

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

РОГОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,
посвященной 85-летию со дня рождения профессора
Геннадия Маркеловича Рогова

*7–9 апреля 2015 года
Томск, Россия*

Томск
Издательство ТГАСУ
2015

УДК 624.131.1+556.3+55:502.52(062)
ББК 26.3я431

Р59 Роговские чтения. Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения профессора Геннадия Маркеловича Рогова [Текст]. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 342 с.
ISBN 978-5-93057-646-7

В сборнике рассмотрены проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий, важные как для сегодняшнего этапа развития экономики и научно-технического потенциала страны, так и на перспективу. Приведены результаты теоретических и прикладных исследований специалистов, направленных на развитие ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологий, промышленное освоение новых территорий, модернизацию ЖКХ, обеспечение экологической безопасности урбанизированных территорий. Издание будет полезно для широкого круга специалистов: гидрогеологов, инженеров, геологов, геохимиков, специалистов в области механики грунтов, техносферной безопасности, информационно-компьютерных технологий, строителей в решении широкого спектра инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических проблем.

УДК 624.131.1+556.3+55:502.52(062)
ББК 26.3я431

Редакционная коллегия:

В.А. Клименов, доктор технических наук, профессор;
В.Е. Ольховатенко, доктор геолого-минералогических наук, профессор;
О.Д. Лукашевич, доктор технических наук, профессор;
Г.Г. Семухина, директор издательства ТГАСУ.

Все материалы конференции представлены в авторской редакции.

ISBN 978-5-93057-646-7

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2015

УДК 550.46:553.3(571.16)

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ ГЕОДИНАМИКИ И ГИДРОГЕОХИМИИ С ЭМАНАЦИЯМИ РАДОНА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТОМСКА

А.В. Мананков, Е.В. Сафонова

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия
E-mail: SafonovaEV@tsuab.ru*

Прослежена зависимость между концентрациями радона в подвальных помещениях и качественным составом геологической среды. Предложен метод расчета конвективно-диффузионной скорости поступления радона из горных пород. Составлена карта-схема мелкоблочного строения и геоактивных зон территории города. Выявлена роль исходного минерального сырья и силикатных строительных материалов в эманации радона в помещениях на различных этажах, а также закономерности изменения концентрации радона в зависимости от метеорологических параметров. Разработан метод уменьшения эманации радона из строительных материалов.

Ключевые слова: геодинамика, геоактивные зоны, естественные радионуклиды, радон.

Территория города Томска в геоэкологическом плане представляет собой сложный хозяйственно-природный комплекс. В геологическом отношении она приурочена к области сопряжения структур Кольвань-Томской складчатой зоны и южной окраинной части Западно-Сибирской низменности. Район этот лежит в области сложного тектонического строения, расшифровка которого бывает очень затруднена из-за недостаточной изученности и практически полной задернованности. С позиций инженерной геологии и гидрогеологии изучаются последствия экзогенных геологических процессов. Однако остаются неизученными фундаментальные вопросы, связанные с минералогией, геохимией и радиогеоэкологией наиболее опасных с точки зрения градостроительства участков городской территории.

Нами изучено содержание естественных радионуклидов (ЕРН) на территории городской застройки и в дренажной горной выработке (ДГВ) в Лагерном саду. Внутри тоннеля на участках интенсивного развития процессов выщелачивания железобетона и развития сталактитов (в его восточном направлении) выявлена аномальная концентрация радона. Эквивалентная равновесная активность ($A_{Rn,ЭKB}$) на этих участках составляет 494 Бк/м³, в то время как в западном направлении тоннеля ЭРОА значительно меньше и находится в пределах 86–149 Бк/м³. Значения интегральной объемной активности (ИОА) радона в западном направлении меняются в пределах 169–298 Бк/м³, а в восточном направлении значения ИОА радона составляют 97–988 Бк/м³. Полученные результаты подтверждают пространственную связь процессов выветривания и каолинизации углисто-глинистых сланцев с эманацией радона. Процесс подъема радона к поверхности земли осуществляется по трещинным и ослабленным геоактивным зонам.

Результаты измерения ЕРН в горных породах (глинах, суглинках, кварцевых песках, известняках), используемых на территории Томской области для производства традиционных строительных материалов, позволили обнаружить, что наибольшей удельной эффективной активностью обладают каолиновые, затем аллювиальные глины, а наименьшей – карбонатные породы (табл. 1). Значения удельной эффективной активности ЕРН в этом ряду исходного нерудного сырья понижается в пределах целого порядка.

Таблица 1

Результаты измерения активности ЕРН в горных породах

№ п/п	Материал	Удельная активность, Бк/кг				A _{эфф} Бк/кг
		Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	
Исходное нерудное сырье						
24	Глина Вороновская	25,59	26,0967	288,97	10,8433	85,52
6	Глина Арышевская	31,59	37,5	238,3	15,8967	101,8
9	Глина каолиновая из Лагерного сада	107,97	235,667	375,37	52	448,1

№ п/п	Материал	Удельная активность, Бк/кг				A _{эфф} Бк/кг
		Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	
1	Суглинок Родионовский	18,7	28,8433	350,17	14,9767	87,71
21	Песок Кудровский	11,33	13,29	42,4		32,42
22	Известняк Каменский	0	1,49	0	1,892	1,937
23	Известняк обожженный Сергеевский	3,37	1,37667	0,45	0,36667	5,2
20	Известняк-пушенка Сергеевская	8,37	11,93	86,05		31,62

Измерения концентраций ЕРН в исходном нерудном сырье месторождений, используемого для производства строительных материалов в течение более ста лет показывают, что в ряду: глины – суглинки – кварцевые пески – карбонатные породы последовательно происходит понижение удельной эффективной активности в пределах целого порядка.

Региональные радиогеохимические особенности осадочных отложений г. Томска представлены на рис. 1.

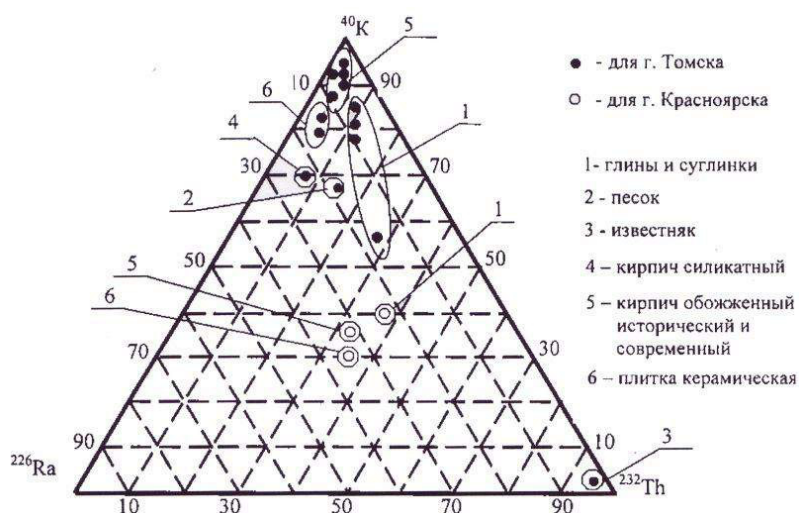


Рис. 1. Содержание радионуклидов в исходном нерудном сырье, керамических изделиях и зданиях исторической и современной застройки.

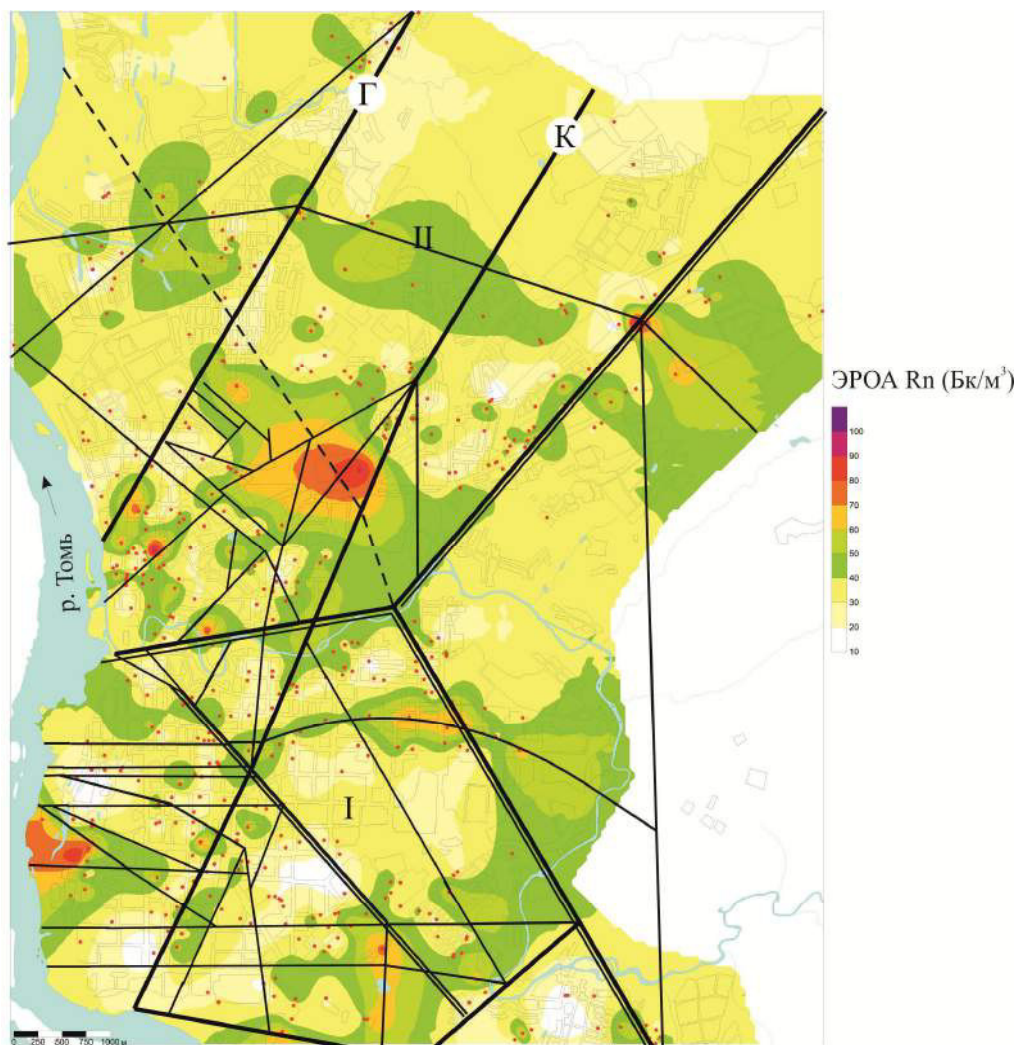
Для изучения зависимости и тесноты связи между $A_{Rn,ЭКВ}$ радона (количественным признаком) и степенью трансформации геологической среды (качественными признаками) использован метод расчета биссерийного коэффициента корреляции. В результате установлена четкая корреляционная зависимость концентрации радона с линейными и узловыми разломами, (геоактивными зонами), трассируемыми ими подземными водными потоками, в том числе погребенными и захороненными палеоруслурами, засыпанными озерами и болотами, ландшафтно-родниковыми зонами, горизонтами верховодки и участками подтопления в подвальных помещениях и на первых этажах. Максимальные концентрации радона связаны с началом формирования коры выветривания при участии подземных вод палеозойского комплекса. Подобные участки выявлены в ДГВ и в пределах основных геоактивных зон территории города, что находит логическое объяснение на геоэкологической карте города.

Пока не существует математической модели, которая бы учитывала совокупность различных природных факторов, влияющих на перенос радона в грунте и горных породах. Отсутствуют методы расчетной оценки радоноопасности территорий жилой застройки. В нашей стране такая оценка ведется по результатам натурного измерения плотности потока радона с поверхности земли.

Величина плотности потока радона с дневной поверхности рельефа не характеризует возможный поток радона из строительных котлованов и подвалов проектируемых зданий, и применять ее

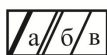
как критерий радоноопасности участков проектируемого строительства нельзя. Отсюда следует, что определение радоноопасности территорий должно заключаться, прежде всего, в выявлении в геологической среде потенциальных источников повышенного радонвыделения и кинетических параметров его переноса.

Выполнено картографирование территории. Значения ЭРОА радона наложены на геоморфологическую карту 1933 г и карту с современной топоосновой. Обработка проведена с помощью программ ArcView и Surfer. Получены новые данные о мелкоблочном строении осадочных толщ и разрывной тектонике трех порядков между и внутри блоков (рис. 2).

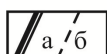


Условные обозначения

Блоки первого порядка: I - южный блок, II - северный блок.



а-разломы первого порядка, выделенные по гравиметрической и магнитной съемкам: Г - городской, К - коннинский; б-разлом второго порядка; в-разломы третьего порядка



а-Ушайкинский разлом на границе блоков первого порядка, б-предполагаемый разлом второго порядка

Рис. 2. Карта-схема мелкоблочного строения территории города Томска

Авторами предложен метод расчета конвективно-диффузионной скорости переноса радона по трещинам и капиллярам осадочных горных пород с известной пористостью, типичной для грунтов территории г. Томска. Метод основан на одновременном учете избыточного давления внизу канала капилляра и гидростатического сопротивления по его длине (формула Вейсбаха – Дарси).

Перенос радона в приземный слой может происходить, если избыточное давление больше или равно гидростатическому давлению. Тогда конвективно-диффузионная скорость радона V можно вычислить по уравнению:

$$V = \frac{g(\Delta\rho)d_0^2}{32 \cdot \mu},$$

где g – ускорение свободного падения; $\Delta\rho$ – разность плотностей радона в зависимости от температуры; d_0^2 – диаметр капилляров почво-грунта; μ – динамическая вязкость радона.

Авторами для расчета конвективно-диффузионной скорости радона в суглинках г. Томска с реальными пределами пористости предложена капиллярная модель Козени – Кармана, которая позволяет сопоставить получаемые скорости. В этой модели течение жидкости (газа) считается подобным ее движению через пучок извилистых капилляров. Модель учитывает перепад давления по длине капилляра, в зависимости от пористости (формула Лейбензона).

Конвективно-диффузионная скорость переноса радона возникает при условии, что перепад давления по длине капилляра больше или равно давлению за счет мест трения. Путем сопоставления формул Дарси и Лейбензона получено выражение:

$$V = \frac{2 \cdot d_0 \cdot K(1 - \varepsilon)^2 \mu \cdot a_0^2}{\lambda \cdot \rho \cdot \varepsilon^3},$$

где K – константа Козени – Кармана; ε – порозность слоя; a_0 – удельная поверхность зерен; λ – коэффициент гидравлического трения.

Конечные результаты хорошо согласуются между собой. Погрешность расчетов составляет 8,3 %. Рассчитанные скорости близки значениям, полученным экспериментально для аллювиальных отложений г. Томска. Следует отметить, что предложенный комплекс методов учитывает и минерало-структурные и текстурные характеристики грунта, по которому движется газ, и свойства самого газа, и метеорологические параметры.

Исследования строительных материалов показали, что мощность эквивалентной дозы гамма-излучения в помещениях в 10 раз выше мощности эквивалентной дозы на открытой местности (но не превышает фонового значения). Этот факт связан с эманацией радона не только из грунтовых оснований и нижележащих горных пород, но и из самих строительных материалов, содержащих акцессорные минералы. Проведенная статистическая обработка зависимости материала здания и ЭРОА радона в жилых и административных помещениях показала, что материал обуславливает 12,77 % вариаций концентрации радона при постоянной естественной вентиляции.

Закономерность последовательного понижения удельной эффективной активности ЕРН в строительных материалах зданий, как исторической, так и современной застройки (табл. 2) аналогична выделенной в исходном нерудном сырье месторождений (табл. 1), что позволяет сделать вывод о ведущей роли радиогеохимических особенностей исходного сырья в содержании радионуклидов строительных материалов.

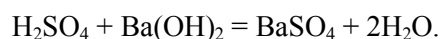
Таблица 2

Результаты измерения активности естественных радионуклидов в строительных материалах зданий

№ п/п	Материал	Удельная активность, Бк/кг				A _{эфф}
		Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	Бк/кг
Материал из зданий исторической застройки						
14	Кирпич из свода подвала НТБ ТГУ (125 лет)	41,49	30,0667	280,26	26,4033	105,8
15	Кирпич из стены подвала НТБ ТГУ (125лет)	38,03	30,35	587		130,3
16	Кирпич из стены подвала НТБ ТГУ (125лет)	38,43	29,78	429,23	18,79	115,8
17	Кирпич из стены подвала НТБ ТГУ (125лет)	29,2	30,53	425,3	15,15	71,44
18	Известково-песчаный кладочный раствор между кирпичами п. 14, 15	24,14	12,09	307,03	15,45	67,49

№ п/п	Материал	Удельная активность, Бк/кг				A _{эфф}
		Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	Бк/кг
Современные материалы						
12	Керам. Плитка глазурованная ОАО ТЗКМиИ	44,83	28,98	349,8	25,78	114
10	Керамическая плитка неглазурованная ОАО ТЗКМиИ	41,91	27,48	272,23	25,28	102,1
27	Кирпич обожженный Копыловского завода	40,09	36,4233	479,27	26,21	130,6
4	Кирпич обожженный ОАО ТЗКМиИ	42,03	38,41	588,2	37,68	144,9
2	Шамот (бой кирпича) ОАО ТЗКМиИ	37,54	43,75	682,03		155,81
11	Пресс-порошок для керамической плитки ОАО ТЗСМиИ	29,2	26,1367	282,07	17	88,57
19	Кирпич белый силикатный Копыловского завода	17,9	5,13	54,44		29,48
25	Кирпич-сырец Копыловского завода	15,02	33,1567	321,43	19,6033	83,52

Разработан состав и метод уменьшения эманиции радона из строительных материалов в атмосферу помещений. Эта задача решается тем, что строительная смесь, включающая портландцемент, мелкий заполнитель, воду и добавку латекса на основе акрилатов, содержит гидроксид бария. Введение в состав смеси гидроксида бария обеспечивает протекание реакции, в результате которой происходит нейтрализация сульфатной серы:



Выпадающий из раствора нетоксичный BaSO₄ обеспечивает заполнение пустот, пор и капилляров, что значительно снижает эманицию радона за счет поглощения электромагнитного излучения и защищает строительный материал от избыточной влажности, а также биологической и химической коррозии.

Мананков А.В., Сафонова Е.В. Причинно-следственные связи геодинамики и гидрогеохимии с эманациями радона на территории города Томска	121
Хохлова Т.П. Некоторые региональные особенности статистического учета использования воды	126
Шерстобитова Л.В. Культурный ландшафт города как результат эколого-экономических отношений в градостроительной деятельности.....	130
Анисимов Р.Н. Разработка генеральной схемы очистки территории городского округа как метод обеспечения геоэкологической безопасности урбанизированных территорий	135

СЕКЦИЯ 4. ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ: МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ОЦЕНКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

Ольховатенко В.Е. Инженерная защита территорий и населения от опасных природных и техноприродных процессов (проблемы инженерной геологии, геоэкологии и гидрогеологии).....	137
Ольховатенко В.Е., Лазарев В.М. Обоснование и практическая реализация геомониторинга природно-технических систем на оползнеопасных территориях Каштачной горы г. Томска	142
Ольховатенко В.Е., Ющубе С.В., Рутман М.Г. Геоэкологические исследования Каштачной горы с целью оценки влияния опасных геологических процессов на застройку территории.....	147
Заппаров М.Р., Кашибаева А.Т. Характеристика геодинамических процессов и явлений бассейна реки Коргас Республики Казахстан.....	152
Иванова Э.В., Катаев С.Г. Использование метода выделения структур для исследования динамики поля давления приземного слоя атмосферы на территории Северного полушария.....	159
Кожухарь Т.А. Особенности организации геоэкологического мониторинга при разработке угольных месторождений открытым способом (на примере Огоджинского угольного месторождения)	163
Мазуров А.К., Крамаренко В.В. Особенности инженерно-геологических изысканий для строительства газонефтепроводов.....	166
Мухина Е.М., Бычков О.А. Организация мониторинга геологической среды при разработке открытым способом Хандинского бурогоугольного месторождения.....	171
Ольховатенко В.Е., Краевский А.А., Чернышова Н.А. Геоэкологические исследования оползневого склона Воскресенской горы и рекомендации по её инженерной защите.....	174
Рутман М.Г. Проблемы подтопления г. Томска.....	178
Леонова А.В., Казанцева О.В. Оценка степени пучинистости грунтов территории строительства ЛЭП	183
Мележ Т.А. Классификация природно-техногенных процессов в пределах речных долин (на примере речной долины Припяти)	188
Порубов И.В., Шестакова А.И., Муравьева Ю.В. Роль воды в развитии оползня Ольжерас (Кемеровская область)	192

СЕКЦИЯ 5. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Адам А.М., Ковалёв П.В. Необходимость совершенствования системы обращения с отходами на территории сельских поселений.....	195
Бычков О.А., Переверзев А.И. Расчет устойчивости оползневого склона при строительстве газопровода к Кудепстинской ТЭС.....	197
Карауш С.А., Герасимова О.О. Становление и развитие социально-значимого направления «Техносферная безопасность» в ТГАСУ	200
Карауш С.А., Кузнецов А.В. Ослабление естественного магнитного поля внутри помещений при применении металлического сайдинга	203
Носков М.Д., Кеслер А.Г., Теровская Т.С., Бабкин А.С., Посохова Е.М. Экологический мониторинг и прогнозирование состояния недр при добыче урана в ЗАО «Далур»	208
Степанова К.Д., Осипова Н.А. Оценка содержания металлов в мышечной ткани речного окуня бассейна р. Оби.....	212
Самохина Н.П., Филимоненко Е.А., Таловская А.В. Мышьяк в снеговом покрове в зоне влияния Томской ГРЭС-2.....	215
Таловская А.В., Филимоненко Е.А. Тяжелые металлы в нерастворимой фазе снежного покрова г. Томска	220
Андрушко С.В. Антропогенная эволюция ландшафтов Гомельского Полесья.....	225
Олонова М.В., Горина Н.В., Мезина Н.С. Использование ГИС-технологий для оценки потенциальных возможностей закрепления чужеродных растений на новых территориях	229

Научное издание

РОГОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ,
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,
посвященной 85-летию со дня рождения профессора
Геннадия Маркеловича Рогова

*7–9 апреля 2015 года
Томск, Россия*

Технический редактор Н.В. Удлер

Подписано в печать 25.03.2015.
Формат 84×108/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 35,91. Уч.-изд. л. 30,24. Тираж 100 экз. Зак. № 117.

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.