



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-3-19-34>
УДК 550.8.012



«ГОРЯЧИЕ ПЯТНА» ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА И ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В.Б. СВАЛОВА

ФГБУН «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук»
13, Уланский пер., г. Москва 101000, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Проблемы территориального планирования тесно связаны с решением задачи размещения новых объектов высокой опасности без значительного увеличения экологической нагрузки. Так, задача размещения объектов повышенной экологической опасности, связанных с утилизацией и глубокой переработкой отходов, является важнейшей народно-хозяйственной и научной проблемой, требующей незамедлительного решения. Несмотря на необходимость скорейшего решения проблемы, следует рассматривать и предвидеть последствия принятого решения на долгосрочную перспективу.

Цель. Задачей исследования является выделение «горячих пятен» по степени риска с целью исключения наиболее опасных территорий из дальнейшего планирования и использования.

Материалы и методы. Проблема решается на основе концепции управления экологическим риском, включающей следующие понятия: 1) идентификация опасности; 2) оценка уязвимости; 3) анализ рисков; 4) понятие приемлемого риска; 5) оценка рисков; 6) картографирование рисков; 7) меры по снижению риска: а) законодательные; б) организационные и административные; в) экономические, включая страхование; г) инженерно-технические; д) моделирование; е) мониторинг; ж) информация. Используются материалы и карты опасных природных и техногенных процессов и потенциального ущерба территорий Московской области.

Результаты. Установлено, что при территориальном планировании и размещении дополнительных опасных объектов повышенной экологической нагрузки, таких как мусоросжигательные заводы и полигоны для утилизации и глубокой переработки отходов, необходимо исключение областей высокого экологического риска из потенциальных территорий размещения. Для Московской области это в первую очередь Люберецкий и Раменский районы (восток — юго-восток от Москвы). Люберецкий район можно рассматривать как «горячее пятно» первого класса по экологическому риску вследствие высокой природной опасности и высокого потенциального ущерба. Разработки, выполненные для определения «горячих пятен» риска региона на основе геологических, геодинамических, тектонических и социально-экономических параметров, подтверждаются областями геохимических загрязнений и зонами экологической напряженности среды.

Заключение. Разработанный метод выделения «горячих пятен» риска является основой для решения проблем территориального планирования с целью исключения наиболее экологически напряженных участков и выбора потенциальных мест размещения опасных объектов, в частности объектов утилизации и переработки отходов.

Ключевые слова: риск, опасные процессы, ущерб, территориальное планирование, утилизация отходов

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Статья подготовлена в рамках выполнения госзадания № 122022400105-9 по теме «Прогноз, моделирование и мониторинг эндогенных и экзогенных геологических процессов для снижения уровня их негативных последствий».

Для цитирования: Свалова В.Б. «Горячие пятна» геоэкологического риска и проблемы территориального планирования. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2022;64(3):19—34. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-3-19-34>

Статья поступила в редакцию 13.07.2022
Принята к публикации 08.09.2022
Опубликована 17.10.2022

“HOT SPOTS” OF GEOECOLOGICAL RISK AND PROBLEMS OF TERRITORIAL PLANNING

VALENTINA B. SVALOVA

*Sergeev Institute of Environmental Geoscience of RAS
13, Ulansky lane, Moscow 101000, Russia*

ABSTRACT

Introduction. The tasks of territorial planning are closely related to the problems of locating new high-risk facilities without increasing the environmental load. Thus, the task of locating high environmental risk facilities for recycling and deep processing of wastes appears to an essential economic and scientific problem that requires an immediate solution. The long-term consequences of such decisions should be forecasted and analysed.

Aim. To identify “hot spots” according to their risk degree in order to exclude the most dangerous areas from further planning and use.

Materials and methods. The stated problem is solved on the basis of environmental risk management, which includes the following concepts: 1) hazard identification; 2) vulnerability assessment; 3) risk analysis; 4) acceptable risk concept; 5) risk assessment; 6) risk mapping; 7) risk reduction measures, including a) legislative; b) organisational and administrative; c) economic, including insurance; d) engineering; e) modelling; f) monitoring; g) informational. Data and maps of hazardous natural and technogenic processes and potential damage to the territories of the Moscow Oblast were used.

Results. When carrying out territorial planning and location of additional hazard facilities, representing an increased ecological load, such as incineration plants and landfills for recycling and deep processing of wastes, high ecological risk regions should be excluded from the potential location list. In the Moscow Oblast, these are primarily Lyuberetsky and Ramensky districts (east-south-east of Moscow). Lyubertsy district can be considered as a “hot spot” of the first class in terms of ecological risk due to the high natural hazard and potential damage. The findings obtained when determining “hot spots” based on geological, geodynamic, tectonic and socio-economic parameters, were confirmed by the areas of geochemical pollution and environmental stress zones.

Conclusion. The developed method of identifying the risk “hot spots” represents a basis for solving the problems of territorial planning for the purpose of excluding the most ecologically stressed sites and selecting suitable sites for locating hazard facilities, in particular, recycling and waste processing plants.

Keywords: risk, hazardous processes, damage, territorial planning, recycling

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

Financial disclosure. The article was prepared in response to a government assignment No. 122022400105-9 on the topic “Forecast, modeling and monitoring of endogenous and exogenous geological processes to reduce their negative consequences”.

For citation: V.B. Svalova. “Hot spots” of geoecological risk and problems of territorial planning. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(3):19—34. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-3-19-34>

Manuscript received 13 July 2022

Accepted 08 September 2022

Published 17 October 2022

Проблемы территориального планирования тесно связаны с решением задачи размещения новых объектов высокой опасности без значительного увеличения экологической нагрузки.

Задача утилизации и глубокой переработки твердых бытовых и промышленных отходов очень остро стоит как в стране в целом, так и особенно в мегаполисах, где повышенная плотность населения, коммуникаций и промышленного производства создает высокую экологическую нагрузку на окружающую среду [1, 2, 4—8, 10]. Задача размещения объектов повышенной экологической опасности, связанных с утилизацией и глубокой переработкой отходов, является важнейшей народнохозяйственной и научной проблемой, требующей незамедлительного решения. Несмотря на необходимость скорейшего решения проблемы, следует рассматривать и предвидеть последствия принятого решения на долгосрочную перспективу. Важно не только учитывать все возрастающую экологическую нагрузку на геологическую и природную среду, но и принимать во внимание психологические и социальные аспекты решения проблемы. С одной стороны, необходимо вывозить отходы за пределы больших городов, если невозможна их полная безотходная переработка без загрязняющих выбросов, а с другой — нельзя это делать в ущерб соседним населенным пунктам и окружающей природе. Проблема требует стратегического научного подхода и решения, учитывающего все многообразные осложняющие факторы и аспекты.

В качестве исходных положений можно принять следующие:

1) необходимость переработки и утилизации отходов на небольших расстояниях от источников отходов. Не перевозить отходы на отдаленные территории, чтобы не загрязнять дороги;

2) имеющиеся места складирования отходов необходимо рекультивировать, а многие ликвидировать. Отходы подвергнуть глубокой переработке и утилизации;

3) для имеющихся свалок ТБО и ТКО, мусороперерабатывающих заводов и экотехнопарков необходимо установить жесткую многофункциональную систему экомониторинга.

Так, для Москвы в качестве полигонов переработки и утилизации отходов следует рассматривать Московскую и близлежащие области.

Природные опасности Московской области

Для территории Московской области наиболее характерны такие виды опасных природных

процессов, как наводнения, оползни, карст, ураганы, засухи (как результат лесные и торфяные пожары) [3] (рис. 1).

На территории области отмечались и землетрясения. Слабые сейсмические волны доходили из Средиземноморской геосинклинальной области, а также из Средней Азии.

Московская область расположена в центре древней платформы, что обуславливает слабое проявление тектонических процессов. Вместе с тем определенную угрозу высотным зданиям и сооружениям на территории Московской области представляют низкочастотные колебания, вызываемые прохождением сейсмических волн от крупных землетрясений.

Тектонические условия области неоднородны. Территория Подмосковья занимает центр и юго-западный склон Московской синеклизы — крупнейшей платформенной структуры, формирование которой началось в конце рифея и окончательно завершилось в девонское время. Она представляет собой обширный чашеобразный прогиб докембрийского фундамента платформы, размерами примерно 1000×450 км, ориентированный удлиненной осью на восток — северо-восток [3, 9].

Кристаллический фундамент Русской платформы в пределах Московской области имеет древние разломы — авлакогены, которые в геологическом прошлом являлись очагами вулканизма. Авлакогены являются районами проявления повышенной геомагнитной активности. Наиболее глубокий из них Пачелмский, занимает территорию Зарайского, Каширского, Озерского, Чеховского районов.

Также на территории области расположены еще два авлакогена — Подмосковский и Гжатский. Они пересекают центральную часть области, в том числе и южную часть Москвы [3] (рис. 2).

В западной части Московской области, уходя частично на территорию соседней Смоленской, располагается обширная Гжатская впадина, в пределах которой скважинами зафиксирована глубина фундамента порядка 2600 м (в районе к югу от Волоколамска). К юго-востоку и востоку от нее находятся две линейно вытянутые узкие впадины: расположенная чуть восточнее Москвы почти широтная Подмосковная впадина (с глубиной залегания фундамента более 4200 м в районе Ногинска) и такая же глубокая Пачелмская впадина, протянувшаяся от истоков реки Рожайки вдоль долины реки Северки на юго-восток, к Зарайску и Рязани.



Рис. 1. Схематическая карта распространения оползневых процессов и карста на территории Московской области [3]. Белый — площади слабого проявления процессов. Желтый — площади среднего проявления процессов. Красный — площади интенсивного проявления процессов
<https://mwmoskva.ru/ekologicheskaya-karta-moskvy.html>

Fig. 1. Schematic map of the distribution of landslide processes and karst in the Moscow region [3]. White — areas of weak manifestation of processes. Yellow — areas of average manifestation of processes. Red — areas of intensive manifestation of processes
<https://mwmoskva.ru/ekologicheskaya-karta-moskvy.html>

Территория области изобилует тектоническими разломами разного ранга. Как правило, разломы маркирует речная система. Разломы кристаллического фундамента потенциально являются опасными, так как в их пределах возможна активизация тектонических процессов, которая будет сопровождаться землетрясениями.

Изучение современных движений земной коры показывает, что территория области продолжает жить довольно активной (учитывая ее платформенное положение) неотектонической жизнью [3, 9]. В неоген-четвертичное время она испытала серию поднятий и опусканий, причем преобладали подъемы, выразившиеся в суммарной за этот период амплитуде в 50 метров. Новейшие измерения показывают, что в настоящее время

северо-западные районы области (в частности, Смоленско-Московская возвышенность) испытывают подъем с амплитудой 1—8 мм в год, а восточное Подмосковье (Мещерская низменность), наоборот, опускается на 5—6 мм в год [3]. Пониженные области связаны с подтоплением и наводнениями (рис. 3).

Наибольшую потенциальную опасность несут авлокагены, которые пересекают область широтно и на юге меридионально. Эти крупные районы разломов приурочены к территориям с высокой плотностью населения, в том числе к южной части города Москвы. В отмеченных районах возможны смещения пластов горных пород, поэтому это нужно учитывать при организации систем расселения и строительстве.

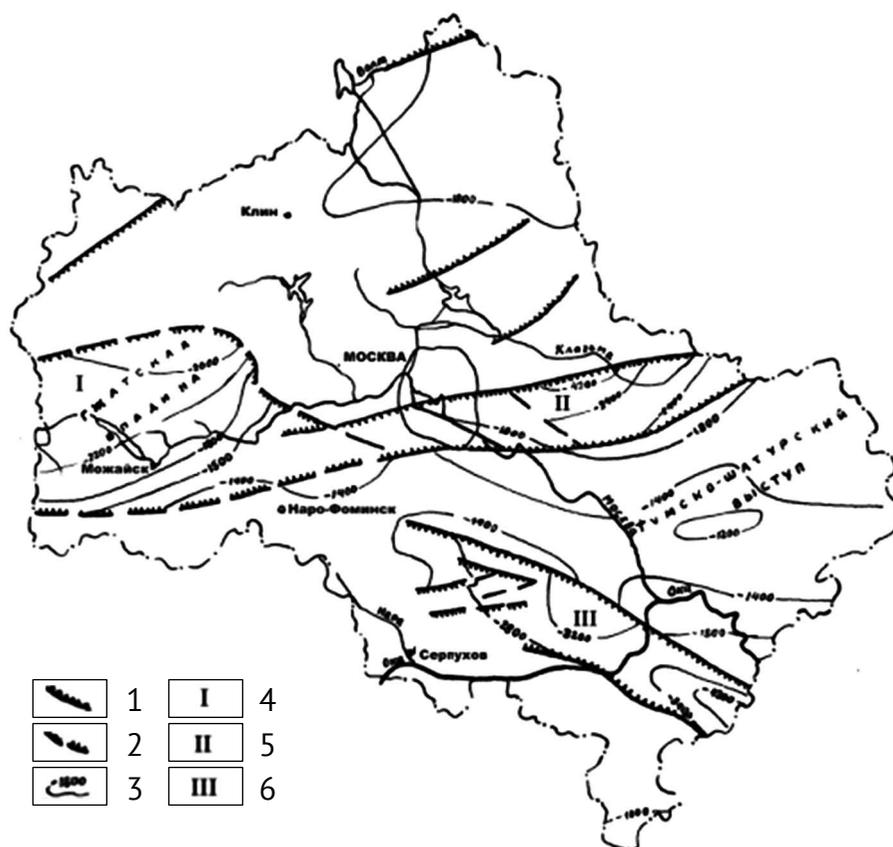


Рис. 2. Схематическая тектоническая карта Московского региона. Разломы кристаллического фундамента: 1 — установленные, 2 — предполагаемые; 3 — изогипсы поверхности фундамента, м; Впадины фундамента: 4 — Гжатская, 5 — Подмосковная, 6 — Пачелмская [3]

Fig. 2. Schematic tectonic map of the Moscow region. Faults of the crystalline basement: 1 — established, 2 — assumed; 3- isohypses of the foundation surface, m; Basement depressions: 4 — Gzhatskaya, 5 — Moscow region, 6 — Pachelmskaya [3]

Рассматривая по районам потенциальную тектоническую опасность, можно считать, что наибольшая опасность относится к районам: Зарайскому, Озерскому, Ступинскому, Чеховскому, Можайскому, Рузскому, Одинцовскому, Люберецкому, Ногинскому и Павлово-Посадскому.

В группу районов, в наибольшей степени подверженных природным и антропогенным провалам, оползням (более 25 % территории) входят Каширский, Зарайский и Серебряно-Прудский.

Наиболее подвержены подтоплению Озерский, Луховицкий, Серпуховской, Коломенский, Каширский. В меньшей степени Воскресенский, Раменский, Можайский.

Ураганы на территории Москвы и области наиболее опасны в г. Москве, в районах с высокой плотностью населения. Основной ущерб при ураганах — это разрушение коммуникаций и инфраструктуры. Большую опасность имеют ураганы в малооблесенных районах, так как леса задерживают

и ослабляют ураганный ветер. В Московской области при небольшой лесистости ураганы проявляются по всей области, однако максимальный ущерб они приносят в плотнонаселенных районах и в московской агломерации [8, 9].

Максимальное количество возможных опасных природных процессов и явлений характерно для Люберецкого и Раменского районов (5 видов). Это наиболее неблагоприятные районы Московской области по степени потенциальной опасности от природных процессов и явлений [3, 4].

Большая часть районов Московской области относится к районам с умеренной степенью потенциальной опасности от природных процессов и явлений, где проявляются 2—3 их вида.

Низкая степень потенциальной опасности от природных процессов и явлений в Московской области отмечена в следующих районах: Шаховской, Волоколамский, Пушкинский, Истринский, Красногорский.

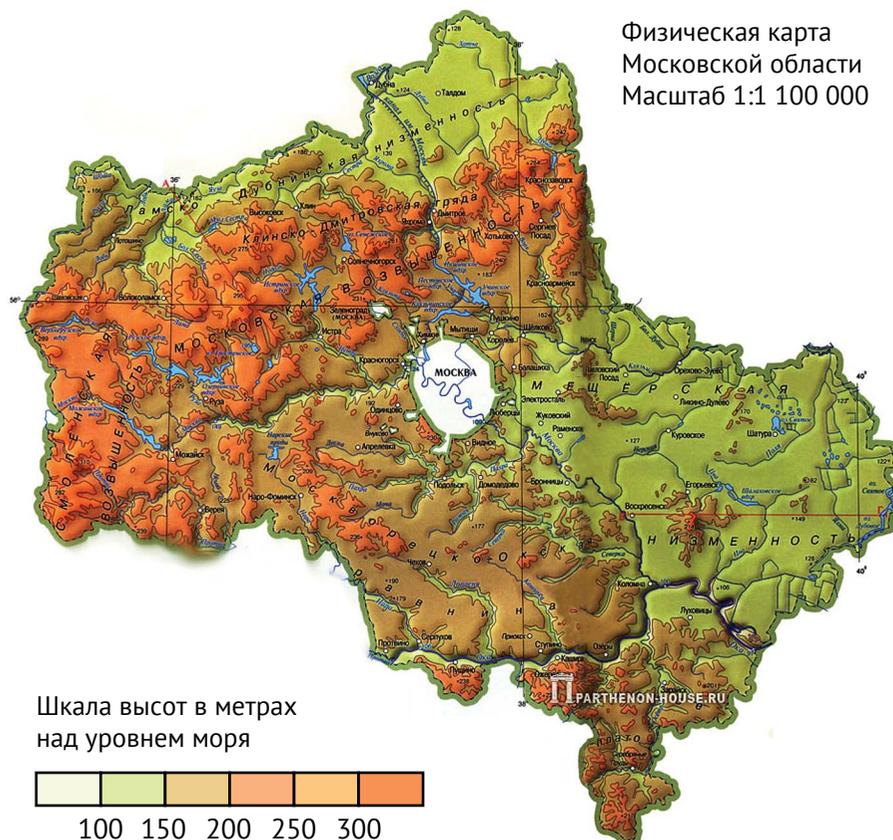


Рис. 3. Физическая карта Московской области <https://prezentacii.org/prezentacii/prezentacii-po-geografii/126058-prirodnye-kompleksy-moskovskoj-oblasti.html>

Fig. 3. Physical map of the Moscow region <https://prezentacii.org/prezentacii/prezentacii-po-geografii/126058-prirodnye-kompleksy-moskovskoj-oblasti.html>

Управление геоэкологическим риском.

Материалы и методы

Системный подход к решению задачи требует проблемно-ориентированного анализа и оценки экологической нагрузки на окружающую среду и, в частности, анализа и оценки риска опасных природных и техногенных процессов на рассматриваемых территориях с целью управления экологическим риском и недопущения превышения критических параметров воздействия на геологическую и социальную среду. Следует в первую очередь выявить и исключить территории повышенной опасности и риска. Таким образом, задача оценки и управления геоэкологическим риском становится еще более актуальной в рамках решения глобальной проблемы управления отходами и создания индустрии переработки и утилизации ТБО (твердых бытовых отходов) и ТКО (твердых коммунальных отходов).

Следует особо рассмотреть области повышенного напряженно-деформированного состояния

литосферы, геодинамической и сейсмической активности, высокого теплового потока, повышенных скоростей поверхностных движений, геопатогенных зон и разломов, интенсивной фильтрации грунтовых и подземных вод, а также территории развития опасных природных процессов, таких как оползни, карст, суффозия, переработка берегов, подтопление и др.

Концепция управления экологическим риском включает следующие понятия [11—26]: 1) идентификация опасности; 2) оценка уязвимости; 3) анализ рисков; 4) понятие приемлемого риска; 5) оценка рисков; 6) картографирование рисков; 7) меры по снижению риска: а) законодательные; б) организационные и административные; в) экономические, включая страхование; г) инженерно-технические; д) моделирование; е) мониторинг; ж) информация.

Под информацией понимается оповещение населения и принимающих решения органов о возможном катастрофическом событии или опасном

природном явлении, а также просвещение, обучение действиям, тренинги.

Часто в узком смысле управление риском рассматривается как система мер, ведущих к снижению риска.

Риск оценивается как суперпозиция вероятности опасного природного или техногенного процесса и возможного ущерба в случае наступления события. Для оценки вероятности необходим статистический анализ стихийных бедствий и катастроф. Результатом анализа может быть выделение «горячих пятен» по степени риска для региона. Как правило, такими «горячими пятнами» являются особо опасные или ценные объекты в наиболее сложных экологических условиях. Такой подход построения «горячих пятен» («hotspots») весьма распространен для больших территорий и мелкокомасштабных карт. Так, подобный подход осуществлен для оценки оползневой риска Европы, где учитывались карты оползневой опасности, а также карты плотности населения и дорог. Причем строились карты оползневой риска отдельно для сейсмоопасных горных территорий и равнинных территорий, подверженных повышенным осадкам и наводнениям. [18, 20, 22, 26].

На рис. 4 представлена схема управления риском [15, 18, 20, 22, 26], описывающая отношения между основными элементами концепции риска для системных подходов к исследованиям природных опасностей и катастроф, что может рассматриваться как управление риском.

Одним из наиболее распространенных определений геологического риска является: риск есть математическое ожидание ущерба. Или: риск равен произведению вероятности возможного опасного события на произведенный ущерб [11, 12, 15, 19, 21—26]. Второе определение взято за основу в данной работе:

$$R = P \times D,$$

где R — риск, P — вероятность, D — ущерб.

Для автоматизированного анализа фактического материала и построения карт риска необходимо

найти суперпозицию интегральной карты природной опасности и интегральной карты возможного ущерба, т.е. для каждого i -го фрагмента карты риска R_i найти произведение вероятности опасного события P_i на сумму различных j -тых возможных ущербов от опасного процесса:

$$\begin{aligned} R_i &= P_i \times D_i, D_i = \sum_j D_{ij} \\ R_i &= P_i \sum_j D_{ij}. \end{aligned} \quad (1)$$

Оценку природной опасности при этом необходимо проградировать от 0 до 1, чтобы отразить вероятность опасного события.

Для формализации интегральной оценки природной опасности введем коэффициент k_{im} опасности от опасного процесса m в i -том квадрате, интегральный коэффициент опасности в i -том квадрате k_i и пронормируем на максимальное число баллов n для аналогии с вероятностью:

$$k_i = \sum_m k_{im}; P_i = k_i / n. \quad (2)$$

Пусть $m = 5$, т.е. рассмотрим 5 видов природной опасности 1) оползни, 2) карст и суффозия, 3) гидрогеологические опасности (подтопление, наводнения), 4) тектонические опасности (разломы, высокие скорости движения земной поверхности), 5) метеорологические опасности (засуха и как следствие пожары, ураганы, смерчи и др.). Каждую опасность оценим по трехбалльной системе (0, 1, 2) — низкая, средняя, высокая. Тогда k_i изменяется от 0 до 10, $n = 10$, P_i изменяется от 0 до 1.

Для комплексной оценки ущерба на каждом участке предлагается проградировать возможный ущерб от каждого параметра по трехбалльной системе (0, 1, 2), где 0 означает низкий ущерб или отсутствие ущерба, 1 — умеренный, 2 — высокий ущерб. Параметрами здесь могут рассматриваться: 1) плотность населения, 2) плотность дорог и коммуникаций, 3) плотность застройки, 4) стоимость земли, 5) стоимость жилья. Чем выше значение параметра (стоимость земли, жилья и т.д.), тем выше ущерб в случае опасного события. Тогда возможный ущерб по 5 параметрам в каждом элементе изменяется от 0 до 10.



Рис. 4. Управление риском

Fig. 4. Risk management

Риск в каждом элементе также варьируется от 0 до 10. Это риск в относительных единицах (больше-меньше) по 10-балльной шкале. Разбив карту области на квадраты и вычислив риск для каждого квадрата, можно получить карту риска области по 10-балльной шкале. Таким образом строится карта риска как суперпозиция карт опасностей и потенциальных ущербов.

Часто нет необходимости строить подробную карту риска, а достаточно выделить «горячие пятна» риска [18, 20, 22, 26].

Для оценки потенциального ущерба можно использовать карты плотности населения (рис. 5) и карты дорог и коммуникаций (рис.6).

При использовании формул 1 и 2 следует руководствоваться следующими подходами:

1) оползни и карст представляют наибольшую опасность на территории Московской области (рис. 1);

2) эндогенные опасные процессы (землетрясения) на территории области проявляются незначительно;

3) глубинные и поверхностные разломы земной коры отражают напряженное состояние литосферы. Скорости движения поверхности невелики, но их следует учитывать при долговременном территориальном планировании, особенно при строительстве скоростных железных дорог, мостов, трубопроводов, туннелей, линейных и подземных сооружений;

4) русла рек являются показателями геодинамической опасности в литосфере как маркеры глубинных разломов земной коры и, в свою очередь, являются источниками экзогенных опасных природных процессов вследствие рельефа берегов, обводненности территорий и гидрогеодинамики прибрежных областей. К руслам рек приурочены многие опасные природные процессы: оползни, переработка берегов, овражная эрозия, карст, суффозия, подтопление, наводнения, паводки, половодья и др. Вместе с тем к руслам рек и их высоким берегам приурочены ценные объекты культурного наследия: церкви, исторические строения, дорогостоящие спортивные сооружения.

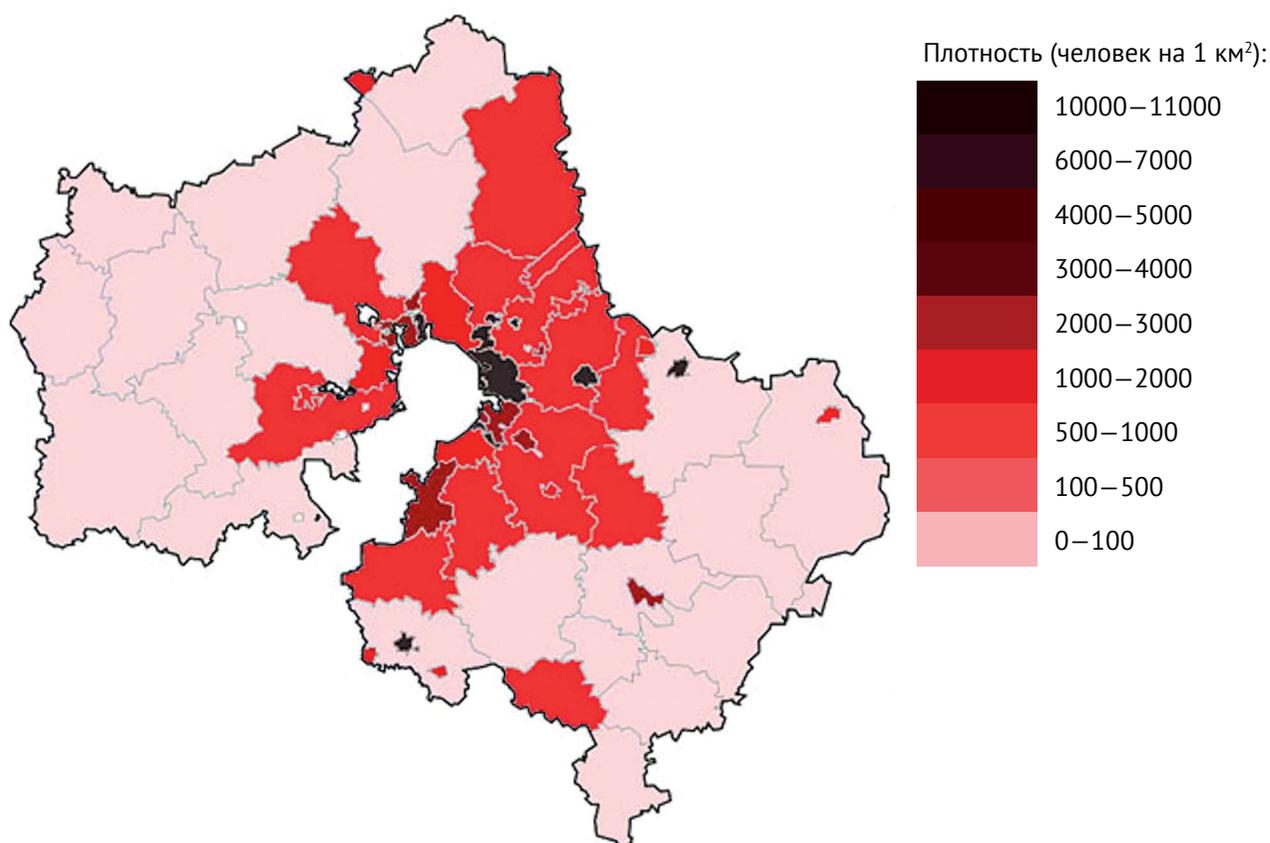


Рис. 5. Схематическая карта плотности населения Московской области (РОССТАТ). <https://golosinfo-prod.herokuapp.com/ru/articles/142044>

Fig. 5. Schematic map of the population density of the Moscow region (ROSSTAT). <https://golosinfo-prod.herokuapp.com/ru/articles/142044>

«Горячие пятна» геоэкологического риска и проблемы территориального планирования

а



б

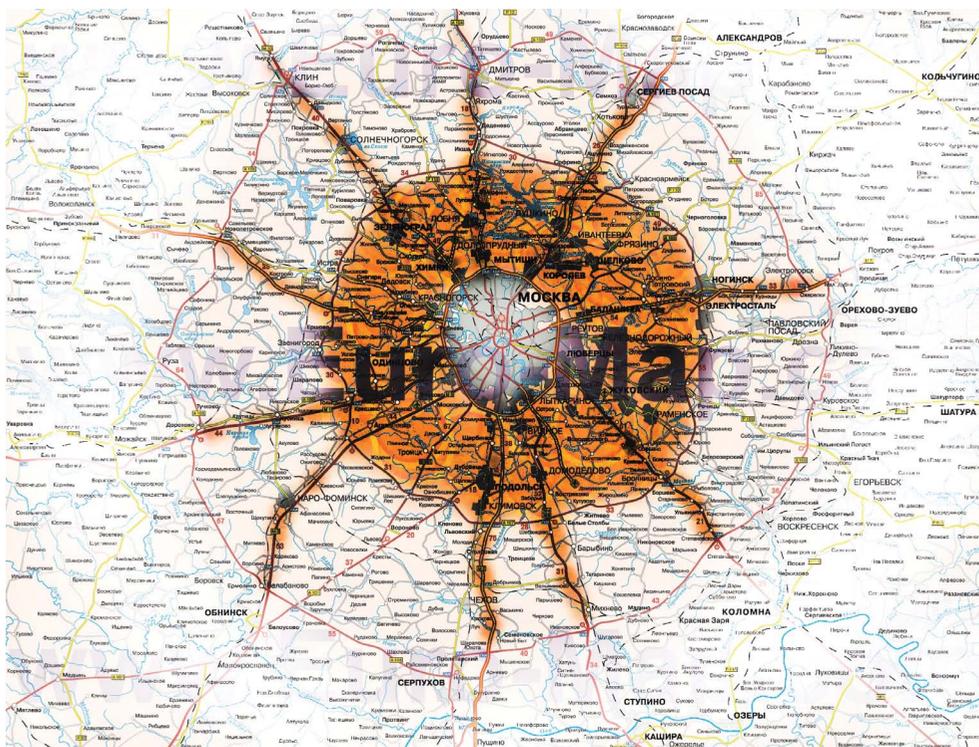


Рис. 6. Карта-схема автомобильных дорог Московской области (а). Затемнение — области повышенного потенциального ущерба («Звезда потенциального ущерба» Московской агломерации) (б). www.Euro-Map.com/avtomobilnaya-karta-dorog-moskovskaya-oblast

Fig. 6. Map-scheme of highways of the Moscow region (а). Shading — areas of increased potential damage («Star of potential damage» of the Moscow agglomeration) (б). www.Euro-Map.com/avtomobilnaya-karta-dorog-moskovskaya-oblast

а



б



в

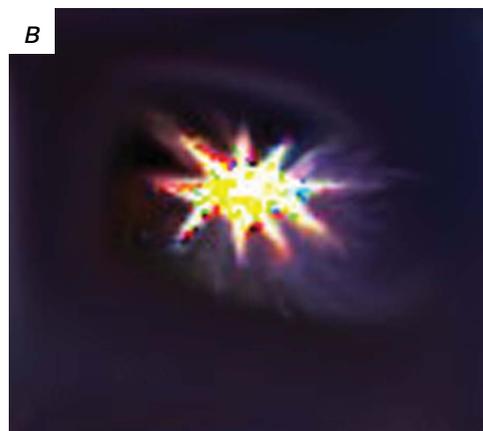


Рис. 7. Ночное фото из космоса: а — Московская агломерация (<https://gamerwall.pro/12206-rossija-iz-kosmosa-nochju.html>); б — Европа ночью из космоса (1641864474_18-gamerwall-pro-p-rossiya-iz-kosmosa-nochyu-fentezi-krasivo-20); в — «звезда потенциального ущерба» Московской агломерации ночью из космоса

Fig. 7. Night photo from space: а — night aerial photo of Moscow region (<https://gamerwall.pro/12206-rossija-iz-kosmosa-nochju.html>); б) Europe at night from space (1641864474_18-gamerwall-pro-p-rossiya-iz-kosmosa-nochyu-fentezi-krasivo-20); в — “star of potential damage” for Moscow region at night

Многие города были заложены и развивались около русел рек. Таким образом, вдоль русел рек на урбанизированных территориях сконцентрированы опасные природные процессы и объекты высокого потенциального ущерба, что определяет области высокого геоэкологического риска;

5) плотность населения и плотность дорог и коммуникаций являются определяющими параметрами ущерба. Плотность населения определяет плотность застройки. Чем ближе к Москве, тем выше стоимость земли и жилья. Потенциальный ущерб в Московской области имеет радиально-кольцевой



Рис. 8. Схематическая карта рельефа Московской области. Черный круг — «горячее пятно» по степени риска (Люберцы). 1 — Верхневолжская низменность, 2 — Смоленско-Московская возвышенность, 3 — Мещерская низменность, 4 — Москворецко-Окская равнина, 5 — Среднерусская возвышенность [3]

Fig. 8. Schematic map of the relief of the Moscow region. The black circle is a “hot spot” in terms of risk (Lyubertsy). 1 — Upper Volga lowland, 2 — Smolensk-Moscow Upland, 3 — Meshcherskaya lowland. 4 — Moskvoetsko-Oka Plain, 5 — Central Russian upland [3]

характер. Максимальный ущерб связан с населенными пунктами вблизи Москвы и дорожной сетью (рис. 6). Области максимального ущерба московской агломерации имеют форму звезды с 10 лучами вдоль железных и автомобильных дорог;

б) ночные фото из космоса хорошо характеризуют потенциальный ущерб, т.к. отражают плотность застройки, дорог и коммуникаций (рис. 7). Из космоса ночью хорошо видна «звезда потенциального ущерба» Московской агломерации;

7) в качестве экспресс-анализа и оценки геоэкологического риска для неисследованных территорий можно использовать суперпозицию ночных космических снимков и русел крупных рек.

Также идентифицировать районы с наибольшим потенциальным ущербом в случае опасного природного события можно по ночной авиационной и космической съемке урбанизированной территории, которая хорошо отражает плотность автомобильных и железных дорог, инфраструктуры и жилой застройки городских агломераций: (рис. 7).

Анализ и оценка природных опасностей и потенциального ущерба для Московской области на основе формул 1 и 2 с учетом подхода, изложенного в пунктах 1—7, дает оценку риска около 8 баллов по 10-балльной системе для «горячего пятна» в районе Люберцы (рис. 7). $k_i = 8$; $P_i = k_i/n = 0,8$; $D_i = 10$; $R_i = 8$. Основные характеристики района Люберцы по отношению к другим районам Московской области: 1) высокая плотность населения, 2) высокая плотность дорог и коммуникаций, 3) высокая плотность застройки, 4) высокая стоимость земли и жилья вследствие близости к Москве, 5) высокая оползневая и карстовая опасность (рис. 1), 5) близость реки Москвы, т.е. высокая опасность подтоплений и наводнений, 6) наличие глубинного разлома как показателя геодинамической опасности.

Геоэкологический риск на территории Московской области. Результаты и обсуждение

На основе проведенного анализа делаются выводы об исключении областей высокого

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
Масштаб 1:1 750 000

СТЕПЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
(в процентах общей площади)

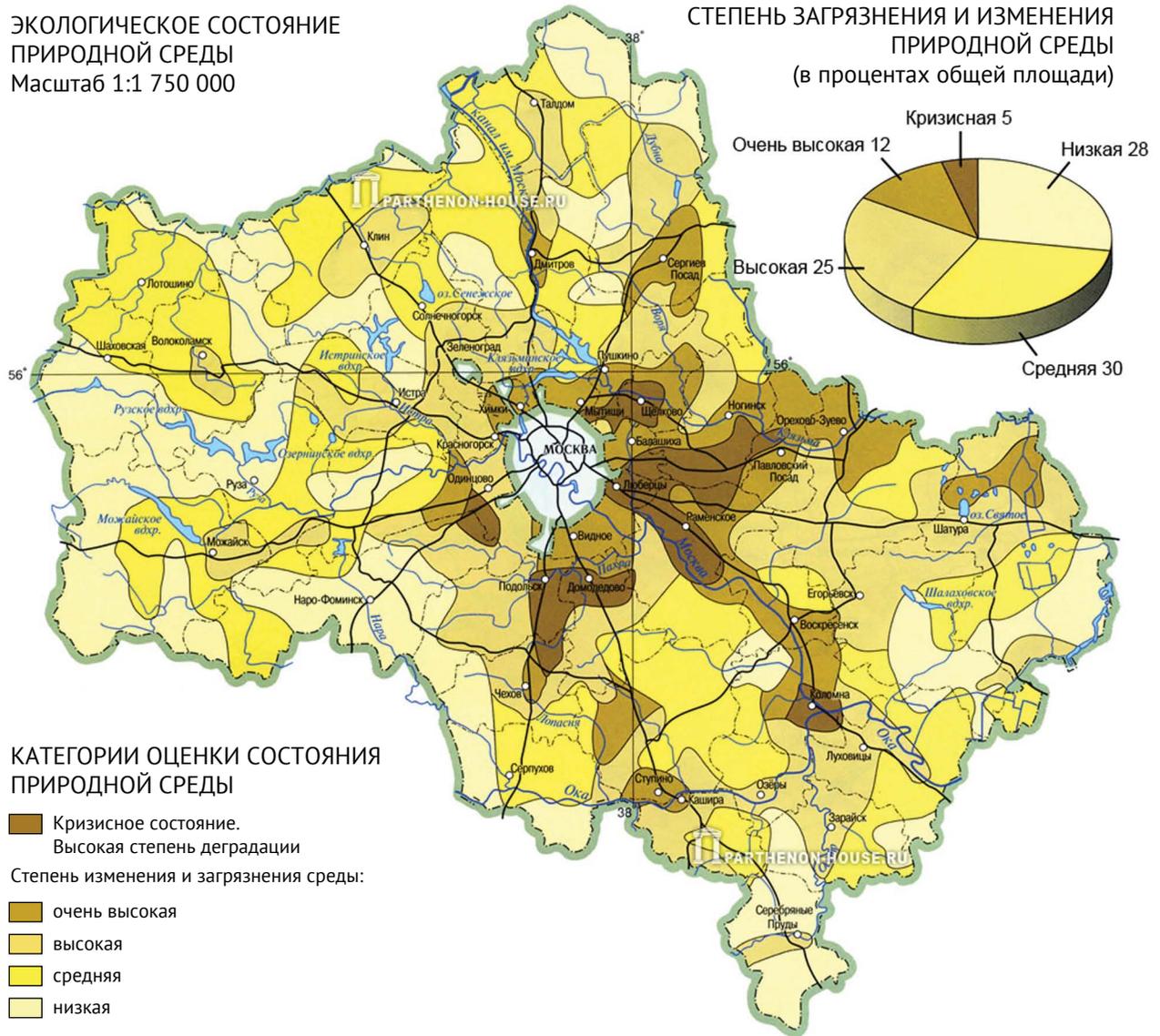


Рис. 9. Схематическая карта загрязнения природной среды Московской области. <https://terres.ru/articles/ekologicheskaya-karta-podmoskovyya> (masteratlas.ru)

Fig. 9. Schematic map of environmental pollution in the Moscow region. <https://terres.ru/articles/ekologicheskaya-karta-podmoskovyya> (masteratlas.ru)

экологического риска из потенциальных территорий размещения дополнительных опасных объектов повышенной экологической нагрузки, в частности для утилизации и переработки отходов. Для Московской области это в первую очередь Люберецкий и Раменский районы (восток — юго-восток от Москвы), а также населенные пункты, включая санитарные зоны, особо охраняемые территории, объекты культурного наследия, рекреационные зоны, дороги и коммуникации. Люберецкий район можно рассматривать как «горячее пятно» первого класса

по геоэкологическому риску [18, 20, 22, 26]. (рис. 8).

Важно отметить, что разработки, выполненные для определения «горячих пятен» риска региона на основе геодинимических, тектонических и социально-экономических параметров, подтверждаются областями геохимических загрязнений и зонами экологической напряженности среды, что вполне естественно, т.к. во многом загрязнение связано с жизнедеятельностью человека (рис. 9, 10). Особое значение здесь имеет вынос загрязнения из г. Москвы вниз по течению реки.

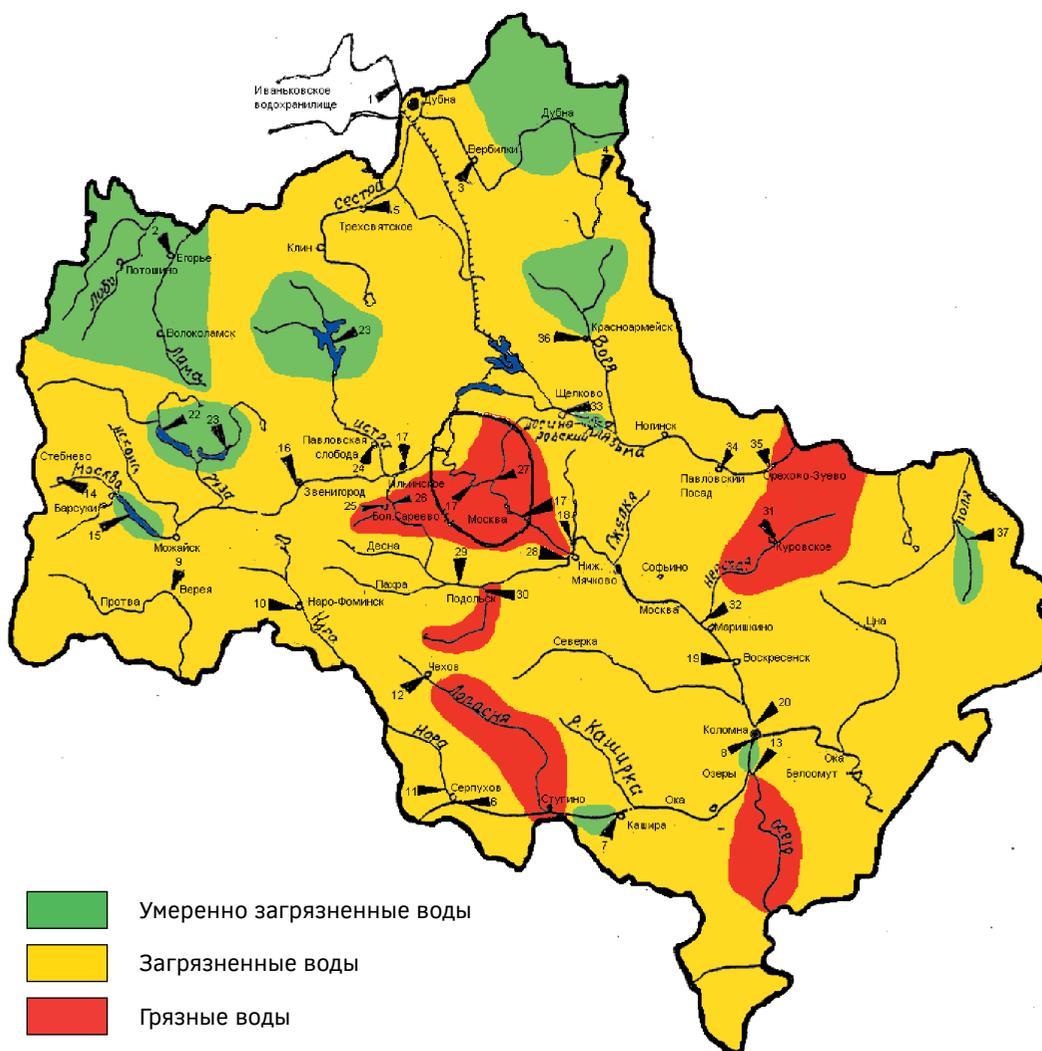


Рис. 10. Схематическая карта загрязнения подземных и поверхностных вод Московской области. <https://rudocs.exdat.com/docs/index-246647.html> (masteratlas.ru)

Fig. 10. Schematic map of groundwater and surface water pollution in the Moscow region. <https://rudocs.exdat.com/docs/index-246647.html> (masteratlas.ru)

Так как загрязнение природной среды оказывает максимальное воздействие на человека, а не на инфраструктуру и коммуникации, то для построения карты геохимического риска можно использовать суперпозицию карт загрязнения (рис. 9) и плотности населения (рис. 5). Поскольку плотность населения Московской области максимальна к востоку и юго-востоку от Москвы, а загрязнение среды имеет ту же направленность, то карта риска будет очень близка к карте опасности (рис. 9).

Заключение

Разработанный метод выделения «горячих пятен» риска является основой для решения проблем территориального планирования с целью

исключения наиболее экологически напряженных участков и выбора потенциальных мест размещения опасных объектов, в частности, объектов утилизации и переработки отходов. Разработанный метод анализа и управления геоэкологическим риском является основой для системы управления отходами и решения проблем территориального планирования с целью выбора потенциальных территорий для размещения объектов утилизации и переработки отходов, а также создания индустрии управления отходами. В то же время следует учитывать исторически сложившиеся области полигонов ТБО и ТКО, не создавать новые, а экотехнопарки и заводы по переработке и утилизации отходов располагать по возможности вблизи имеющихся областей

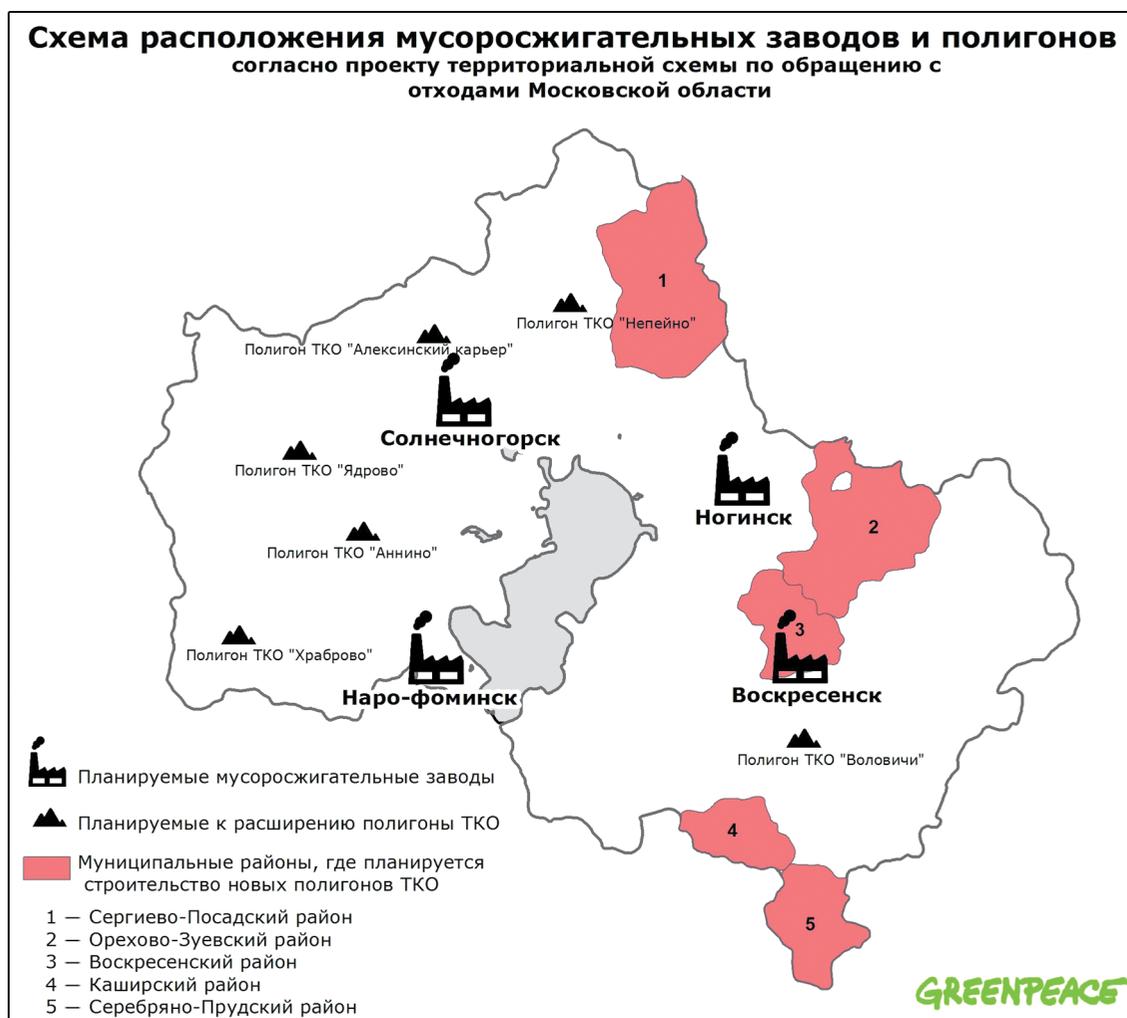


Рис. 11. Схема расположения планируемых мусоросжигательных заводов и полигонов депонирования ТБО и ТКО. <https://www.asi.org.ru/news/2016/10/10/142307/> (ГРИНПИС)

Fig. 11. Scheme of the location of the planned waste incineration plants and landfills for depositing TBO and TKO. <https://www.asi.org.ru/news/2016/10/10/142307/> (GREENPEACE)

депонирования отходов, чтобы сократить расходы на перевозку и уменьшить дополнительное загрязнение дорог и окружающей среды. Результаты

исследований согласуются с расположением планируемых мусоросжигательных заводов и полигонов депонирования ТБО и ТКО (рис. 11).

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005.
2. Вагнер Б.Б. Проявление опасных природных процессов и явлений на территории Московской области и мероприятия по снижению ущерба от них. 2009. URL: http://www.obrsouz.ru/O3_3.htm
3. Вагнер Б.Б., Манучарянц Б.О. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московского региона. М.: МГПУ, 2003. 82 с.
4. Заиканов В.Г., Заиканова И.Н., Булдакова Е.В. Геоэкологический и ландшафтно-экологический анализ территорий существующих свалок ТБО Московской области // Сергеевские чтения. 2018. Вып. 10. С. 65—70.
5. Козлякова И.В., Кожевникова И.А., Анисимова Н.Г., Иванов П.В. Инженерно-геологическое районирование Центрального федерального округа России по условиям размещения предприятий и полигонов утилизации твердых бытовых отходов // Сергеевские чтения 2018. Вып. 10. С. 74—77.

6. Козлякова И.В., Еремина О.Н., Миронов О.К. Геологический риск урбанизированных территорий (оценка и картографирование на примере г. Москвы) // *Геоэкология*. 2018. № 5. С. 53—65.
7. Makeev V.M., Makarova N.V., Ledenev V.N., Dorozhko A.L., Sukhanova N.V., Karfidova E.A., Korobova I.V. Основы концепции геодинамической безопасности экологически опасных инженерных объектов // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2015. № 2. С. 99—110.
8. Москва. Геология и город / Под ред. Осипова В.И. и Медведева О.П. М.: Московские учебники и картолитография, 1997. 400 с.
9. Общегеографический атлас «Москва. Московская область». ВТУ ГШ, 439 ЦЭВКФ. М., 2000.
10. Осипов В.И. Управление твердыми коммунальными отходами как федеральный экологический проект // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2019. № 3. С. 3—11.
11. Природные опасности России. Оценка и управление природными рисками / Под ред. Рагозина А.Л. М.: КРУК, 2003. 316 с.
12. Рекомендации по оценке геологического риска г. Москвы / Под ред. Рагозина А.Л. Москомархитектура, ГУ ГО ЧС г. Москвы. М.: Изд-во ГУП НИАЦ, 2002. 59 с.
13. Свалова В.Б. Снижение риска оползневых процессов // *Единый всероссийский научный вестник*. 2016. II. С. 79—83.
14. Brikmann J. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications // *Environment Hazards*. 2007. No. 7. P. 20—31.
15. Corominas J., van Westen C., Frattini P., Cascini L., Mallet J.-P., et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk // *Bulletin of Engineering Geology and Environment*. 2014. No. 2. P. 209—263.
16. Cutter S.L. Building disaster resilience: steps toward sustainability // *Challenges in Sustainability*. 2014. Vol. 1(2). P. 72—79.
17. Cutter S.L., Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards // *Proc. Natl. Acad. Sc.* 2008. Vol. 105(7). P. 2301—2306.
18. Dilley M., Chen R.S., Deichmann W., Lerner-Lam A.L., Arnold M. *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. Washington D.C.: The World Bank, 2005.
19. Proske D. *Catalogue of risks* // *Natural, Technical, Social and Health Risks*. Springer. 2007.
20. Jaedicke C., Van Den Eeckhaut M., Nadim F., Herva's J., Kalsnes B., Vangelsten B., Smith J., Tofani V., Ciurean R., Winter V., Thygeson K., Syre T., Smebye H. Identification of landslide hazard and risk 'hotspots' in Europe. // *Bull Eng Geol Environ*. 2014. No. 73. P. 325—339. DOI: 10.1007/s10064-013-0541-0
21. Knight F.H. *Risk, Uncertainty and Profit*. Chicago: Houghton Mifflin Company, 1921.
22. Svalova V.B. Mechanical-mathematical modeling and monitoring for landslide processes // *Journal of Environmental Science and Engineering*. 2011. Vol. 5, No. 10. P. 1282—1287.
23. Svalova V. *Landslide Risk: Assessment, Management and Reduction*. NY: Nova Science Publishers, 2017. 253 p.
24. Svalova V. (ed.). *Risk Assessment*. InTech, London, 2019. 384 p.
25. Svalova V. (ed.) *Natural Hazards and Risk Research in Russia*. Switzerland, Springer, 2019. 400 p.
26. Vranken L., Vantilt G., Van Den Elckhaut M., Vandekerckhove L., Poesen J. Landslide risk assessment in densely populated hilly area. // *Landslides*. 2015. Vol. 12, No. 4. P. 787—798.

REFERENCES

1. Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergency situations in the Russian Federation / Under tot. ed. S.K. Shoigu. Moscow: "Design. Information. Cartography", 2005.
2. Vagner B.B. Manifestation of dangerous natural processes and phenomena on the territory of the Moscow region and measures to reduce damage from them. 2009. URL: http://www.obrsouz.ru/O3_3.htm
3. Vagner B.B., Manucharyants B.O. *Geology, relief and minerals of the Moscow region*. Moscow: MGPU, 2003. 82 p.
4. Zaikanov V.G., Zaikanova I.N., Buldakova E.V. Geoeological and landscape-ecological analysis of the territories of existing MSW dumps in the Moscow Region // *Sergeev Readings*. 2018. Iss. 10. P. 65—70.
5. Kozlyakova I.V., Kozhevnikova I.A., Anisimova N.G., Ivanov P.V. Engineering-geological zoning of the Central Federal District of Russia in terms of the location of enterprises and landfills for the disposal of solid domestic waste // *Sergeev Readings*. 2018. Iss. 10. P. 74—77.
6. Kozlyakova I.V., Eremina O.N., Mironov O.K. Geological risk of urbanized territories (assessment and mapping on the example of Moscow) // *Geoecology*. 2018. No. 5. P. 53—65.
7. Makeev V.M., Makarova N.V., Ledenev V.N., Dorozhko A.L., Sukhanova N.V., Karfidova E.A., Korobova I.V. Fundamentals of the concept of geodynamic safety of environmentally hazardous engineering objects // *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocriology*. 2015. No. 2. P. 99—110.
8. Moscow. Geology and city / Ed. Osipova V.I. and Medvedeva O.P. Moscow: Moscow textbooks and cartolithography, 1997. 400 p.
9. General geographic atlas "Moscow. Moscow Region". VТУ GSh, 439 TsEVKF. Moscow, 2000.
10. Osipov V.I. Municipal solid waste management as a federal environmental project // *Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2019. No. 3. P. 3—11.
11. Natural hazards in Russia. Assessment and management of natural risks / Ed. Ragozina A.L. Moscow:

- KROK, 2003. 316 p.
12. Recommendations for assessing the geological risk of Moscow / Ed. Ragozina A.L. Moskomarchitectura, GU GO EMERCOM of Moscow. Moscow: State Unitary Enterprise NIATs, 2002. 59 p.
 13. Svalova V.B. Reducing the risk of landslide processes // United All-Russian Scientific Bulletin. 2016. II. P. 79—83.
 14. Brikmann J. Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications // Environment Hazards. 2007. No. 7. P. 20—31.
 15. Corominas J., van Westen C., Frattini P., Cascini L., Mallet J.-P., et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk // Bulletin of Engineering Geology and Environment. 2014. No. 2 P. 209—263.
 20. Cutter S.L. Building disaster resilience: steps toward sustainability // Challenges in Sustainability. 2014. Vol. 1(2). P. 72—79.
 21. Cutter S.L., Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards // Proc. Natl. Acad. Sc. 2008. Vol. 105(7). P. 2301—2306.
 22. Dilley M., Chen R.S., Deichmann W., Lerner-Lam A.L., Arnold M. Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis. Washington D.C.: The World Bank, 2005.
 23. Proske D. Catalogue of risks // Natural, Technical, Social and Health Risks. Springer. 2007.
 20. Jaedicke C., Van Den Eeckhaut M., Nadim F., Herva´s J., Kalsnes B., Vangelsten B., Smith J., Tofani V., Ciurean R., Winter V., Thygeson K., Syre T., Smebye H. Identification of landslide hazard and risk 'hotspots' in Europe. // Bull Eng Geol Environ. 2014. No. 73. P. 325—339. DOI: 10.1007/s10064-013-0541-0
 21. Knight F.H. Risk, Uncertainty and Profit. Chicago: Houghton Mifflin Company, 1921.
 22. Svalova V.B. Mechanical-mathematical modeling and monitoring for landslide processes // Journal of Environmental Science and Engineering. 2011. Vol. 5, No. 10. P. 1282—1287.
 23. Svalova V. Landslide Risk: Assessment, Management and Reduction. NY: Nova Science Publishers, 2017. 253 p.
 24. Svalova V. (ed.). Risk Assessment. InTech, London, 2019. 384 p.
 25. Svalova V. (ed.) Natural Hazards and Risk Research in Russia. Switzerland, Springer, 2019. 400 p.
 26. Vranken L, Vantilt G, Van Den Elckhaut M, Vandekerckhove L, Poesen J. Landslide risk assessment in densely populated hilly area. // Landslides. 2015. Vol. 12, No. 4. P. 787—798.

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Свалова В.Б. — разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Svalova V.B. — contributed to the development of the article concept, prepared the text, approved the final version of the manuscript and accepts responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Свалова Валентина Борисовна — кандидат физико-математических наук, в.н.с. ФГБУН «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук»
13, Уланский пер., г. Москва 101000, Россия
e-mail: v-svalova@mail.ru
тел.: 8 (916) 206-41-47
SPIN-код: 6883-5190
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5597-2438>

Valentina B. Svalova — Cand. of Sci. (Phys. and Math.), Leading scientist, Sergeev Institute of Environmental Geoscience of RAS
13, Ulansky lane, Moscow 101000, Russia
e-mail: v-svalova@mail.ru
tel: 8 (916) 206-41-47
SPIN- code: 6883-5190
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5597-2438>