

УДК 504.75

**ЛЕМЕНКОВА ПОЛИНА АЛЕКСЕЕВНА**Карлов Университет в Праге, Институт экологических исследований  
pauline.lemenkova@gmail.com**СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ КОРРЕЛЯЦИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНОГО  
АНАЛИЗА И РАНЖИРОВАНИЯ АКВАТОРИЙ**

*В работе подготовлены рекомендации для составления оценочной карты экологического ранжирования акватории Баренцева моря по уровню антропогенной нагрузки и прогнозирования возможных изменений на основе ГИС. Разработаны методические указания к проведению районирования Баренцева моря с учетом риска возникновения кризисных экологических ситуаций, связанных с антропогенной деятельностью. Исходные материалы включают физико-географические особенности акватории, данные о распространении и химической активности загрязнителей, поступающих в пределы акватории, а также о масштабах их воздействия, которые интегрируются в среде GIS.*

Использование ГИС для целей мониторинга морских экосистем, в т.ч. отдельно экосистем Баренцева моря позволяет выполнить прогнозные региональные оценки возможных изменений состояния экосистем. Для составления экологического прогноза развития экологической ситуации в акватории Баренцева моря предварительно осуществляется многослойный анализ карт с применением функций оверлея и встроенных в пакет ArcGIS математических функций. При создании карт корреляций между несколькими природными явлениями, а также между нарушениями природных экосистем и уровнем антропогенной нагрузки производится анализ исходных карт на основе использования логических функций ArcGIS, прежде всего с помощью операций последовательного наложения и пересечением исходных векторных слоев, а также оверлейных операций. Покоординатная привязка фактографических данных и общая взаимная согласованность картографического материала из банка картографических данных позволяет использовать их для совместной обработки методами пространственного анализа и построения карт корреляций. В проект подключаются векторные слои с тематической информацией и оценочные карты ранжирования, с информацией о контурах физико-географических и других тематических районов на морскую акваторию.

С точки зрения геоинформатики, районирование является результатом логических операций на взаимное их перекрывание и пересеканность, где полигонами являются географические и экологические районы и ареалы, выделенные в результате двух предварительных стадий ранжирования акваторий: географического и экологического. В качестве информации о гео-

графическом районировании используются карты тематического районирования Баренцева моря из картографической базы данных. Методологические принципы районирования были рассмотрены в работах [1], [3]. Информация о пространственном расположении ареалов хранится в виде полигональных векторных слоев ArcGIS. В качестве информации о районировании используются оценочные карты комплексного экологического мониторинга - карты риска возникновения негативных природных процессов в результате техногенной деятельности, а также аналитические карты отдельных экологических характеристик, отражающие характер пространственного распределения загрязнителей по акваториям морского бассейна [2]. На этапе районирования результаты логического пересечения ареалов подвергаются корректировке, используя географические знания о принципах распространения загрязняющих веществ в конкретных физико-географических условиях и о закономерностях поведения природных экосистем под воздействием нагрузок. Проверка выполненных процедур на географическую достоверность необходима, т.к. машинная автоматизация, используемая при анализе географических систем, не является абсолютно достоверной в силу ее работы на логико-математических принципах, не позволяющих на данном этапе развития ГИС формализовать географические знания, строить прогноз поведения отдельных компонент экосистем и сценарии их дальнейшего развития. На основе анализа пересечения и наложения слоев перечисленных объектов выделяют отдельные районы с наиболее сложной экологической ситуацией. В результате выполнения оверлейных операций получают карты корреляций, которые показывают все возможные комбинации пространственной группировки геоэкологических факторов, влияющих на развитие экологической ситуации в пределах акватории. Далее, рассчитывают веса районов по типу экологической обстановки.

Прогнозирование развития экологической обстановки проводится с использованием карт ранжирования акватории по степени антропогенного воздействия и карт-корреляций на районы акваторий. Последние получают на основе совместного анализа различных факторов (природные условия региона, динамика и тенденции их развития по данным за различные временные срезы, а также уровень антропогенной нагрузки). Так, для составления прогнозной карты вероятного изменения состояния экосистем Баренцева моря осуществляется пространственный анализ набора покомпонентных ГИС материалов. За основу принимают карты районирования по степени антропогенного воздействия на отдельные акватории и прогнозные оценки динамики элементов морских экосистем. Для составления карт прогноза развития неблагоприятных процессов в акватории Баренцева моря проводится совместный анализ карт динамики загрязнения бассейна за различный период и карт оценки экологического риска. Ожидаемые изменения в состоянии экосистем рассчитываются на основе анализа карт динамики загрязнений и карт динамики изменений состояния физико-

географических условий (среднегодовые  $T$  воздуха и воды, изменение структуры берегов, ареал обитания представителей фауны) и заполняются в таблицы. После этого векторные слои накладываются на покрытие грид-темы, содержащее местоположения пунктов отбора проб воды с данными о концентрациях загрязнителей. Далее, на основе учета комплексного влияния географических факторов на развитие опасных опасных необратимых экологических процессов и критериев оценки такого влияния, проводится типизация акватории по степени прогнозных сезонных изменений этих элементов. Для этого при составлении результирующих прогнозных карт рассчитывается "вес регионов" отдельных акваторий бассейна по тенденциям дальнейшего развития экологической обстановки. В составе всего набора таксонов выделено 14 категорий различных акваторий Арктики по степени их значимости, сложности общегеографической ситуации и уровню суммарной антропогенной нагрузки, которую испытывает данная акватория. Для типизации акватории бассейна по интенсивности комплексных экологических аномалий применяются карты динамики процессов за разные периоды. Для прогноза развития состояния отдельных компонентов морских экосистем (берегов) за различные периоды проводится наложение векторного слоя с существующими аномалиями в их структуре на слой данных о структуре, являющейся типичной для данного региона в нормальных условиях в этот период. Т.о. проводится оценка отклонений в структуре объектов путем их сравнительной оценки и векторного оверлея. На следующем этапе в модуле Spatial Analyst с помощью метода "определения близости" проводится типизация акваторий по аномалиям экологических условий и выделяются градации их ожидаемых отклонений. В результате, на основе анализа всех ГИС материалов выделены три градации прогноза состояния экосистем: 1) состояние экосистемы будет катастрофическим, если интенсивность антропогенного воздействия остается такой же; 2) состояние экосистемы неудовлетворительное, необходимо принятие мер по уменьшению интенсивности антропогенного воздействия; 3) состояние экосистемы в норме, резких аномалий в функционировании ее компонентов нет.

В заключение, для комплексной карты прогноза выполняется ранжирование набора полученных таксонов на пять типов вероятного изменения ситуации: составляется карта региональной прогнозной оценки развития опасных процессов в пределах акватории, где выделяются участки акваторий с идентичным физико-географическим типом акватории на основе анализа пересечения ареалов выделенных физико-географических, тематических и экологических районов.

В результате работы рекомендуется к составлению несколько рабочих прогнозных карт изменения отдельных компонент морских экосистем под воздействием антропогенных нагрузок: 1) прогнозирование и оценка последствий выбросов в акваторию нефтяных углеводородов; 2) прогнозирование

вание и оценка последствий выбросов в акваторию Баренцева моря радиоактивных веществ ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ); 3) прогнозирование и оценка последствий выбросов в акватории химических веществ ( $\text{Cd}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ); 4) прогнозирование и оценка последствий выбросов в акваторию Баренцева моря химических веществ ( $\text{Cd}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ); 5) прогнозирование и оценка последствий выбросов в акваторию хлорорганических соединений ( $\Sigma\text{ДДТ}$ ,  $\text{ГХБ}$ ,  $\Sigma\text{ГХЦГ}$ ,  $\Sigma\text{ПХБ}$ ).

Заключение. На базе существующих методов ГИС, анализа географической информации, картографического метода исследования и математического моделирования разработана методика экологического мониторинга состояния морей на примере Баренцева моря, на основе которой предлагается к составлению серия тематических карт экологического содержания и районирования Арктики. Используя имеющиеся материалы создана база данных по географическим объектам и экологическим параметрам экосистем Баренцева моря для геопространственного экологического анализа акватории и создания карт районирования. При работе над составлением ГИС-проекта были изучены общие географические условия акваторий Арктики, распространение и особенности отдельных элементов геосистем и закономерности процессов переноса вещества между элементами окружающей среды, а также проанализирована их значимость, степень их воздействия на общее экологическое состояние окружающей среды. Разработана архитектура и принципы построения системы мониторинга Арктических морей, технология составления тематических карт морских экосистем (на примере Баренцева моря), а также концепция экологического районирования морских акваторий. Проанализированы природные условия акватории и существующие в ее пределах негативные процессы, сформулированы основные принципы функционирования морских экосистем и их структуры, выделены основные критерии районирования акватории по ведущим экологическим факторам.

#### Список литературы

1. Питулько В.М., Иванова В.В. Содержание и принципы построения геоэкологических карт // Экология: опыт, проблемы, поиски. - Новороссийск, 1991, - С. 66-79.
2. Преображенский В.С. Экологические карты (содержание, требования) // Известия АН СССР. Сер. геогр., 1990. - No 6.
3. Прокаев В.И. Основы методики физико-географического районирования, Л., 1967