

УДК 771.4:528.88

© Коллектив авторов

*И.Д. Зольников, Н.В. Глушкова, В.А. Лямина, Д.В. Пчельников*

# ГИС-ОЦЕНКА СЕЛИТЕБНОЙ НАГРУЗКИ В ОБЛАСТЯХ ДИФFUЗНОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОГО АКАДЕМГОРОДКА

## Введение

Характерная черта Новосибирского Академгородка – диффузная застройка, «основой которой является взаимопроникновение жилых и рабочих кварталов и больших массивов нетронутых природных насаждений» [1], что позволяет называть его эколополисом в современном его понимании [2]. Таким образом, город-лес, или эколополис, представляет собой систему, для которой присуще мозаичное пространственное распределение природных и антропогенных ее компонент. Поэтому для исследования территории Академгородка использована комплексная технология геоинформационного моделирования [3], которая разработана на основе технологии выделения гетерогенных природно-территориальных комплексов (ПТК) [4]. Она позволяет оценить вклад в ПТК различных типов природных и антропогенных объектов (в зависимости от их процентного площадного соотношения). Разработанная технология позволяет количественно оценивать плотность населения и озеленения, а также селитебную нагрузку для сложных урбанизированных районов.

## Селитебная нагрузка в контексте норм плотности населения и озеленения городских территорий

Традиционно территорией Новосибирского научного центра считается «верхняя зона» (ВЗ) Академгородка (рис. 1), в то время как «нижняя зона» (НЗ) и зона шлюза (ШЗ) в своем современном виде формировалась не в соответствии с принципами эколополиса. НЗ и ШЗ построены на площадках террас долины Оби и характеризуются гораздо большей плотностью застройки и меньшей плотностью озеленения (рис. 2), нежели ВЗ. Проведенные ранее исследования показали [5], что первоначальная планировка верхней зоны Академгородка представляла собой экологически продуманный проект, для которого характерно эффективное сочетание жилой застройки и научно-исследовательского комплекса, оптимально встроенных в геоландшафтное окружение. Новосибирский Академгородок выстроен на делювиальной

поверхности, пологой наклонной с востока на запад. Основная часть жилой застройки и институтский комплекс полумесяцем охватывают верхнюю часть наклонной поверхности, поэтому все загрязнения от институтского комплекса обычно несутся поверхностными водами (талыми и дождевыми) не в сторону жилой зоны, а внутрь лесного массива. То же касается и бытовых загрязнений жилой застройки. В Академгородке преобладает юго-западное направление ветров. Таким образом, все атмосферные загрязнения, формируемые институтским комплексом, сносятся на северо-восток в сторону от жилой застройки. В соответствии с преобладающими направлениями розы ветров интенсивное воздействие оказывают ТЭЦ и другие источники промышленных атмосферных выбросов со стороны г. Бердска (к югу от рассматриваемой территории). Однако застройка располагается на склоне, обращенном не к Бердску, а от него, что снижает силу этого воздействия, т.к. при фоновых ветрах загрязнения проносятся над Академгородком на высотах 15-50 м.

Постоянным является загрязнение атмосферного воздуха со стороны Бердского шоссе, однако, оно ослабляется и даже экранируется наличием буферной зеленой зоны (более полукилометра) между жилым комплексом и автомагистралью. Анализ геохимических показателей почвенного покрова показал, что территория Академгородка, несмотря на долговременное воздействие техногенного фактора, сохраняет относительно благоприятное экологическое качество среды [5]. Типовые экогеохимические обстановки Академгородка ближе к природным, а не к урбанизированным ландшафтам. По сравнению с другими урбанизированными районами г. Новосибирска для Новосибирского Академгородка не характерны загрязнения почв, связанные с промышленными объектами или старыми жилыми застройками. Исключение составляют локальные аномалии, выраженные повышенными содержаниями цинка и свинца, приуроченные к автомагистралям и автостоянкам. Таким образом, мы можем рассматривать техногенную нагрузку на данную территорию как



Рис. 1. Схема территории застройки Новосибирского Академгородка: 1 – основные дороги, 2 – дома, жилая застройка: 3 – ВЗ, 4 – НЗ, 5 – ШЗ

преимущественно селитебную, т.е. связанную с автомагистралями и жилой застройкой, а не с промышленностью.

Согласно СП 42.13330.2011 [6] при проектировании жилой застройки, как правило, выделяются два основных уровня структурной организации селитебной территории:

1. Микрорайон (квартал) – структурный элемент жилой застройки площадью, как правило, от 10 до 60 га, но не более 80 га, не расчлененный магистральными улицами и дорогами, в пределах которого размещаются учреждения и предприятия повседневного пользования

с радиусом обслуживания до 500 м; границами, как правило, являются магистральные или жилые улицы, проезды, пешеходные пути, естественные рубежи.

2. Жилой район – структурный элемент селитебной территории площадью, как правило, от 80 до 250 га, в пределах которого размещаются учреждения и предприятия с радиусом обслуживания до 1500 м, а также часть объектов городского значения; границами, как правило, являются труднопреодолимые естественные и искусственные рубежи, магистральные улицы и дороги общегородского значения.

На изученной территории жилым районам соответствуют ВЗ, НЗ и ШЗ. Поскольку концепции экополиса соответствует только ВЗ, то НЗ и ШЗ могут рассматриваться в качестве сравнительных полигонов типично урбанизированных районов. Так как суммарная численность исследуемых районов составляет 75 тысяч человек [7], то согласно Своду Правил [6] норма плотности населения для жилого района в данном случае рекомендуется 180 чел/га, при этом расчетная плотность населения микрорайонов не должна превышать 450 чел/га. Норма плотности населения жилого района для города с населением свыше 1000 тыс. человек составляет 210 чел/га, однако район Новосибирского Академгородка находится на отдалении от основной части города и окружен лесными массивами, поэтому в данном случае более целесообразно использовать норму в 180 чел/га, как для более мелких поселений. Площадь озелененной территории микрорайона (квартала) следует принимать не менее 6 кв. м/чел. Удельный вес озелененных территорий различного назначения в пределах застройки городов (уровень озелененности территории застройки) должен быть не менее 40%, а в границах территории жилого района не менее 25% (включая суммарную площадь озелененной территории микрорайона). При застройке территорий, примыкающих к лесам и лесопаркам или расположенных в их окружении, суммарную площадь озелененных территорий допускается уменьшать, но не более чем на 30%, соответственно увеличивая плотность населения.

Согласно базе нормативной документации [8] были приняты следующие категории дорог/зданий и их воздействие на окружающую среду (табл. 1).

Приведенные нормы могут быть использованы для количественной оценки селитебной нагрузки на территорию. Подчеркнем, что одинаковые категории зданий и дорог сравнимы по степени антропогенного влияния на окружающую среду. Это позволяет

проводить комплексный сопряженный анализ этих разных объектов при оценке селитебной нагрузки.

### Моделирование природно-антропогенных территориальных комплексов

Как уже говорилось во введении, для анализа мозаичных природно-антропогенных экосистем Академгородка и его ближайшего окружения использована комплексная технология геоинформационного моделирования [3]. Для территории Новосибирского Академгородка была создана база геоданных на основе космических снимков Quickbird летнего и осеннего сезонов [9]. Были выделены основные природные (леса) и антропогенные (застройка, автомобильные и железные дороги, тропинки и т.п.) составляющие ПТК Академгородка. Природные объекты получены управляемой классификацией методом максимального правдоподобия в программном пакете ENVI, а антропогенные объекты уточнялись методом ручной оцифровки с космических снимков Quickbird, используемых в качестве подложки в программном пакете ArcGIS. Антропогенные объекты расклассифицированы по степени воздействия на окружающую среду (табл. 1).

На следующем этапе были построены плотностные схемы по каждому типу компонентов ПТК. Шаг сетки был принят 2,5 м, поскольку он максимально близко соответствует пространственному разрешению обрабатываемого космического снимка QuickBird. Так как плотность населения рассчитывается в пределах микрорайонов (кварталов), а их средняя площадь для Новосибирского Академгородка составляет 30 га, то радиус скользящего окна для построения плотностных сеток выбран 300 м, что округленно соответствует площади скользящего окна в 30 га.

Согласно статистическим данным мэрии г. Новосибирска численность населения ВЗ составляет 22 тысячи жителей, НЗ – 37 тысяч жителей,

Таблица 1

Категории воздействия дорог и зданий на окружающую среду

Объект	Категории воздействия	1	2	3	4
Дороги федерального значения					250 м
Дороги с интенсивностью более 2000 ед/сутки, железная дорога				120 м	
Дороги с интенсивностью менее 2000 ед/сутки			50 м		
Тропинки, велосипедные дорожки		10 м			
Здания с этажностью от 1 до 3		10 м			
Здания с этажностью от 4 до 8			50 м		
Здания с этажностью от 9 до 16				120 м	

ШЗ – 16 тысяч жителей, что в сумме составляет 75 тысяч человек [7]. Для получения сетки плотности населения на территории, исходя из статистики, было вычислено среднее количество человек, проживающих в домах разной площади и этажности. Рассчитанная по домам разных типов численность населения соответствует статистическим данным, приведенным для Новосибирского Академгородка и его микрорайонов. В результате получилась численность населения рассматриваемой территории – 75 565 жителей, что не превышает 1% от статистических данных мэрии. Далее с использованием полученных данных по домам была построена сетка плотности населения территории Академгородка, анализ которой показал, что на рассматриваемой территории максимальная плотность населения составляет 122 чел/га, и это не превышает нормы плотности населения как по микрорайону (450 чел/га), так и по жилому району (180 чел/га).

Для оценки степени озелененности территории была построена плотностная схема по растительности с радиусом скользящего окна 300 м и нормирована на максимальное значение, т.е. на значение,

соответствующее 100% заполнению скользящего окна растительностью. Далее плотностная сетка растительности была расклассифицирована на 3 класса, согласно нормам по озеленению территории. Согласно нормам [6], площадь озеленения микрорайонов не должна быть меньше 25% от общей площади, однако, если микрорайон примыкает к лесным массивам (что имеет место в данном случае), площадь озеленения может быть уменьшена до 18%. Площадь моделируемого фрагмента Советского района Академгородка составляет 3130 га. Площадь озеленения (свыше 18%) – 2600 га. Если Академгородок считать малым городом, то общая площадь его озеленения (включая лесопарковые зоны) составляет 83%, что не ниже нормы (40% для города).

Кроме норм озеленения территории в процентах, существуют нормы озеленения микрорайонов в зависимости от плотности населения. Площадь озелененной территории должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup> на человека. На основании этого были вычислены и построены участки, которые не соответствуют норме минимально необходимой озелененности в зависимости от плотности населения территории (рис. 2).

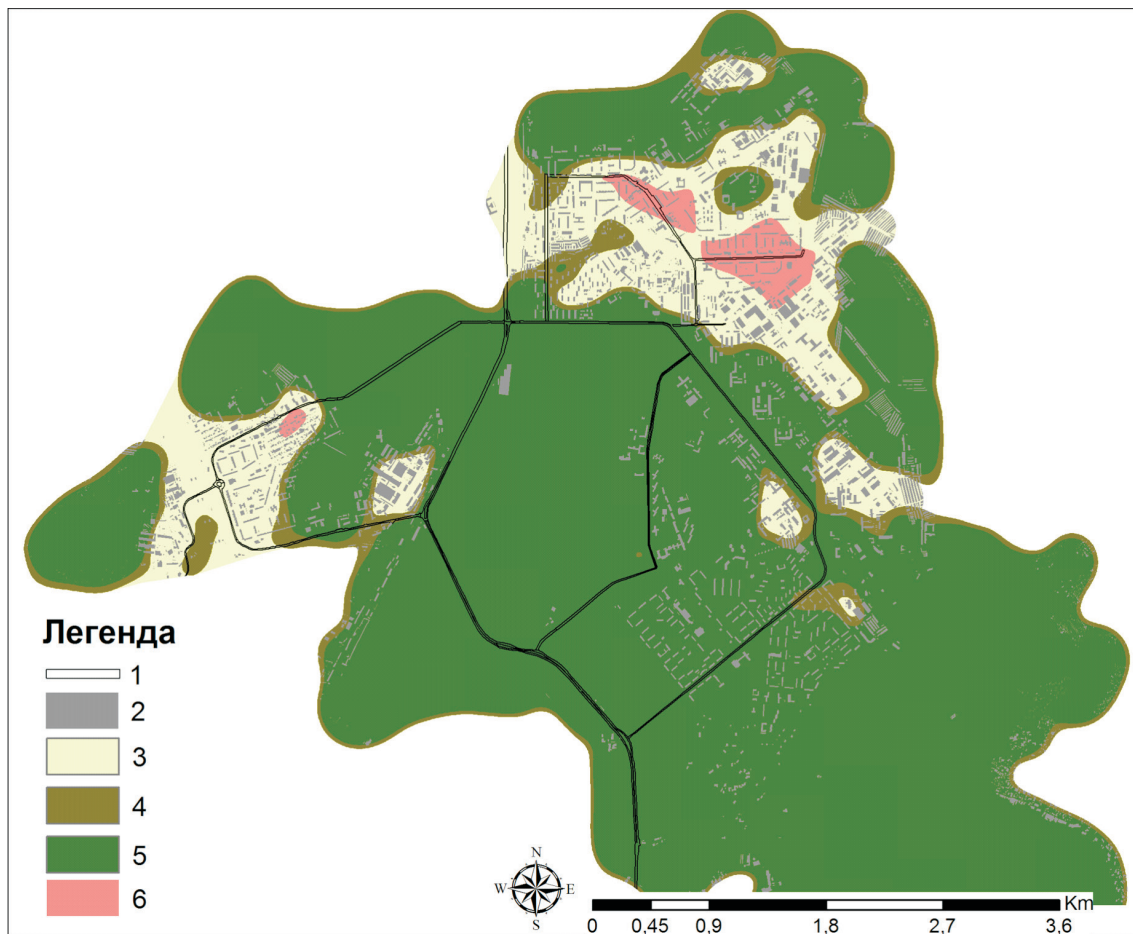


Рис. 2. Озелененность территории в зависимости от плотности населения, построенная в скользящем окне радиусом 300 м:

1 – основные дороги, 2 – дома, 3 – плотность озеленения меньше 18%, 4 – плотность озеленения от 18 до 25%, 5 – плотность озеленения больше 25%, 6 – озеленение меньше 6 м<sup>2</sup> на человека

Согласно вышеприведенной схеме, видно, что вся территория ВЗ Академгородка полностью соответствует нормам озелененности на человека, в то время как на территории НЗ и ШЗ часть территорий не соответствует нормам. Исходя из приведенных выше расчетов, жилая часть территории ВЗ Академгородка полностью соответствует всем нормам застройки и озеленения и может считаться экополисом. Однако тенденция точечной застройки многоэтажными зданиями может значительно ухудшить ситуацию. Часть территорий НЗ и ШЗ не соответствует нормам по озеленению. Это дает возможность планировать необходимые мероприятия по озеленению территории с конкретной адресной привязкой.

Кроме анализа схем плотности населения и озеленения, проведена оценка селитебной нагрузки на исследуемую территорию. Для этого была создана плотностная схема дорог и зданий с учетом категорий воздействия (табл. 1). Построенная сетка была расклассифицирована в соответствии с категориями воздействия техногенных объектов. Воздействие связано с селитебной нагрузкой,

т.к. источников промышленного загрязнения в Академгородке нет. Значение «0» соответствует отсутствию селитебной нагрузки; значение 100% – территории, которая полностью занята дорогами и зданиями второй категории (рис. 3). За норму селитебной нагрузки принято значение 75% территории, занятой зданиями и дорогами второй категории (для городской территории). Эта норма принята как условная договорная, т.к. документов, нормирующих данный параметр, авторам неизвестно. Тем не менее, были проведены работы по оценке влияния на состояние экосистем тропиной сети в лесных массивах, прилегающих к жилой застройке [10]. Эти исследования показали, что параметр селитебной нагрузки имеет важное значение при оценке антропогенной нагрузки на городские и пригородные лесопарковые зоны и должен учитываться при планировании развития урбанизированных территорий.

Как видно из рис. 3, территория ВЗ Академгородка характеризуется гораздо меньшей селитебной нагрузкой, нежели большая часть территории НЗ и ШЗ. При этом наиболее техногенно-нагруженные

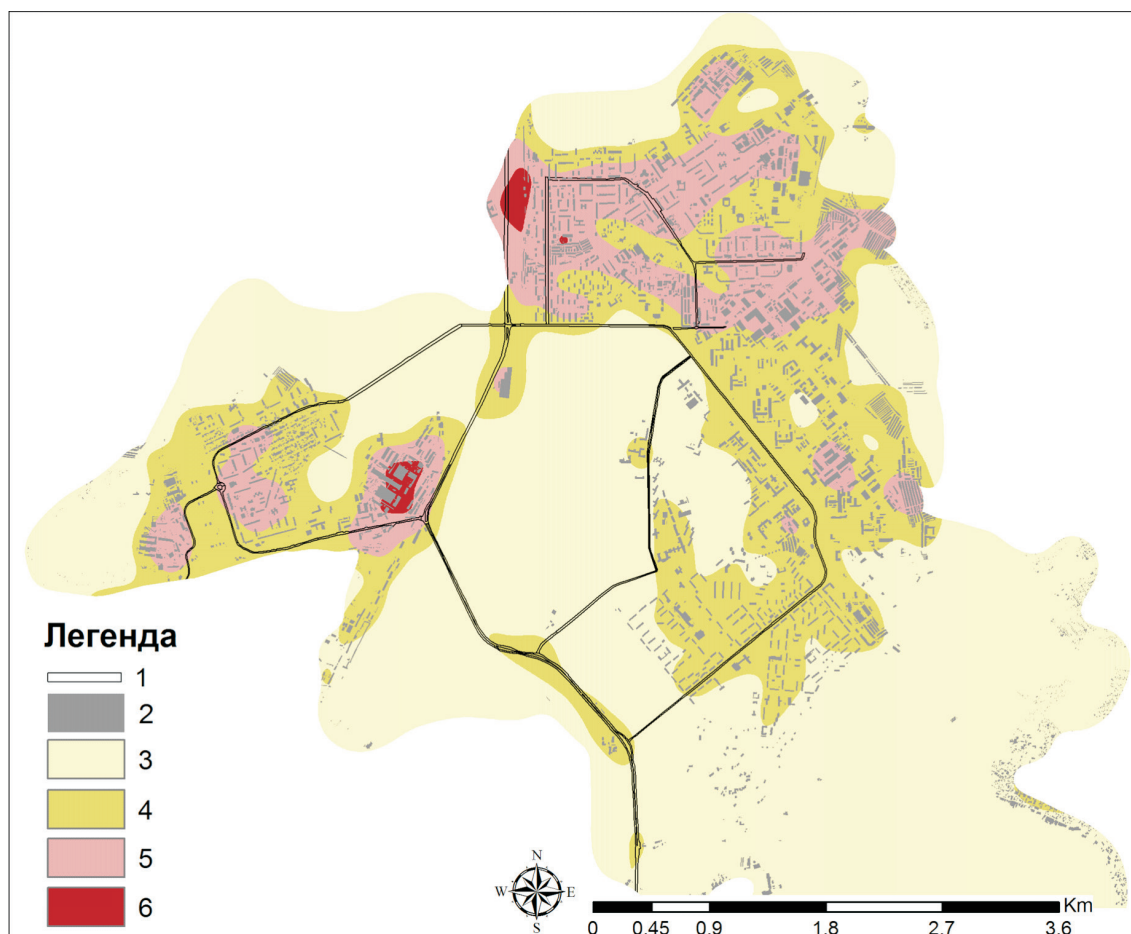


Рис. 3. Плотностная схема селитебной нагрузки, построенная в скользящем окне радиусом 300 м: 1 – основные дороги, 2 – дома, 3 – 0-20% территории занято домами и дорогами 2-й категории; 4 – 20-40% территории занято домами и дорогами 2-й категории; 5 – 40-60% территории занято домами и дорогами 2-й категории; 6 – более 60% территории занято домами и дорогами 2-й категории

участки прилегают к автомагистралям федерального значения либо к повышенной густоте автодорог 2-й и 3-й категории. Однако, это сравнение имеет относительный и условный характер, поскольку современными нормами градостроения критические пределы селитебной нагрузки не регламентируются. Т.е. можно установить, где селитебная нагрузка больше, а где меньше, но для конкретных выводов о превышении норм пока не имеется общепринятого обоснования.

На следующем этапе полученные сетки селитебной нагрузки и плотности растительности конвертировались в вектор, после чего проводились оверлейные операции (пересечение слоев). На рис. 4 представлена итоговая схема, учитывающая как плотность растительности, так и плотность селитебной нагрузки. Территория классифицирована по двузначному индексу, первая цифра которого

отражает степень селитебной нагрузки (1 – удовлетворительная; 2 – высокая), а вторая цифра отражает степень озелененности территории (1 – озеленение не удовлетворяет «жесткой» норме  $6\text{ м}^2/\text{чел.}$ ; 2 – озеленение не удовлетворяет «мягкой» норме 18% от площади жилого района; 3 – озеленение удовлетворяет нормам).

В рамках рассматриваемой схемы почти вся территория жилой застройки ВЗ удовлетворяет всем нормам по озеленению (98% территории, обозначено индексом 13) и имеет фоновую селитебную нагрузку. Лишь небольшой участок на ее северо-востоке не удовлетворяет требованиям «мягкой нормы» по озеленению, но удовлетворяет «жесткой норме» (оставшиеся 2% соответствуют индексу 12). Небольшие пятна с индексом 22 в пределах верхней зоны приходятся на нежилой институтский комплекс. В пределах НЗ и ШЗ больше

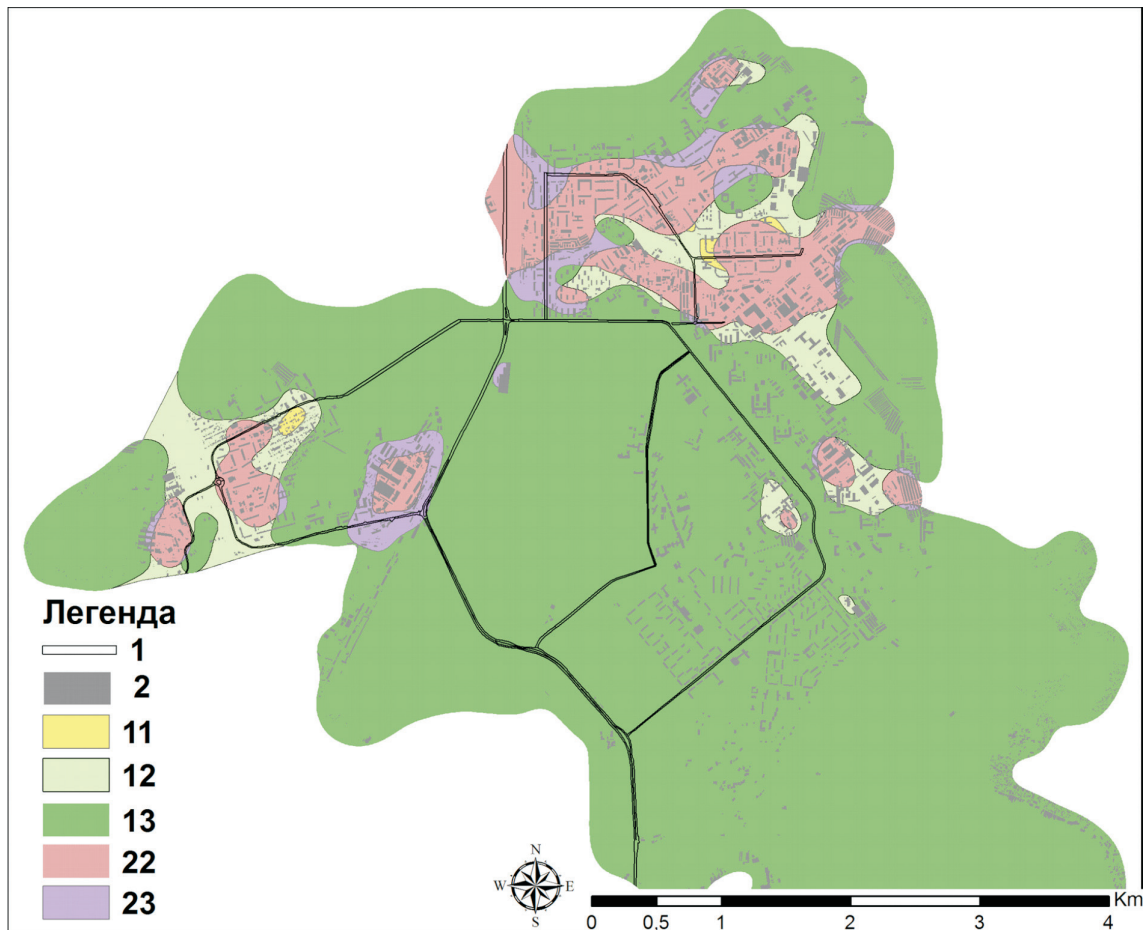


Рис. 4. Интегральная схема древесной растительности и селитебной нагрузки, построенная в скользящем окне радиусом 300 м:

- 1 – основные дороги, 2 – дома, 11 – удовлетворительная селитебная нагрузка, озеленение ниже нормы в  $6\text{ м}^2$  на чел., 12 – удовлетворительная селитебная нагрузка, озеленение меньше 18%,
- 13 – удовлетворительная селитебная нагрузка, озеленение более 18%,
- 22 – селитебная нагрузка высокая, озеленение меньше 18%,
- 23 – селитебная нагрузка высокая, озеленение более 18%

половины территории имеет высокую селитебную нагрузку (61% территории – индексы 22, 23) и 2/3 территории не соответствует нормам по озеленению (66,6% территории – индексы 11, 12, 22). Треть территории соответствует нормам по озеленению (34,3% – индексы 13, 23).

Таким образом, удалось количественно оценить территорию на соответствие нормам плотности населения и озеленения, а также провести оценку селитебной нагрузки, что имеет значение для дальнейшего развития района.

### Заключение

Разработанная методика позволяет проводить ретроспективное и прогнозное моделирование природно-антропогенной системы и может служить основой как для мониторинга, так и для планирования развития территории. Так, например, дополнительное озеленение буквально в несколько процентов от территорий НЗ и ШЗ Академгородка позволит достигнуть нормы озеленения на человека. Также можно оценить, насколько может повлиять дальнейшая точечная застройка многоэтажными зданиями территории ВЗ Академгородка. При этом на момент изучения плотность населения соответствует нормам в рамках всей исследованной территории. Однако результаты ГИС-анализа по данным застройки 2014 года показали, что на территории Новосибирского Академгородка наблюдается принципиально различная картина между ВЗ и НЗ+ШЗ. Если территорию ВЗ можно считать экополисом, встроенным в природное окружение, соответствующим всем градостроительным нормам, то НЗ и ШЗ наоборот представляют собой селитебно нагруженные территории, не всегда соответствующие нормам по озеленению территории. Таким образом, предлагаемая комплексная технология геоинформационного анализа и моделирования позволяет не только картографировать, но и количественно оценивать степень селитебной нагрузки на урбанизированную территорию, диффузионно встроенную в природный ландшафт.

Работа выполнена в рамках гранта мэрии г. Новосибирска «Комплексная методика (с использованием ГИС и ДЗ) оценки и планирования жилой застройки в зависимости от плотности населения территории и озеленения в соответствии с нормами на примере показательных участков г. Новосибирска».

**Ключевые слова:** плотность населения, QuickBird, селитебная нагрузка, озеленение территории, ГИС.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Природа Академгородка: 50 лет спустя / отв. ред. И.Ф. Жимулев. Новосибирск : Издательство СО РАН, 2007. – 250 с.
2. Владимиров В.В. Урбоэкология : курс лекций. – М. : МНЭПУ, 1999. – 204 с.
3. Динамика экосистем Новосибирского Академгородка / Ю.С. Равкин, Н.Н. Добрецов, М.Г. Сергеев и др. ; отв. ред. И.Ф. Жимулев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. – 438 с.
4. Зольников И.Д., Лямина В.А., Королюк А.Ю. Комплексная технология картографирования и мониторинга гетерогенных ландшафтов // География и природные ресурсы. – 2010. – № 2. – С. 126-131.
5. Баландис В.А., Зольников И.Д., Красавчиков В.О., Птицын А.Б. Эколого-геохимический анализ природно-антропогенной экосистемы (на примере Новосибирского Академгородка) // География и природные ресурсы. – 2002.– № 2. – С. 32-39.
6. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. – М. : Центр проектной продукции в строительстве. 2011. – 109 с.
7. Новосибирский Академгородок – Википедия [Электронный ресурс]. – URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/новосибирский\\_академгородок](http://ru.wikipedia.org/wiki/новосибирский_академгородок) (дата обращения: 12.04.15).
8. База нормативной документации [Электронный ресурс]. – URL: [www.complexdoc.ru](http://www.complexdoc.ru). Руководство по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов дорожного хозяйства (дата обращения: 22.04.15).
9. Добрецов Н.Н., Зольников И.Д., Глушкова Н.В., Лямина В.А., Соколов К.С., Макунина Н.И., Смирнов В.В., Пчельников Д.В. Технологии компьютерного картографирования, ГИС-анализа и моделирования природно-антропогенных экосистем на примере Новосибирского Академгородка // Вестник КемГУ. – 2012. – Том 2. – № 4. – С. 54-60.
10. Лашинский Н.Н., Зольников И.Д., Глушкова Н.В. Оценка структуры растительного покрова и его антропогенной трансформации на основе обработки космоснимков QUICKBIRD (Новосибирский Академгородок) // Исследование Земли из космоса. – 2013. – № 1. – С. 71-78.