

УДК 502/5

DOI 10.21661/r-466910

*Е.А. Карфидова, М.Н. Комаревская*

## ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ КАДАСТРОВЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА МОСКВЫ

*Аннотация:* на основе карты инженерно-геологического районирования территории города Москвы в работе предлагается метод интеграции участков с одностипными опасными процессами, расчета удельных весов занимаемых ими площадей (баланс территории по индексу опасности) и на основе этого вывод таксономической формулы геоэкологической опасности территории кадастрового района. Таксономическая формула геоэкологической опасности позволяет дать характеристику территории района как набор открытых данных. Основываясь на таксономической формуле, авторы предлагают принципиально открытую карту геоэкологической опасности кадастровых районов, необходимую для региональной модели территориального планирования на муниципальном уровне.

*Ключевые слова:* таксономическая формула, баланс территории по индексу опасности геологического процесса, региональная модель территориального планирования.

*Е.А. Karfidova, M.N. Komarevskaya*

## TAXONOMIC FORMULA OF GEOECOLOGICAL HAZARD FOR THE CADASTRAL DISTRICTS OF MOSCOW CITY

*Abstract:* the article proposes a method for calculating the taxonomic formula for the geoecological hazard of the cadastral district. The engineering-geological zoning map uses for calculating the balance of the territory by the hazard index – the basis of the taxonomic formula. The taxonomic formula as an open data set makes it possible to characterize the geoecological hazards of the territory of a district. The

*geoenvironmental hazard map of cadastral districts is necessary for regional model of spatial planning at the municipal level.*

**Keywords:** *taxonomic formula, balance of the territory according to the hazard index of the geological process, regional model of spatial planning.*

### *Введение*

Геоэкологические аспекты обеспечения устойчивого развития территории подразумевают изучение инженерно-геологических условий, негативных геологических процессов, проявлений опасных природных и природно-техногенных процессов, оценку их опасности и разработку необходимой инженерной защиты территории. По проекту создания комплекта крупномасштабных геологических карт территории Москвы впервые на урбанизированной территории субъекта Федерации были приняты как городской информационный ресурс карты, крайне необходимые градостроительному комплексу (2010 год), среди которых наиболее значимая и информативная – результирующая карта инженерно-геологического районирования в масштабе 1 : 10 000 [1; 2]. Режим использования карты – для служебного пользования, оператором ресурса является Мосгоргеотрест. Карта предоставляется по заявке с соответствующим обоснованием и лицензионными обязательствами пользователя по использованию.

За прошедшие 6 лет произошли существенные изменения в управлении развитием территорий, в первую очередь урбанизированных территорий. В 2011 году были приняты поправки в Градостроительный Кодекс в части территориального планирования на территории РФ; в дальнейшем развитии начала свое функционирование Федеральная государственная информационная система территориального планирования (ФГИС ТП); наконец, был принят Федеральный закон от 28.06.2014 №172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». Стратегическое планирование развития государства определяется как важнейшее научное и социальное завоевание XX века [3, с. 25]. В этой связи наиболее актуальными становятся задачи формирования логической цепочки реализации задач стратегического планирования в территориальном и текущем

планировании на всех трех уровнях управления [4] (федеральном, субъекте Федерации и муниципальном). Получает развитие направление разработки региональной модели территориального планирования [5], но в этом процессе серьезным тормозом для использования карты инженерно-геологического районирования является определенный режим доступа для служебного пользования. В то же время по основополагающему тезису об открытости экологической информации, в частности, о зонах проявления опасных природных процессов, а также с принятием концепций открытых данных и открытости исполнительных органов власти, приходит осознание необходимости создания новой карты с выделением зон проявления опасных геологических процессов и сопутствующих факторов формирования геоэкологической опасности. Для использования такой карты в территориальном планировании предлагается на основе карты инженерно-геологического районирования вывести для кадастрового района таксономическую формулу геоэкологической опасности по методам таксации, принятым в лесоустройстве. Методы таксация лесов были разработаны в конце 19 века для обозначения видового разнообразия древостоя лесного массива и в последующем были усовершенствованы для выявления, учета и оценки количественных и качественных характеристик лесных ресурсов; в настоящее время таксация лесов закреплена в Лесном Кодексе в статье 69.1. Таксация лесов в [6–8].

*Методы.* Методы составления карты геоэкологической опасности в масштабе 1 : 25 000 для территориального планирования основываются на развитии методов картографирования инженерно-геологического районирования. Легенда карты инженерно-геологического районирования основана на ключевом понятии таксона инженерно-геологического массива (ИГМ), имеющего свой уникальный идентификатор, объединяющий геологический индекс и данные о виде и степени опасных геологических процессов, выявленных на территории Москвы, а также о наличии в геологическом разрезе инженерно-геологического массива специфических грунтов (1 – подтопление, 2 – неглубокие оползни, 3 – потенциальная карст-суффозия, 4 – карст-суффозия, 5 – глубокие оползни, 6 –

техногенные грунты и 7 – слабые грунты). Оценка сложности инженерно-геологических условий (ИГУ) по ведущим природным и инженерно-геологическим показателям для инженерно-геологических массивов (ИГМ) основывается на выделении трех категорий сложности: низкой (а), средней (б) и высокой (в) [2].

В геоэкологических аспектах региональной модели территориального планирования города Москвы были предложены методы [5]:

1. Использование кадастрового деления в задачах развития территорий, территориального и стратегического планирования.

2. Расчета сводных оценок: геоэкологической сложности (табл.1) и оценки плотности ИГМ на единицу площади.

3. Ведения Реестра опасных геологических процессов с подразделением на простые (один вид процесса) и сложные (объединение нескольких опасных процессов).

4. Выделение зон ограниченного использования территории с распространением опасных геологических процессов на основе принадлежности Реестра опасных геологических процессов единицам кадастрового деления – кварталам и районам.

Таблица 1

Система классификации территории по степени геоэкологической сложности

Сводная степень геоэкологической сложности	Удельный вес занятой территории по степени сложности ИГУ* (%)		
	а	б	в
Слабая	$\geq 80$	$< 20$	0
Средняя	$\leq 80$	$> 20$	$\leq 20$
Высокая	$< 20$	$< 80$	$> 20$

*Примечание.* \* – степени сложности ИГУ (а, б, в) приводятся в оригинальном виде легенды карты инженерно-геологического районирования.

В рамках региональной геоэкологической модели территориального планирования предлагается выбрать кадастровый район, как элемент кадастрового деления, относящийся к муниципальному уровню планирования. На

муниципальном уровне планирования разрабатываются, как проводники реализации стратегических планов, концепции социально-экономического развития и схемы территориального планирования. Методические подходы к созданию схем территориального планирования основываются на положении, что они являются не единовременным актом, а постояннодействующим способом анализа и контроля развития территории с позиции обеспечения безопасности – населения, функционирования инженерных сооружений, объектов капитального строительства, инженерной защиты территорий, т.е. безопасности, обоснованной геоэкологическими исследованиями на основе комплексного изучения территории с обязательным прогнозом возможных изменений при ее освоении [6].

В разработке карты геоэкологической опасности кадастрового района осуществляются последовательно следующие задачи:

1. Расчет таксономической формулы геоэкологической опасности.

– объединение в один сложный объект таксонов ИГМ, не имеющих в своем составе опасных геологических процессов;

– объединение в один сложный объект таксонов ИГМ, имеющих в своем составе один опасный геологический процесс;

– расчет площади в процентах, занимаемой опасным геологическим процессом, в общей площади кадастрового района;

– сортировка в убывающем порядке последовательности опасных геологических процессов по площади в процентах;

– составление таксономической формулы геоэкологической опасности кадастрового района в следующем виде:

$$K1OP1, K2OP2, K3OP3 \dots,$$

где:  $K1 > K2 > K3$  – проценты площадей (целая часть), занимаемые ОП1, ОП2, ОП3...опасными геологическими процессами в убывающем порядке. Примеры результатов составления таксономической формулы геоэкологической опасности для кадастровых районов представлены в табл. 2.

Таблица таксономической формулы геоэкологической опасности

Кадастровый район	Площадь кадастрового района, м <sup>2</sup>	Геоэкологическая сложность	Число видов игм на единицу площади (кв. км)	Таксономическая формула геоэкологической опасности
77:08:0005	4591846	средняя	3,70	27[1] 16[3] 3[1,6] 2[1,3] 1([5], [2,3], [3,7], [3,6,7],[3,6])
77:08:0006	2173825	средняя	5,06	39[1] 3[3]
77:08:0007	3870095	средняя	4,13	57[1] 18[1,3] 5[3] 1 ([1,2], [6], [2])
77:08:0009	6363362	средняя	3,61	30[3] 8[4] 4[1] 2[1,3] 1[3,6]
77:08:0015	2982075	высокая	2,68	55[1] 32[1,3] 2[1,7]
77:09:0001	23063146	средняя	0,91	34[1] 6[1,3] 1([3], [6], [7], [2], [1,6], [1,2])

*Примечание: в квадратных скобках приводятся нумерация опасных геологических процессов, принятая в карте инженерно-геологического районирования.*

2. Расчет зон влияния поверхностного стока, как пространственное распределение нового вида опасности, оказывающей влияние как на природный комплекс: оврагообразование, русловую и склоновую эрозию, глубину эрозии речной долины, так и на технические системы водоотведения поверхностных вод, наружной дождевой канализации (водостоков) и городской ливневой канализации. В 2016г. была впервые на основе открытых научных данных дистанционного зондирования Земли рассчитана сеть поверхностного стока для территории Москвы [11; 12]. В модель сети поверхностного стока вошли долины рек, закопанных и канализированных, но оставшихся в цифровой модели рельефа. В продолжение гидрологических исследований на основе расчетной сети поверхностного стока в геоинформационном проекте средствами ArcGIS-ArcView была разработана модель картографирования изолиний зон суммации аккумуляции поверхностного стока, как зон влияния поверхностного стока (рис. 1).

На карте геоэкологической опасности (рис. 2) показаны зоны влияния поверхностного стока в пределах изолиний зон суммации аккумуляции стоков свыше 1,2 кв. км. Внутри зон влияния величины аккумуляции поверхностного стока возрастают от истока по руслу притоков реки Москвы к устью в 10–12 раз.

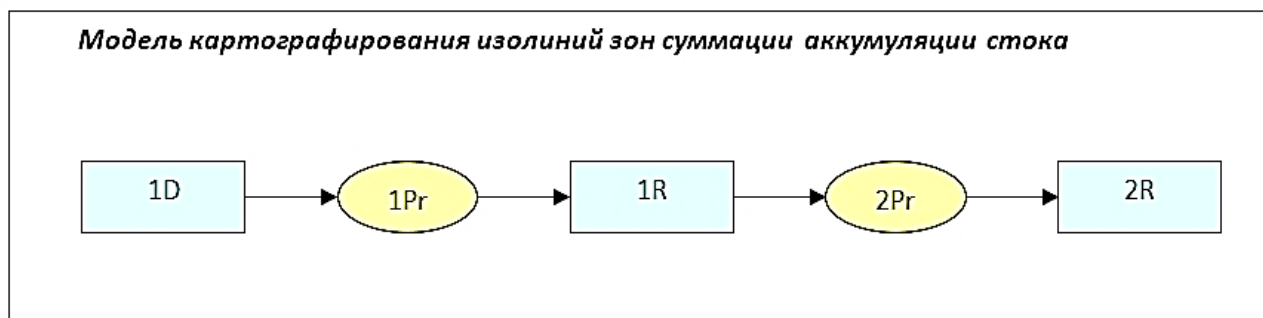


Рис. 1 Модель расчета изолиний зон суммации аккумуляции поверхностного стока, где: 1D – ГРИД зон аккумуляции стока, 1Pr – Расчет зон суммации стоков в окружении 250м, 1R – ГРИД зон суммации стоков, 2Pr – Расчет изолиний зон суммации стоков с интервалом 200000 кв. м или 0,2 кв. км, 2R – Изолинии зон суммации стоков

3. Расчет максимальной зоны влияния линии метрополитенов мелкого заложения. На основе схемы линии метрополитена и сведений о глубине заложения (открытые данные) были выбраны линии метрополитена мелкого заложения и к ним построены буферные зоны радиусом 50 м как максимально возможные зоны влияния с учетом сложности транспортной нагрузки и узлов (пересечение линий метрополитена и путей железной дороги, пересечение линий метрополитена и открытых водоемов). Учитывая методы таксации в лесоустройстве, можно сказать, что потенциал методов составления таксономической формулы не ограничивается геоэкологической опасностью, но будет в дальнейшем развиваться в типологии сочетаний опасных геологических процессов.

При составлении карты геоэкологической опасности с таксономической формулой кадастровых районов Северо-Западного административного округа города Москвы были составлен классификатор картографических слоев с тематической и общегеографической информацией (табл. 3).

Таблица 3

Классификатор тематических слоев карты геоэкологической опасности

№	Название тематического слоя	Содержание	Графическое представление
1	ИГМ	Инженерно-геологические массивы с различной степенью опасности	Полигоны (сложные)
2	Опасные природные процессы	Разные виды опасных природных процессов	Полигоны (сложные)
3	Зоны влияния поверхностного стока	Зоны суммации аккумуляции поверхностного стока свыше 1,2 кв.км	Полигоны
4	Буферные зоны метро	Буферные зоны линий метро радиусом 50 м	Полигоны
5	Кадастровые районы и кварталы	Кадастровые районы и кадастровые кварталы	Полигоны
6	Гидрография	Объекты гидрографии: реки, пруды, водохранилища и пр.	Полигоны и линии
7	Рельсовые пути	Железные дороги	Линии
8	Станции метро	Станции метро	Точки



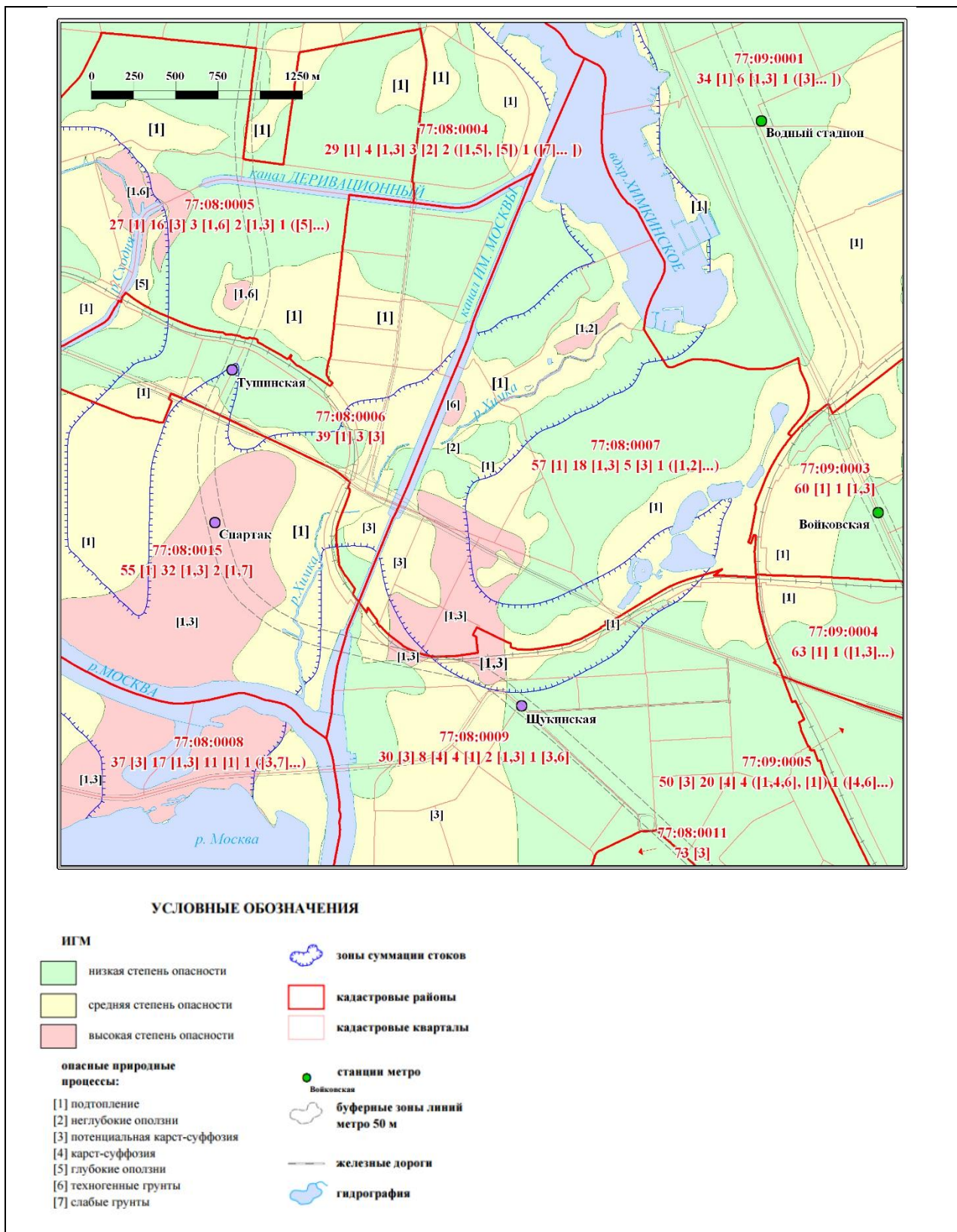


Рис. 2. Карта геозкологической опасности с таксономической формулой кадастровых районов Северо-Западного административного округа города Москвы

*Развитие методов геоэкологического картографирования* в составе региональной модели территориального планирования Москвы. Карты геоэкологической опасности как необходимая часть схемы территориального планирования и инженерной защиты территории должны периодически обновляться. Период обновления зависит от нескольких факторов:

- увеличения техногенной нагрузки (новое жилищное, транспортное и подземное строительство,
- антропогенной трансформации рельефа и изменение условий поверхностного стока и гидрогеологических условий,
- новых знаний о геологических опасностях и рисках.

Логическая схема взаимодействия информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) и региональной модели территориального планирования представлена на рис. 3.

В предлагаемой схеме при рассмотрении планов нового строительства будут приниматься во внимание таксономические формулы геоэкологической опасности кадастровых районов, расположение объектов станет более обоснованным; схема территориального планирования будет учитывать карту геоэкологической опасности, то есть станет соответствовать принципам обеспечения геоэкологической безопасности и устойчивого развития территории. После утверждения схемы территориального планирования формируются градостроительные задания и в системе проектирования определяются на основе крупномасштабной карты инженерно-геологического районирования необходимый объем инженерных изысканий, разрабатываются планы детальной планировки.

Карты геоэкологической опасности в составе ИСОГД также будут востребованы в разработке территориальных зон, зон ограниченного использования территории, Правил землепользования и застройки.

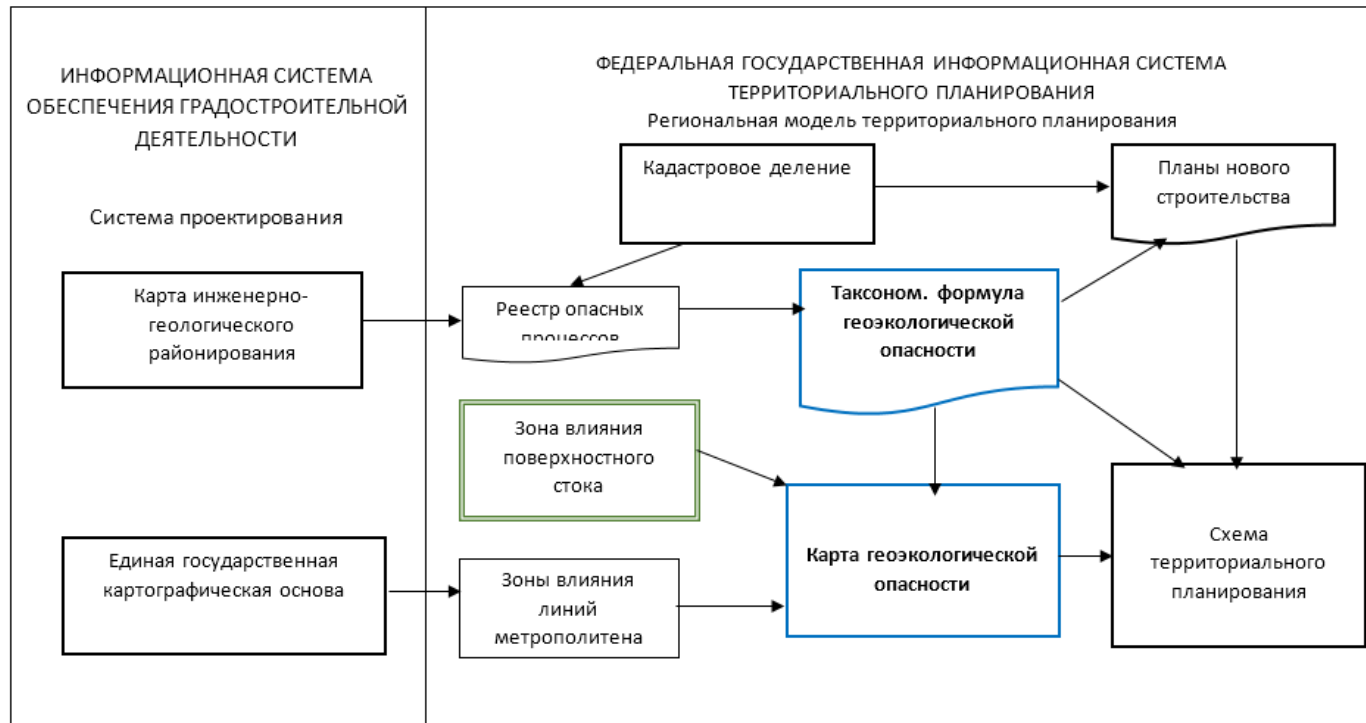
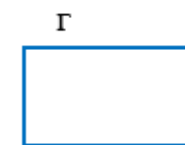
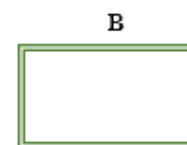
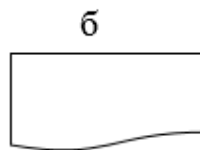
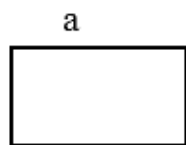


Рис. 3. Логическая схема взаимодействия информационной системы обеспечения градостроительной деятельности и региональной модели территориального планирования, где: а) Картографический материал, б) Открытый набор данных, в) Расчетные картографические материалы по ДДЗЗ, г) Результаты предлагаемого метода



*Результаты и их использование.* Составленная карта геоэкологической опасности на фрагмент территории северо-западного административного округа города Москвы отражает на настоящий момент (в 2017г.) сложность инженерно-геологических условий, распространение опасных геологических процессов, зон влияния поверхностных стоков и зон влияния линий метрополитена мелкого заложения. Расчет сводных оценок геоэкологической сложности кадастровых районов показал преимущественное распространение средней сложности, только один район относится к высокой степени сложности; число видов ИГМ на единицу площади (1 кв.км) района имеет достаточно большой разброс от 1 до 5. По формуле таксономической опасности кадастровых районов видно, что наибольшее распространение на выбранной территории имеет подтопление ([1]), это составляет (в процентах к площади кадастрового района): 57, 55, 39, 34, 27; 2) сложный процесс подтопления и потенциальной карст-суффозии: ([1,3]): 32, 18, 6; 3) потенциальная карст-суффозия ([3]): 16, 3; 4) карст-суффозия ([4]): 8; малое распространение (меньше 3% от площади кадастрового района) имеют процессы: неглубокие оползни ([2]), глубокие оползни ([5]), техногенные грунты ([6]), слабые грунты ([7]). В пересечении зон влияния поверхностного стока и опасных процессов наибольшее распространение имеет подтопление и сложные процессы подтопления и потенциальной карст-суффозии. В зоне влияния линий метрополитена наибольшее распространение также имеют подтопление и сложные процессы подтопления и потенциальной карст-суффозии.

Необходимо отметить, что в реализации региональной модели территориального планирования имеет место затруднение во взаимодействии ИСОГД и государственной информационной системы территориального планирования (ФГИС ТП), так как до сих пор в состав цифрового картографического фона Единой государственной картографической основы не входит кадастровое деление. В проделанной работе используется кадастровое деление в векторном формате, которое авторы смогли загрузить с сайта Росреестра в 2015 г.

*Выводы.* Таксономическая формула геоэкологической опасности кадастровых районов позволяет дать количественную характеристику распространения опасных геологических процессов в виде открытого набора данных. Карта геоэкологической опасности кадастровых районов рекомендуется к использованию как открытый информационный ресурс региональной модели территориального планирования в схеме территориального планирования.

Авторы выражают искреннюю благодарность научному руководителю Института геоэкологии РАН, академику В.И. Осипову за поддержку и плодотворное обсуждение.

### ***Список литературы***

1. Антипов А.В. Принципы инженерно-геологического районирования территории Москвы / А.В. Антипов, В.И. Осипов // Геология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2009. – №1. – С. 3–13.

2. Осипов В.И. Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г. Москвы / В.И. Осипов, В.Н. Бурова [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2011. – №4. – С. 306–319.

3. Смирнова О.О. Правовые основы стратегического планирования в Российской Федерации: Монография. – М.: Издательский Дом «Наука», 2013.

4. Сизов А.П. Необходимая информационно-методическая основа среднесрочного планирования / А.П. Сизов, Е.А. Карфидова // Труды международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы природообустройства, кадастра и землепользования». – Воронеж, ноябрь 2016.

5. Бачурина С.С. Геоэкологические аспекты разработки региональной модели территориального планирования (на примере Москвы) / С.С. Бачурина, В.Л. Беляев, Е.А. Карфидова // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2016. – №1. – С. 3–19.

6. Карфидова Е.А. Необходимость геоэкологических исследований в стратегическом и среднесрочном планировании / Е.А. Карфидова, А.П. Сизов //

Сборник трудов научной конференции «18-е Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи». – 2016

7. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 №200-ФЗ (ред. от 01.07.2017) // Консультант Плюс, 2017.

8. Таксация и лесоустройство. Прирост древесины в древостое. Классификация и символика, основные расчетные формулы. Термины и определения – ОСТ 56–73–84. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. – 8 с.

9. Таксация леса: Учеб-метод. пособие. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 133 с.

10. Осипов В.И. Формирование сведений о геоэкологических условиях в границах кадастрового деления территории г. Москвы / В.И. Осипов, В.Н. Бурова, Е.А. Карфидова // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. – М.: РУДН, 2015. – С. 76–82.

11. V. Osipov, E. Karfidova, G. Batrak The Drain Net Modeling On The Base Terrestrial And Radar Data. Comparative Analysis // GEOS 2016. Doi: 10.5176/2251–3353\_GEOS16.35.

12. Карфидова Е.А. ГИС-исследования поверхностного стока урбанизированных территорий / Е.А. Карфидова, Г.И. Батрак // ArcReview. – 2017. – №3.

### ***References***

1. Antipov, A.V., & Osipov, V.I. (2009). Printsipy inzhenerno-geologicheskogo raionirovaniia territorii Moskvy. Geologiya. Inzhenernaia geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya, 1, pp. 3–13.

2. Osipov, V.I., & Burova, V.N. (2011). Karta krupnomasshtabnogo (detal'nogo) inzhenerno-geologicheskogo raionirovaniia territorii g. Moskvy. Geoekologiya. Inzhenernaia geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya, 4, pp. 306–319.

3. Smirnova, O.O. (2013). Pravovye osnovy strategicheskogo planirovaniia v Rossiiskoi Federatsii. M.: Izdatel'skii Dom "Nauka".

4. Sizov, A.P., & Karfidova, E.A. (2016). Neobkhodimaia informatsionno-metodicheskaiia osnova srednesrochnogo planirovaniia. Trudy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Aktual'nye problemy prirodoobustroistva, kadastra i zemlepol'zovaniia". Voronezh.
5. Bachurina, S.S., Beliaev, V.L., & Karfidova, E.A. (2016). Geoekologicheskie aspekty razrabotki regional'noi modeli territorial'nogo planirovaniia (na primere Moskvy). Geoekologiya. Inzhenernaia geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya, 1, pp. 3–19.
6. Karfidova, E.A., & Sizov, A.P. (2016). Neobkhodimost' geoekologicheskikh issledovaniy v strategicheskom i srednesrochnom planirovanii. Sbornik trudov nauchnoi konferentsii "18-e Sergeevskie chteniia. Inzhenernaia geologiya i geoekologiya. Fundamental'nye problemy i prikladnye zadachi".
7. (2017). Lesnoi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 04.12.2006 200-FZ (red. ot 01.07.2017). Konsul'tant Plius
8. (1984). Taksatsiia i lesoustroistvo. Prirost drevesiny v drevostoe. Klassifikatsiia i simvolika, osnovnye raschetnye formuly. Terminy i opredeleniia. M.: TsBN-TIleskhoz.
9. (2008). Taksatsiia lesa. M.: GOU VPO MGUL.
10. Osipov, V.I., Burova, V.N., & Karfidova, E.A. (2015). Formirovanie svedenii o geoekologicheskikh usloviakh v granitsakh kadastrivogo deleniia territorii g. Moskvy. Sergeevskie chteniia. Inzhenerno-geologicheskie i geoekologicheskie problemy gorodskikh aglomeratsii, pp. 76-82. M.: RUDN.
11. Osipov, V., & Karfidova, E. (2016). G. Batrak The Drain Net Modeling On The Base Terrestrial And Radar Data. Comparative Analysis. GEOS. doi:10.5176/2251-3353\_GEOS16.35.
12. Karfidova, E. A., & Batrak, G. I. (2017). GIS-issledovaniia poverkhnostnogo stoka urbanizirovannykh territorii. ArcReview, 3.

**Карфидова Екатерина Александровна** – канд. геогр. наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Россия, Москва.

**Karfidova Ekaterina Aleksandrovna** – candidate of geographical sciences, associate professor, lead researcher at the E.M Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS, Russia, Moscow.

**Комаревская Мария Николаевна** – ведущий инженер ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Россия, Москва.

**Komarevskaya Maria Nikolaevna** – lead engineer at the E.M Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS, Russia, Moscow.

---