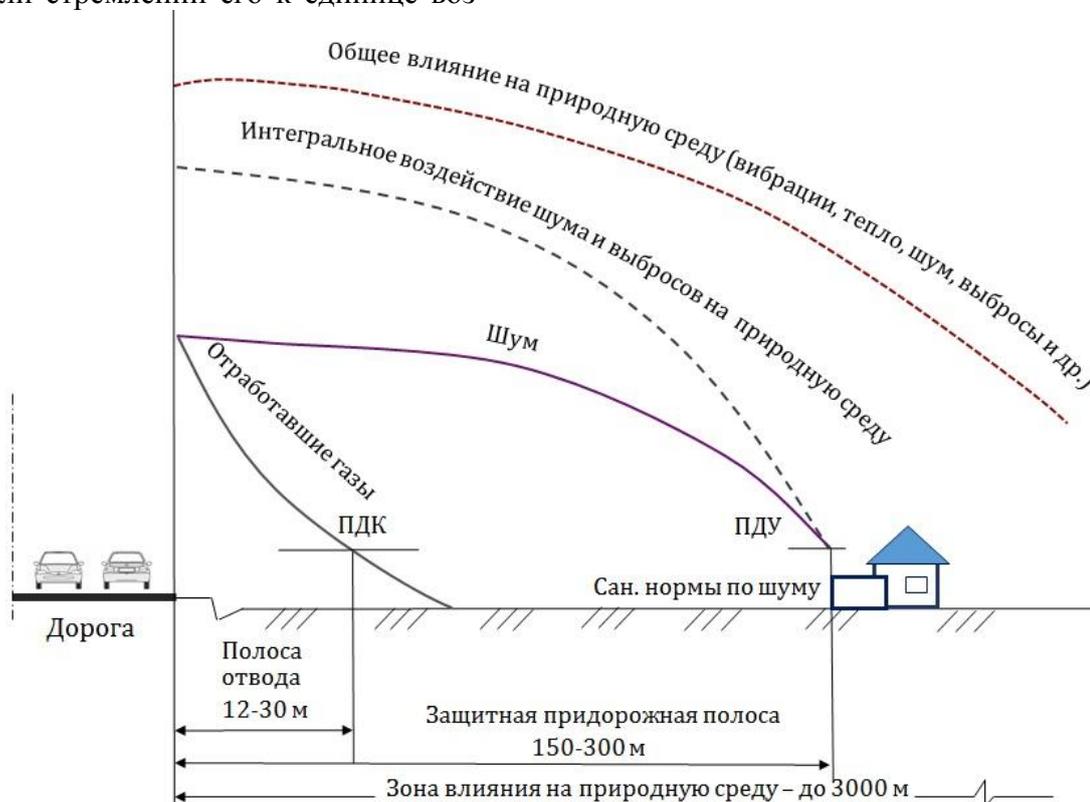


Рис. 3 – Распространение автомобильно-дорожных воздействий на придорожной территории

При этом регулирование ширины придорожной полосы целесообразно осуществлять на основе выявленного уровня отрицательного воздействия на природную среду со стороны объекта. В качестве количественной характеристики такого воздействия при регулировании ширины придорожной полосы в целях сохранения экологического равновесия может выступать индекс, учитывающий расчетное значение интегрального показателя биосферной совместимости урбанизированной территории:

$$R_{II} = F(\eta_{OTC}) = F(\eta_N; \eta_P), \quad (2)$$

где  $F$  – функция экологического воздействия, определяющая реакцию окружающей среды в радиусе действия  $R_{II}$ .

Для регулирования ширины придорожной полосы и санитарного разрыва

автомобильной дороги в зависимости от расчетного значения интегрального показателя биосферной совместимости территории рекомендуется принять следующие индексы (коэффициенты) и соответствующие выявленной экологической ситуации защитные мероприятия (табл. 1).

Так, например, для автомобильной дороги пятой категории, наиболее характерной для улично-дорожной сети города, минимально необходимая величина санитарного разрыва, характеризуемого размером зоны поражения (ограниченного развития), составит:

- для весьма неблагоприятной экологической ситуации ( $\eta_{OTC} = 0 \div 0,19$ ) – 45 м;
- для неблагоприятной экологической ситуации ( $\eta_{OTC} = 0,20 \div 0,36$ ) – 40 м;

– для малоблагоприятной экологической ситуации ( $\eta_{отс} = 0,37 \div 0,62$ ) – 35 м;

– для относительно благоприятной экологической ситуации

( $\eta_{отс} = 0,63 \div 0,79$ ) – 30 м;

– для благоприятной экологической ситуации ( $\eta_{отс} = 0,63 \div 0,79$ ) – 25 м.

Таблица 1 – Коэффициент регулирования ширины придорожной полосы и санитарного разрыва автомобильной дороги и мероприятия по экологической реконструкции

Общий интегральный показатель биосферной совместимости урбанизированной территории $\eta_{отс}$	Коэффициент регулирования ширины придорожной полосы и санитарного разрыва автомобильной дороги, $k_n$	Экологическая ситуация на придорожной территории	Рекомендуемые мероприятия по экологической реконструкции придорожной полосы
0-0,19	1,8 $n$	весьма неблагоприятная	Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 25 м. Применение выемок, валов и экранов в виде нежилых зданий и сооружений. Применение комбинированных шумозащитных экранов.
0,20-0,36	1,6 $n$	неблагоприятная	Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 15 м. Применение выемок, валов и экранов в виде нежилых зданий и сооружений. Применение шумозащитных экранов.
0,37-0,62	1,4 $n$	малоблагоприятная	Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 10 м. Применение экологических инженерных сооружений, в том числе биопозитивных озеленяемых шумозащитных экранов.
0,63-0,79	1,2 $n$	относительно благоприятная	Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 5 м.
0,80-1,0	$n$	благоприятная	Мероприятия по экологической реконструкции придорожной полосы не требуются.

Примечание:  $n$  – установленный норматив ширины придорожной полосы в зависимости от категории дороги, м

К основным мероприятиям по экологической реконструкции придорожной полосы можно отнести шумо-газо-пылезащитное озеленение территории (рис. 4). Такой вид озеленения представ-

ляет собой плотную многорядную посадку специально подобранных древесно-кустарниковых пород и является эффективным препятствием на пути распространения шума, выхлопных газов и ска-

пливающейся на дорожном покрытии пыли. Основными задачами озеленения являются защита дорог и их конструктивных элементов от воздействия неблагоприятных природно-климатических факторов, защита прилегающих к дороге территорий от транспортных загрязнений, создание элементов благоустройства и архитектурно-художественного оформ-

ления дороги, а также обеспечения зрительного ориентирования водителей [7]. Размещение всех видов озеленения на вновь строящихся (реконструируемых) автомобильных дорогах общего пользования может осуществляться в пределах придорожной полосы шириной не менее 50 метров от границы полосы отвода.



Рис. 4 – Мероприятия по экологической реконструкции придорожной полосы

С целью снижения уровня транспортного шума применяют различные виды конструкций шумозащитных экранов. Применение таких противозумных мер позволяет снизить уровень шумов на 20% ниже предельно допустимых [8].

Таким образом, на основании численного значения интегрального показателя биосферной совместимости  $\eta_{OTC}$  могут быть даны рекомендации по экологической реконструкции территории, находящейся в зоне влияния объектов городского транспортного строительства.

Значения параметров придорожной полосы и санитарного разрыва, например, для автомобильной дороги, должны соответствовать принятым нормативам безопасности окружающей среды и социальным стандартам качества жизни, определяющим возможность экологического самообеспечения и прогрессивного развития биотехносферы урбанизированных территорий в контексте основных положений парадигмы биосферной совместимости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 г». Режим доступа сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации <http://www.mnr.gov.ru>.
2. Тетиор, А.Н. Экспо-2010: пути решения экологических проблем городов [Текст] / А.Н. Тетиор // Архитектура и строительство Москвы. – 2010. – №6. – С. 30-36.
3. Петросян, Т.О. Экологическая безопасность автомобильных дорог [Текст] / Т.О. Петросян, Н.Ф. Сидоренко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2012. – Вып. 28(47). – С. 332-336.
4. ОДН 218.5.016-2002. Показатели и нормы экологической безопасности автомобильной дороги. – М.: МАДИ (ГТУ), 2002. – 15 с.
5. Бакаева, Н.В. Интегральный показатель экологической безопасности территории, находящейся под влиянием объектов городского транспортного строительства [Текст] / Н.В. Бакаева, Д.В. Матюшин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Техника и технологии». – 2015. – № 3(16).
6. Бакаева, Н.В. Критерий оценки экологической безопасности, обусловленный ингредиентным и акустическим воздействиями объектов городского транспортного строительства [Текст] / Н.В. Бакаева, Д.В. Матюшин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 2(15).
7. Сапожкова, Н.В. Подбор мероприятий по снижению негативного воздействия автотранспорта на городскую среду дорог [Текст] / Н.В. Сапожкова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2011. – Вып. 23(42). – С. 162-167.
8. Бакаева, Н. В. Оценка акустического загрязнения городской среды на основе показателя биосферной совместимости [Текст] / Н.В. Бакаева, Д.В. Матюшин, Т.М. Новикова // Строительство и реконструкция, 2015. – № 1(57). – С.74-83.

### **Шишкина Ирина Викторовна**

Приокский государственный университет, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»

E-mail: schunya87@yandex.ru

### **Матюшин Денис Васильевич**

Приокский государственный университет, г. Орел

Старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции и материалы»

E-mail: matydenis@yandex.ru

---

I.V. SHISHKINA, D.V. MATYUSHIN

## **RECOMMENDATIONS ABOUT ECOLOGICAL RECONSTRUCTION OF THE TERRITORY WHICH IS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF OBJECTS OF CITY TRANSPORT CONSTRUCTION**

*A new approach to the quantitative assessment of environmental safety the urban environment which is caused ingredient and acoustic impacts of objects urban transport construction is considered. Recommendations about ecological reconstruction of the territory are given, depending on a calculated value of evaluation criterion—indicator of biosphere compatibility of the urbanized territory and a level of urban environment comfort condition of an urban environment recommendations about ecological reconstruction of the territory are given, in particular on regulation of width of a roadside strip and sanitary gap.*

**Keywords:** *environmental safety of urban environment, ecological reconstruction, biosphere compatibility, criterion of evaluation environmental safety, roadside strip.*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. State report "On the state and Environmental Protection of the Russian Federation in 2012". Access website of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation <http://www.mnr.gov.ru>.

2. Tetior, A.N. Expo 2010: solutions to the environmental problems of cities [Text] / A.N. Tetior // Architecture and Construction of Moscow. - 2010. - №6. - S. 30-36.
3. Petrosyan T.S. Environmental Safety Highway [Text] / T.S. Petrosyan, N.F. Sidorenko // Herald of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture, 2012. - Vol. 28 (47). - S. 332-336.
4. ODN 218.5.016-2002. Indicators and standards of ecological safety of the road. - М.: MADI (STU), 2002. - 15 s.
5. Bakaev, N.V. An integral component of environmental safety territory under the influence of municipal transportation construction [Text] / N.V. Bakaev, D.V. Matyushin // Proceedings of the South-Western State University. A series of "Engineering and Technology". - 2015. - № 3 (16).
6. Bakaev, N.V. Criteria for assessing the environmental safety due to the ingredient and acoustic impact of municipal transportation construction [Text] / N.V. Bakaev, D.V. Matyushin // Proceedings of the South-Western State University. - 2015. - № 2 (15).
7. Sapozhkova, N.V. Selection of measures to reduce the negative impact of transport on the urban environment of roads [text] / NV Sapozhkova // Herald of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture, 2011. - Vol. 23 (42). - S. 162-167.
8. Bakaev, N.V. Estimation of acoustic urban pollution index based on biospheric compatibility [Text] / N.V. Bakaev, D.V. Matyushin, T.M. Novikov // Construction and Reconstruction, 2015. - № 1 (57). - S.74-83.

**Shishkina Irina Viktorovna**

Priokskiy State University, Orel

Cand.Tech.Sci., assistant professor of the Construction of highways department

E-mail: schunya87@yandex.ru

**Matyushin Denis Vasil'evich**

Priokskiy State University, Orel

Senior lecturer of the Building construction and materials department

E-mail: matydenis@yandex.ru

УДК 690\*03:630

Р.Б. КОВАЛЕВ, Б.И. КОВАЛЕВ

### РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАГОРОДНОГО ЖИЛОГО ДОМА В ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ, С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ЕЕ РАЗВИТИЯ

*Представлена схема размещения загородного дома, расположенного в лесной экосистеме. Показана динамика развития древостоя на протяжении пятидесяти лет и на ее основании окончательное планировочное решение по расположению строения.*

*Ключевые слова:* схема размещения, технология Field-Map, лесная экосистема.

В современных условиях загородное жилищное строительство и дальнейшая урбанизация идет за счет растительных экосистем. Территорию для развития городов необходимо выбирать с учетом состояния, допустимого уровня воздействия и прогноза изменения природных экосистем в результате влияния объектов инфраструктуры. Проектирование и принятие планировочных решений территорий застройки должно выполняться с учетом минимизации ущерба лесным и другим экосистемам. Это обеспечит наиболее благоприятные условия жизни населения, недопущение необратимых изменений и разрушение окружающей среды.

Для изучения вопроса размещения жилого загородного дома возьмем произвольный участок смешанного леса. Используя таксационную характеристику насаждения, исследуем состав древостоя и морфологические показатели деревьев. На анализируемом участке в состав древостоя входит ель, сосна, осина, береза. Общее количество деревьев – 43 шт. Возраст деревьев от 10 до 70 лет. Размещение по участку застройки равномерное (рис. 1, 2, таблицы 1 – 4).

Для принятия планировочного решения и оценки влияния деревьев на жилой дом в перспективе необходимо исследовать динамику их роста через 30 и 50 лет (рис. 3, 4). Для этого рассмотрим изменения морфологических показателей деревь-

ев находящихся на данном участке с использованием технологии Field-Map [1, 2]. Данная технология включает в себя комплексное программное обеспечение и оборудование для проведения натуральных измерений. Измерительный комплекс включает в себя: лазерный дальномер в сочетании с электронным склономером и электромагнитным компасом (рис. 4). Комплекс приборов позволяет провести измерения расстояний, вертикальных и горизонтальных углов. GPS, входящий в него, используется для определения координат деревьев и здания на участке застройки. Программное обеспечение Field-Map использует данные полученные от оборудования для измерения различных характеристик деревьев, полевой навигации, картирования и т.д. Данные измерений совместно с описательными атрибутами непосредственно переносятся от измерительных приборов в базу данных полевого компьютера и отображаются в полевой географической информационной системе. Анализ динамики роста деревьев на участке позволит установить их перспективное влияние на жилой дом через 30 и 50 лет и принять решение об их вырубке перед началом строительства (рис. 5). Оставляемые на придомовом пространстве деревья под номерами 24, 25, 26, 27 обеспечат затенение участка перед зданием в солнечный период. Окончательное планировочное решение о размещении дома на участке приведено на рисунке 6.

Проведение подобных исследований позволит принять оптимальное решение о строительстве дома и получение комфорт-

ной среды проживания в нем на длительный период времени.

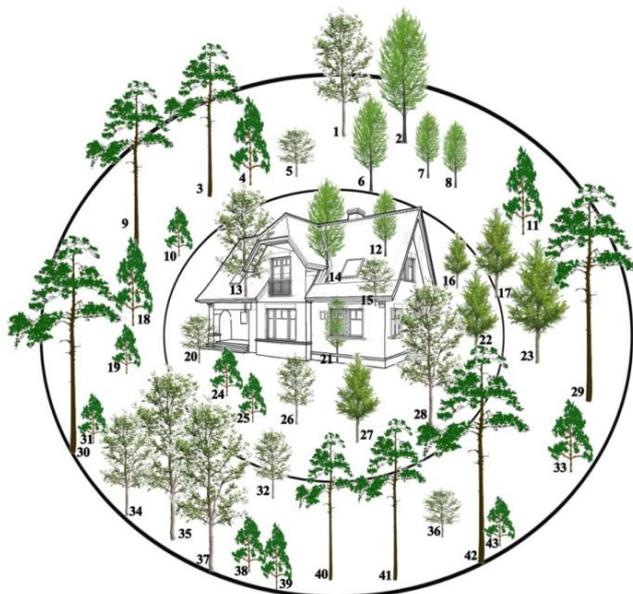


Рис. 1 - Исходный участок для застройки со схемой жилого дома.



Рис. 2 - Участок для застройки со схемой жилого дома с учетом динамики роста деревьев через 30 лет

Обозначения на рис. 1 – 3, 5, 6: внешний круг означает границу участка, а внутренний - граница околodomового пространства

Таблица 1 – Изменение показателей роста ели через 30 и 50 лет.

Начальный возраст деревьев, лет	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Средний диаметр, см	Радиус кроны, м	Номера деревьев
50	36,05	12,6	1,1	23
40	29,5	9,0	0,9	17, 22, 27
20	11,4	2,8	0,5	16
Показатели роста через 30 лет				
80	47,15	22,4	1,75	23
70	44,45	19,5	1,7	17, 22, 27
50	36,05	12,6	1,1	16
Показатели роста через 50 лет				
100	50,75	27,2	2,15	23
90	49,2	24,9	2,0	17, 22, 27
70	44,45	19,5	1,7	16

Таблица 2 – Изменение показателей роста сосны через 30 и 50 лет.

Начальный возраст деревьев, лет	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Средний диаметр, см	Радиус кроны, м	Номера деревьев
70	37,2	23,4	2,2	29,30,42
50	33,3	17,5	1,5	3,9,41,42
30	25,7	10,8	1,05	4,11,18,33
20	19,6	7,2	0,85	10,19,24,25,31,38,39,43
Показатели роста через 30 лет				
100	40,4	30,6	2,5	29,30,42
80	38,6	26,0	2,25	3,9,41,42
60	35,6	20,6	1,8	4,11,18,33
50	33,3	17,5	1,5	10,19,24,25,31,38,39,43
Показатели роста через 50 лет				
120	41,6	34,3	2,95	29,30,42
100	40,4	30,6	2,5	3,9,41,42
80	38,6	26,0	2,25	4,11,18,33
70	37,2	23,4	2,15	10,19,24,25,31,38,39,43

Таблица 3 – Изменение показателей роста осины в течение 30 и 50 лет.

Начальный возраст деревьев, лет	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Средний диаметр, см	Радиус кроны, м	Номера деревьев
40	25,5	14,6	1,6	2
20	18,6	8,0	1,05	6,14
10	13,9	4,6	0,65	7,8,12,21
Показатели роста через 30 лет				
70	32,7	21,3	2,05	2
50	28,6	17,3	1,9	6,14
40	25,5	14,6	1,6	7,8,12,21
Показатели роста через 50 лет				
90	34,7	23,5	2,25	2
70	32,7	21,3	2,05	6,14
60	31,0	19,6	1,95	7,8,12,21

Таблица 4 – Изменение показателей роста березы в течение 30 и 50 лет.

Начальный возраст деревьев, лет	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup>	Средний диаметр, см	Радиус кроны, м	Номера деревьев
30	19,72	11,2	1,4	28,35,37
20	16,0	7,5	1,1	1,13,34
10	10,85	3,4	0,75	5,15,20,26,32,36
Показатели роста через 30 лет				
60	26,5	21,0	2,15	28,35,37
50	24,97	18,3	1,9	1,13,34
40	22,57	15,0	1,6	5,15,20,26,32,36
Показатели роста через 50 лет				
80	28,83	25,0	2,65	28,35,37
70	27,81	23,4	2,5	1,13,34
60	26,5	21,0	2,15	5,15,20,26,32,36

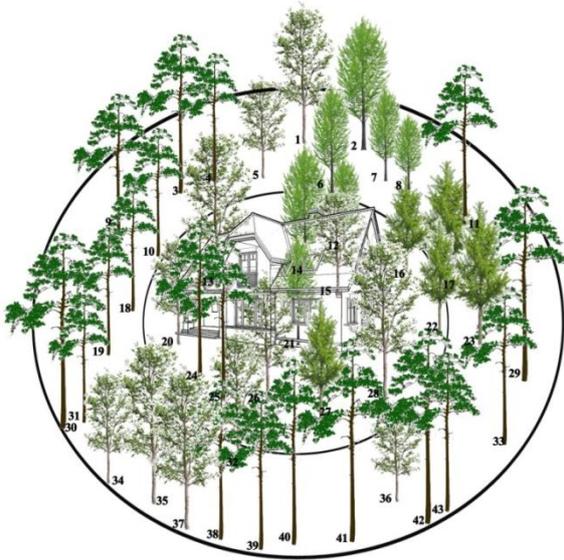


Рис. 3 – Участок для застройки со схемой жилого дома с учетом динамики роста деревьев через 50 лет

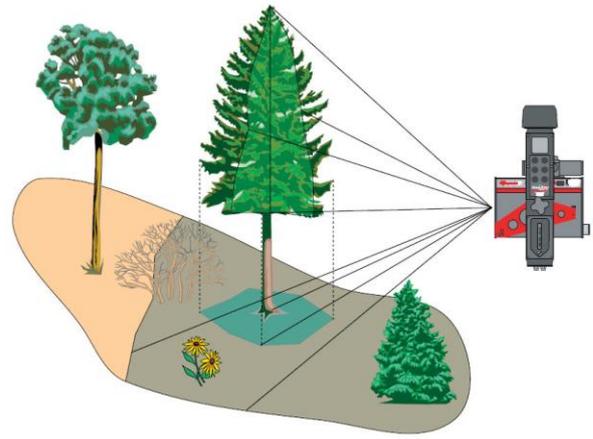


Рис. 4 – Измерение морфологических показателей дерева при помощи технологии Field-Map

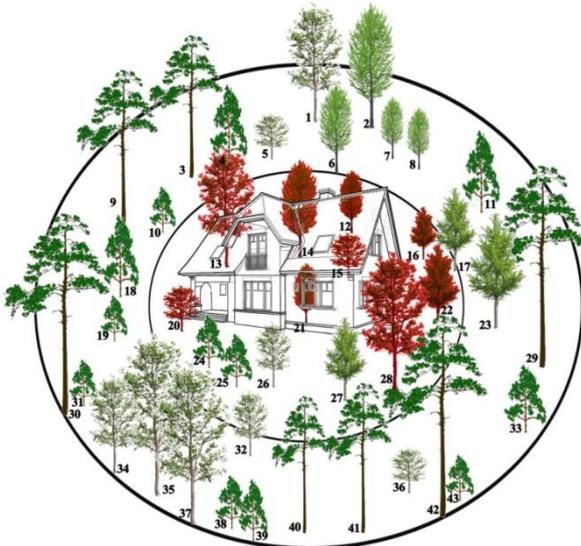


Рис. 5 – Вырубаемые (обозначены красным цветом) и оставляемые деревья на участке для застройки со схемой жилого дома



Рис. 6 – Окончательное расположение жилого дома на момент принятия планировочного решения с учетом динамики роста деревьев через 50 лет

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов [Текст]: - приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 10 ноября 2011 года № 472 (в редакции от 07.05.2013). - [http:// www. rosleshoz. gov. ru](http://www.rosleshoz.gov.ru)
2. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии [Текст] / Швиденко А.З.(руководитель работ), Щепашенко Д.Г., Нильсон С., Булуй Ю.И.- М.: Международный институт прикладного системного анализа., 2008.-888 с.

**Ковалев Роман Борисович**

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск

Студент

E-mail: rkowalev@yandex.ru

**Ковалев Борис Ионович**

Брянский государственный аграрный университет, Брянская обл., п. Кокино

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

E-mail: boris\_kovalev@inbox.ru

---

KOVALEV R.B., KOVALEV B.I.

**ACCOMODATION OF THE COUNTRY HOUSE IN THE FOREST  
ECOSYSTEM, TAKING INTO ACCOUNT THE DYNAMICS  
OF ITS DEVELOPMENT**

*The article presents a diagram of the placement of a country house located in the forest ecosystems. The dynamics of development of trees stand for fifty years is shown and on the basis of it the decision according to the final planning of the building location is made.*

***Keywords:** layout, Field-Map technology, forest ecosystems.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Guidelines for the state forest inventory [Text]: - on-Kazakh Federal Forestry Agency of November 10, 2011 № 472 (as amended on 5.7.2013). - <http://www.rosleshoz.gov.ru>

2. Tables and models of progress and productivity growth of plants main tree species northern Eurasia [Text] / Shvidenko A.Z. (head of operations), Schepaschenko D.G., Nilsson S, M.: Buluy YU.I.- International Institute for Applied Systems Analysis., 2008.-888 with.

**Kovalev Roman**

Bryansk State Technological University of Engineering, Bryansk

Student

E-mail: rkowalev@yandex.ru

**Kovalev Boris**

Bryansk State Agricultural University, Bryansk region p. Kokkino

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

E-mail: boris\_kovalev@inbox.ru

О.В. ПИЛИПЕНКО, И.С. МЫСИШИН

## НАПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

В соответствии с моделью ресурсного цикла стадия эксплуатации гражданских зданий является наиболее затратной по расходу ресурсов. В статье описано текущее состояние жилищного фонда, доказана необходимость его реконструкции и модернизация инженерных сетей. Реконструкция и модернизация гражданских должны проводиться с учетом современных требований экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения. Экономический эффект от реконструкции заключается в снижении затрат на техническую эксплуатацию, а также в уменьшении расхода всех видов ресурсов (электроэнергии, топлива, воды и пр.). Мероприятия по ресурсо- и энергосбережению приводят к повышению экологических характеристик здания, комфортности проживания, увеличивают рыночную стоимость.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, жилые здания, ресурсосбережение, реконструкция, эксплуатация.

Общая площадь жилого фонда в Российской Федерации составляет более 3,2 млрд. кв.м. В соответствии с «моделью ресурсного цикла» [1] стадия эксплуатации, ремонта и утилизации гражданских зданий является самой ресурсо- и энергозатратной. В Российской Федерации жилищно-коммунальное хозяйство занимает второе место после обрабатывающей

промышленности по величине конечного потребления энергии, что составляет более 25% общего объема энергопотребления и около 45% потребления тепловой энергии [2, 3]. Распределение жилого фонда в Российской Федерации по годам постройки характеризуется следующими данными (рис. 1):

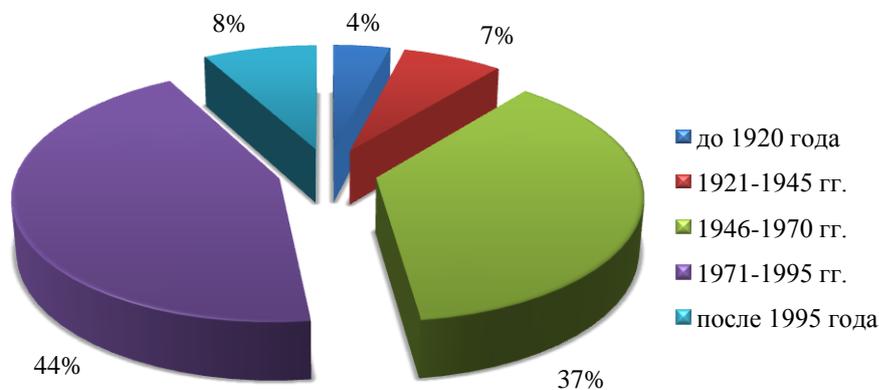


Рис. 1 - Распределение жилого фонда Российской Федерации по состоянию на 2014 год по годам постройки, %.

В соответствии с рисунком 1 около 81% жилого фонда в России было построено в период с 1946 по 1995 годы, в том числе 44% – с 1971 по 1995 годы. В связи с тем, что большая часть жилого фонда возведена в 1946 -1995 годы, когда проектирование и строительство велось по

действующим на тот момент нормам и правилам, то в настоящее время жилые здания характеризуются низкоэффективным энергопотреблением [4, 5]. Примерно 70% общей площади жилья приходится на многоквартирные жилые дома. Тепловой и электрической энергии в них сегодня по-

требляется в среднем в полтора раза больше, чем в странах с аналогичным климатом: по итогам 2012 – 2014 годов, суммарный объем потребления всех видов энергии в расчете на один квадратный метр площади жилого фонда Российской Федерации составлял 96,8 кг у.т. в год [6]. При этом, экологическая безопасность, ресурсо- и энергопотребление жилого фонда в последнее десятилетие возросло в целом на 25% за счет роста потребления электрической энергии и сетевого газа вследствие повышения энерговооруженности жилых помещений и газификации населенных пунктов России [7]. В соответствии с Жилищным кодексом Российской Федерации управление многоквартирными жилыми домами осуществляется тремя способами: собственное управление, товарищество собственников жилья, управляющая компания, а обязанность по осуществлению капитального ремонта жилых зданий возложена на его собственников. Однако, ресурсо- и энергосберегающие мероприятия в ходе капитального ремонта и других регламентных работ на уровне отдельно взятого жилого дома, в том числе установка систем регулирования потребления ресурсов, утепление ограждающих элементов здания, замена или окон и дверей, модернизация инженерных систем и т.д., пока проводятся единичных случаях. За счет мер по повышению ресурсо- и энергоэффективности гражданских зданий можно получить существенную экономию [8], но сначала в модернизацию зданий необходимо инвестировать весьма значительные средства, что является основной проблемой для государства и собственников жилья.

Основные технические, экономические причины медленного внедрения мероприятий по обеспечению экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве следующие:

1) отсутствуют технические возможности для того, чтобы регулировать теплопотребление на уровне дома (нет индивидуальных тепловых узлов, открытая система горячего водоснабжения и пр.);

2) энерго- и ресурсосберегающие мероприятия, например, утепление ограждающих конструкций, замена окон и дверей в местах общего пользования, имеют длительный срок экономической окупаемости;

3) не развиты механизмы кредитования капитального ремонта, а управляющие организации не могут предложить собственникам жилья комплексные программы капитального ремонта.

Базис ресурсо- и энергосбережения в жилых зданиях составляет целенаправленная реализация комплекса технических и технологических мероприятий, которые приводят к экономии средств на оплату потребляемых энергетических ресурсов собственниками помещений в многоквартирных жилых домах, а в конечном итоге, к повышению экологической безопасности жилья. Экономический эффект от мероприятий по ресурсо- и энергосбережению должен превышать затраты на сами мероприятия. Кроме того, сокращение расходов на оплату жилищно-коммунальных услуг, благоприятно сказывается на рыночной стоимости жилой недвижимости, т.е. приводит к ее росту по сравнению с другими объектами, имеющими сходство по местоположению, окружению и другим признакам [9]. Одновременно повышается комфортность проживания населения в модернизированных или капитально отремонтированных жилых зданиях [10].

В таблице 1 представлена оценка потенциала экономии энергии при проведении различных ресурсо- и энергосберегающих мероприятий в многоквартирных домах 1971 – 1995 годов постройки, при этом за 100% принят весь потенциал мероприятий.

Данные таблицы 1 можно обобщить по двум основным направлениям: во-первых, мероприятия по модернизации сетей инженерно-технического обеспечения, а во-вторых - общедомовые мероприятия по утеплению строительных конструкций.

Для повышения ресурсо- и энергоэффективности многоквартирных жилых домов в Российской Федерации обеспечение общедомового приборного учета потреб-

ления всех видов ресурсов имеет важное значение, поскольку мероприятия по регулированию и (или) сокращению количества потребляемых ресурсов представляют собой механизм ограничения избыточного предложения ресурсов. В результате установки узла учета и регулирования потребления тепловой энергии собственники жи-

лых помещений в многоквартирном доме оплачивают только то количество тепла, которое было потреблено согласно общедомовому прибору учета. Еще один перспективный вариант – это реконструкция внутридомовой системы отопления, устройство индивидуальных котельных или тепловых пунктов.

Таблица 1 – Потенциал комплекса мероприятий по энерго- и ресурсосбережению многоквартирных жилых зданий в Российской Федерации

№№ п/п	Мероприятия	Потенциал		
		энергосбереже- ние, млн. Гкал	ресурсособе- режение, млн. у.т. [11, 12]	удельный вес мероприятий в комплексе работ, %
1	Теплоизоляция ограждающих конструкций	115,4	16,4	30
2	Модернизация системы отопления	65,4	9,3	17
3	Замена оконных заполнений в местах общего пользования	50	7,1	13
4	Теплоотражающие покрытия на окнах, лоджиях и балконных дверях	46,2	6,6	12
5	Теплоизоляция дверных заполнений	26,9	3,8	7
6	Теплоизоляция трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения	19,2	2,7	5
7	Применение теплоотражающих экранов приборов отопления	11,5	1,6	3
8	Комплексная модернизация сетей энергоснабжения, электроосвещения	25,6	3,7	7
9	Комплексная модернизация систем кондиционирования, вентиляции, дымоудаления	24,4	3,5	6
	Итого	384,6	54,7	100

Вторая группа мероприятий – технические меры, направленные на уменьшение нерационального потребления и снижение потерь (энергоресурсов, топлива и пр.). Среди них – это теплоизоляция кровли и (или) чердачного перекрытия; перекрытия над подвалом; ремонт межпанельных стыков и компенсационных швов; изоляция трубопроводов; установка

вентиляционных решеток с заслонками; ремонт дверей подъездов с установкой доводчиков; замена или утепление окон, а также реконструкция входов в жилой дом и утепление фасадов.

Таким образом, в современных условиях, характеризующихся тенденцией к неизбежному росту стоимости энергоносителей, для значительной части жилого

фонда Российской Федерации требуется проведение реконструкции зданий в целях повышения комфортности проживания в многоквартирных домах, продления срока их технической эксплуатации,

сокращения потребления энергии на инженерное обеспечение, и соответственно, обеспечения экологической безопасности в комплексе мероприятий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичев, В.А. Критериальная модель полного ресурсного цикла - основа экологической безопасности строительства [Текст] / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, С.А. Кобелева // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. - № 12. – С. 3 – 6.
2. Кобелева, С.А. Расчет экологической нагрузки от строительных объектов на окружающую среду [Текст] / С.А. Кобелева // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 3 (38). – С. 277-283.
3. Ильичев, В.А. Моделирование и анализ закономерностей динамики изменения состояния биосферосовместимых урбанизированных территорий / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, С.Г. Емельянов, Н.В. Бакаева, С.А. Кобелева // Жилищное строительство. – 2015. – № 3. – С. 3-9.
4. Гагарин, В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий [Текст] / В.Г. Гагарин // Строительные материалы. 2010. - № 3. С. 8 – 16.
5. Kobeleva, S. Environmentally benign technologies in the precast reinforced concrete housing // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences/ - «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. – 2015. – No. 5-6. - Pp. 100-102.
6. Современная наука: актуальные проблемы и перспективы развития / А.Б. Андросик, Х.Х. Ахмадова, А.И. Газизова, В.В. Ерин В.В. и др. / под редакцией И. Н. Титаренко. Ставрополь: Центр научного знания «Логос». - 2012. – 151 с. ISBN: 978-5-905519-10-9.
7. Институциональные проблемы повышения энергоэффективности жилищного и бюджетного секторов [Текст] / С.Б. Сиваев, Д.П. Гордеев, Т.Б. Лыкова и др. – Москва: Фонд «Институт экономики города», 2010. – 100 с.
8. Кобелева, С.А. Критерии для оценки экологической эффективности зданий [Текст] / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – Орел: ГУ-УНПК. – 2013. – № 5 (49). – С. 47-52.
9. Белозеров, В.В., Борков, П.В., Олейников, С. Н., Насыров, Р.Р., Даминов Р.Р. и др. Новые технологии и материалы в производстве и строительстве: вопросы проектирования, разработки и внедрения [Текст]. - М.: Издательство Перо. – 2012. -148 с. - ISBN 978-5-91940-493-4.
10. Кобелева, С.А. Методика оценки ресурсоэффективности строительных материалов [Текст] / С.А. Кобелева // Механизация строительства. – 2012. – № 4. – С. 35-37.
11. Ilyichev V., Emelyanov S., Kolchunov V., Bakayeva N., Kobeleva S. Estimation of Indicators of Ecological Safety in Civil Engineering // Procedia Engineering. Volume 117 ( 2015 ). Pp 126 – 131.
12. Кобелева, С.А. Разработка рекомендаций по оценке ресурсоэффективности в строительстве [Текст] / С.А. Кобелева // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2011. - № 5-2 (38). - С. 72 – 75.

#### **Пилипенко Ольга Васильевна**

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», Орел

Д-р техн. наук, профессор

E-mail: pilipenkoo@rambler.ru

#### **Мысишин Игорь Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», Орел

магистрант

E-mail: garik-74@mail.ru

PILIPENKO O.V., MYSISHIN I.S.

### **THE DIRECTION OF RESOURCE SAVING AND IMPROVEMENT OF CONSUMER QUALITIES OF CIVILIAN BUILDINGS**

*In accordance with the model of the resource cycle use phase of the civil buildings is the most costly in the consumption of resources. The article describes the current state of housing, the necessity of reconstruction and*

*modernization of engineering networks. Reconstruction and modernization of civil should be carried out taking into account modern requirements of energy and resource saving. The economic effect of the reconstruction is to reduce the cost of the technical operation and to reduce the consumption of all types of resources (electricity, fuel, water, etc.). Activities for resource and energy conservation lead to improved consumer characteristics of the building, the living comfort, increase the market value.*

**Keywords:** residential buildings, resource-saving, reconstruction, maintenance.

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Il'ichev, V.A. Criterion model of the full resource cycle as the basis of environmental safety of construction [Text] / V.A. Il'ichev, V.I. Kolchunov, S.A. Kobeleva // Industrial and civil construction. – 2014. - № 12. – S. 3 – 6.
2. Kobeleva, S.A. Calculation of the environmental burden of the construction projects on the environment [Text] / S.A. Kobeleva // Bulletin of Civil Engineers. – 2013. – № 3 (38). – S. 277-283.
3. Il'ichev, V.A. Modeling and analysis of laws of dynamics of changes in the state of the biosphere-compatible urban areas / V.A. Il'ichev, V.I. Kolchunov, S.G. Emel'janov, N.V. Bakaeva, S.A. Kobeleva // Housing construction. – 2015. – № 3. – S. 3-9
4. Gagarin, V.G. Macroeconomic aspects of the study of energy saving measures while increasing thermal performance of building envelopes [Text] / V.G. Gagarin // Construction Materials. 2010. - № 3. S. 8 – 16.
5. Kobeleva, S. Environmentally benign technologies in the precast reinforced concrete housing // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences/ - «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. – 2015. – No. 5-6. - Pp. 100-102.
6. Modern science: current problems and prospects of development / A.B. Androsik, H.H. Ahmadova, A.I. Gazizova, V.V. Erin V.V. and etc / edited by I. N. Titarenko. Stavropol': Center of scientific knowledge «Logos». - 2012. – 151 s. ISBN: 978-5-905519-10-9.
7. Institutional problems of energy efficiency of housing and the public sector [Text] / S.B. Sivaev, D.P. Gordeev, T.B. Lykova i dr. – Moskva: Fond « Institute for Urban Economics », 2010. – 100 s.
8. Kobeleva, S.A. Criteria for evaluating the environmental performance of buildings [Text] / S.A. Kobeleva // Construction and reconstruction. – Orel: GU-UNPK. – 2013. – № 5 (49). – S. 47-52.
9. Belozerov, V.V., Borkov, P.V., Olejnikov, S. N., Nasyrov, R.R., Daminev R.R. i dr. New technologies and materials in manufacturing and construction: the design, development and implementation [Tekst]. - M.: Publishing house Pero. – 2012. -148 s. - ISBN 978-5-91940-493-4.
10. Kobeleva, S.A. Methods of assessing the resource efficiency of building materials [Text] / S.A. Kobeleva // Building equipment. – 2012. – № 4. – S. 35-37.
11. Ilyichev V., Emelyanov S., Kolchunov V., Bakayeva N., Kobeleva S. Estimation of Indicators of Ecological Safety in Civil Engineering // Procedia Engineering, Volume 117 ( 2015 ). Pp 126 – 131.
12. Kobeleva, S.A. Development of recommendations on the evaluation of resource efficiency in construction [Text] / S.A. Kobeleva // News Of Southwestern State University.- 2011. - № 5-2 (38). - S. 72 – 75.

### **Pilipenko Olga Vasil'evna**

FSBEI HE «Prioksko State University»

Dr. tech. sci. Sciences, Professor,

E-mail: pilipenkoo@rambler.ru

### **Mysishin Igor Sergeevich**

Orel State Agrarian University

Master of engineering sciences, holder of chair «Civil engineering constructive course»

E-mail: garik-74@mail.ru

## Уважаемые авторы!

### Просим Вас ознакомиться с основными требованиями к оформлению научных статей

#### Общие требования

- Представляемый материал должен быть **оригинальным, не опубликованным ранее** в других печатных изданиях.
- Статья предоставляется в **1 экземпляре** на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.
- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.
- Если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи.
- Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

#### Требования к содержанию научной статьи

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.

#### Требования к оформлению научной статьи

- Статья должна быть набрана шрифтом TimesNewRoman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, верхнее поле - 2,65 см, нижнее поле - 2,5 см, левое поле - 2,1 см, правое поле - 2,4 см.
- Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 dpi. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MSWord, недопустимы.**
- Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный - 12 pt; крупный индекс 7 pt, мелкий индекс - 5 pt; крупный символ - 18 pt; мелкий символ - 12 pt.

Необходимо учитывать, что полоса набора - 75 мм. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. Формулы, внедренные как изображение, не допускаются! Все русские и греческие буквы (Q, п, в, ц, и, и и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) - прямым шрифтом. Латинские буквы - курсивом. Химические формулы набираются прямым шрифтом.

**В тексте статьи** не рекомендуется применять:

- обороты разговорной речи, термины, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научные термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- произвольные словообразования;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами.
- сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

#### Обязательные элементы:

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала должно быть точным и емким, слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;
- **аннотация** (на русском и английском языке) описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем - 500 печатных знаков;
- **ключевые слова** (на русском и английском языке) - это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов.
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.
- **сведения об авторах** (на русском и английском языке), включающие ученую степень, ученое звание авторов, место и должность работы, электронную почту и телефон.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

### *Учредители журнала:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
305040, Россия, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д.94  
Тел.: +7 (4712) 50-48-00, [www.swsu.ru](http://www.swsu.ru)  
E-mail: [swsu.ee@gmail.com](mailto:swsu.ee@gmail.com)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Приокский государственный университет»  
302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29  
Тел.: +7 (4862) 42-00-04, [www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)  
E-mail: [unpk@ostu.ru](mailto:unpk@ostu.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Брянский государственный инженерно-технологический университет» (БГИТУ)  
241037, г.Брянск, проспект Станке Димитрова, 3  
Тел.: +7(4832) 74-60-08, [www.bgita.ru](http://www.bgita.ru)  
E-mail: [mail@bgita.ru](mailto:mail@bgita.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии  
архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН)  
127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21  
Тел.: +7 (495) 482-39-67, E-mail: [niisf@niisf.ru](mailto:niisf@niisf.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный строительный университет» (МГСУ)  
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26  
Тел.: +7(495) 781-80-07, [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru)  
E-mail: [kanz@mgsu.ru](mailto:kanz@mgsu.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет» ВолгГАСУ)  
400074, г.Волгоград, ул. Академическая, 1  
Тел.: +7(442) 96-98-26, [www.vgasu.ru](http://www.vgasu.ru)  
E-mail: [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)

#### *Адрес редакции*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
305040, Россия, г. Курск,  
ул. 50 лет Октября, д.94  
Тел.: +7 (4712) 22-26-04, [www.swsu.ru](http://www.swsu.ru)  
E-mail: [biosfera\\_swsu@mail.ru](mailto:biosfera_swsu@mail.ru)

Право использования произведений предоставлено авторами на основании  
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Материалы статей печатаются в авторской редакции  
Технические редакторы Плотников В.В., Цублова Е.Г.  
Компьютерная верстка Цублова Е.Г., Трошина М.В.

Подписано в печать 21.12.2015 г.  
Формат 60×84 1/8. Печ.л. 12,9  
Тираж 1000 экз.  
Заказ № \_\_\_\_\_

Отпечатано с готового оригинал-макета  
ООО «Аверс».  
г. Брянск, ул. Софьи Перовской, 83.  
[www.аверс32.рф](http://www.аверс32.рф)