



УДК 630.181:581.9:631.4(571.53)

Геосистемное исследование и картографирование качества окружающей среды урбанизированных территорий

Т. И. Коновалова

*Иркутский государственный университет, Иркутск
Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск*

А. С. Силаев

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

В. Н. Курдюков, М. В. Левашева

Иркутский государственный университет, Иркутск

Н. В. Петрухин

ООО «Туроператор Байкалика», Иркутск

Аннотация. Проблемы контроля за изменением качества окружающей среды урбанизированных территорий обусловили необходимость исследования организации и функционирования природных и природно-технических систем. Антропогенное влияние способно спровоцировать возникновение или усиление ряда негативных природных процессов и явлений. Интенсивность деградации геосистем зависит как от характера антропогенной нагрузки, так и от целого ряда факторов их организации – особенностей тепло- и влагообеспеченности, соответствия физико-географическим условиям вышестоящей геосистемы, устойчивости, направления естественного преобразования, резонанса естественных и антропогенных процессов. В свою очередь, ухудшение качества окружающей среды приводит к существенным изменениям здоровья и условий жизнедеятельности человека. Покомпонентные оценки качества среды не дают реальной картины ее преобразований из-за проявления свойства эмергентности. Примененные одних и тех же предельно допустимых величин антропогенного воздействия для всех типов геосистем проблематично из-за свойства изменчивости, характерного последним. Трудности сопоставления разнородных первичных данных вызывают потребность упростить процедуру их анализа, что сводит решение комплексных задач к частным, уводя тем самым от реалий многостороннего исследования территории, анализа особенностей ее преобразования. Решение этой проблемы во многом определяется знанием закономерностей организации геосистем, когда весь механизм информационного оснащения решаемых задач синтезируется на единой геосистемной основе и становится легко сопоставимым. При таком подходе геосистемы рассматриваются как целое, в котором связи между ними и их компонентами осуществляются через их общую принадлежность вышестоящей геосистеме. Это продукт синтеза времени и пространства, олицетворяемый в целостном облике взаимосвязанных компонентов, которые реагируют на воздействие внешних факторов, в том числе и деятельность человека в зависимости от своей организации. В статье приводятся результаты геосистемно-

го исследования и картографирования качества окружающей среды областного и промышленного центра Восточной Сибири – г. Иркутска.

Ключевые слова: геосистема, инвариант, городские ландшафты, преобразование, факторы оценки, условия проживания, комфортность.

Введение

От качественной оценки состояния окружающей среды (ОС) зависит эффективность решения экологических проблем городов. Традиционные методы сбора и обработки материалов об экологическом состоянии городов не могут в полной мере решать такие задачи. Это обусловлено тем, что существующая система оценки качества ОС и контроля воздействия промышленных предприятий на природную среду и население, которая базируется на санитарно-гигиенических нормативах, малоэффективна, так как не учитываются эффекты аккумуляции и выноса поллютантов. Анализ качества окружающей среды на основе перечня загрязнителей, которые определяются субъективно, значительно сужает проблему. Остается вероятность недоучета выбросов с малыми величинами, действие которых может сыграть решающую роль. В условиях функционирования крупного города происходит загрязнение окружающей среды одновременно сотнями различных веществ, взаимодействующих между собой. Их концентрация в зависимости от состояния погоды может меняться за небольшой промежуток времени в несколько раз, воздействие выбросов прослеживается на значительном расстоянии от источников загрязнения. Ситуация усугубляется тем, что одним из основных источников загрязнения в крупных городах является автомобильный транспорт, предприятия пищевой промышленности, выбросы которых сложно зарегистрировать. Последние представляют особую опасность, так как являются источниками антигенов – соединений биологического и химического происхождения, которые разрушают иммунную систему человека.

Изучение состояния ОС существенно ограничивается системой контроля загрязнения окружающей среды. Информация об уровне содержания вредных веществ поступает от очень незначительного числа стационарных постов, которые сосредоточены по принципу административного деления территории. В результате практически невозможно решить проблему комплексного анализа загрязнения территории традиционными методами.

Изучение экологического состояния городов – сложный и многогранный процесс, который должен базироваться на исследовании системы взаимодействующих природных, техногенных и социальных факторов. Нами предпринята попытка рассмотреть особенности формирования качества окружающей среды с позиций геосистемного анализа. Это актуально еще и тем, что природные условия большинства городов Восточной Сибири способствуют формированию широкого круга экологических проблем и их обострению в условиях однонаправленного антропогенного воздействия.

В этой связи целью исследования является выявление характера преобразования окружающей среды урбанизированных территорий на основе геосистемных принципов.

Объект и методы исследований

Объект исследования – территория Иркутска и его окрестностей. Город является административным, промышленным и научным центром Восточной Сибири. Он расположен в районе слияния Ангары и ее притоков – Иркуты и Ушаковки, в 60 км от оз. Байкал. В его пределах расположена плотина ГЭС с водохранилищем, относящиеся к ангарскому каскаду ГЭС. Иркутск расположен рядом с Байкальской рифтовой зоной и Саяно-Байкальской горной областью, что определяет высокую тектоническую активность его территории.

Методология исследований базировалась на геосистемном анализе, который мы понимаем как научный метод познания сложного процесса формирования, сохранения и преобразования геосистем. Геосистемный анализ региона основывается на оценке основных факторов – поступления вещества и энергии в геосистему, учета направления их преобразования, взаимосвязи компонентов, резонанса процессов, устойчивости к антропогенной нагрузке [9].

При геосистемном исследовании и картографировании качества окружающей среды Иркутска проведено дешифрирование космических снимков (спутник IRS-P6), изучены публикации по проблеме оценки состояния окружающей среды городов и экологического состояния территории Иркутска. Были также использованы статистические данные по состоянию здоровья и смертности населения, проживающего в различных районах города; проведены полевые маршрутные исследования как районов жилой застройки города, его парков, зон отдыха, городских магистралей, так и геосистем топологического и регионального уровня организации.

Последнее связано с тем, что региональные тенденции развития природной среды образуют так называемый фон, отдельные показатели которого используются в качестве начала отсчета при изучении контрастов более низкого топологического уровня. Такой подход объясняется результатами экспериментально-стационарного изучения фаций, которые показали, что локальные контрасты и местные связи зависят от фоновых условий. Поэтому изучение и объяснение общих закономерностей локального уровня, взятых в отдельности, в связи с фоновыми трендами – важнейшая задача геоэкологических исследований.

В свою очередь, фоновые (региональные) показатели трансформируются под влиянием местных физико-географических условий: перепадов абсолютных высот, направления и величины речных долин, экспозиционности склонов, влияния большой массы воды и др.

Исследования проводились по следующей схеме (рис. 1).

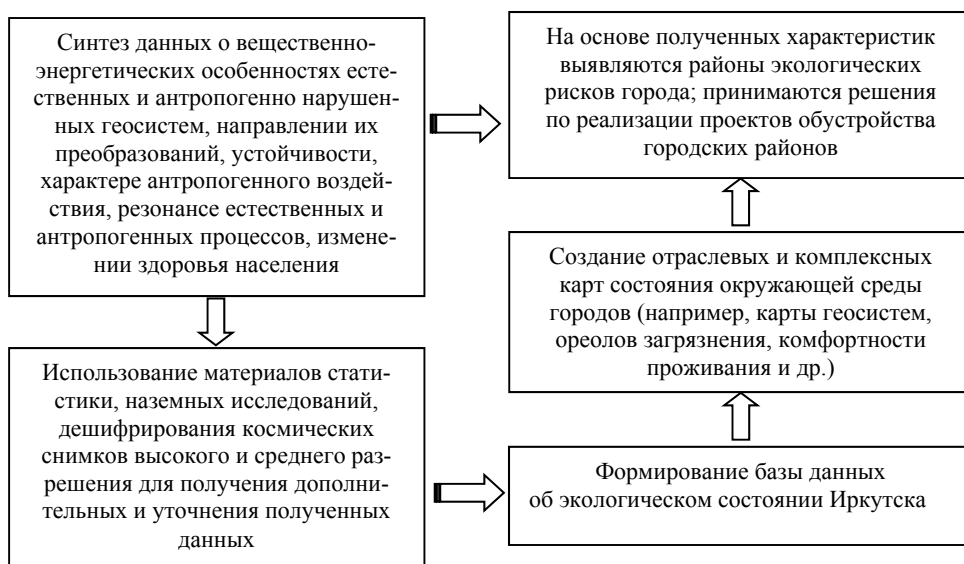


Рис. 1. Схема исследования геосистем урбанизированных территорий

Геосистемы урбанизированных территорий

В настоящее время сложились два противоположных направления в оценке функционирования и систематики городских ландшафтов. Первое основывается на том, что урбанизированные ландшафты представляют самостоятельное подразделение ландшафтной оболочки. Их систематика не может строиться по аналогии с природными системами. Здесь ведущими являются социальные и техногенные компоненты, поэтому городской ландшафт относится к особому типу техногенного ландшафта, в котором нарушенная система природных взаимосвязей заменена новой инвариантной системой, включающей техногенные объекты, селитебную застройку. Второе направление базируется на том, что дифференциация ландшафтов имеет сложную природно-антропогенную обусловленность. Природная составляющая при любой степени антропогенного воздействия является исходной для идентификации и классификации ландшафтов урбанизированных территорий.

Наш опыт показывает, что для сибирских городов природная основа чаще является доминирующей при оценке состояния их среды. Дифференциация этих геосистем согласуется с теорией В. Б. Сочавы [5], в соответствии с которой геосистемы являются природными образованиями, но их модели и графы отражают также экономические и социальные параметры, воздействующие на функциональные связи внутри геосистемы. Особенно это касается природных комплексов, значительно измененных человеком, в частности урбанизированных. Человек влияет на природные составляющие геосистемы – изменение гидротермического режима, загрязнение воздушного бассейна и проч., определяя динамические видоизменения (ряды транс-

формации) в пределах инварианта геосистемы. Переменные структуры, вызванные длительным техногенным воздействием городов, могут быть отнесены к разряду устойчиво-длительно-производных, которые не восстановятся к исходному состоянию даже при снятии антропогенной нагрузки.

Все переменные состояния групп и классов фаций, которые составляют различные антропогенные модификации в пределах воздействия городов, относятся к определенным эпигеомам, имеющим узловое значение в классификации геомеров регионального порядка. Структура геомов, рассматриваемая как инвариантный состав геосистем, детерминирует черты их региональной организации, которые могут оставаться неизменными при преобразованиях и обуславливать возможные изменения природной среды в условиях внешнего воздействия. Преобразования ландшафтов под воздействием крупных промышленных центров региона прослеживаются в большинстве случаев на топологическом уровне – происходит «стирание» фациальных различий и рубежей, образуются ландшафтные континуумы с непрерывным изменением структуры, «уничтожается» ландшафтное многообразие, возникает новая интеграция природных режимов с формированием своеобразного ландшафтообразующего эффекта.

На участках земной поверхности, которые подвергаются воздействию городов, снижается роль саморегуляции геосистем. Геосистемы с нарушенной структурой делятся на относительно сохранившие свои спонтанные потенции и способные воспроизвести первоначальную структуру за счет факторов саморегуляции топологического порядка и коренным образом изменившие свою структуру, восстановление которой допустимо в очень длительный срок под воздействием планетарно-региональных движущих сил [5]. Последняя категория геосистем характерна для районов крупных промышленных центров Сибири, первая – их окружения.

Вместе с тем геосистемы пригородных территорий в различной степени устойчивы к антропогенному воздействию. Прежде всего это зависит от долговечности самих геосистем и оптимальности природных условий. Геосистемы планетарной размерности, с точки зрения В. Б. Сочавы [5], имеют наибольший возраст, топогеосистемы – в среднем наименьшую продолжительность существования, а региональные занимают в этом отношении промежуточное положение. Благодаря этому наибольшим изменениям подвержены геосистемы топологического уровня, что и отмечается при анализе их нарушенности в сфере воздействия урбанизированных территорий. В динамике отдельные природные компоненты обнаруживают различные темпы и степень преобразования. Самые мобильные из них, которые быстро трансформируются под влиянием различных процессов и явлений, а также деятельности человека, обычно оказываются критическими в структуре геосистемы.

Ландшафтные особенности территории

Для решения градостроительных задач, направленных на улучшение качества городской среды, необходимо знание закономерностей ее формирования. Качество городской среды определяется ландшафтными особенно-

стями территории, в пределах которой расположен город, характером промышленного и социального воздействия, а также взаимодействием природных и антропогенных факторов.

Ландшафтные особенности территории г. Иркутска обуславливаются расположением в центре обширного участка суши и сложностью рельефа. Город находится в наиболее пониженной части Иркутского амфитеатра, который является южным выступом древней Сибирской платформы, окруженным горно-складчатым обрамлением – Саяно-Байкальской горной областью. В настоящее время территория характеризуется повышенной тектонической активностью, вызванной развитием Байкальской рифтовой зоны и горной системы юга Сибири. В пределах города распространены осадочные породы от юрских песчаников с пластами каменного угля до современных четвертичных образований – глин, песков и т. д., включая легкорастворимые лессовидные суглинки, которые в значительной мере осложняют строительство. С осадочными породами повсеместно связаны ветровые процессы и оврагообразование.

Мощные толщи осадочных отложений содержат ряд водоносных горизонтов. Создание Иркутского водохранилища вызвало глубокое изменение гидрологических условий, связанных, в первую очередь, с формированием подпора подземных вод в прибрежной зоне и в отрицательных формах рельефа. Вместе с тем усиливаются современные процессы рельефообразования, активизируются оползни, обвалы, размыв берегов, нарушается ход эрозионных процессов. Существенное влияние на их динамику оказывают техногенные колебания уровня Ангары, особенно залповые сбросы воды.

Отличительная особенность региона – сезонное промерзание грунтов от 0,6 до 3 м. Многолетняя мерзлота встречается по долинам малых рек и временных водотоков и имеет небольшую мощность до 15 м и сравнительно высокую температуру – до 0 °С. Ее поверхность находится на глубине от 0,2 на заболоченных участках и до 3,0 м на сухих террасах. Изменение уровня грунтовых вод привело к усилению проявления в прибрежной полосе мерзлотных процессов. Строительство Иркутского водохранилища способствовало увеличению количества дней с туманами и смогами.

В пределах города распространены дерново-подзолистые и серые лесные почвы преимущественно легкого механического состава, которые имеют практически нейтральный кислотно-щелочной баланс, что благоприятствует значительному накоплению поллютантов как в самой почве, так и в растительности.

Основная часть городской территории расположена в пределах речных долин Ангары, Иркуты и Ушаковки и не располагается выше отметки 600 м над уровнем моря, что существенно определяет формирование экологической среды города. Застаивание воздушных масс в долинах рек благодаря антициклональному типу погоды способствует процессам накопления загрязняющих веществ.

С точки зрения способности атмосферы к самоочищению регион является наиболее беспомощным в пределах Сибири. Это связано с природными особенностями территории, так как сильный ветер, обильные атмосферные

осадки и т. д., которые благоприятствуют рассеиванию примесей из атмосферы, случаются очень редко, а факторы их накопления – штили, туманы, температурные инверсии – намного чаще. Создается высокий потенциал загрязнения воздушной среды. В пределах города концентрируются все вредные примеси не только местного происхождения, но и при существующем ветровом режиме скапливаются промышленные выбросы соседних городов. Так, перенос воздушных масс вдоль р. Ангары к ее истоку, т. е. через Иркутск, в среднем наблюдается около 40 % времени года. Дополнительное воздействие к загрязнению города оказывают выбросы Ангарска, Усолья, Шелехова. В связи с этим ореол загрязнения в зоне Иркутска довольно обширен.

Анализ материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса позволил выявить характер загрязнения. Пятно загрязнения охватывает все крупные промышленные центры юга Иркутской области и протягивается практически до оз. Байкал. Ореол загрязнения распространяется на значительные расстояния от долины р. Ангары и зачастую ограничивается предгорными всхолмленными возвышенностями. В результате площадь загрязнения в пределах Иркутско-Черемховской равнины достигает 13 тыс. км²; г. Иркутска – около 4 тыс. км². Ландшафтная структура влияет на распространение выбросов промышленных предприятий. Благодаря воздействию холмистого рельефа, препятствующему распространению поллютантов, территории с доминированием ландшафтов расчлененных равнин с таежной растительностью загрязнены в меньшей степени, чем остальные.

Зона максимального загрязнения Иркутска располагается вдоль Ангары, около крупных промышленных предприятий и в центре города, усиливая неблагоприятную ситуацию, которая создается выбросами автотранспорта и печного отопления частного сектора, а также в наиболее пониженных частях рельефа, для которых характерны застойные воздушные явления (рис. 2).

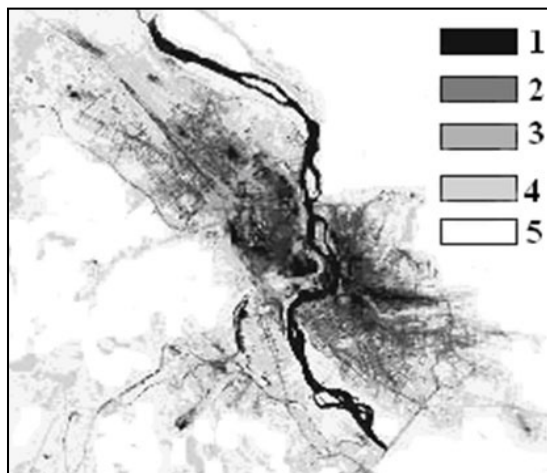


Рис. 2. Загрязнение снежного покрова Иркутска на космическом снимке с ИСЗ LANDSAT. 19 марта 2016 г. Пространственное разрешение 32 м.

RGB 1, 3, 5 каналов. Степень загрязнения: 1 – максимальная; 2 – очень высокая; 3 – высокая; 4 – средняя; 5 – низкая

Сильное прогревание территории приводит к тому, что город выступает как «остров тепла», имеющий более высокую температуру, чем окружающие ландшафты. Это способствует активному воздухообмену между перегретыми и более холодными участками территории. Следствием этого может быть, с одной стороны, улучшение экологической ситуации, когда теплый воздух с примесями поднимается вверх, а его замещает менее теплый, но чистый воздух окраин, с другой – ее ухудшение, если в пределах периферийной части городов расположены объекты-загрязнители.

Особая опасность для здоровья людей заключается в перегревании жилых районов города, так как приземные потоки воздуха начинают перемещать выбросы промышленных предприятий к перегретым частям территории. С разницей температур внутри города связаны также и наиболее существенные микроклиматические различия – перепады давления воздуха, местные ветры. С удалением от центра города контраст температуры возрастает. Так, зимой в городе в будние дни в среднем на 4–5 °С теплее, чем в сельской местности (Хомутово). По субботам и воскресеньям эта разность возрастает на 1 °С. В выходные дни потоки тепла в городе возрастают за счет дополнительных притоков тепла при включении электробытовых приборов, интенсивном сжигании бытовых отходов. В атмосферу поступают образующаяся при этом пыль и другие загрязняющие вещества, которые перекрывают уходящее длинноволновое излучение и приводят к повышению температуры воздуха в городе.

Сравнительный анализ городских планов и космических снимков в тепловом диапазоне волн позволил оценить тепловые структуры Иркутска. Наиболее перегретыми являются районы многоэтажной панельной застройки с практическим отсутствием зелени во дворах (западная левобережная часть города – микрорайоны Университетский, Первомайский). За ними по перегреву поверхности следуют районы 5-этажных каменных и панельных домов с небольшими скверами во дворах (центральная часть города). Более низкие температуры поверхности характерны для жилых массивов, сочетающих панельные многоэтажные и деревянные дома с зелеными насаждениями во дворах. Менее перегретыми являются районы деревянной застройки с приусадебными участками. Наиболее низкие летние температуры в пределах городской территории характерны для жилых зон, расположенных по периметру городской черты и сочетающих деревянные постройки с зелеными массивами. Кроме того, значительную роль играет близость источников загрязнения к перегретым частям города.

Комплексный анализ материалов исследований состояния городской среды Иркутска показал:

– расположение города в долинах рек оказывает отрицательные воздействия на городскую среду. Общая циркуляция атмосферы не справляется с загрязнением воздушного бассейна. Это в свою очередь определяет нарастание загрязнения почв, грунтов и поверхностных вод продуктами жизнедеятельности человека;

- перегретые жилые массивы города «притягивают» загрязненные вещества, что видно по центральной части города с каменной застройкой, району Иркутска-2, микрорайонам Первомайский и Университетский;

- деревянная застройка, сочетающаяся с зелеными насаждениями, охлаждает городскую поверхность, тем самым препятствуя распространению вредных примесей. Это районы частного сектора в центре и на периферии города;

- парки, скверы города, а также реки Ангара, Иркут, Ушаковка и др., Иркутское водохранилище способствуют активному воздухообмену в пределах города за счет существенных перепадов температур и выносу загрязняющих веществ за его пределы;

- летний период с наибольшими температурными контрастами в пределах городских поверхностей благоприятствует «разрядке экологической напряженности» отдельных районов города. Вместе с тем необходимо создание дополнительных зон аэрации в районах экологического риска – перегретых районах города, особенно находящихся вблизи либо в наветренной зоне промышленных предприятий города;

- наиболее высокое загрязнение характерно для полузакрытых ниш (например, дворов домов) с плохим проветриванием, особенно в районах многоэтажной застройки, находящейся вблизи магистралей, либо под выбросами промышленных предприятий. Пример – центр города, микрорайоны Первомайский, Университетский и т. д.;

- улицы, имеющие выход к реке и направление, совпадающее с преобладающими ветрами, отличаются лучшими экологическими условиями из-за проветриваемости территории;

- основной недостаток архитектурного развития города – игнорирование микроклиматических особенностей территории. Застройка велась в большинстве случаев без учета местной циркуляции, поэтому расположение промышленных предприятий и высокоэтажных районов города не способствует процессу воздухообмена внутри города. Важно применять азимутальное направление застройки, которое во многом способствовало бы улучшению системы самоочищения атмосферы в городе;

- целесообразна система мер по локализации воздействия промышленных предприятий, связанная, прежде всего, с учетом климатических факторов;

- необходимо введение максимального ограничения строительства в пойменных экосистемах города. Актуальность этой меры вызвана усиленным загрязнением этих районов и сложной динамикой процессов рельефообразования, связанных с изменением уровня грунтовых вод и техногенными колебаниями уровня Ангары, особенно – залповыми сбросами воды.

Создание наиболее благоприятной и комфортной среды обитания всегда было и остается самой важной и значимой задачей. Если раньше основной задачей оптимизации развития городов было сдерживание их неуправляемого пространственного, хозяйственного и демографического роста, то на современном этапе остро встает вопрос решения социальных и экологических проблем. Современные критерии выбора территории с комфортными

условиями для проживания в значительной степени разнятся друг с другом. Население стремится тщательнее выбирать место жительства, принимая во внимание различные факторы: социально-экономические, территориальные и экологические. Однако экологические факторы в настоящее время в большинстве случаев являются приоритетными, поскольку они определяют в значительной мере здоровье людей, их смертность и рождаемость.

Геоэкологическая характеристика

В Иркутске насчитывается большое количество стационарных источников выбросов. Промышленные предприятия (зарегистрировано около 200) размещены в основном в его черте. Декабрь считается самым неблагоприятным месяцем для рассеивания атмосферных примесей из-за антициклонального типа погоды, нисходящих движений воздуха, мощных инверсий воздуха [2]. В апреле, напротив, циклоническая деятельность атмосферы усиливает потенциал ее самоочистки. Во все остальные месяцы года экологическая обстановка в городе будет лучше, чем в декабре, и менее благоприятна, чем в апреле.

Ежегодно от промышленных источников выбросов в атмосферу города поступает порядка 125 загрязняющих веществ, в том числе 6 основных продуктов сгорания топлива (окись углерода, двуокись азота, сернистый ангидрид, бензапирен, зола угольная, зола мазутная), составляющих 94 % от валового количества, выбрасываемого всеми стационарными источниками г. Иркутска в год. Основной вклад в выбросы от стационарных источников вносят предприятия теплоэнергетики – Ново-Иркутская ТЭЦ, Иркутские тепловые сети, МП «Иркутсктеплоэнерго», около 300 мелких котельных [7; 10].

Ведущую роль в загрязнении приземного слоя атмосферы г. Иркутска играют выбросы автомобильного транспорта и выбросы источников теплоэнергетики. Тенденция к доминированию вклада передвижных источников выбросов в загрязнение воздушной среды города наблюдается в течение 7 лет [6].

Согласно опубликованным данным [1], в течение года на подстилающей поверхности твердых взвесей, выбрасываемых зарегистрированными котельными города, в северо-западной части города осаждаются свыше 80 тыс. кг/км². Это самый загрязненный район города. Основной вклад в тепловое загрязнение города дает Ново-Иркутская ТЭЦ, трубы которой имеют высоту 180 и 250 м, благодаря чему выбросы поступают в пограничный слой атмосферы. Вблизи предприятия осаждаются только крупные частицы, остальные воздушными потоками переносятся на значительные расстояния. Наиболее неблагоприятная ситуация складывается в Ленинском и Куйбышевском районах, где особенно высока плотность малорентабельных котельных.

Площадь зеленых насаждений в пределах городской черты составляет около 100 км², в селитебной зоне – менее 4 км² (следует отметить, что главными функциями зеленых насаждений должны быть санитарно-гигиеническая, структурно-планировочная, декоративно-художественная и рекреационная, а результаты анализа состояния растительности на террито-

рии города свидетельствуют о том, что все эти функции выполняются очень слабо). Климатические условия на территории Иркутска способствуют накоплению вредных выбросов в городе и застою воздуха.

По экологическому состоянию атмосферного воздуха Иркутск относится к числу наиболее загрязненных в России и включен в приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения. По данным Иркутского межрегионального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, среднегодовые концентрации в 2016 г. превышали санитарные нормы по оксиду углерода в 1,4 раза, по двуокиси азота – в 1,3 раза, бензапирену – в 3,5 раза, формальдегиду – в 4 раза [10]. Максимальные концентрации взвешенных веществ, окислов азота и углерода, диоксида серы и формальдегида достигали от 1 до 4,9 ПДК, наибольшее из среднемесячных содержание бензапирена достигало уровня высокого загрязнения (ВС) в декабре и составило 10,4 ПДК.

За последние пять лет уровень загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода повысился, по остальным примесям четкая тенденция не прослеживается. Загрязнение приземного слоя атмосферы Иркутска обусловлено в основном выбросами автомобильного транспорта (составляющими около 52 % общегородских годовых валовых выбросов); при этом автомобильный парк города на 01.12.2016 г. составлял около 300 тыс. единиц. Кроме того, значительный вклад в загрязнение города вносят выбросы источников теплоэнергетики, на которые приходится около 46 % общегородских годовых валовых выбросов [3; 7].

Сопоставление результатов геохимических исследований снежного покрова и почв указывает на их техногенное загрязнение свинцом, фтором, ртутью, цинком, хромом, кобальтом, никелем, медью, марганцем, ураном, литием, оловом и др. Проблема загрязнения городских почв, кроме мониторинга, требует дополнительных специальных агроэкологических и медико-экологических исследований, направленных на оценку влияния этого загрязнения на здоровье населения. Интенсивной техногенной загрязненностью характеризуются районы, расположенные в пониженных формах рельефа. Обособленные зоны загрязнения локализованы вокруг промышленных площадок крупных предприятий.

Наибольшее загрязнение почв на территории Иркутска наблюдается в Октябрьском округе – свинцом, медью, цинком, ртутью. В Ленинском округе отмечались превышения максимальных значений металлов: марганца – до 2 ПДК, ванадия – до 1,3 ПДК. В Куйбышевском районе зарегистрированы превышения максимальных концентраций никеля до 4 ПДК [10].

Актуальной проблемой города является угроза подтопления его районов из-за нарушения водного баланса, которое произошло по двум причинам:

- за счет преобразования фильтрационного поля в областях питания, стока и разгрузки грунтового потока в пойме и в пределах низких террас Ангары;

- за счет техногенных источников (утечка из водонесущих систем массовой, промышленной и многоэтажной застройки всех районов города).

Подтопление вызывает сопутствующие экологические последствия: снижение несущей способности грунтов в основаниях сооружений (аварии зданий в микрорайонах Первомайском, Университетском, Топкинском), повышение сейсмического риска в пределах городской территории, усиление процесса электрокоррозии металла, ухудшение экологической обстановки. Это служит обоснованием необходимости проведения мониторинга в пределах городской геологической среды для предотвращения техногенных аварий и нарушения геоэкологического баланса [3; 4].

В настоящее время наибольшую проблему для города представляет дальнейшая утилизация накопленных промышленных отходов, утилизация медицинских отходов, а также рециклинг картона. Помимо того, на территории Иркутска около 230 несанкционированных городских свалок твердых бытовых отходов [7; 10].

Шумовой режим вызывает также негативные последствия для комфортности проживания населения. Считается, что он оказывает влияние на здоровье населения. Но параметры его воздействия на население города до сего времени изучены недостаточно. Источниками транспортного шума в Иркутске является наземный транспорт – автомобили, трамваи, троллейбусы, поезда (Восточно-Сибирская железная дорога проходит практически через всю левобережную часть города). Кроме того, существенный вклад вносит водный и воздушный транспорт (городской аэропорт расположен в 6 км от центра города).

Эквивалентные уровни звука транспортных средств в г. Иркутске превышают допустимые нормы для жилой застройки в пределах от 5 до 31 дБА. Зоны повышенной зашумленности от авиационного транспорта составляют 20,5 % территории города. В неблагоприятных по шумовому режиму условиях проживает 25,7 % горожан (с уровнем выше 55 дБА) [3].

Загрязнение окружающей среды электромагнитными излучениями в Иркутске незначительно и не превышает предельно допустимых уровней. Радиационная обстановка в Иркутске остается стабильной. Среднемесячные значения мощности экспозиционной дозы (МЭД) находились в пределах 5–15 мкР/час, уровней радиации, превышающих норму (60 мкР/час), на территории города не зарегистрировано [10].

Наиболее острой радиоэкологической проблемой города является проблема радоноопасности. Основным источником поступления радона в воздух помещений – его выделение из почвы. Поскольку в Иркутске подстилающими породами являются юрские угленосные образования с повышенными концентрациями урана, его территория становится потенциально радоноопасной. Другая актуальная радиоэкологическая проблема заключается в техногенном радиационном загрязнении города, особенно ввиду того, что в условиях ослабления контроля за хранением радиоактивных веществ на предприятиях возможно появление большого количества новых участков радиоактивного загрязнения [6].

К наиболее опасным геологическим процессам на территории г. Иркутска следует отнести землетрясения, сели, оползни, обвалы, карст, разруше-

ние берегов естественных и искусственных водохранилищ, загрязнение подземных водных резервуаров в результате техногенного воздействия. Кроме того, актуальна необходимость учета следующих особенностей геологической среды Иркутска:

1) преобладающая часть территории города характеризуется 8-балльной сейсмичностью;

2) за последние 40 лет произошло повышение уровня грунтовых вод в нижнем бьефе Иркутского водохранилища за счет обходной фильтрации в правом примыкании плотины (Правобережный округ);

3) в условиях сейсмоактивности, выраженных явлений подтопления и под воздействием техногенных нагрузок (застройка повышенной плотности, утечка из водонесущих систем) существует высокий риск развития негативных процессов в районе Ершовского залива, микрорайонов Топкинский, Первомайский, Университетский. Наименьшая вероятность техногенных рисков установлена для районов пл. Декабристов, Студгородка, Академгородка, пос. Энергетиков [3].

В течение ряда лет Иркутск находился в списке территорий с депопуляцией населения. Средняя продолжительность жизни составляет 61,5 года, разрыв между продолжительностью жизни мужчин и женщин возрос до 13 лет (соответственно 56 и 69).

Проблема заболеваемости населения острыми кишечными инфекциями выходит далеко за рамки вопросов, решаемых здравоохранением, и напрямую связана с охраной окружающей среды, улучшением экологической обстановки в городе и, в частности, с качеством подаваемой населению питьевой воды и т. д. Одним из наиболее мощных факторов распространения инфекционных заболеваний является водный путь передачи, вероятность реализации которого в современных условиях существенно расширяется и представляет собой серьезную эпидемиологическую проблему. В Иркутске многолетняя заболеваемость кишечными инфекциями, имеющими водный путь передачи, значительно превышает аналогичные показатели по Российской Федерации [6].

Состояние здоровья населения Иркутска – результат многокомпонентного воздействия факторов городской среды на его жителей. Эти факторы традиционно подразделяют на природные и техногенные. Среди природных факторов это дефицит йода, фтора и низкая минерализация питьевой воды. У значительной части иркутян поражена щитовидная железа, отмечается отставание детей в развитии, связанное с дефицитом йода. В результате гипопаратироза широко распространен кариес, с дефицитом фтора связан гиповитаминоз «Д» детей грудного и раннего дошкольного возраста, вызывающий серьезные последствия в более зрелом возрасте. Низкая минерализация воды приводит к повышению уровня сердечно-сосудистой патологии, заболеваний опорно-двигательного аппарата и других болезней человека.

Из техногенных факторов самое значительное влияние оказывает загрязнение воздушной среды, что ведет к распространению болезней органов дыхания. Наиболее опасны для здоровья диоксины и диоксиноподобные

вещества, источниками которых являются предприятия машиностроения, теплоэнергетики и другие виды деятельности, связанные со сжиганием различных материалов и мусора в пределах города. Реальную опасность для здоровья представляют и другие компоненты сжигания топлива (окислы азота, серы, углерода, бензапирен, формальдегид, соли тяжелых металлов и др.) [2].

Все вышеперечисленные факторы загрязнения окружающей среды являются ключевыми. В связи с этим нами была проведена балльная оценка факторов, влияющих на качество окружающей среды микрорайонов Иркутска. Экспертным путем оценивалась степень воздействия указанных факторов: от 1 балла – минимальное воздействие; 2 – слабое; 3 – умеренное; 4 – высокое; к 5 баллам – критическое. Сумма баллов показывает общее экологическое состояние каждого микрорайона и характеризует степень комфортности проживания на его территории: 1–15 – комфортное; 16–25 – некомфортное; менее 26 – территории с повышенными экологическими рисками для населения (табл. 1).

Таблица 1

Балльная оценка воздействия антропогенных факторов на изменение качества окружающей среды Иркутска [по данным 5; 10]

Микрорайон	Факторы оценки качества окружающей среды							Итого
	Атмосферное загрязнение	Угнетение древостоев	Риск заболевания	Подтопления	Шумовой	Загрязнение почвенного покрова	Электромагнитное, радиационное излучение	
Правобережный административный округ								
Иркутск-сити	4	5	5	4	4	4	3	29
Исторический центр города	4	5	5	2	4	5	5	30
мкр-н Зеленый	2	2	2	3	2	2	2	15
мкр-н Топкинский	2	3	2	1	2	2	2	14
предместье Марата	5	4	4	4	4	4	3	28
предместье Рабочее	5	3	3	5	3	3	3	25
предместье Радищево	4	3	3	5	2	3	4	24
пос. Малая Топка	1	2	2	1	1	3	1	11
пос. Лесной	1	2	1	1	1	2	1	9
пос. Искра	1	1	1	1	1	1	1	7
Октябрьский административный округ								
Аэропорт	3	5	4	1	5	5	4	27
мкр-н Байкальский	3	5	3	1	4	5	4	25
мкр-н Лисиха	3	4	4	1	4	4	5	25
мкр-н Солнечный	2	3	2	1	3	4	3	18
мкр-н Крылатый	3	4	3	1	3	4	3	21
130-й квартал	4	5	4	1	3	4	3	24
Свердловский административный округ								
мкр-н Академгородок	2	2	2	1	3	2	3	15

Окончание табл. 1

Микрорайон	Факторы оценки качества окружающей среды							Итого
	Атмосферное загрязнение	Угнетение древостоев	Риск заболеваний	Подтопления	Шумовой	Загрязнение почвенного покрова	Электромагнитное, радиационное излучение	
мкр-н Ершовский	2	2	1	1	2	2	2	12
поселки ГЭС	1	2	2	1	1	2	2	11
мкр-н Первомайский	2	3	2	3	2	3	3	18
мкр-н Приморский	3	2	2	2	2	3	2	16
мкр-н Радужный	2	2	2	1	2	2	1	12
мкр-н Синюшина гора	3	4	3	2	2	4	3	21
мкр-н Студгородок	3	4	3	1	4	3	3	21
мкр-н Университетский	2	2	3	1	3	3	3	17
мкр-н Юбилейный	2	2	3	1	3	2	3	16
мкр-н Энергетиков	2	2	2	1	2	3	3	15
предместье Глазково	5	4	4	2	4	4	3	26
Ленинский административный округ								
мкр-н Ново-Ленино	5	5	5	2	4	4	4	29
II Иркутск	5	5	5	4	5	5	2	31
пос. Батарейная	4	5	2	2	3	3	4	23
пос. Боково	4	4	3	5	3	3	2	24
пос. Жилкино	5	4	3	5	3	3	2	25
пос. им. Кирова	4	4	3	3	4	3	3	24
пос. Горького	2	3	4	5	3	3	3	23

Социальное устройство городской среды

Социальная инфраструктура для Иркутска, как и для любого другого города, является неотъемлемой частью, неким каркасом для населения. На сегодняшний день насчитывается более 760 социальных объектов. По правовым стандартам социальной обеспеченности (объектами здравоохранения и торгово-развлекательными объектами) на 1 января 2017 г. город полностью удовлетворяет всем требованиям [3; 10] (табл. 2).

На основе приведенных в таблицах данных была создана карта-схема комфорта проживания на территории Иркутска (рис. 3).

Заключение

Комплексный анализ материалов исследований состояния городской среды Иркутска показал, что расположение города в долинах рек создает отрицательное воздействие на городскую среду. Общая циркуляция атмосферы не справляется с загрязнением воздушного бассейна. Это в свою очередь обуславливает усиление загрязнения почв, грунтов и поверхностных вод системами жизнедеятельности человека.

Таблица 2

Обеспеченность городских округов основными объектами социальной инфраструктуры [5; 10]

Объекты инфраструктуры	Округа			
	Октябрьский	Правобережный	Свердловский	Ленинский
Аптеки	64 (42,4)	49 (41,5)	71 (34,8)	37 (24,8)
Поликлиники взрослые	3 (2,0)	11 (9,3)	10 (4,9)	5 (3,3)
Поликлиники детские	2 (1,3)	3 (2,5)	6 (2,9)	4 (2,7)
Парки	2 (1,3)	-	3 (1,5)	4 (2,7)
Тренажерные залы	32 (21,2)	18 (15,3)	17 (8,3)	13 (8,7)
Отделения полиции	3 (2,0)	4 (3,4)	3 (1,5)	2 (1,3)
Пожарные части	5 (3,3)	4 (3,4)	2 (1,0)	3 (2,0)
Школы	20 (13,3)	23 (19,5)	23 (11,3)	20 (13,4)
Детские сады	25 (16,6)	26 (22,0)	47 (23,0)	34 (22,8)
Торговые центры	17 (11,3)	48 (40,7)	27 (13,2)	20 (13,4)
Рынки	1 (0,7)	16 (13,6)	2 (1,0)	6 (4,0)

*В скобках указано количество объектов на 100 тыс. человек.

Перегретые жилые массивы города «притягивают» загрязненные вещества, что заметно по центральной части города с каменной застройкой, по району Иркутска-2, микрорайонам Первомайский и Университетский. Деревянная застройка, сочетающаяся с зелеными насаждениями, охлаждает поверхность, тем самым препятствуя распространению вредных примесей.

Парки, скверы города, реки Ангара, Ушаковка, озера способствуют активному воздухообмену в пределах города за счет существенных перепадов температур, в связи с чем наблюдается вынос загрязняющих веществ за пределы загрязненных территорий. В то же время необходимо создание дополнительных зон аэрации в пределах районов экологического риска – в перегретых районах города, особенно находящихся вблизи либо в наветренной зоне промышленных предприятий. Наиболее сильное загрязнение характерно для полузакрытых ниш с плохим проветриванием, особенно в районах многоэтажной застройки, находящейся вблизи магистралей, либо под выбросами промышленных предприятий. Улицы, имеющие выход к реке и направление, совпадающее с преобладающими ветрами, отличаются лучшими экологическими условиями.

Основной недостаток архитектурного развития города – игнорирование микроклиматических особенностей территории. Застройка велась в большинстве случаев без учета местной циркуляции, поэтому расположение промышленных предприятий и высокоэтажных районов города не благоприятствует процессу воздухообмена внутри города. Важно применять азимутальное направление застройки, которое во многом способствовало бы улучшению системы самоочистки атмосферы в городе. При планировании дальнейшего развития города целесообразна система мер по локализации воздействия промышленных предприятий, связанная, прежде всего, с учетом климатических факторов. Необходимо максимальное ограничение строительства в пойменных экосистемах города, что обусловлено как уси-

ленным загрязнением этих районов, так и динамикой процессов рельефообразования, связанных с изменением уровня грунтовых вод и техногенными колебаниями уровня Ангары, особенно – с залповыми сбросами воды.

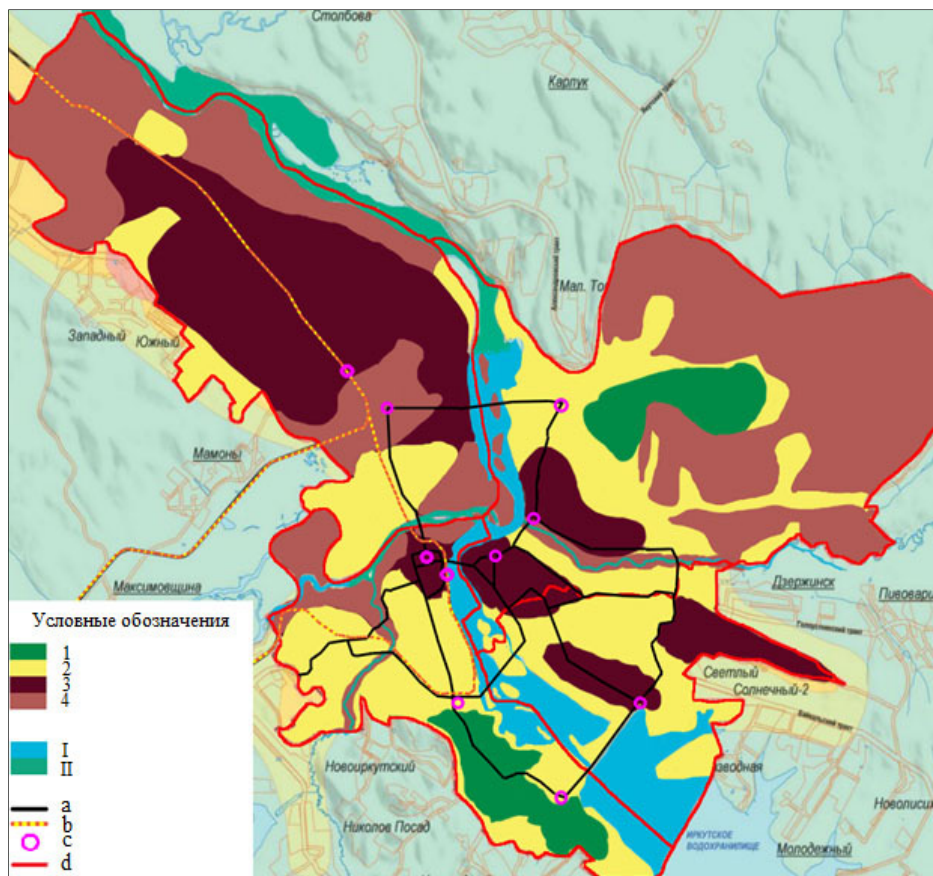


Рис. 3. Карта-схема комфортности проживания в Иркутске с транспортной инфраструктурой.

Степень комфортности:	Степень загрязненности рек:
1 – комфортная;	I – слабозагрязненные;
2 – некомфортная;	II – сильнозагрязненные.
3 – повышенный риск	Дополнительные обозначения:
заболеваемости;	a – автомобильные дороги; b – железнодоро-
4 – участки без застройки.	рожные пути; c – транспортные узлы;
	d – границы города и округов.

Список литературы

1. Аргучинцев В. К. Моделирование мезомасштабных гидротермодинамических процессов и переноса антропогенных примесей в атмосфере и гидросфере региона оз. Байкал / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. – 256 с.
2. Аргучинцева А. В. Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды / А. В. Аргучинцева, В. К. Аргучинцев. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. – 134 с.
3. Атлас развития Иркутска. – Иркутск, 2011. – 131 с.

4. Долгачева Т. А. Оценка комфортности проживания населения в городе (на примере г. Саранска) : дис. ... канд. геогр. наук / Т. А. Долгачева. – Калуга, 2006. – 174 с.
5. Материалы из информационно-аналитического бюллетеня за 2014 г. Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Иркутской области. – Иркутск, 2014. – 87 с.
6. Нормативы для торговых объектов [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71274778/2.
7. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2015 г. : гос. докл. – Иркутск, 2016. – 316 с.
8. Социальные стандарты [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.grandars.ru/student/finansy/socialnye-standarty.html.
9. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 320 с.
10. Экология Иркутска [Электронный ресурс]. – URL: http://irkipedia.ru/content/irkutsk_gorod.

Geosystem Exploration and Mapping of Environmental Quality of Urbanized Area

T. I. Konovalova

*Irkutsk State University, Irkutsk
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk*

V. N. Kurdyukov, M. V. Levasheva

Irkutsk State University, Irkutsk

A. S. Silaev

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

N. V. Petruhin

Ltd «Tour Operator Baykalika», Irkutsk

Abstract. The problem of monitoring change in the quality of the environment Urbanized territories necessitated the study of the organization and functioning of natural and natural-technical systems. Anthropogenic influence can provoke the emergence or strengthening of a number of negative natural processes and phenomena. The intensity of the degradation of geosystems depends on the character of anthropogenic load, and on a number of factors of their organization, the features of heat and humidity, conformity to the physical and geographical conditions of higher landscape stability, direction natural transformation, the resonance of natural and anthropogenic processes. In turn, degradation of the environment leads to significant changes in health and conditions of human life. Componentwise evaluation of the quality of environment does not provide an accurate picture of its transformation because of the existence properties of emergentness. The application of the same maximum permissible quantities of anthropogenic impact for all types of geosystems is problematic due to the properties of variability, characteristic of the latter. The difficulties of matching disparate primary data are driving the need to simplify their analysis, which reduces the solution of complex tasks to private, taking, thereby, from the realities of multilateral research of the territory, analysis of the peculiarities of its transformation. The solution to this problem is largely determined by the knowledge of patterns of organization of geosystems, when the whole mechanism of the equipment of tasks, synthesized on a single geosystem basis and becomes easily comparable. In this approach landscape is considered as a whole, in which the relationships between them

and their components are made through their common affiliation to the superior geosystems. It is a product of the synthesis of time and space personified in the holistic appearance of interconnected components that respond to external factors, including human activities, depending on their organization. The article presents the results of geosystem exploration and mapping the environmental quality of the regional and industrial center of Eastern Siberia – Irkutsk city.

Keywords: geosystem, invariant, urban landscapes, transformation, valuation factors, terms of stay, comfort.

References

1. Arguchinzev V.K., Arguchinzeva A.V. *Modelirovanie mezomastabnih gidrotermodynamicheskikh processov i perenosa antropogennih primesey v atmosphere i gidrosfere regiona oz. Baikal* [Simulation of mesoscale hydro-thermodynamic processes and transfer of anthropogenic admixtures in atmosphere and hydrosphere of region Lake. Baikal]. Irkutsk, Irkutsk state university, 2007, 256 p.
2. Arguchinzeva A.V., Arguchinzev V.K. *Matematicheskoe modelirovanie v zadachah ohrani okruzhayuchey sredy* [Mathematical simulation in the tasks of the protection of the environment]. Irkutsk, Irkutsk State University, 2015, 134 p.
3. *Atlas razvitiya Irkutsk*. Atlas of the development of Irkutsk. Irkutsk, 2011, 131 p.
4. Dolgacheva T.A. *Ozenka komfortnosti prozhivaniya naseleniya v gorode (na primere g. Saranska)* [Assessment of comfort of residence of the population in the city (on the example of Saransk)]. Kaluga, 2006, 174 p.
5. *Materiali iz informazionno-analiticheskogo byulletenyz za 2014 g. Ozenka vliyaniya faktorov sredi obitaniya na zdorov'e naseleniya Irkutskoy oblasti.* [Materials from the information and analytical bulletin for 2014 – the Impact assessment of factors of the habitat on health of the population of the Irkutsk region]. Irkutsk, 2014, 87 p.
6. *Normativy dlya togovykh objektov* [Standards for commercial properties] URL: [<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71274778/2>].
7. *O sostoyanii i ob ohrane okruzhayuchey sredy Irkutskoy oblasti v 2015 gody. Gosudarstvennyy doklad* [State report «On condition and protection of the environment in Irkutsk region in 2015»]. Irkutsk, 2016, 316 p.
8. *Sozial'nie standarti.* Social standards. Access mode: <http://www.grandars.ru/student/finansy/socialnye-standarty.html> (in Russian).
9. Sochava V. B. *Vvedenie v uchenie o geosistemah* [Introduction to the doctrine of Geosystems]. Novosibirsk, Nauka, 1978, 320 p.
10. Ecology of Irkutsk. Access mode: http://irkipedia.ru/content/Irkutsk_gorod (in Russian).

*Коновалова Татьяна Ивановна,
доктор географических наук, профессор,
заведующий, кафедра географии,
картографии и геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-71
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел. (3952) 42-69-20
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru*

*Konovalova Tatiana Ivanovna,
Doctor of Science (Geography), Professor,
Head, Department of Geography,
Cartography and Geosystems Technology
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel. (3952) 52-10-95
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-69-20
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru*

*Силаев Алексей Сергеевич
аспирант*

*Silaev Alex Sergeevich
Postgraduate*

*Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел. (3952) 42-69-20
e-mail: alex-3952@mail.ru*

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-69-20
e-mail: alex-3952@mail.ru*

*Курдюков Виталий Николаевич
ведущий инженер, кафедра метеорологии
и охраны атмосферы
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94
e-mail: vit.kurdyukov@list.ru*

*Kurdyukov Vitaly Nikolaevich
Leading Engineer, Department of Meteorolo-
gy and Protection of the Atmosphere
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-94
e-mail: vit.kurdyukov@list.ru*

*Петрухин Николай Вадимович
менеджер по организации туров
на Байкал
ООО «Туроператор Байкалика»
664017, г. Иркутск, мкр-н Радужный, 12
e-mail: viscaelbarca1992*

*Petruhin Nikolai Vadimovich
The Manager on Tours Around
the Lake Baikal
Ltd «Tour operator Baykalika»
12, MKR Radujniy, Irkutsk, 664017
e-mail: viscaelbarca1992*

*Левашева Марина Владимировна
кандидат географических наук, доцент,
кафедра географии, картографии
и геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-71
e-mail: lemavlad@mail.ru*

*Levasheva Marina Vladimirovna
Candidate of Science (Geography), Associate
Professor, Department of Geography,
Cartography and Geosystems Technology
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-95
e-mail: lemavlad@mail.ru*