

ГОРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 662.014.3-62

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МАКРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТОСХЕМ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Г. В. Калабин

Институт проблем комплексного освоения недр РАН,

E-mail: kalabin.g@gmail.com, Крюковский тупик, 41, 111020, г. Москва, Россия

Представлены методические основы формирования макроэкологических картосхем территорий размещения предприятий горнопромышленного комплекса в локальном и региональном масштабе по основным индексам и численным значениям геоэкологических индикаторов, отражающих реальный отклик биоты по результатам дистанционного зондирования растительного покрова территории, с описанием источников загрязнения и объектов производственной инфраструктуры. Исходя из функционального деления карт, разрабатываемые картосхемы являются оценочными, содержащими уровень состояния и нарушенности природной среды по соответствующим нормам и нормативным показателям по отношению к человеку и биоте в целом как основному экологическому субъекту.

Предприятия горнопромышленного комплекса, производственная инфраструктура, источники загрязнения, картосхемы, биота, геоэкологические индикаторы

DOI: 10.15372/FTPRPI2019020_

В современных условиях фундаментом ресурсного потенциала экономики России служат природные ресурсы, включая минерально-сырьевые. Размещение, типы и запасы месторождений полезных ископаемых подчиняются геологическим закономерностям строения земной коры и тем процессам, которые происходят в литосфере. География размещения отдельных видов полезных ископаемых случайна и многообразна, особенно это характерно для больших территорий, каковой является наша страна.

Как показывают результаты экологических исследований, вредные выбросы в атмосферу, ее загрязнение — одни из самых мощных и постоянных факторов негативного воздействия на человека и окружающую природную среду. Промышленные объекты, предприятия по производству электроэнергии и тепла, бытовые котельные, автомобильный транспорт выбрасывают в приземную атмосферу огромное количество ядовитых выхлопов, приводят к постоянно растущему накоплению в атмосфере углекислого газа, окислов азота и др., которые являются сильнейшими загрязнителями окружающей среды.

По данным [1], валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в РФ в 2015 г. составили 31617.1 тыс. т, в том числе на долю стационарных источников приходится 17349.3 тыс. т (54.8 %), автотранспорта — 14104.7 тыс. т (44.6 %) и железнодорожного транспорта 163.1 тыс. т. В структу-

ре стационарных источников доля металлургического комплекса составляет 3824.1 тыс. т (22 %), производство и распределение электроэнергии, газа, воды — 3645.9 тыс. т (21 %), добыча твердых полезных ископаемых (кроме топливно-энергетических) — 484.4 тыс. т (2.2 %).

Основными источниками загрязнения атмосферы РФ являются: в структуре стационарных источников — предприятия металлургического комплекса; предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды; в структуре подвижных источников — автотранспорт. Наряду с металлургическими заводами, предприятия по производству тепла (ТЭЦ) и электроэнергии (ТЭС), которые используют органические виды топлива (уголь, мазут и др.), также представляют собой мощные стационарные источники загрязнения атмосферы. Эти производства имеют высокий экологический риск негативного влияния на природную среду и здоровье населения. При этом из-за низкого КПД (37–39 %) почти 3/4 тепловой энергии и топливных остатков выбрасывается в атмосферу.

Структура использования первичных энергоресурсов в РФ за последние 10 лет значительно изменилась: увеличилась доля экологически безопасных видов, в первую очередь газа — 21–53.2 %, уменьшилась доля угля — 22–13.4 % и нефти — 44–21.0 %. Доля ядерного топлива и гидроресурсов практически не изменилась и составила соответственно 5.6 и 5.9 %. [2, 3]. В нашей стране преобладают традиционные первичные источники энергии, использующие в общем балансе природный газ 71 %, уголь 25 % и вторичный источник мазут 4 %, т. е. экологически приемлемую на сегодняшний день энергию. Показатели по структуре выработки энергии для предприятий горнодобывающего комплекса несколько хуже — природный газ 43.9 %, уголь — 56.1 %, без учета 50 тыс. дизель-генераторных установок Норильского региона, Северного, Западного и Центрального районов Республики Саха (Якутия), Чукотского автономного округа и Магаданской области.

Второй по значимости мощный источник загрязнения атмосферы — автотранспорт, который напрямую зависит от численности населения, проживающего на территории города или населенного пункта. Выхлопные газы автомобилей представляют собой наиболее приближенный к человеку источник выбросов в атмосферу, что приводит к высокому риску прямого негативного воздействия на его здоровье. По состоянию на 2017 г. автомобильный парк в России насчитывал более 40.5 млн единиц техники. В целом на 165 городов приходится более половины (53.3 %) легкового автопарка. Оставшаяся часть (46.7 %) рассредоточена между огромным количеством населенных пунктов, расположенных на территории России. По состоянию на 2017 г. только 40 % (17 млн) машин используют топливо стандарта Евро 4. Наименьшее количество таких машин эксплуатируется в Магаданской области (15.3 %), немного больше — в Якутии, Амурской области, Приморском крае, Алтае (каждый пятый автомобиль).

В промышленных агломерациях становится существенным вклад производственных источников NO_2 — Челябинск, Екатеринбург, Кемерово, Самара и др., где они преобладают над выбросами автомобилей. Кроме городов, отмечены аномалии NO_2 в крупных угольных и нефтегазоносных районах: Кузнецкий, Иркутский, Канско-Ачинский бассейны, Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция в широтном Приобье, район современной добычи углеводородов в полосе Сургут–Нижневартовск. Вероятная причина — сжигание угля и попутного газа на месте добычи сырья. Анализ распределения NO_2 в атмосфере показал [4], что его аномалии приурочены к антропогенным источникам. По интенсивности аномалий их можно ранжировать по площади на городские, промышленные агломерации, районы добычи углеводородного сырья, в первую очередь угля. В городских агломерациях интенсивность аномалий NO_2 определяется количеством автомобилей.

Состояние окружающей среды в пределах территорий республик, краев, областей и автономных округов наиболее полно представлено в Федеральном атласе [5]. Приведены материалы по интегральной оценке экологической ситуации на территории России, дифференцированные по 4-балльной системе: благоприятная, умеренно острая, острая и критическая. Выделены также территории с экстремальной экологической ситуацией. Для городов имеются данные

о степени загрязнения воздуха, которые подразделяются на 3 уровня: выше 1 ПДК, выше 10 ПДК и максимальный уровень. Таким образом, впервые в стране выполнена большая и полезная работа, которая вот уже более 10 лет используется различными специалистами в качестве исходной информации для крупномасштабных оценок. Применение ее для региональных оценок влияния промышленных источников загрязнения окружающей среды, не говоря о локальном масштабе и небольших населенных пунктах, где, как правило, размещаются горнодобывающие производства, затруднительно по нескольким причинам: характеристики источников загрязнения атмосферного воздуха (стационарные и автотранспорт) объединены и оцениваются в баллах; отсутствуют количественные значения источников; отсутствуют показатели, характеризующие экологические последствия техногенного воздействия; не определены субъекты, которые являются центром оценочной системы координат.

Как следствие, установить достоверность использованных методик и картографирования состояния среды территорий размещения горнопромышленных предприятий не представляется возможным. Картирование экологической опасности предприятий горнодобывающей промышленности и городов РФ предприняли ученые географического факультета МГУ, разработав эколого-географическую карту крупного масштаба [6].

Предлагается 3-балльная система ранжирования экологической опасности промышленных территорий: очень высокая, высокая и повышенная. Для экологического состояния городов — очень напряженная, напряженная и удовлетворительная, где основной характеристикой является численность населения, проживающего на территории города: более 8.0 млн чел., 8.0–1.0, 1.0–0.1 и менее 0.1 млн чел. Выполнено картирование промышленных территорий в локальном и региональном масштабе по основным индексам и численным значениям геоэкологических индикаторов. Разрабатываемые картосхемы по степени объективности являются документальными, отражающими реальный отклик биоты по результатам непосредственного дистанционного зондирования растительного покрова территории, с описанием источников загрязнения и объектов производственной инфраструктуры [7].

Функциональная структура природно-технических систем освоения минеральных ресурсов недр определяется глубиной переработки извлекаемого из литосферы вещества и может иметь три основных модификации: для горнодобывающего предприятия; для горно-обогачительного комплекса; для горно-металлургического комплекса.

В первом случае конечной продукцией при функционировании природно-технической системы является минеральное сырье, извлеченное из недр на поверхность, во втором — это концентрат, полученный в результате обогачительного передела, а в третьем — продукт металлургической переработки концентрата. При переходе от одной модификации к другой происходит усложнение производственной инфраструктуры, которая характеризуется более сложным набором технологических приемов, позволяющих увеличить глубину переработки минерального сырья. Это, в свою очередь, приводит к переизмельчению отходов производства и их потенциальной опасности в процессе “жизненного цикла” исходного сырья: добыча руды (дробление) — первичная переработка (обогащение-получение концентрата) — вторичная переработка (металлургический передел — получение промежуточного продукта) — товарная продукция (металл). По мере продвижения вещества по этому циклу нарушаются его природные химические связи за счет тонкого измельчения (до 40 мк), применения химических реагентов, выделения продуктов сгорания органического топлива, различных специально используемых газов (аргон, азот, гелий), т. е. в газовой среде над расплавом могут содержаться кислород, азот, пары воды, оксиды углерода CO и CO₂, сернистый газ SO₂, метан CH₄, многие из которых токсичны. При этом образуются твердые и жидкие отходы, а также наиболее опасные пыль и газ в виде растворимых окислов и сульфатных соединений в ионной форме, где вероятность реализации потенциальной опасности токсичности исходного сырья максимальна.

Поскольку в центре оценочной системы координат принято два квазисубъекта: биота и человек, то по определению разрабатываемые картосхемы относятся к синтетическим картам, которые демонстрируют последствия не только загрязнения атмосферного воздуха, но и токсичности исходного сырья и отходов производства, сложности промышленной инфраструктуры предприятия, определяющей глубину переработки исходного сырья применяемой технологией, сроком функционирования предприятия, а также состоянием здоровья населения, проживающего на данной территории, но не занятого на этом предприятии. Исходя из функционального деления карт, разрабатываемые картосхемы являются оценочными, содержащими уровень состояния и нарушенности природной среды по соответствующим нормам и нормативным показателям по отношению к человеку и биоте в целом как основному экологическому субъекту [8].

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МАКРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Предлагаемая методика формирования макроэкологических карт включает (рис. 1):

— картирование территорий размещения горнопромышленного комплекса не по “входам” загрязнений в сложные природные системы, т. е. нагрузкам на окружающую среду, а по индексам и численным значениям геоэкологических индикаторов в локальном и региональном масштабе, поскольку в настоящее время более актуальна задача картографирования “выходов” (реакции природных систем) — экологических последствий антропогенного воздействия. В центре оценочной системы координат картосхем приняты два квазисубъекта: биота и человек, что предопределяет оценку не только последствий загрязнения атмосферного воздуха, воды, но и токсичность исходного сырья и отходов производства в контексте конфигурации промышленной инфраструктуры предприятия, определяющей глубину переработки исходного сырья применяемой технологией, сроком функционирования предприятия, а также состоянием здоровья населения, проживающего на данной территории;

— ранжирование объектов экологической защиты исходя из меры устойчивости биологического объекта в условиях возникновения опасных ситуаций по трем принципиально различным аспектам: взаимодействие производства с экосистемой искусственной среды обитания человека. Основная цель — сам человек и его здоровье, а также сохранение зданий, сооружений и коммуникаций, определяющих функции жизнеобеспечения человека; взаимодействие производства с квазиестественными экосистемами с искусственными биогеохимическими циклами, где главной целью является сохранение хозяйственной ценности экосистемы и прежде всего плодородия почвы как основного средства производства; взаимодействие производства с природно-равновесными экосистемами естественной биоты Земли, где важным является обеспечение меры неизбежного техногенного возмущения, при которой биота сохраняет возможность эволюции по законам циклической сукцессии;

— выборка, анализ и экологическая оценка горнотехнических, технологических и социальных факторов для различных дифференцированных структурных сочетаний: техногенная агломерация — комплекс предприятий цветной и черной пиromеталлургии (объем годовой продукции, степень токсичности отходов), электротеплоэнергетика (тип первичных или вторичных энергоресурсов), другие опасные производства, городской автотранспорт (количество, евростандарт топлива), в крупных городах с населением более 250 тыс. чел. (показатели заболеваемости или смертности населения); техногенная провинция — предприятия цветной или черной пиromеталлургии (объем годовой продукции, степень токсичности отходов), электротеплоэнергетика (тип первичных или вторичных энергоресурсов), городской автотранспорт (количество, евростандарт топлива) в городах с населением от 100 до 250 тыс. чел. (показатели заболеваемости или смертности населения); техногенный узел (район) — горнообогатительные комбинаты, единичные предприятия цветной или черной металлургии (объем годовой продукции, степень токсичности отходов), электротеплоэнергетика (тип первичных или вторичных

энергоресурсов), автотранспорт (количество) в городах и поселках с населением от 10 до 1000 тыс. чел. (показатели заболеваемости или смертности населения); техногенный объект — горнообогатительные комбинаты, обособленные карьеры и подземные рудники, работающие в вахтовом режиме или в поселках с населением менее 10 тыс.

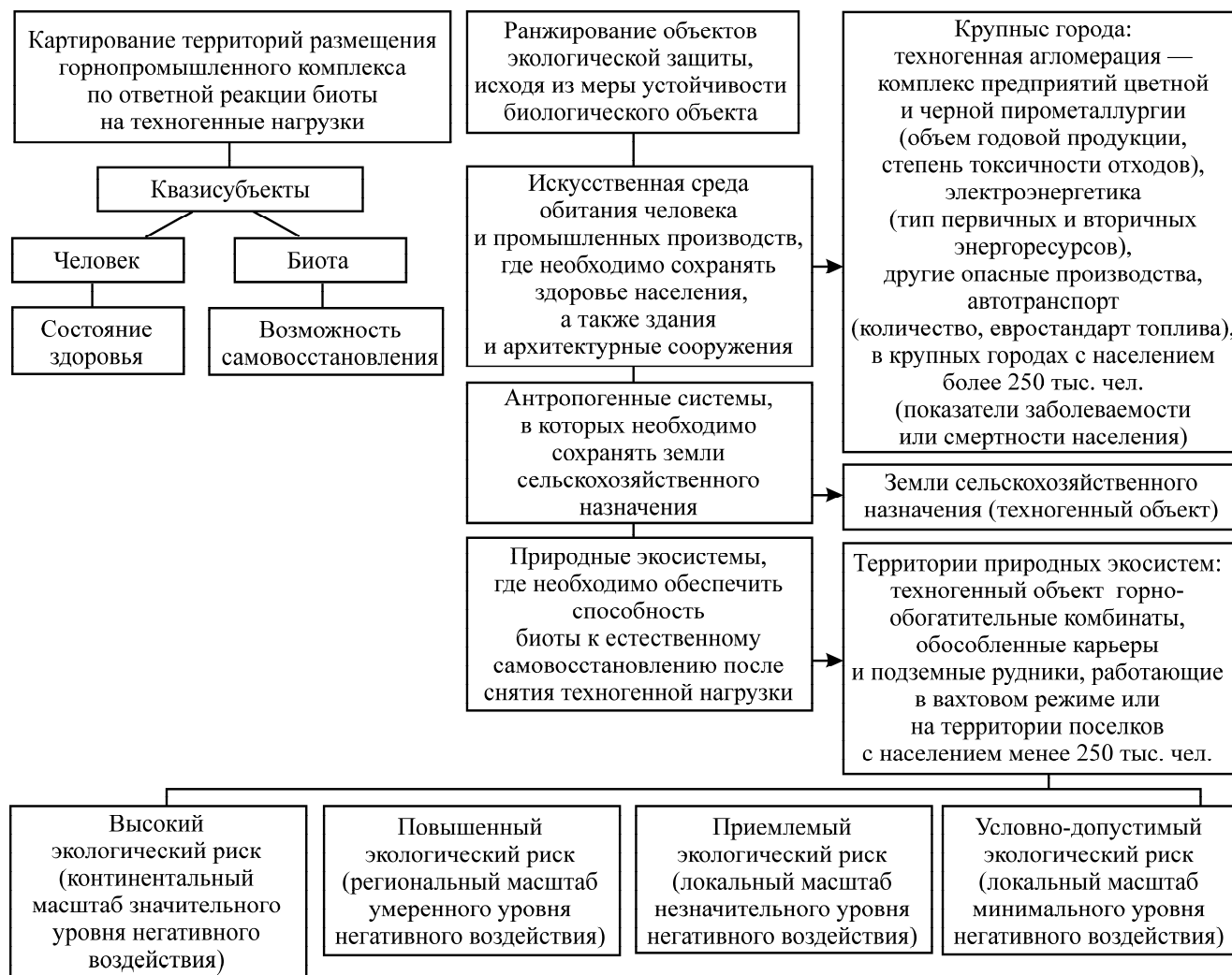


Рис. 1. Методика формирования макроэкологических карт территорий размещения горнопромышленного комплекса России

Ранжирование объектов экологической защиты определяется исходя из меры устойчивости биологического объекта в условиях возникновения опасных ситуаций и анализа взаимодействия производства с окружающей средой в рамках единой концепции экологической безопасности, по трем группам:

— урбанистическая инфраструктура искусственной среды обитания человека и промышленного производства, где необходимо обеспечивать приемлемую степень риска нарушения здоровья населения, в которую включены все Центры техногенной агломерации, например гг. Челябинск, Красноярск, Тула, а также некоторые Центры крупных техногенных провинций, в которых проживает население более 250 тыс. чел., например гг. Нижний Тагил, Череповец. В качестве геоэкологических индикаторов используются вид источника энергии, тип металлургического производства и объемы выбросов в атмосферу, объем выхлопных газов от автотранспорта, индекс загрязнения атмосферы и показатели смертности на 1000 чел. населения;

— антропогенные (квазиприродные) системы, в которых необходимо охранять земли сельскохозяйственного назначения как основное средство производства и единственный источник пищевых ресурсов. В эту группу входят Центры, расположенные в черноземных зонах и в зонах устойчивого выращивания зерновых культур (гг. Старый Оскол, Губкин). В качестве геоэкологических индикаторов используются показатели плодородия почв и площадь земли;

— природные экосистемы, где необходимо обеспечить способность биоты к естественному самовосстановлению после снятия техногенной нагрузки, т. е. сохранить биоразнообразие. В эту группу входят практически все техногенные объекты: ГОКи, обособленные карьеры и рудники, размещенные в зоне лесов и удаленные от мест массового проживания населения. Здесь используется комплекс геоэкологических индексов и индикаторов, отражающих принципы составления макроэкологических карт риска для территорий размещения предприятий горнопромышленного комплекса (таблица).

Основные индексы и геоэкологические индикаторы, отражающие принципы составления макроэкологических карт риска

Индекс и показатель		Степень экологической опасности			
		критическая	деградационная	допустимая	безопасная
Индекс загрязнения	Основные твердые (тяжелые металлы) и газообразные загрязнения	Pb, Hg, Cd, B.B, сажа Бенз(а)пирен, HF, NH ₃	As, F, Zn, Se, B.B, сажа Формальдегид, фенол, CS ₂	Co, Ni, Mo, Cu, Cr, V NO _x	Fe, Al, Sn, Ti SO ₂
	Токсичность исходного сырья и отходов, класс опасности К _т	> 7.5	6 – 7.5	4.5 – 6.0	3.0 – 4.5
	Промышленная инфраструктура, источник электро- и теплоэнергии	Полный цикл: добыча и обогащение исходного сырья, пирометаллургия, уголь, мазут	Полный цикл: добыча и обогащение исходного сырья, гидрометаллургия или выщелачивание, уголь, мазут	Добыча и обогащение исходного сырья, газ, гидроэнергетика	Добыча исходного сырья
Индекс риска состояния экосистем	Сохранившаяся биомасса территории, NDVI [9]	≤ 0.35	0.55 – 0.45	0.65 – 0.55	≥ 0.65
	Коэффициент сокращения видов-эпифитов К _{сэ} , %	80 – 100	51 – 80	35 – 60	11 – 25

По каждому из трех видов взаимодействия производства с экосистемой составляются таблицы, которые включают горнотехнические и технологические характеристики предприятий, срок эксплуатации, структуру и выбросы предприятий электроэнергетики и транспорта, а также показатели состояния здоровья населения (для первой группы в областном масштабе), количественные геоэкологические индикаторы (для третьей группы), полученные в ходе собственных исследований для отдельных территорий размещения предприятий горнопромышленного комплекса.

Ранжирование предприятий по степени экологической опасности проводится отдельно по каждой из трех таблиц исходя из значимости каждого принятого показателя и суммируется по горизонтали. Чем меньше сумма оцениваемых показателей, тем выше экологический риск. С целью оценки влияния на окружающую среду предприятий по выработке электрической

и тепловой энергии, частично или полностью обеспечивающих энергоснабжение предприятий горнопромышленного комплекса, проведен сравнительный анализ гидроэлектростанций, атомных электростанций и тепловых электростанций по техническим (установленная мощность), экологическим характеристикам и географическому положению.

Кроме того, выделены энергоисточники технологически изолированных региональных энергосистем [10], что характерно для арктических территорий России: Норильского региона, Северного, Западного и Центрального районов Республики Саха (Якутия), Камчатского края, Сахалинской области, Чукотского автономного округа, Магаданской области, полуострова Таймыр, которые используют местные первичные энергоисточники и привозное дизельное топливо. Для обеспечения таких регионов электроэнергией помимо десятка крупных и средних электростанций (ГРЭС, ТЭЦ мощностью более 30 МВт) используются десятки электростанций малой энергетики (мощностью до 30 МВт) на базе традиционных и возобновляемых источников энергии (Сахалин, Камчатка).

На рис. 2 приведена одна из картосхем экологической устойчивости территорий размещения 30 предприятий ГПК России. В качестве географической основы использована карта продукционного потенциала территории России в масштабе 1:30 млн. Объекты ранжированы по степени экологической опасности (от большей — г. Серов (Свердловская обл.) к меньшей — Хинганский ГОК (Еврейская АО).

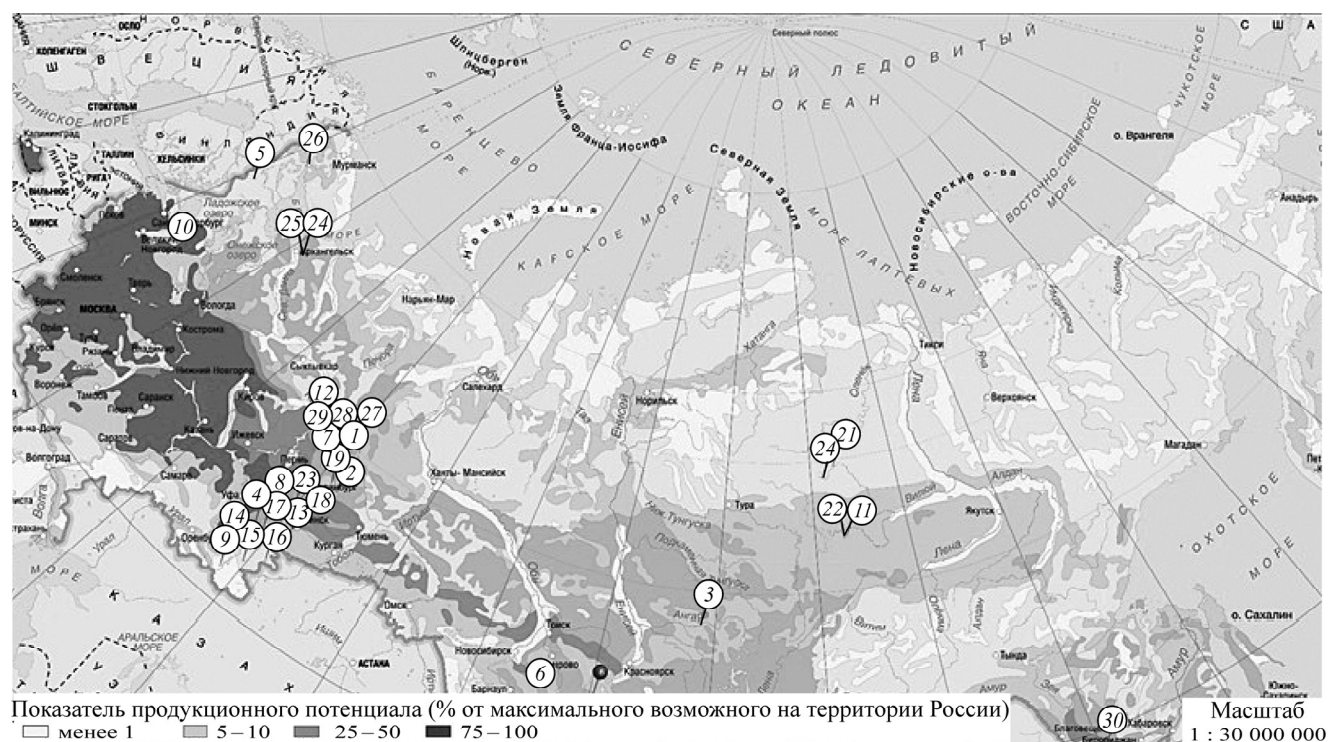


Рис. 2. Картосхема экологической устойчивости территорий горнопромышленного комплекса России (повышенный экологический риск): 1 — г. Серов; 2 — г. Алапаевск; 3 — Богучанский А1 завод; 4 — г. Белорецк; 5 — Костомукшский ГОК; 6 — Сорский ГОК; 7 — Качканарский ГОК; 8 — Комбинат «Магnezит»; 9 — ПТТО Гайский ГОК; 10 — г. Бокситогорск; 11 — Мирнинский ГОК; 12 — ОАО «Уралкалий»; 13 — Томинский ГОК; 14 — Бурибайский ГОК; 15 — п. Нагайбакский; 16 — Михеевский ГОК; 17 — Молодежный ГОК; 18 — Султановский ГОК; 19 — Сафьяновский ГОК; 20 — Айхальский ГОК; 21 — Удачинский ГОК; 22 — Нюрбинский ГОК; 23 — г. Кыштым; 24 — ГОК им. Гриба; 25 — Ломоносовский ГОК; 26 — Кандалакшский А1 завод; 27 — Тарнверский карьер; 28 — Шемурский карьер; 29 — Ново-Шемурский карьер; 30 — Хинганский ГО

ВЫВОДЫ

Разработана методика формирования макроэкологических карт территорий размещения предприятий горнопромышленного комплекса в локальном и региональном масштабе по основным индексам и численным значениям геоэкологических индикаторов, отражающих реальный отклик биоты. Предложено в центре оценочной системы координат разрабатываемых картосхем в качестве экологических субъектов принять два квазисубъекта: биота и человек, которые демонстрируют не только последствия загрязнения атмосферного воздуха, но и токсичность исходного сырья и отходов производства, сложность промышленной инфраструктуры предприятия, определяющей глубину переработки исходного сырья, срок функционирования предприятия, а также состояние здоровья населения, проживающего на данной территории, но не занятого на этом предприятии.

Предложенный подход к построению макроэкологических картосхем позволяет представить пространственное отображение экологической информации, ранжировать предприятия по степени экологической опасности и выделять для лиц, принимающих решения, первоочередные объекты, требующие технологической модернизации с целью улучшения “здоровья” среды обитания человека. При этом дифференциация объектов экологической защиты определяется мерой их устойчивости для трех видов взаимодействия производства с окружающей средой: искусственной, квазиприродной и природно-равновесной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад “О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году”. — М.: Минприроды России; НИА–Природа, 2016. — 639 с.
2. Основные характеристики российской электроэнергетики за 2015 год. <https://minenergo.gov.ru/node/532>.
3. Доклад “Электроэнергетика России: ключевые цифры и анализ показателей функционирования за 2014 год” <https://ipcrem.hse.ru/data/2015/12/10>.
4. Тронин А. А., Крицук С. Г., Латыпов И. Ш. Диоксид азота в воздушном бассейне России по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2009. — Т. 6. — № 2. — С. 217–223. pdf. AdobeReader.
5. Природные ресурсы и экология России: Федеральный атлас. — М.: НИА–Природные ресурсы, 2002. — 278 с.
6. Тикунов В. С. Моделирование в картографии. — М.: МГУ, 1997. — 405 с.
7. Кочуров Б. И., Шишкина Д. Ю., Антипова А. В., Костовска С. К. Геоэкологическое картографирование. — М.: МГУ, 2012. — 224 с.
8. Кочуров Б. И. Принципы разработки карт оценки состояния среды и методы научного моделирования в изучении человека и природной среды его обитания: межвуз. сб. науч. тр. — Коломна: КГПИ, 1997. — С. 86–91.
9. Калабин Г. В. Экологическая оценка техногенных воздействий на территорию размещения горнодобывающих предприятий по ответной реакции биоты // ФТПРПИ. — 2018. — № 3. — С. 168–176.
10. Лозенко В. К., Брусницын А. Н. Региональные и локальные изолированные энергосистемы России. <http://www.kudrinbi.ru/public/3810/index.htm>.

Поступила в редакцию 28/II 2019

После доработки 28/II 2019

Принята к публикации 26/III 2019