
МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА
ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 502;502.64

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА

© 2017 г. В. Г. Заиканов, Т. Б. Минакова, Е. В. Булдакова, И. С. Сависько

*Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева Российской академии наук,
Уланский пер., д. 13, стр. 2, г. Москва, 101000 Россия.
E-mail: e_buldakova@mail.ru; zaikanov@geoenv.ru*

Поступила в редакцию 04.02.2016 г.
После исправления 20.09.2016 г.

В целях обеспечения градостроительного проектирования новыми, в том числе геоэкологическими технологиями, разработана и апробирована на модельном объекте методика выявления, оценки и визуализации комплекса геоэкологических ограничений.

При принятии оптимальных градостроительных решений по реорганизации урбанизированной территории важную роль играют этапность и наглядность представления геоэкологической информации с применением картографического моделирования. Приводится алгоритм создания комплекта карт, отражающих сложившуюся ситуацию, геоэкологические проблемы и рекомендации по их решению. Обосновываются критерии выделения урбогеосистем как базового объекта оценки и критерий количественной оценки геоэкологических ограничений, осуществляемой с применением ГИС-технологий. Предложены перечень оценочных показателей и обоснование их сопоставимости на основании привлечения стоимостных показателей. Выбранный критерий количественной оценки геоэкологических ограничений (степень их опасности для каждого реципиента) отражает геоэкологическое состояние территории.

Результаты интегральной количественной оценки степени опасности геоэкологических ограничений являются основой для выявления сложившихся проблемных ситуаций, районирования территории, оценки эффективности проекта инвестирования освоения (реорганизации) городских территорий в части нейтрализации геоэкологических ограничений.

Предложенный подход к районированию территорий по геоэкологическим ограничениям не только приемлем для визуализации современной опасности геоэкологических ограничений, но и перспективен при разработке генпланов городов, проектов реорганизации и освоения новых территорий.

Ключевые слова: геоэкологические ограничения, урбогеосистемы, критерии оценки, сопоставимость оценок, ГИС-технологии, районирование городской территории.

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие городской территории в значительной степени обеспечивается внедрением передовых технологий, в том числе и в градостроительное проектирование. Для оптимизации планирования городского пространства необходим учет неблагоприятных геоэкологических факторов, ограничивающих ее использование и освоение. Строительство новых зданий и сооружений в городе сокращает площади свободных и пригодных для освоения земель. Альтернативой этому становится возведение высотных объектов и освоение подземного пространства городов. Современные законодательные и нормативные документы планирования и проектирования городов не

учитывают геоэкологические факторы, выходящие за рамки экологических или инженерно-экологических изысканий, заключающихся в опробовании и оценке загрязнения атмосферного воздуха, почв, грунтов, поверхностных и подземных вод.

Город активно изменяет природную среду, что предопределяет необходимость комплексного анализа геоэкологического состояния урбанизированной территории. Недоучет геоэкологических ограничений при проектировании в дальнейшем выражается в нанесении ущерба окружающей природной среде и здоровью человека. Современные схемы планирования городских пространств должны использовать данные о природных и техногенных опасностях – вероятных причинах

возникновения ущерба. Для этого необходимо проводить специфические геоэкологические исследования, выделенные в особый обязательный блок. Первоначально надо обосновать основные понятия геоэкологии, которые будут использоваться при проектировании, и закрепить их как инструмент профессионального общения в нормативных документах. Затем с целью оптимизации проектирования и планирования будущих безопасных городов должны быть разработаны новые геоэкологические технологии, в частности разработка методики районирования городской территории по геоэкологическим ограничениям, руководство по ее реализации и др. [1].

На основе опыта работы авторов с проектными организациями, участия в разработке схем территориального планирования, генпланов городов, а также изучения различных подходов к природному и социально-экологическому районированию разработан методический подход по выявлению, оценке и визуализации геоэкологических ограничений [2]. Он был апробирован при районировании участка мегаполиса, планируемого к реорганизации, в пределах которого промышленная зона заменяется многоквартирной жилой застройкой и объектами многофункционального общественного назначения.

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ, ОЦЕНКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Районирование урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям – сложная комплексная задача. Для принятия оптимальных градостроительных решений при реорганизации урбанизированной территории важную роль играют *этапность* и *наглядность* представления геоэкологической информации с применением картографического моделирования. Оценку степени опасности геоэкологических ограничений наиболее эффективно производить с применением ГИС-технологий, где взаимосвязаны две системы: пространственная (картографическая) и информационная. В структуре ГИС, предназначенной для решения задач, связанных с проектированием городского пространства, выделяются взаимосвязанные блоки (рис. 1):

- база данных первичных информационных слов, статистических и нормативных данных;
- блок операций их преобразования;
- блок промежуточных и окончательных результатов (комплект оценочных карт и карт районирования по геоэкологическим ограничениям).

В соответствии с алгоритмом предусматривается создание базы данных и последовательного построения комплекта карт, начиная с карт природных и техногенных ограничений до карт оценки степени опасности ограничений – основного критерия районирования. Построение первых карт, цель которых – выявление природных и техногенных ограничений или их сочетаний, опирается на сложившиеся неоднократно апробированные методики. Для создания результирующих карт предложен оригинальный подход, базирующийся на геосистемном принципе, моделировании и количественных оценках.

На первом этапе выявляются геоэкологические ограничения, которые характеризуются различными параметрами, отражающими интенсивность проявления (в физических единицах измерения) и направленность воздействия на определенные реципиенты (функционально-планировочные образования).

В природном отношении данная территория представляет собой фрагмент долинного комплекса правого берега р. Москвы, включающий участки высокой поймы, I, II и III надпойменных террас, засыпанную долину р. Фильки и сnivelированные эрозионные формы. Основные ограничивающие природные факторы: наличие техногенных грунтов и развитие экзогенных геологических процессов (подтопление, потенциальная суффозионно-карстовая опасность). Карта природных (геологических) ограничений составлена с использованием Карты инженерно-геологических условий Москвы масштаба 1:10000 (ИГЭ РАН, 2010 г.), а также данных собственных обследований территории (блок I.4 на рис. 1).

В итоге при довольно сложном геологическом строении на карте выделено 17 контуров с различными сочетаниями природных ограничений (рис. 2а).

Одновременно установлены источники различных видов техногенного воздействия, зоны и последствия их влияния (измененное состояние депонирующих сред), что отражается на карте техногенных ограничений (блок I.5 на рис. 1).

На данной территории 8 экологически опасных производств со складированием на их территории промышленных отходов (в том числе 1–2-го классов опасности) и другие источники негативного воздействия. Площадное распространение имеют геохимическое загрязнение почв и растительности, шумовое и вибрационное воздействие вдоль открытых линий метро и железной дороги, локальное загрязнение донных отложений и др.

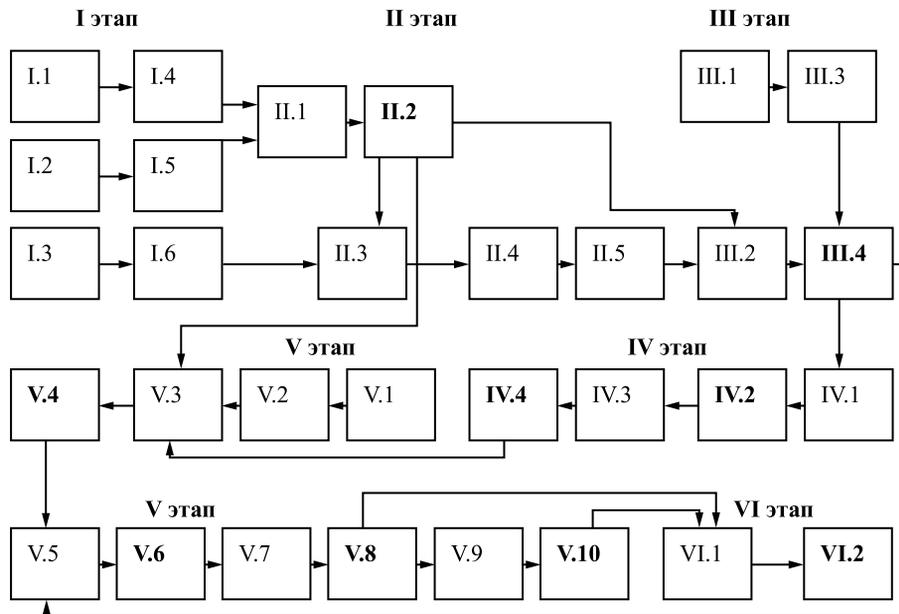


Рис. 1. Технологическая схема создания карты районирования урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям с применением ГИС-технологий: **Исходная информация:** I.1 – параметры природных ограничений; I.2 – параметры техногенных ограничений; I.3 – существующее функциональное зонирование; III.1 – нормативные значения для определения базовой балльной шкалы и поправочных коэффициентов весомости реципиентов и их реакции на ограничения; V.1 – функциональное зонирование территории по генплану.

Авторские карты исходной информации: I.4 – карта природных ограничений; I.5 – карта техногенных ограничений; I.6 – карта оцениваемых функционально-планировочных образований (современное состояние); V.2 – карта оцениваемых функционально-планировочных образований (после реорганизации территории).

Операции преобразования: II.1 – совместный анализ карт I.4 и I.5 для качественной оценки геоэкологических ограничений; II.3 – совместный анализ карт I.6 и II.2; II.4 – обоснование границ урбогеосистем; III.2 – определение площадей распространения геоэкологических ограничений в урбогеосистемах; III.3 – выбор и расчет коэффициентов для количественной оценки опасности геоэкологических ограничений; IV.1 – расчет степени опасности геоэкологических ограничений; IV.3 – анализ карты IV.2 и выделение районов; V.3 – совместный анализ карт II.2, IV.4 и V.2 для обоснования границ новых урбогеосистем; V.5 – корректировка БД; V.7 – расчет степени опасности ограничений на территории реорганизации без проведения соответствующих мероприятий; V.9 – расчет степени опасности ограничений на территории реорганизации после проведения соответствующих мероприятий; VI.1 – совместный анализ карт V.8 и V.10.

Результаты: II.2 – карта геоэкологических ограничений; БД для оценки степени опасности геоэкологических ограничений; III.4 – существующей, V.6 – после реорганизации территории; **карты урбогеосистем:** II.5 – современное состояние, V.4 – после реорганизации территории; **карты оценки степени опасности ограничений:** IV.2 – современное состояние на территории реорганизации, V.8 – без проведения соответствующих мероприятий, V.10 – после проведения соответствующих мероприятий; **карты районирования территории по геоэкологическим ограничениям:** IV.4 – современное состояние; VI.2 – после реорганизации территории.

Для создания карты техногенных ограничений созданы и использованы двенадцать тематических слоев. В результате их совместного анализа выделены 4 района с тремя типами ограничений (рис. 2б). При расчетах оценки, кроме перечисленных ограничений, учтены законодательно установленные (по экологическим нормам) ограничения: водоохранная зона, санитарно-защитная зона (СЗЗ), особо охраняемые природные территории (ООПТ), охранная зона объекта историко-культурного наследия.

Структура ограничений не постоянна и может меняться в зависимости не только от природных и техногенных особенностей, но и от вида использования осваиваемой территории (блок I.6 на рис. 1). Функционально-планировочная неоднородность

данной территории отражена на карте (рис. 2в). В ее северной части находится многоэтажная жилая застройка с рекреационными участками и промышленная зона. На юге сосредоточены предприятия II и III класса опасности в сочетании с коммунально-складскими зонами в пойме реки. Центральная часть представлена совокупностью различных элементов функционально-планировочной структуры более ранней застройки. В общей структуре земель жилые кварталы занимают 22%, промышленно-производственные, коммунально-складские и транспортные объекты – 60%, спортивно-рекреационные территории – 10%, ООПТ и объект историко-культурного наследия более 2%. Естественно, что для каждого вида функционального назначения

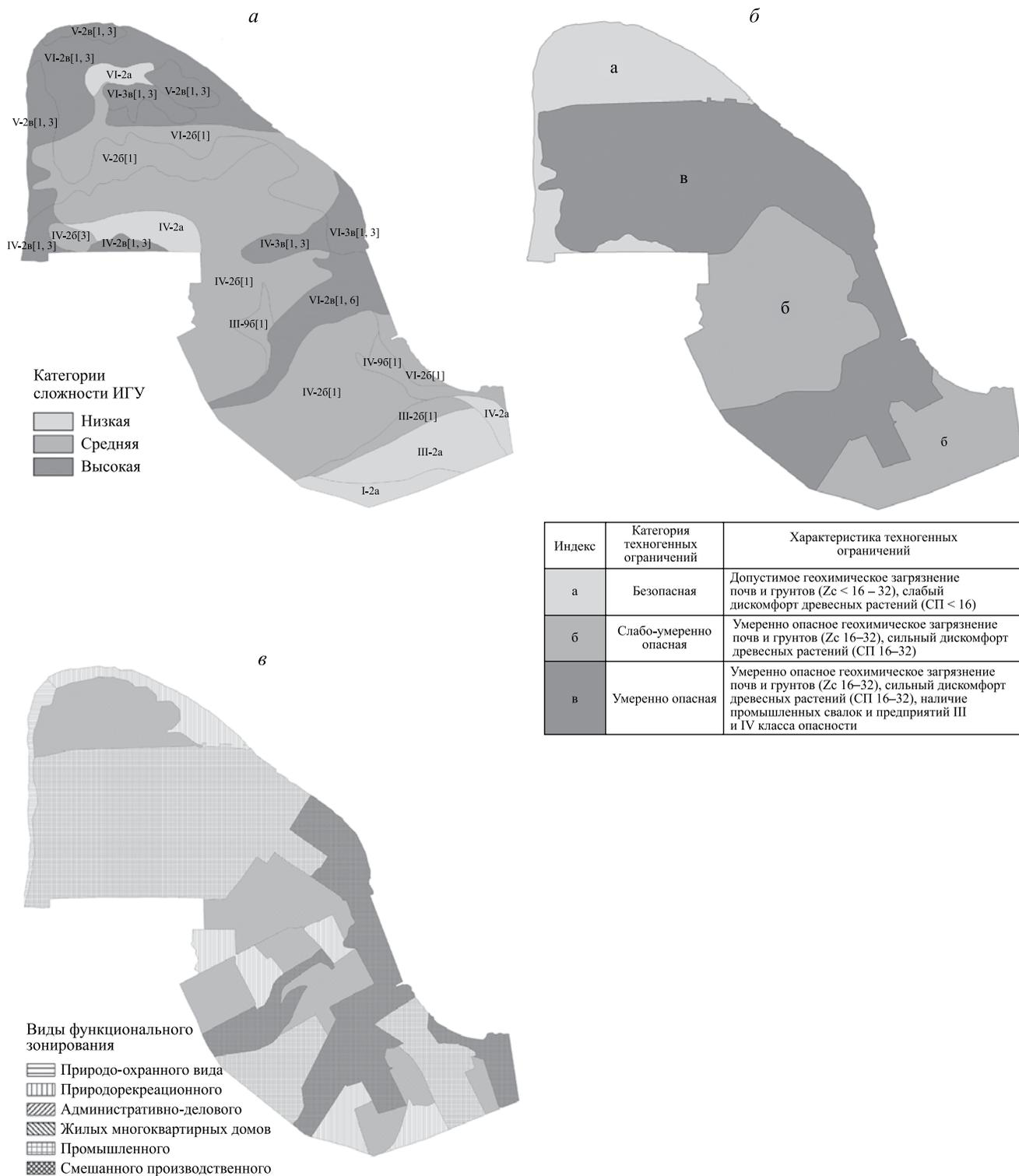


Рис. 2. Карты: а – природных ограничений, б – техногенных ограничений, в – функционально-планировочных образований (современное состояние).

(реципиента) будет свой набор ограничений существующей опасности. Реципиенты, как и геоэкологические ограничения, отличаются большим разнообразием. Если для природных ограничений в качестве основных реципиентов выступают

здания и сооружения, то для градоэкологических – человек и обеспечение благоприятной для его жизнедеятельности обстановки. Так, основными ограничениями на данной территории для домов будут геологические и геофизические (вибрация), для

Таблица 1. Последовательная индексация территориальных единиц

Показатели	Ограничения			Функционально-планировочные образования	Урбогеосистемы – операционные единицы
	природные	техногенные	геоэкологические		
Примеры индексов	I...XVII	а, б, в	Ia	A1...Г5	IaA1
Количество типов	5	3	8	7	
Количество выделов	17	4	29	18	52

человека – геохимические и геофизические (шумовое загрязнение) и т.д.

Таким образом, эти три карты (см. рис. 2) содержат характеристики, отражающие геоэкологические особенности рассматриваемой территории.

На **втором этапе** совместный анализ первых двух карт позволил представить территориальную дифференциацию основных видов геоэкологических ограничений (29 выделов), отражаемую на одной из результирующих карт (блок II.2 на рис. 1), и их параметры, представленные в базе данных (блок III.4 на рис. 1). В итоге обобщения материалов сформировался набор тематических слоев, на основе которых проведена качественная оценка геоэкологических ограничений и определены категории сложности по их сочетаниям (рис. 3а).

На основании анализа имплицативных отношений функционально-планировочных образований и геоэкологических ограничений выделены 52 урбогеосистемы (блок II.5 на рис. 1). Основным критерием их выделения в самостоятельные территориальные единицы в данном случае является однородность выдела по сочетаниям учитываемых групп факторов. Границы урбогеосистем – природные, с обязательным учетом воздействия города (техногенеза) на природные компоненты. На последующих этапах урбогеосистемы выступают в качестве операционных единиц для количественной оценки геоэкологических ограничений. Каждой урбогеосистеме присвоен индекс, отражающий последовательность ее формирования (табл. 1) и представленный на карте (рис. 3б).

Подобный подход позволяет провести комплексную геоэкологическую оценку городской территории; учесть негативные проявления опасных природных и техногенных процессов; определить мероприятия по инженерной подготовке территории и защите окружающей среды; оптимизировать природоохранную деятельность не только в отдельной урбогеосистеме, но и на сопредельных площадях на основе принципа системности ее осуществления во времени и пространстве.

По своей сути районирование по геоэкологическим ограничениям оценочное. Определяемые районы должны отвечать заранее заданным типологическим и классификационным характеристикам. Анализ пространственной дифференциации урбанизированной территории основан на гесистемном принципе, при котором основной единицей исследования является урбогеосистема со своими типологическими характеристиками, а в качестве классификационных признаков предлагается использовать значения оценки опасности ограничений. Критерий такой оценки – степень опасности геоэкологических ограничений в каждой урбогеосистеме.

Третий этап включает четыре блока (III.1–III.4 на рис. 1). На этом этапе решаются задачи выбора и расчета оценочных показателей, формирования БД. Многоаспектность задачи – построение интегральной карты районирования по геоэкологическим ограничениям, определяет широкий спектр необходимых данных, которые должны быть достоверны, унифицированы, достаточны. Исходная информация – это преимущественно информация о природных особенностях территории, ограничивающих ее градостроительное развитие, объектах техногенной нагрузки, интенсивности и распространенности их воздействия на природные компоненты урбогеосистем, а также данные о градостроительных ограничениях.

Поскольку ограничений определенное число в каждом конкретном случае и они достаточно разнообразны, как и реципиенты, при количественной оценке возникает необходимость установления соизмеримости используемых оценочных показателей применительно к трем группам факторов: ограничения, реципиенты и результат их взаимодействия [3]. Для определения соизмеримых показателей использовано несколько подходов: формирование базовой балльной шкалы, расчет коэффициентов весомости и коэффициентов обратной связи. Обоснование соизмеримости этих показателей – принятие в качестве единой

основы оценки стоимостного выражения всех параметров, приведенного к настоящему моменту времени и нормированному к единице площади. Использование денежных единиц дает возможность сопоставления в поле единой размерности всех учитываемых факторов.

Для базовой балльной шкалы привлечены показатели затрат на нейтрализацию ограничений (в данных расчетах 1 балл соответствовал 500 тыс. экоруб.). Поправочные коэффициенты определялись в соответствии с базовой шкалой. Коэффициент весомости реципиентов (функционально-планировочных образований) устанавливался как величина, пропорциональная значениям кадастровой оценки. В основе метода обратной связи лежит принцип возможной реакции реципиента на воздействие геоэкологических ограничений. Коэффициенты восприятия реципиентом ограничений устанавливались на основе анализа соотношения известных величин ущербов, приведенных в соответствующих утвержденных методиках, а также на основе собственных расчетов потенциального ущерба от несоблюдения ограничивающих условий. Систематизацию последних коэффициентов можно представить по трем категориям в соответствии с возможными последствиями для реципиентов: *человека* – а) дискомфорт, б) заболевание, в) гибель; *зданий* – а) незначительная деформация, б) существенная деформация, в) разрушение; *природных компонентов* – а) изменение обратимого характера, б) снижение способности к самовосстановлению, в) неспособность к самовосстановлению. Практически в нашем случае использовались только две категории: “а” и “б”. При вычислении этого коэффициента принимались во внимание особенности реципиента (состояние, возраст и т.п.), а также интенсивность проявления ограничения и его распространение в пределах операционной единицы. Таким образом, определение поправочных коэффициентов на основе стоимостных показателей позволило перейти к интегрированию единого показателя оценки – степень опасности ограничений в урбогеосистеме.

Показатели по основным параметрам ограничений и функционально-планировочных образований, а также определенные оценочные показатели вошли в БД (блок III.4 на рис. 1). В массиве исходных данных (таблица) строки соответствуют урбогеосистемам, а столбцы – базовой балльной шкале оценки опасности каждого вида ограничений. Строки содержат вид функционального назначения операционной единицы, ее общую площадь и площади распространения различных

видов ограничений в ее пределах, коэффициенты значимости реципиентов, а также коэффициенты, отражающие восприятие данным реципиентом конкретного ограничения. В итоге на III этапе формируется информационный блок, содержащий данные с их пространственной привязкой в единой системе координат. При этом каждой урбогеосистеме соответствует свой набор атрибутов базы данных.

На четвертом этапе осуществляется оценка степени опасности существующих геоэкологических ограничений. Первоначально разрабатывается алгоритм оценки и производятся расчетные операции (блоки IV.1 и IV.2 на рис. 1). Вычисление производится программными средствами, реализующими математическую модель оценки. Степень опасности геоэкологических ограничений определялась по каждой операционной единице как средневзвешенная величина по всей совокупности видов ограничений в ней (O_m):

$$O_m = \left(\sum_{p=1}^3 S_{pm} \times N_p \times k_{rm} \times k_{pr} + \sum_{q=1}^8 S_{qm} \times N_q \times k_{rm} \times k_{qr} \right) / S_m,$$

где m – индекс операционной единицы; p – индекс природного вида ограничения; q – индекс техногенного вида ограничения; r – индекс функционально-планировочного образования; S_m – площадь m -й операционной единицы, га; S_{pm} и S_{qm} – площади распространения, соответственно природных p -вида и техногенных q -вида ограничений в m -й операционной единице, га; N_p и N_q – базовые оценки опасности ограничений соответственно природного p -вида и техногенного q -вида, балл/га; k_{rm} – весовой коэффициент реципиента r -вида в m -й операционной единице; k_{pr} и k_{qr} – коэффициенты реакции реципиента r -вида на ограничения соответственно p -вида и q -вида.

В итоге среди значений результирующей оценки преобладают величины от 2.5 до 5 экоруб./га, характерные, главным образом, для промышленных предприятий и смешанных производственно-транспортных зон, занимающих более 60% рассматриваемой территории и вследствие этого представляющие основной фон карты. Максимальной пестротой оценок отличается центральная часть наиболее старой и весьма мозаичной застройки данной территории. Здесь же сосредоточены территории с наиболее опасными природными ограничениями (потенциальная

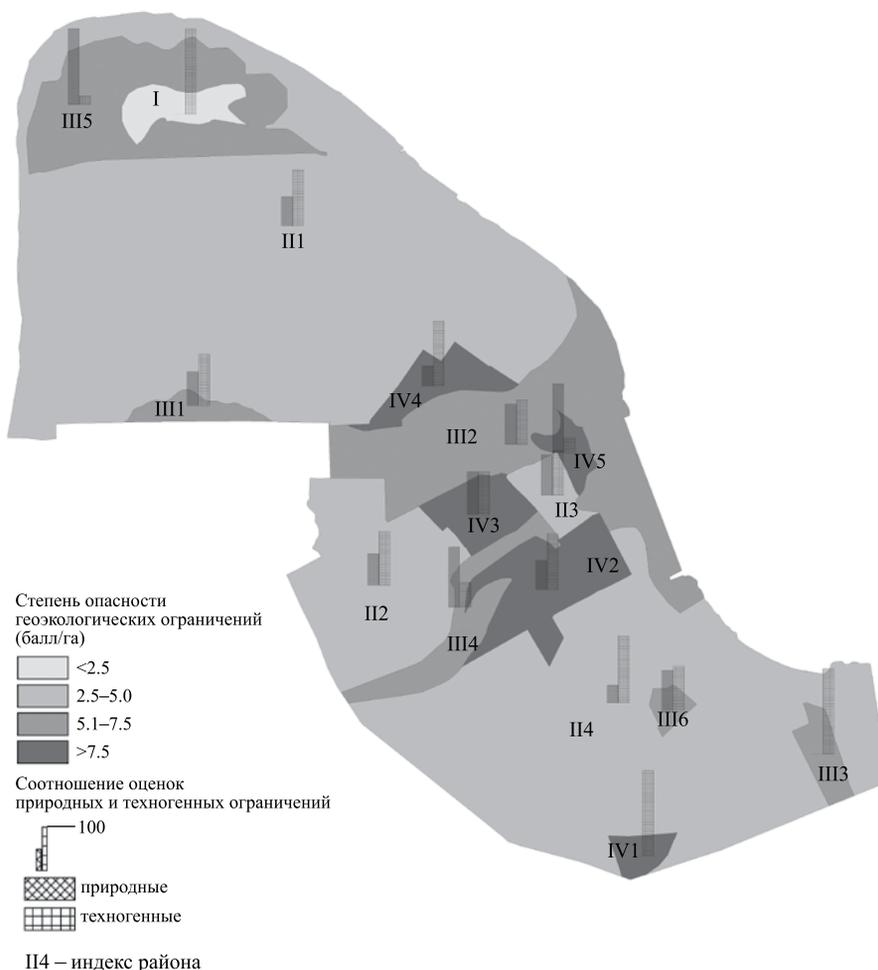


Рис. 4. Карта районирования модельной территории по геоэкологическим ограничениям (современное состояние).

суффозионно-карстовая опасность, техногенные грунты), которые и обусловили высокую степень опасности. Повышенной степенью опасности отличаются урбогеосистемы с жилыми кварталами на юге территории, что связано с высокой транспортной нагрузкой, а на севере – с наличием суффозионно-карстовой опасности. Территориальная дифференциация оценки существующих геоэкологических ограничений на модельной территории отражается на карте (блок IV.2 на рис. 1).

Урбогеосистемы с одинаковой степенью опасности геоэкологических ограничений, хотя и с неодинаковыми их сочетаниями, объединяются в районы (блок IV.4). Всего выделилось 16 районов четырех типов, близких по значению степени опасности, но обусловленных разными причинами (рис. 4). Представленная на карте территориальная дифференциация ограничений позволила разработать рекомендации по предупреждению негативной реакции реципиентов на ограничения, отраженные в легенде (табл. 2). Более 70%

рассматриваемой территории подвержены средней степени опасности, где преобладают техногенные ограничения, за исключением территории памятника историко-культурного наследия. Низкая степень опасности, обусловленная воздействием в основном частного транспорта, свойственна жилым кварталам. Более высокая степень опасности угрожает урбогеосистемам, прилегающим к активной транспортной магистрали. На остальной территории соотношение природных и техногенных ограничений изменяется от 0:100 до 71:29.

Для оценки эффективности проектных решений необходимы прогнозная оценка и разработка рекомендаций по оптимизации перспективного развития городского пространства с учетом геоэкологических ограничений. По Генплану города, 20% площади рассматриваемой территории подлежит реорганизации: выводятся промышленные предприятия, освобождаются коммунально-складские территории. Проектом предусматривается освоение этих площадей под

Таблица 2. Легенда к карте “Районирование модельной территории по геоэкологическим ограничениям (современное состояние)” (фрагмент)

№ района	Площадь района, га	Доля площади района в общей площади модельной территории, %	Оценка степени опасности ограничений, балл/га	Природные ограничения	Техногенные ограничения	Соотношение оценок природных/техногенных ограничений, %	Вид и структура использованная территории	Рекомендации по реабилитации территории
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	7.1	1.21	0.6	Учитываемые ограничения отсутствуют	Наличие загрязненных почв и растительности на 100% озелененной площади	– /100	Жилая многоэтажная застройка – 57%, зеленые насаждения общего пользования 17%. Улицы, автостоянки 17%, общественные учреждения 9%	Необходимость санации почв
II-1	226.2	38.5	4.1	60.9% территории района подтоплено, более 6% площади находятся в зоне суффозионно-карстовой опасности	Наличие загрязненных почв и растительности на 90% озелененной площади, шумовое воздействие на 80% территории района, наличие свалок и других источников загрязнения на 5 промышленных предприятиях	34/66	Здания и сооружения предприятий 49,1%, рекреационные территории и ООПТ – 26.2%	Учет подтопленности территории и наличия суффозионно-карстовой опасности, санация почв, ликвидация свалок, сокращение выброса ЗВ, уменьшение транспортной и рекреационной нагрузок
II-2	41.2	7.0	3.6	Около 70% территории подтоплено	Наличие загрязненных почв и растительности на 45% озелененной площади, шумовое воздействие на 43% территории района	38/62	Больничный комплекс: застройка 20,5%, рекреационная территория (парк и стадион) 55.2%, гаражи и транспортно-хозяйственные постройки	Учет подтопленности территории, санация почв, сокращение выбросов автотранспортом

Таблица 2 (окончание)

№ района	Площадь района, га	Доля площади района в общей площади модельной территории, %	Оценка степени опасности ограничений, балл/га	Природные ограничения	Техногенные ограничения	Соотношение оценок природных/техногенных ограничений, %	Вид и структура использования территории	Рекомендации по реабилитации территории
II-3	5.8	1.0	2.5	Более 70% территории подтоплено, наличие техногенных грунтов	Наличие загрязненных почв и растительности на 100% озелененной площади	48/52	Памятник историко-культурного наследия	Учет подтопленности территории, замена техногенных грунтов, санация почв, сокращение выбросов автотранспортом и соседними предприятиями
II-4	147	25.1	4.1	69,8% территории подтоплено	Наличие загрязненных почв и растительности на 85 % озелененной площади, шумовое воздействие транспорта, наличие свалок и других источников загрязнения на 6 предприятиях	20/80	Здания и сооружения предприятий 60,1%, транспортно-коммунальные сооружения – 17.9%, рекреационные территории и насаждения общего пользования 21.3%	Учет подтопленности территории и замена техногенных грунтов, санация почв, ликвидация свалок, сокращение выброса ЗВ, уменьшение транспортной нагрузки
III-1	4.4	0.75	5.1	70% территории подтоплено, на около 25% распространены карсты	Наличие загрязненных почв и растительности на 100% озелененной площади, шумовое воздействие	39/61	Промпредприятие – застройка 70%, зеленые насаждения 20%	Учет подтопленности территории и карстовых проявлений, санация почв

многоквартирные жилые и multifunctional общественные зоны (блок V.1). Ожидаемые изменения (**пятый этап**) в функциональном зонировании отражаются на карте (рис. 5а).

Результатом совместного анализа карт существующих геоэкологических ограничений и пла-

нируемого функционального зонирования реорганизуемой территории стало выделение 12-ти новых урбогеосистем (блок V.4). По ним осуществлялась оценка степени опасности геоэкологических ограничений при условии, что объекты размещаются без учета последних. В таком случае опасность

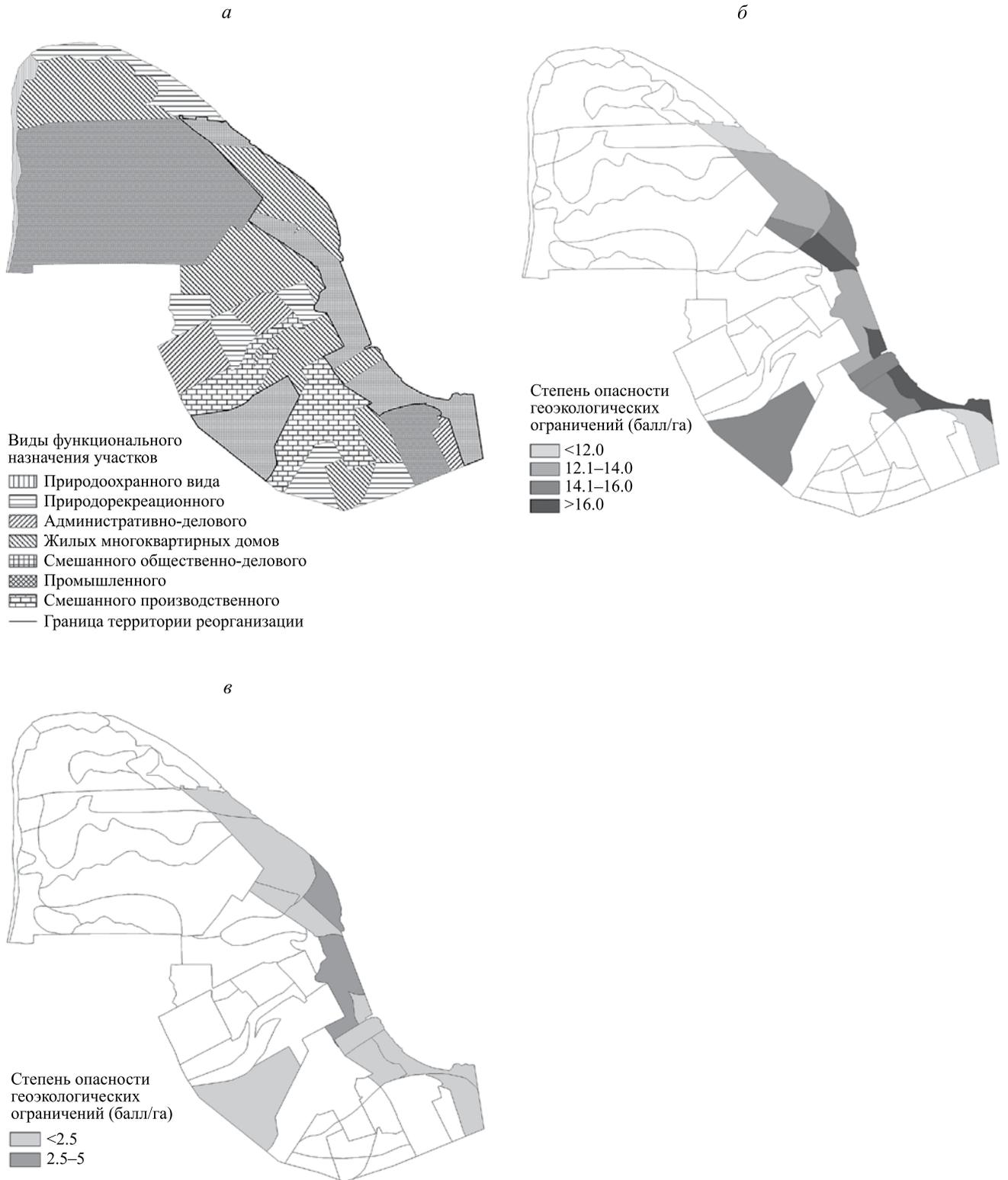


Рис. 5. Карты: *a* – функционально-планировочных образований после реорганизации, оценки степени опасности геоэкологических ограничений; *б* – до, и *в* – после реализации проектных решений.

ограничений увеличилась в 5 раз (рис. 5*б*), что указывает на необходимость значительных средств на подготовку территории к освоению. Рекомендации с перечнем мероприятий по подготовке

и реабилитации территории приведены в табл. 3. Особенно много мероприятий необходимо выполнить на территориях, подлежащих застройке: понижение уровня грунтовых вод (дренажи),

Таблица 3. Рекомендации по реабилитации подлежащей реорганизации территории

Функционально-планировочные образования	Индекс урбогеосистемы	Необходимые мероприятия для реабилитации подлежащей реорганизации территории
Многофункциональная общественная зона	XVaB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 65% площади урбогеосистемы, использование специальной технологии по нейтрализации суффозионно-карстовой опасности, ликвидация свалок, увеличение площадей озеленения, исключение из застройки прибрежной зоны и ее благоустройство, очистка прибрежной зоны и дна реки
Многоквартирная жилая застройка	XIVaB1	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 57% площади урбогеосистемы, увеличение площадей озеленения, исключение из застройки прибрежной зоны и ее благоустройство, очистка прибрежной зоны и дна реки
Многофункциональная общественная зона	XIVbB4	Рекультивация всей территории района, понижение УГВ на застраиваемых 63% площади урбогеосистемы, ликвидация свалок, увеличение площадей озеленения
Многоквартирная жилая застройка	XVIIaB1	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 58% площади урбогеосистемы, использование специальной технологии по нейтрализации суффозионно-карстовой опасности, ликвидация свалок, увеличение площадей озеленения, исключение из застройки прибрежной зоны и ее благоустройство, очистка прибрежной зоны и дна реки
Многофункциональная общественная зона	XVIIaB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на 67% площади урбогеосистемы, использование специальной технологии по нейтрализации суффозионно-карстовой опасности, увеличение площадей озеленения
	XVIaB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 68% площади урбогеосистемы, замена техногенных грунтов, увеличение площадей озеленения, исключение из застройки прибрежной зоны и ее благоустройство, очистка дна реки
	XIVaB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 62% площади урбогеосистемы, ликвидация свалок, увеличение площадей озеленения, исключение из застройки прибрежной зоны и ее благоустройство, очистка дна реки
Многоквартирная жилая застройка	XaB1	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 52% площади урбогеосистемы, увеличение площадей озеленения, исключение из застройки прибрежной зоны и ее благоустройство, очистка прибрежной зоны и дна реки
Многофункциональная общественная зона	XaB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 66% площади урбогеосистемы, ликвидация промышленных свалок, увеличение площадей озеленения, исключение из застройки прибрежной зоны и ее благоустройство, очистка дна реки
	XIVbB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 61% площади урбогеосистемы, ликвидация промышленной и несанкционированных свалок, увеличение площадей озеленения
	VbB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 60% площади урбогеосистемы, ликвидация промышленной и несанкционированных свалок, увеличение площадей озеленения
	VIbB4	Рекультивация всей территории, понижение УГВ на застраиваемых 68% площади урбогеосистемы, ликвидация промышленных свалок, увеличение площадей озеленения

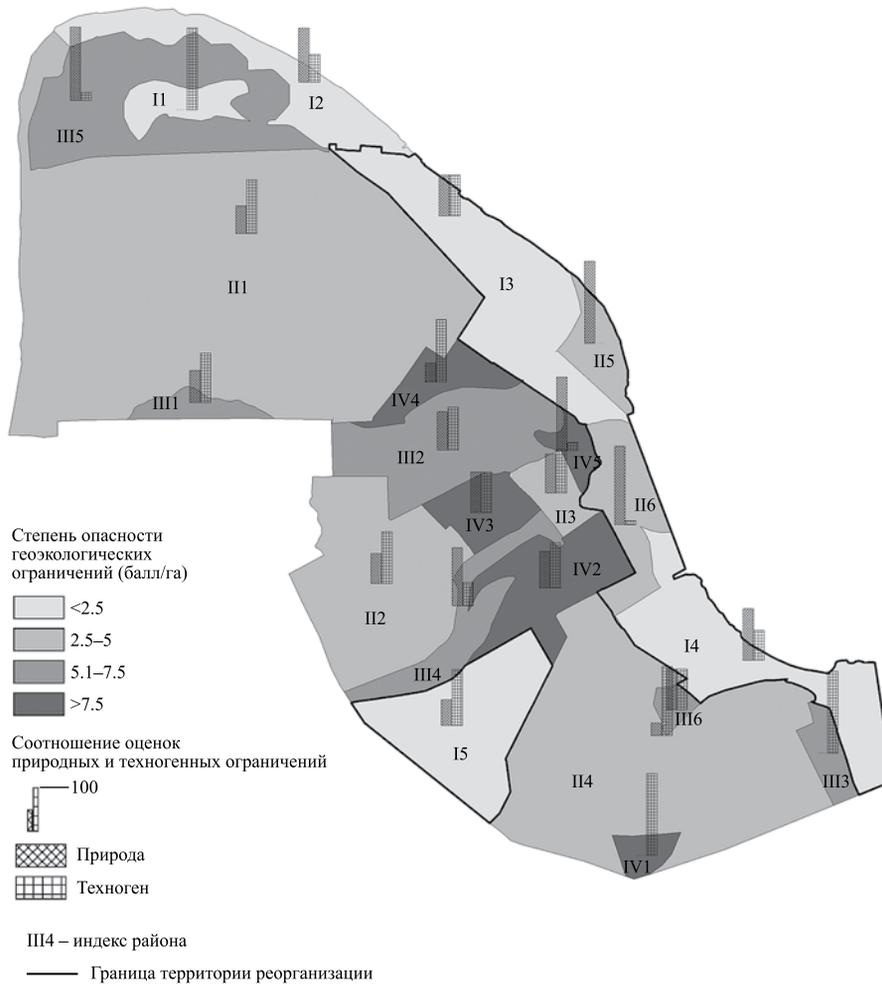


Рис. 6. Карта районирования модельной территории по геозекологическим ограничениям (прогноз).

замена техногенных грунтов, рекультивация, применение специальных технологий на площадях потенциально опасных для проявления карста и др.

После проведения всех рекомендуемых мероприятий (под отдельные объекты необходимы дополнительные инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания) степень опасности геозекологических ограничений существенно снижается на реорганизуемой территории (рис. 5в), и незначительно – в прилегающих геосистемах. Оценки на остальной территории практически не меняются. В итоге общее снижение суммарной опасности по всей территории незначительное, что связано с тем, что реорганизации подлежит только 20% модельной территории.

На последнем **шестом этапе** на основании оценок степени опасности геозекологических ограничений проводилось районирование территории после ее реорганизации (блок VI.2). При сохранении типологии районирования (четыре типа)

количество выделенных районов увеличилось до 22. При этом по сравнению с современным состоянием расширилась площадь с минимальными значениями опасности (почти вся реорганизованная территория) (рис. 6).

На части реорганизованной территории по-прежнему преобладают техногенные ограничения за счет негативного воздействия “соседей”. Для более 55% общей площади рассматриваемой территории характерна средняя степень опасности, в основном из-за природных ограничений. В целом по территории соотношение ограничений изменилось в сторону увеличения роли природных ограничений: потенциальной суффозионно-карстовой опасности и наличия остатков техногенных грунтов.

Рекомендации, отраженные в легенде к карте районирования после реорганизации территории (см. рис. 6), аналогичной легенде к карте районирования современного состояния (см. табл. 2), касаются в основном территорий, не затронутых

реорганизацией. Это санация почв на загрязненных участках, ликвидация промышленных свалок. На реорганизованной территории сохраняется необходимость ведения мониторинговых наблюдений на участках потенциального проявления суффозионно-карстовых процессов и ликвидации последствий воздействия соседних промышленных предприятий и транспорта.

ВЫВОДЫ

1. Разработанный и апробированный алгоритм районирования урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям учитывает многофакторность решаемой задачи и отражает последовательность шагов для достижения цели. Полученные результаты указывают на обязательность следования ему при проектировании, а в зависимости от природных и техногенных особенностей территории – на возможность дополнять его новыми блоками решаемых задач. При реорганизации урбанизированной территории важную роль играет этапность представления геоэкологической информации на картах, выполненных на основе ГИС-технологий.

2. Выбранный критерий количественной оценки геоэкологических ограничений – степень их опасности для каждого реципиента – отражает в целом геоэкологическое состояние территории.

3. Результирующие значения интегральной количественной оценки степени опасности геоэкологических ограничений являются основой для:

– выявления сложившихся проблемных ситуаций;

– районирования территории;

– оценки эффективности проекта инвестирования освоения (реорганизации) городских территорий в части нейтрализации геоэкологических ограничений.

4. Задача комплексной количественной оценки степени опасности геоэкологических ограничений и районирования территории – многокритериальная. Оценку степени опасности геоэкологических ограничений наиболее эффективно проводить с применением ГИС-технологий. Проведение комплексной оценки геоэкологических ограничений на этапе разработки проекта (особенно на ранних стадиях – концептуальная идея, предпроектные проработки, научно-исследовательские работы и др.) обеспечит повышение геоэкологической безопасности территории за счет более объективной оценки альтернативных вариантов.

5. Методика оценки степени опасности геоэкологических ограничений до разработки общей

нормативной базы будет отличаться необходимостью индивидуального подхода к каждой территории не только из-за различия исходных данных, но и при определении оценочных коэффициентов.

6. Предложенный подход к районированию по геоэкологическим ограничениям приемлем как визуализация не только современной опасности геоэкологических ограничений, но и перспективной при разработке генпланов городов, проектов реорганизации и освоения новых территорий.

7. Апробация предлагаемого подхода к районированию урбанизированной территории на примере мегаполиса показала его действенность, однако остается необходимость его корректировки при апробации на других модельных объектах.

8. Карта районирования урбанизированных территорий по геоэкологическим ограничениям – одно из средств коммуникации для выявления потенциальных проблем и выбора оптимального варианта развития города. Она должна быть на входе в информационную модель города, а результаты учета ее содержания покажут на выходе ее роль в реализации избранной стратегии устойчивого развития города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заиканов В. Г. Геоэкологические технологии и проектирование городов // Сергеевские чтения. Вып. 18. Инженерная геология и геоэкология: фундаментальные проблемы и прикладные задачи. М.: РУДН, 2016. С. 745–749.
2. Заиканов В. Г., Минакова Т. Б., Булдакова Е. В. Теоретические основы и методические подходы к районированию урбанизированной территории по геоэкологическим ограничениям // Геоэкология. 2016. № 3. С. 272–281.
3. Минакова Т. Б. Подходы к оценке геоэкологических ограничений при проектировании на основе соизмеримых показателей // Сергеевские чтения. Вып. 18. Инженерная геология и геоэкология: фундаментальные проблемы и прикладные задачи. М.: РУДН, 2016. С. 647–651.

REFERENCES

1. Zaikanov, V. G. *Geoekologicheskie tekhnologii i proektirovanie gorodov* [Geoecological technologies and urban planning]. *Trudy Sergeevskie chteniya, vyp. 18. Inzhenernaya geologiya i geoekologiya. Fundamental'nye problemy i prikladnye zadachi* [Proc. Conference in commemoration of academician E. M. Sergeev. Issue 18. Engineering geology and environmental geoscience. Fundamental problems and applied tasks]. M.: RUDN, 2016, pp. 745–749 (in Russian).

2. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B., Buldakova, E.V. *Teoreticheskie osnovy i metodicheskie podkhody k raionirovaniyu urbanizirovannoi teritorii po geokologicheskim ogranicheniyam* [Theoretical fundamentals and methodical approaches to urban area zoning by geoeological restrictions]. *Geokologiya*, 2016, no. 3, pp. 272–281 (in Russian).
3. Minakova, T. B. *Podkhody k otsenke geokologicheskikh ogranichenii pri proektirovanii na osnove soizmerimyykh pokazatelei* [Approaches to assessment of geoeological restrictions in urban development based on comparable indices]. *Trudy Sergeevskie chteniya, vyp. 18. Inzhenernaya geologiya i geokologiya. Fundamental'nye problemy i prikladnye zadachi* [Proc. Conference in commemoration of academician E. M. Sergeev. issue 18. Engineering geology and environmental geoscience. Fundamental problems and applied tasks]. M.: RUDN, 2016, pp. 647–651 (in Russian).

GEOENVIRONMENTAL CONSTRAINS FOR PLANNING REARRANGEMENT OF URBAN SPACE

V. G. Zaikanov, T. B. Minakova, E. V. Buldakova, I. S. Savisko

*Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences, Ulanskii per. 13,
str. 2, Moscow, 101000 Russia. E-mail: zaikanov@geoenv.ru*

In order to provide new technologies (including geoenvironmental ones) for urban planning, the procedure of identification, assessment and visualization of geoenvironmental constrains was developed and approved for a model object.

In adopting adequate urban planning decisions on rearrangement of urbanized territory, the stages and visualization of geoenvironmental information with the use of cartographic modeling appears to be important. The algorithm is provided for creating a set of maps that shows the current situation and geoenvironmental problems, as well as recommendations for their solution. The criteria are substantiated for distinguishing urbogeosystems as the basic object of evaluation, as well as the criterion for the quantitative evaluation of environmental restrictions carried out using GIS-technologies. The list of assessment indices is proposed and their compatibility is justified on the basis of cost values. The selected criterion for the quantitative assessment of geoenvironmental constrains shows the hazard degree for each recipient and manifests the essence of geoenvironmental conditions in the considered territory.

The results of the integrated quantitative risk assessment of environmental constraints are the basis for identification of the existing problems; zoning of the territory; assessment of investment efficiency to the planned development (rearrangement) of urban areas in terms of neutralizing the geoenvironmental restrictions.

The proposed approach to zoning based on geoenvironmental limits is applicable not only for visualization of the current hazards in geoenvironmental constrains, but it is also promising in the development of General plans of urban development for cities and the projects of reorganization and development of new territories.

Key words: *geoenvironmental constraints, urbogeosystems, integrated assessment, cartographic modeling, zoning of the urban area, urban design.*