

# ИНТЕГРАЛЬНОЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Г.Н. Булатова\*, Н.И. Афанасьева, Д.А. Семанов  
ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», Казань, Россия

В работе показан процесс моделирования интегральной карты «Схема эколого-экономического районирования территории Российской Федерации на основе использования минерально-сырьевой базы природных адсорбентов» с применением ГИС-технологий.

В основу карты положены три основные группы показателей: природный, экономический и экологический. Экологическое содержание карты характеризуют показатели, которые являются потенциальными или фактическими источниками поступления загрязняющих веществ в окружающую среду (АЭС, ядерные реакторы, места хранения и захоронения радиоактивных отходов, ядерные полигоны, промышленные предприятия, железные дороги, действующие и строящиеся нефтепроводы, месторождения углеводородов и др.). Экономической составляющей карты выступают запасы, оцененные по показателям изученности и освоенности, отношения к фонду недр и прогнозные ресурсы. Природная группа показателей представлена минерально-сырьевой базой природных адсорбентов (месторождениями и объектами прогнозных ресурсов), которые могут использоваться для предотвращения вредных выбросов и для эколого-экономической реабилитации загрязненных территорий.

На основе анализа картографических данных выделены эколого-экономические районы территориального распределения техногенных воздействий на окружающую среду и наличия адсорбционного сырья. В качестве примера дано описание эколого-экономической модели районирования Приволжского федерального округа с использованием ГИС «Минерально-сырьевые ресурсы природных адсорбентов России», разработанной в ФГУП «ЦНИИГеолнеруд».

**Ключевые слова:** эколого-экономический район, полезное ископаемое, использование, база данных, адсорбент, геоинформационный, картографирование, модель, районирование, Приволжский федеральный округ

**DOI:** <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.13>

**Для цитирования:** Булатова Г.Н., Афанасьева Н.И., Семанов Д.А. Интегральное эколого-экономическое моделирование регионов с использованием ГИС-технологий. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 4. Ч. 2. С. 383-392. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.13>

Хозяйственная деятельность и функционирование производственных комплексов неизбежно приводят к накоплению огромного количества в окружающей среде газообразных, жидких и твердых отходов. Однако экологическая емкость природной среды ограничена, что ведет к прямой экологической опасности, обусловленной неспособностью естественной биоты противостоять дестабилизирующему влиянию антропогенного воздействия. Кроме того, негативные качественные изменения среды обитания вызывают и социально-экономические последствия, поэтому все более требовательными становятся вопросы ее охраны, сохранения и реабилитации.

В решении задач по охране природной среды, ликвидации негативного воздействия техногенных факторов большую роль, несомненно, будут играть природные адсорбенты – минерально-породные образования, обладающие уникальными адсорбционными, ионообменными и фильтровальными свойствами.

Интерес к природным адсорбентам объясняется их дешевизной и доступностью. Они по стоимости в десятки раз дешевле, чем синтетические (искусственные цеолиты, силикагели, алюмогели, активированный уголь и др.), в то же время во многих направлениях использования дают одинаковый или близкий к ним эффект. Путем достаточно простых и доступных методов активации

и модифицирования можно повысить адсорбционную активность природных адсорбентов в 2-5 раз, создать на их основе новые продукты с заданными свойствами, не уступающие искусственным аналогам. И в этом случае стоимость полученных продуктов оказывается в 3-5 раз ниже, чем у синтетических.

В России все большее внимание уделяется оценке экологической ситуации в отдельно взятом регионе, городе, конкретной территории, а отсюда возникает и необходимость в точной, достоверной и объективной информации о территориальном ресурсном состоянии природных адсорбентов для использования их в природоохранных целях. Экологические проблемы часто требуют незамедлительных и адекватных действий, эффективность которых напрямую связана с оперативностью обработки и представления информации.

Одной из эффективных форм представления и анализа пространственной информации является карта, поскольку почти все изучаемые объекты (природные, производственные, социальные и др.) являются географически привязанными и имеют многокомпонентные характеристики и связи. Карта как модель, созданная на основе геоинформационных технологий, приобретает статус «инструмента» для анализа, синтеза и оценки пространственной информации.

Геоинформационное моделирование создает не только новые информационные модели и информационные ресурсы, но и позволяет с меньшими затратами представить

\* Ответственный автор: Гульнара Нуровна Булатова  
E-mail: [gulnara.bulatova@bk.ru](mailto:gulnara.bulatova@bk.ru)

возможные процессы, где тесно взаимодействуют компоненты природы, хозяйства и человека.

Специалистами ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» разработана геоинформационная система (ГИС) о территориальном ресурсном состоянии природных адсорбентов России – ГИС «Минерально-сырьевые ресурсы природных адсорбентов России» (ГИС МСР ПА РФ) (Булатова и др., 2010).

Целевым назначением ГИС являлось информационно-аналитическое обеспечение работ по изучению и использованию минерально-сырьевого потенциала природных адсорбентов (цеолиты, цеолитсодержащие породы, бентониты, опал-кристаллитовые породы, палыгорскиты, вермикулит, глаукониты и др.) для природоохраненных целей в экологически неблагоприятных регионах России.

В результате проведенных исследований создана информационно-картографическая модель (ИКМ), на базе которой построена интегральная карта «Схема эколого-экономического районирования территории Российской Федерации на основе использования минерально-сырьевой базы природных адсорбентов».

Информационной основой для построения ИКМ послужили материалы ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» (г. Казань), Калужского филиала ФГУП «ВИЭМС», Государственного баланса запасов полезных ископаемых Российской Федерации, а также Федеральной службы Государственной статистики.

Фактографический банк данных состоит из баз данных, которые содержат первичную геолого-экономическую информацию о месторождениях и объектах прогнозных ресурсов, предприятиях, разрабатывающих природные адсорбенты, объемах добычи и производства, ценах на минеральное сырье и выпускаемую продукцию, источниках техногенного загрязнения, семантического обеспечения в виде терминологических справочников, а также программных средств, обеспечивающих ввод данных.

Картографический банк данных состоит из цифровых карт, объединенных общим замыслом, упорядоченных и согласованных по масштабам, системам координат, содержанию и условным знакам. Для ведения картографических баз данных и оформления тематических карт использовалась профессиональная ГИС система ArcView GIS 3.2. Структура и состав картографической базы данных приведены в таблице 1.

Информационно-картографическая модель представляет собой картографическую и связанную с ней фактографическую информацию (Табл. 2).

Процесс моделирования интегральной карты проходил в несколько этапов:

1. Сбор и подготовка первичной фактографической, картографической информации;
2. Интеграция фактографической и картографической информации на основе выбранных показателей;
3. Последовательное выделение, описание и отображение на карте объектов районирования территории (геолого-экономические районы);
4. Статистический анализ первичных геологических данных, интерпретация и картографирование результатов районирования с применением ГИС-технологий;
5. Разработка обоснований приоритетных направлений использования природных адсорбентов в природоохраненных целях.

На основе разработанной модели в структуре картографического банка данных выделено три типа карт – геолого-экономические, экологические и интегральные (комплексные). На рисунке 1 показана структура фактографических и картографических ресурсов, информационные потоки и их связи.

**I тип карт** объединяет карты, отражающие геолого-экономические характеристики состояния МСБ ПА РФ:

- Карта «Минерально-сырьевой базы природных адсорбентов Российской Федерации» показывает размещение природных адсорбентов на территории России (129 месторождений и 54 объекта прогнозных ресурсов).

| № п/п | Название карт  | Минерально-сырьевая база ПА | Карта геолого-экономического обоснования развития МСБ ПА | Карта расположения объектов техногенного загрязнения | Схема эколого-экономического районирования |
|-------|--|-----------------------------|--|--|--|
|       |  |                             |  |  |  |
|       | 1  | 2                           | 3  | 4  | 5  |
| 1     | Участки недр природных адсорбентов                                   | +                           | +  |  | +  |
| 2     | Объекты районирования  |                             | +  |  | +  |
| 3     | Объекты добывающей и перерабатывающей промышленности                 |                             | +  | +  | +  |
| 4     | Объекты транспортной инфраструктуры                                  | +                           | +  | +  | +  |
| 5     | Экологическая обстановка территории                                  |                             |  | +  | +  |
| 6     | Объекты техногенной нагрузки, влияющие на состояние окружающей среды |                             |  | +  | +  |
| 7     | Объекты социально-экономической инфраструктуры                       | +                           | +  | +  | +  |
| 8     | Объекты энергетической инфраструктуры                                |                             |  | +  | +  |
| 9     | Объекты территориально-административного районирования               | +                           | +  |  |  |
| 10    | Объекты базовой топографической основы                               | +                           | +  | +  | +  |

Табл. 1. Структура и состав картографической базы данных

| Группы тематических слоев   | Тематический слой  | Основные характеристики объекта в базе данных  |
|---|--|--|
| 1. Участки недр природных адсорбентов                                   | Объекты Государственного баланса запасов   | Общие сведения (название объекта, вид полезного ископаемого);<br>Географо-административное положение (федеральный округ, субъект федерации, географические координаты);<br>Лицензия;<br>Геолого-экономические характеристики объекта (геолого-промышленный тип, изученность и освоенность объекта, состояние фонда недр, масштаб объекта);<br>Область использования. |
|   | Объекты Государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых   | Общие сведения (название объекта, вид полезного ископаемого);<br>Географо-административное положение (федеральный округ, субъект федерации, географические координаты);<br>Лицензия;<br>Геолого-экономические характеристики объекта (геолого-промышленный тип, изученность и освоенность объекта, состояние фонда недр, масштаб объекта);<br>Область использования. |
| 2. Объекты районирования  | Объекты прогнозных ресурсов  | Общие сведения (название объекта, вид полезного ископаемого);<br>Географо-административное положение (федеральный округ, субъект федерации, географические координаты);<br>Минерагеническая характеристика (минерагенический ранг объекта, геолого-промышленный тип);<br>Изученность и рекомендации по дальнейшему освоению;<br>Область использования.               |
|   | Границы эколого-экономических районов (ЭЭР) по видам техногенных загрязнений   | Название ЭЭР;<br>Вид сырья;<br>Разведанные запасы адсорбционного сырья на месторождениях распределенного и нераспределенного фонда;<br>Прогнозные ресурсы (P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> ).   |
|   | Геолого-экономические районы (ГЭР)   | Название ГЭР;<br>Вид сырья;<br>Разведанные запасы адсорбционного сырья на месторождениях распределенного и нераспределенного фонда;<br>Прогнозные ресурсы (P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> );<br>Добыча.  |
| 3. Объекты добывающей и перерабатывающей промышленности                 | Промышленно-сырьевые узлы (ПСУ)  | Название ПСУ;<br>Вид сырья;<br>Разведанные запасы адсорбционного сырья на месторождениях распределенного и нераспределенного фонда;<br>Прогнозные ресурсы (P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> );<br>Добыча.  |
|   | Горно-добывающие предприятия   | Название предприятия;<br>ПИ;<br>Лицензия;<br>Добыча.   |
| 4. Экологическая обстановка территории                                  | Перерабатывающие предприятия   | Название предприятия;<br>ПИ;<br>Лицензия;<br>Номенклатура продукции;<br>Объемы производства.   |
|   | Экологическое состояние местности  | Оценка экологического состояния местности  |
|   | Уровень загрязненности городов   | Оценка уровня загрязнения воздуха  |
|   | Радиоактивное загрязнение местности  | Уровень загрязнения местности.   |
| 5. Объекты техногенной Нагрузки, влияющие на состояние окружающей среды | Экологическая ситуация рек   | Оценка состояния рек по качеству воды  |
|   | АЭС, ТЭЦ, ГРЭС, предприятия промышленности, месторождения полезных ископаемых, захоронения радиоактивных отходов, ядерные полигоны, атомные реакторы и т.п.) | Название объектов<br>Субъект РФ  |

Табл. 2. Состав и структура информационно-картографической модели

| Группы тематических слоев                                 | Тематический слой                                   | Основные характеристики объекта в базе данных  |
|---|---|--|
| 6. Объекты транспортной инфраструктуры                    | Автомобильные дороги                                | Тип объекта (по значимости)  |
|   | Железные дороги                                     | Тип объекта (по значимости)  |
| 7. Объекты энергетической инфраструктуры                  | Нефтепроводы  | Тип объекта  |
|   | Газопроводы   | Тип объекта  |
| 8. Объекты социально-экономической инфраструктуры         | Населенные пункты                                   | Административный статус  |
| 9. Объекты территориально-административного районирования | Федеральные округа<br>Субъекты Российской Федерации | Название территории<br>Административный статус территории (федеральный округ, субъект федерации) |
| 10. Объекты базовой топоосновы                            | Координатная сетка<br>Гидрография                   | Номенклатура листов масштаба 1:1 000 000<br>Название (реки, озера, водохранилища, моря, океаны)  |

Табл. 2. Состав и структура информационно-картографической модели (продолжение)

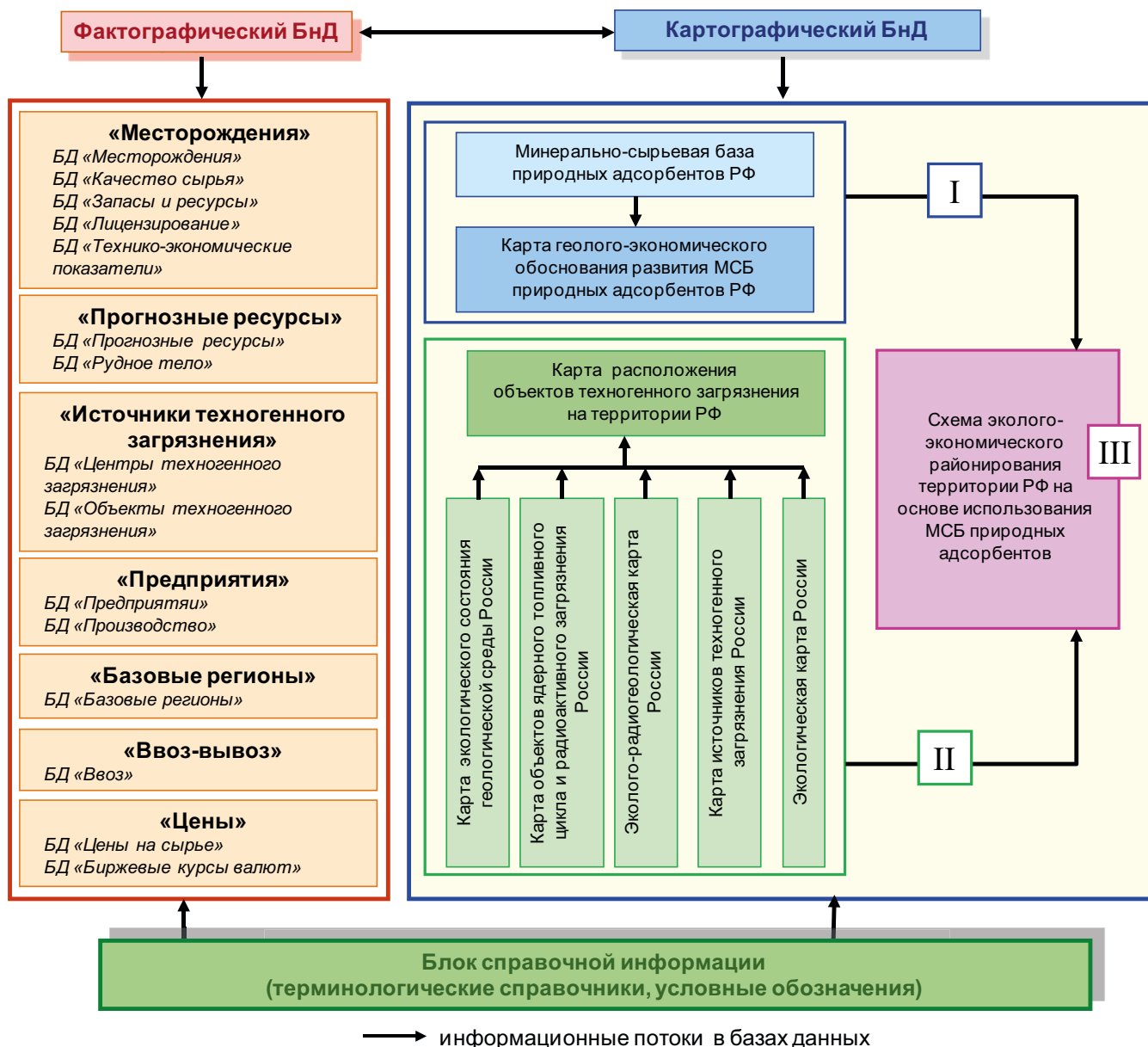


Рис. 1. Структура фактографических и картографических ресурсов.

- «Карта геолого-экономического обоснования развития минерально-сырьевой базы природных адсорбентов Российской Федерации» отражает современное состояние, использование и перспективы развития минерально-сырьевой базы природных адсорбентов России. На карте выделены объекты геолого-экономического районирования: *промышленно-сырьевые узлы, геолого-экономические районы*.

**II тип карт** отражает экологическое состояние территории, интенсивность и виды техногенного воздействия на окружающую среду.

«Карта расположения объектов техногенного загрязнения на территории Российской Федерации» показывает техногенные системы и объекты, негативно влияющие на экологическое состояние окружающей среды, в том числе и геологическую среду. Она создана на информационной базе ранее опубликованных тематических карт, а именно «Карта источников техногенного загрязнения России» (1995), «Карта объектов ядерного цикла и радиоактивного загрязнения России» (1995), «Экологической карты России. Состояние окружающей среды» (1999), «Эколого-радиологической карты России» (1995).

Основным результатом моделирования было создание **интегральной карты (III тип)** эколого-экономического районирования: «Схема эколого-экономического районирования территории РФ на основе использования минерально-сырьевой базы природных адсорбентов». В основу карты положены три основные группы показателей: природный, экономический и экологический.

Природную группу показателей характеризует минерально-сырьевая база природных адсорбентов (месторождений и объектов прогнозных ресурсов). Как показывает анализ состояния ресурсного потенциала природных адсорбентов (Афанасьева и др., 2009; Дистанов, Конюхова, 2005), Россия располагает необходимой сырьевой базой для использования их в природоохранных целях. Общие разведанные запасы их составляют свыше 3,2 млрд. т, прогнозные ресурсы по категории  $P_1+P_2$  – 2,4 млрд. т.

Важной экономической составляющей карты выступают запасы, оцененные по показателям изученности и освоенности, отношения к фонду недр. Экологическое содержание карты характеризуют такие показатели, как степень экологического состояния территории (удовлетворительная, умеренно острая, острая и напряженная); промышленные предприятия, вносящие наибольшую лепту в загрязнение территории; радиационное загрязнение, связанное с техногенными факторами; железные дороги; действующие и строящиеся нефтепроводы и др. На карту также вынесены месторождения углеводородов, месторождения металлов и других полезных ископаемых, потенциальных или фактических источников поступления загрязняющих веществ в окружающую среду.

Таким образом, на основе анализа картографических данных были выявлены ареалы территориального распределения техногенных воздействий на окружающую среду. Объекты природных адсорбентов, вынесенные на карту, предназначены играть роль механизма решения экологических проблем и обеспечения эколого-экономической безопасности населения. В результате на территории Российской Федерации выделено 13 эколого-экономиче-

ских районов по видам техногенного загрязнения и близрасположенных месторождений адсорбционного сырья.

В качестве примера рассмотрим модель эколого-экономического районирования на территории Приволжского федерального округа (ПФО).

Техногенное воздействие на геологическую среду в ПФО проявляется неравномерно. На севере округа в Республиках Удмуртия, Башкортостан, в Кировской, Пермской, Нижегородской областях источниками загрязнения геологической среды являются предприятия лесной, бумажной, энергетической и машиностроительной промышленности. В то время как в южной части Приволжского округа загрязнение геологической среды происходит за счет горно-металлургической промышленности, где в черте населенных пунктов имеются многочисленные отвалы вскрышных пород, некондиционных руд, хвостохранилища, которые занимают значительную часть окружающих земель и превратились в постоянно действующие источники загрязнения атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод. Таковыми являются населенные пункты в Оренбургской и Пермской областях.

Значительными источниками загрязнения являются многочисленные нефтяные промыслы в Республиках Татарстан, Башкортостан, Удмуртии, Оренбургской, Самарской, Саратовской, Пермской областях. Повышенные техногенные нагрузки существуют в районах крупных городов и промышленных узлов в Республиках Удмуртии и Татарстан, Оренбургской, Самарской, Ульяновской, Саратовской областях за счет химических и нефтехимических производств, машиностроительных комплексов, черной и цветной металлургии, нефтепереработки, производство строительных материалов, оказавших и постоянно оказывающих отрицательное влияние на экологическую обстановку.

Если в северных областях ПФО сельскохозяйственное производство отличается умеренной интенсивностью, то в южных – поля зерновых культур, где избыточно применяются минеральные удобрения, также являются источником загрязнения геологической среды.

В Приволжском ФО имеется развитая транспортная инфраструктура. Эксплуатационная длина железнодорожных путей общего пользования – 15228 км, протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием – 162,3 тыс. км, внутренних судоходных путей – 6453 км.

Повышенные концентрации в атмосферном воздухе загрязняющих веществ (твердые вещества, диоксид серы, диоксид и оксид азота, оксид углерода и специфических загрязняющих веществ) характерны для территорий с высоким уровнем развития производства, высокой плотностью населения и развитой транспортной инфраструктурой. Абсолютные показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Приволжском ФО составляют 5172,874 тыс. т в год (Кирюшин, 2016). В «лидерах» с наибольшими показателями выбросов выступают такие регионы, как Оренбургская область, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Самарская область и Пермский край. В следующую группу по количеству выбросов входят Нижегородская и Саратовская области, Республика Удмуртия. К регионам с наименьшими объемами выбросов в абсолютных размерах относятся

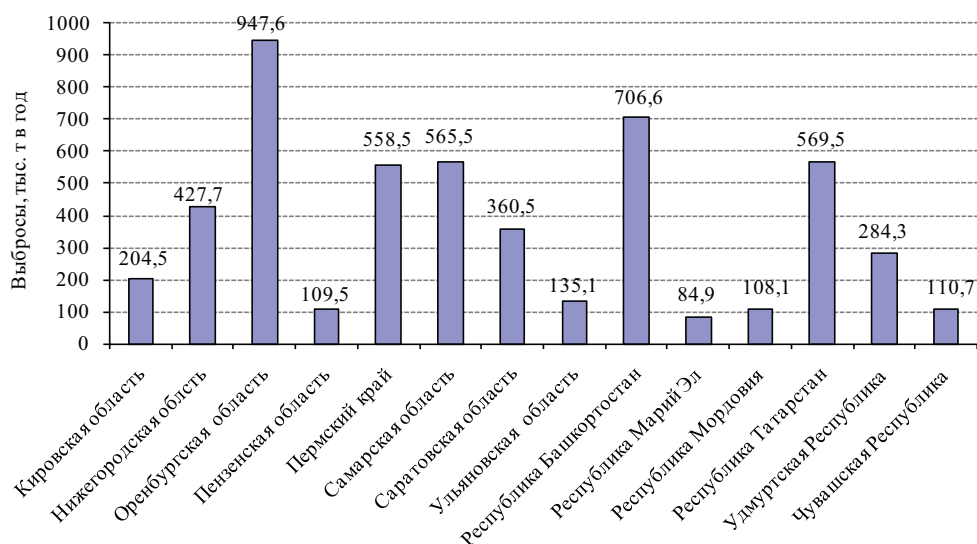


Рис. 2. Суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по субъектам федерации Приволжского ФО

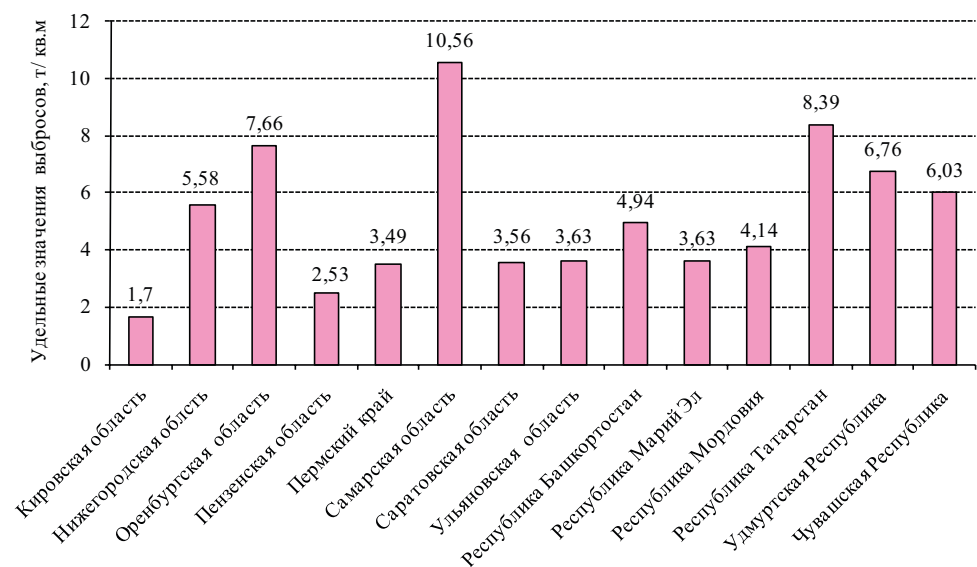


Рис. 3. Удельные значения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по субъектам федерации Приволжского ФО

Республика Марий Эл и Республика Мордовия (Рис. 2). В 2006 году города Балаково, Казань, Набережные Челны, Нижнекамск, Саратов, Сызрань включены в список городов России с наибольшим уровнем загрязнения воздуха (Экология и охрана природы, 2008).

Анализ расчета удельных значений загрязнений (в данном случае выбросов загрязняющих веществ в атмосферу) по отношению к размеру территории показал, что между субъектами наблюдаются значительные различия в значениях (Рис. 3). По наименьшим выбросам удельных значений выдвигаются такие субъекты как Кировская область, Пензенская область и Пермский край. В тоже время такие регионы как Самарская область, Республика Татарстан и Оренбургская область имеют высокие значения, как по абсолютным показателям выбросов, так и удельным (Киришин, 2016).

Для Оренбургской области характерен самый высокий показатель поступления вредных веществ в атмосферу от всех источников выбросов на одного жителя – 544 кг/чел. Удельный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на душу населения выше среднего по ПФО показателя у Пермского края (257 кг/чел.)

и Самарской области (222 кг/чел.) (Экология и охрана природы, 2008).

ПФО обладает многочисленными месторождениями адсорбционного сырья (диатомиты, опоки, бентонитоподобные глины, глаукониты и др.), которые можно использовать для экологической и экономической реабилитации экологически неблагоприятных районов. На территории округа, по степени экологической ситуации и наличия адсорбционного сырья, выделяется два эколого-экономических района (ЭЭР) – Приволжский и Оренбургский (Рис. 4, 5).

Приволжский эколого-экономический район занимает Саратовскую, Самарскую, Ульяновскую области, восточную часть Пензенской области, Республики Татарстан и Мордовию. Напряженную и острую экологическую обстановку в районе создает мощная индустрия – предприятия черной и цветной металлургии, химии, десятки нефтеперерабатывающих предприятий, нефтяные промыслы. Потенциально опасна Балаковская АЭС и атомный реактор в Дмитровграде. Кроме того, прослеживается «Чернобыльский след» в Пензенской и Ульяновской областях.

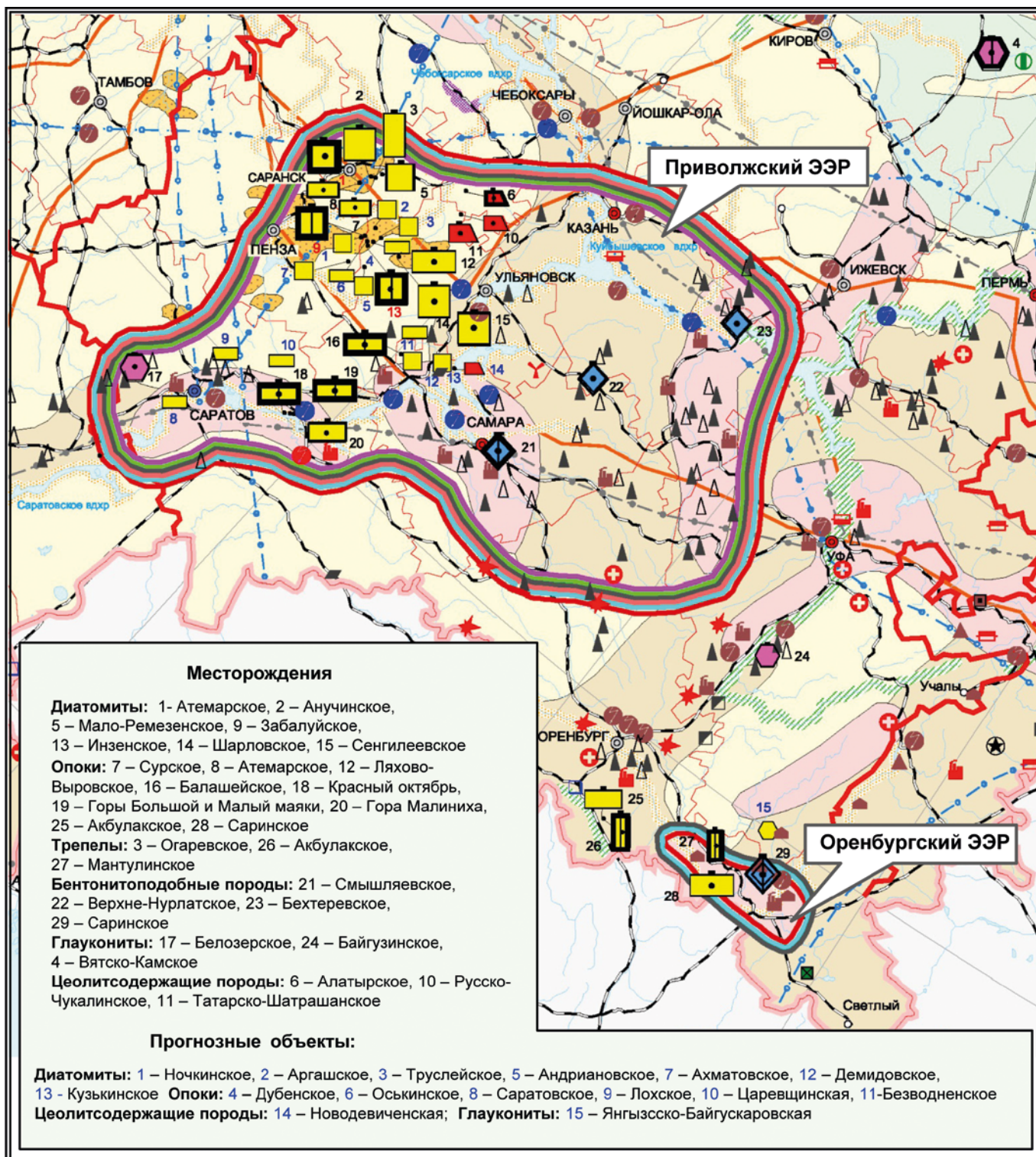


Рис. 4. Модель эколого-экономического районирования территории Приволжского ФО на основе использования минерально-сырьевой базы природных адсорбентов

Приволжский эколого-экономический район имеет значительные запасы и прогнозные ресурсы бентонитоподобных глин, опал-кристаллитовых пород (опоки, диатомиты, трепела), глауконитов и цеолитсодержащих пород (Табл. 3), являющиеся потенциальными источниками адсорбентов.

Как показывает модель эколого-экономического районирования (Рис. 4, 5), на территориях с интенсивной нефтедобычей и нефтепереработкой, бентонитоподобные глины Бехтеревского и Верхне-Нурлатского (Республика Татарстан), Смышляевского (Самарская область) место-

рождений возможно использовать для сероочистки нефтепродуктов на нефтеперерабатывающих предприятиях, осушки газов, очистки питьевых и сточных вод; глауконитовые пески Белозерского месторождения (Саратовская область) – для реабилитации территорий, загрязненных нефтяными разливами. Опал-кристаллитовые породы можно применять для очистки сточных и питьевых вод, воздуха в районах сосредоточения промышленных предприятий, а в районе радиационного загрязнения – пахотных земель, предотвращая их переход в растения (районы

| Природные адсорбенты |                          | Изученность месторождений          |  | Освоенность месторождений               |    |
|----------------------|--------------------------|------------------------------------|--|---|----|
|                      | Диатомиты                | Разведанные по категориям А, В, С1 |  | Эксплуатируемые                         |    |
|                      | Опоки                    | <b>Фонд недр</b>                   |  | Подготавливаемые к освоению             |    |
|                      | Трепелы                  | Распределенный                     |  | Не эксплуатируемые                      |    |
|                      | Бентонитоподобные породы | Нераспределенный                   |  |   |    |
|                      | Глауконит                | <b>Апробация запасов</b>           |  |   |    |
|                      | Цеолитсодержащие породы  | Утверждены ГКЗ, РКЗ, ТКЗ           |  |   |    |
|                      |                          | НТС, авторские запасы              |  |   |    |
|                      |                          |                                    |  | <b>Уровень значимости месторождений</b> |    |
|                      |                          |                                    |  | Федеральный                             | 13 |
|                      |                          |                                    |  | Региональный                            | 18 |

Размер значка на карте отображает масштаб месторождения

10 – объекты прогнозных ресурсов

### Объекты техногенного загрязнения

| Полезные ископаемые |                           | Электростанции |                        | Источники радиоактивного загрязнения |                      |
|---------------------|---------------------------|----------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------|
|                     | нефть                     |                | гидроэлектростанции    |                                      | АЭС                  |
|                     | природный газ             |                | теплоэлектростанции    |                                      | ядерные полигоны     |
|                     | бурый уголь               |                | атомные электростанции |                                      | ядерные взрывы       |
|                     | горючие сланцы            |                |                        |                                      | атомные реакторы     |
|                     | урановые руды             |                | <b>Предприятия</b>     |                                      | Радиоактивные отходы |
|                     | железные                  |                | действующие            |                                      | места хранения       |
|                     | медно-никелевые           |                | строящиеся             |                                      | места захоронения    |
|                     | фосфориты                 |                |                        |                                      |                      |
|                     | асбест + слюда            |                |                        |                                      |                      |
|                     | каменная, поваренная соль |                |                        |                                      |                      |

### Экологическая обстановка территории

| Экологическое состояние местности | Радиоактивное загрязнение местности | Экологическая ситуация по качеству вод рек | Уровень загрязненности городов  |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--|---|
|                                   |                                     |  |   |
| удовлетворительное                | > 5 Кю/кв.км по Cs-137              | умеренно-острая                            | с наибольшим уровнем загрязнения воздуха                                  |
|                                   |                                     |  |   |
| умеренно-острое                   | > 1 Кю/кв.км По Cs-137              | острая                                     | с максимальными разовыми концентрациями загрязняющих веществ более 10 ПДК |
|                                   |                                     |  |   |
| острое                            |                                     | очень острая                               |   |
|                                   |                                     |  |   |
| напряженное                       |                                     |  |   |

### Границы эколого-экономических районов по видам техногенных загрязнений

|  |                                   |  |                          |  |                           |
|--|-----------------------------------|--|--------------------------|--|---------------------------|
|  | Металлургия                       |  | Нефтехимическая          |  | Лесная                    |
|  | Машиностроение и металлообработка |  | Химическая               |  | Радиоактивное загрязнение |
|  |                                   |  | Прочие                   |  |                           |
|  |                                   |  | нефтепроводы действующие |  | железные дороги           |
|  |                                   |  | газопроводы действующие  |  | главные автодороги        |

Рис. 5. Условные обозначения к модели эколого-экономического районирования территории Приволжского ФО

Пензенской области). Для этих целей также пригодны опоки, например, Суринского месторождения. Для очистки радиоактивных вод Балаковской АЭС можно использовать опоки Вольской группы (Горы Б. и М. Маяки, Красный Октябрь, Гора Малиниха).

Оренбургский эколого-экономический район представляет собой район сосредоточения горно-металлургических предприятий, создающих напряженную

экологическую ситуацию. Имеющиеся в районе природные адсорбенты (Табл. 4) бентонитоподобные глины Саринского месторождения и опал-кристобалитовые породы (опоки Саринского месторождения и трепелы Мантулинского месторождения) можно использовать для очистки сточных и питьевых вод, газов и воздуха на горнометаллургических предприятиях, тем самым предотвращая загрязнение природной среды.



| Разведанные запасы адсорбционного сырья |                            |                           |                            | Прогнозные ресурсы                                       |
|---|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--|
| Сырье                                   | Всего                      | Нераспределенный фонд     | Распределенный фонд        |  |
| Бентонитоподобные глины                 | 46,255 млн. т              | 22,888 млн. т             | 23,367 млн. т              | P <sub>1</sub> -2,1 млн. т<br>P <sub>2</sub> - 13 млн. т |
| Глауконит                               | 10,33 млн. м <sup>3</sup>  | 6,96 млн. м <sup>3</sup>  | 3,37 млн. м <sup>3</sup>   | -  |
| Диатомит                                | 148,02 млн. м <sup>3</sup> | 29,85 млн. м <sup>3</sup> | 118,17 млн. м <sup>3</sup> | 61,65 млн. м <sup>3</sup>                                |
| Опока                                   | 596,7 млн. м <sup>3</sup>  | 184,3 млн. м <sup>3</sup> | 412,4 млн. м <sup>3</sup>  | 57 млн. м <sup>3</sup>                                   |
| Трепел                                  | 58,18 млн. м <sup>3</sup>  | 34,06 млн. м <sup>3</sup> | 24,12 млн. м <sup>3</sup>  | -  |
| Цеолитсодержащие породы                 | 94,54 млн. т               | 0,57 млн. т               | 93,97 млн. т               | 9,05 млн. т  |

Табл. 3. Запасы и прогнозные ресурсы Приволжского ЭЭР

| Разведанные запасы адсорбционного сырья |                          |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Сырье                                   | Всего                    | Нераспределенный фонд    | Распределенный фонд      |
| Опока                                   | 23,88 млн.м <sup>3</sup> | 23,88 млн.м <sup>3</sup> | -                        |
| Трепел                                  | 12,39 млн.м <sup>3</sup> | 0,53 млн.м <sup>3</sup>  | 11,86 млн.м <sup>3</sup> |
| Бентонитоподобные породы                | 14,38 млн.т              | -                        | 14,38 млн.т              |

Табл. 4. Запасы Оренбургского ЭЭР

## Заключение

Созданная с помощью ГИС информационно-картографическая модель, как цифровой продукт, охватывает сведения о минерально-сырьевой базе природных адсорбентов, предприятиях, разрабатывающих природные адсорбенты, об экологической ситуации регионов России и источниках техногенного загрязнения. База данных по Приволжскому федеральному округу содержит более 200 объектов техногенного загрязнения, 28 месторождений и 16 объектов прогнозных ресурсов.

Полученные результаты геоинформационного картографирования позволяют выявить зоны экологической напряженности и тем самым определить первоочередные мероприятия по рациональному природопользованию и обеспечению экологической безопасности регионов.

Разработанная модель эколого-экономического районирования территории на основе использования минерально-сырьевой базы природных адсорбентов может стать основой для последующих, более детальных исследований в области природопользования и охраны окружающей среды для всех регионов России.

## Литература

- Афанасьева Н.И., Дистанов У.Г., Ефремов А.Н., Кандауров П.М., Фирсов В.В. Инвестиционная привлекательность освоения месторождений природных адсорбентов для реабилитации экологически неблагоприятных территорий. *Разведка и охрана недр*. 2009. № 6. С. 57-63.
- Булатова Г.Н., Афанасьева Н.И., Чепланов В.А., Семанов Д.А. Принципы и методы геоэкологического картографирования для экологической реабилитации экологически неблагоприятных регионов России. *Экологический консалтинг*. Казань. 2010. № 4(40). С.13-23.
- Дистанов У.Г., Конюхова Т.П. Природные адсорбенты России: ресурсы, стратегия развития и использование. *Разведка и охрана недр*. 2005. № 5. С. 28-35.
- Карта источников техногенного загрязнения России. 1: 5 000 000. Москва. 1995.

Карта объектов ядерного топливного цикла и радиоактивного загрязнения России. Масштаб 1: 10 000 000. ВСЕГЕИ. Роскомнедра. Невскгеология. Госкомвуз РФ. СПГИ. Решетов В.В., Смыслов А.А., Харламов М.Г. 1996.

Кирюшин А.В., Резаков Г.Р., Белов А.А., Кирюшин В.А. Анализ эколого-экономической эффективности функционирования субъектов Приволжского федерального округа. *Научное обозрение*. 2016. No. 1. <https://srjournal.ru/2016/id14/>

Экологическая карта России. Состояние окружающей природной среды. Масштаб 1: 8 000 000. ПКО «Картография». М. 1999.

Эколого-радиогеологическая карта России: 1996. Ком. РФ по геологии и использованию недр и др. Гл. ред. В.П. Орлов и др.; Ред. карты: В.А. Грабовников и др. Авт.-сост.: В.А. Грабовников и др. М. 1998.

Экология и охрана природы. Загрязнение России. Приволжский федеральный округ. *География*. 2008. № 16. [http://geo.1september.ru/view\\_article.php?ID=200801606](http://geo.1september.ru/view_article.php?ID=200801606)

## Сведения об авторах

*Гульнара Нуровна Булатова* – канд. геогр. наук, старший научный сотрудник отдела экономики и информационного обеспечения недропользования

ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»

Россия, 420097, Казань, ул. Зинина, д. 4

Тел: +7 843 238 03 26, e-mail: [oktiob@geolnerud.net](mailto:oktiob@geolnerud.net)

*Надежда Иосифовна Афанасьева* – канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник отдела промышленных минералов, ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»

Россия, 420097, Казань, ул. Зинина, д. 4

*Дмитрий Александрович Семанов* – канд. хим. наук, старший научный сотрудник отдела экономики и информационного обеспечения недропользования

ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»

Россия, 420097, Казань, ул. Зинина, д. 4

Статья поступила в редакцию 29.08.2017;  
Принята к публикации 03.11.2017; Опубликована 30.11.2017

## Integrated Ecological-Economic Modeling of Regions with the use of GIS Technologies

G.N. Bulatova\*, N.I. Afanasyeva, D.A. Semanov

The Central Research Institute of Geology of Industrial Minerals (CNIIGeolnerud), Kazan, Russia

\*Corresponding author: Gulnara N. Bulatova, e-mail: gulnara.bulatova@bk.ru

**Abstract.** The paper shows the process of modeling the integrated map “Scheme of the ecological and economic regionalization of the territory of the Russian Federation on the basis of the mineral and raw materials base of natural adsorbents” using GIS technologies.

The map is based on three main groups of indicators: natural, economic and environmental. The ecological content of the map is characterized by indicators that are potential or actual sources of pollutant release into the environment (nuclear power plants, nuclear reactors, radioactive waste storage and disposal sites, nuclear test sites, industrial enterprises, railways, operating and under construction oil pipelines, hydrocarbon fields, etc.). The economic component of the map is the reserves estimated by the indicators of study and development, the relationship to the subsoil fund and forecast resources. The natural group of indicators is represented by the mineral and raw material base of natural adsorbents (fields and objects of forecast resources) that can be used to prevent harmful emissions and for the ecological and economic rehabilitation of contaminated areas.

Based on the analysis of cartographic data, the ecological and economic areas of the territorial distribution of man-caused environmental impacts and the presence of adsorption raw materials are identified. As an example, a description is given of the ecological and economic model of the regionalization of the Privolzhsky Federal District using the GIS “Mineral resource base of natural adsorbents of Russia” developed at the Federal State Unitary Enterprise TsNIIGeolnerud.

**Keywords:** ecological and economic area, mineral, use, data base, adsorbent, geoinformation, mapping, modelling, Privolzhsky Federal District

**For citation:** Bulatova G.N., Afanasyeva N.I., Semanov D.A. Integrated Ecological-Economic Modeling of Regions with the use of GIS Technologies. *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 4. Part 2. Pp. 383-392. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.13>

### References

- Afanasyeva N.I., Distanov U.G., Efremov A.N., Kandaurov P.M., Firsov V.V. Investment attractiveness of natural adsorbents fields development for the rehabilitation of ecologically unfavorable territories. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and protection of mineral resources]. 2009. No. 6. Pp. 57-63. (In Russ.)
- Bulatova G.N., Afanasyeva N.I., Cheplanov V.A., Semanov D.A. Principles and methods of geocological mapping for ecological rehabilitation of ecologically unfavorable regions of Russia. *Ekologicheskii konsalting* [Ecological consulting]. Kazan. 2010. No. 4 (40). Pp.13-23. (In Russ.)

Distanov U.G., Konyukhova T.P. Natural adsorbents of Russia: resources, development strategy and use. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and protection of mineral resources]. 2005. No. 5. Pp. 28-35. (In Russ.)

Karta istochnikov tekhnogenogo zagryazneniya Rossii [Map of sources of man-made pollution in Russia]. Scale 1: 5 000 000. Moscow. 1995. (In Russ.)

Karta ob"ektov yadernogo toplivnogo tsikla i radioaktivnogo zagryazneniya Rossii [Map of nuclear fuel cycle facilities and radioactive contamination in Russia]. Scale 1: 10 000 000. VSEGEL. Roskomnedra. Nevskgeologiya. Goskomvuz RF. SPGGI. Reshetov V.V., Smyslov A.A., Kharlamov M.G. 1996. (In Russ.)

Kiryushin A.V., Rezakov G.R., Belov A.A., Kiryushin V.A. The analysis of ecological and economic efficiency of regions activities in the Volga federal district. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review]. 2016. No. 1. <https://srjournal.ru/2016/id14/> (In Russ.)

Ekologicheskaya karta Rossii. Sostoyanie okruzhayushchei prirodnoi sredy [Ecological map of Russia. State of the environment]. Scale 1: 8 000 000. Moscow: PKO «Kartografiya». 1999 (In Russ.)

Ekologo-radiogeologicheskaya karta Rossii: 1996. [Ecological and radiogeological map of Russia: 1996]. Chief Ed.: V.P. Orlov et al.; Ed. maps: V.A. Grabovnikov et al.; Authors: V.A. Grabovnikov et al. Moscow. 1998. (In Russ.)

Ekologiya i okhrana prirody. Zagryaznenie Rossii. Privolzhskii federal'nyi okrug [Ecology and nature protection. Pollution of Russia. Volga region Federal District]. *Geografiya* [Geography]. 2008. No. 16. [http://geo.1september.ru/view\\_article.php?ID=200801606](http://geo.1september.ru/view_article.php?ID=200801606) (In Russ.)

### About the Authors

*Gulnara N. Bulatova* – PhD (Geography), Senior Researcher, Department of Economics and Information Support of Subsoil Use

The Central Research Institute of Geology of Industrial Minerals (CNIIGeolnerud)

4 Zinina St., Kazan, 420097, Russia

Tel: +7 843 238 03 26, e-mail: [oktiob@geolnerud.net](mailto:oktiob@geolnerud.net)

*Nadezhda I. Afanasyeva* – PhD (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Department of Industrial Minerals

The Central Research Institute of Geology of Industrial Minerals (CNIIGeolnerud)

4 Zinina St., Kazan, 420097, Russia

*Dmitry A. Semanov* – PhD (Chemistry), Senior Researcher, Department of Economics and Information Support of Subsoil Use

The Central Research Institute of Geology of Industrial Minerals (CNIIGeolnerud)

4 Zinina St., Kazan, 420097, Russia

*Manuscript received 29 August 2017;*

*Accepted 3 November 2017;*

*Published 30 November 2017*