

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ БЛОКИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО  
ГИС КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ**

П. А. Леменкова

Преимущества и перспективы комплексного геоинформационного картографирования морских экосистем очевидны в свете интенсивного развития ГИС картографии за последние 20 лет. Целесообразность применения геоинформационных технологий в изучении морских акваторий определена их эффективным применением для анализа взаимосвязей между сложными географическими явлениями и процессами в комплексных морских экосистемах и выработки алгоритма районирования экосистем на основе всей доступной тематической информации. Настоящая работа представляет разработанную методику геоинформационного картографирования морей Арктики в качестве примера использования геоинформационных технологий для мониторинга состояния морских экосистем. Предложенная методика морского геоэкологического картографирования в масштабах 1:5млн-1:20млн предназначена в первую очередь для природоохранных институтов, занимающихся проектированием экологических карт и осуществлением экологического контроля и мониторинга морских бассейнов. Карты, составленные по данной методике, могут служить основой для решения задач моделирования динамики морских экосистем в зоне особо интенсивного антропогенного воздействия (например, на шельфе и очагах нефтедобычи).

В результате работы над ГИС проектом и апробации разработанной методики на примере Арктического бассейна и Баренцева и Печорского морей составлены редакционные указания на следующие тематические блоки.

Блок 1 – базовый, включающий инвентаризационные карты, демонстрирующие характер пространственного распределения загрязнителей по отдельным акваториям Арктических морей и уровень загрязнения отдельных компонентов природной среды различными типами загрязнителей. Карты данного блока должны отражать природные условия и ресурсы Арктического бассейна, содержать основу для разработки следующих тематических карт, в т. ч. прогноза дальнейшего экологического развития акватории, и имеют информационно-справочный характер. Показывая местоположение существующих источников загрязнения и ареал их распределения в пределах акватории, они должны давать возможность анализа особенностей направления их миграции. В данном блоке предложено к разработке 20 тематических карт: содержание нефтяных углеводородов в придонном слое вод Баренцева моря содержание тяжелых металлов в толще морской воды (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) – 7 карт загрязнения морской воды радионуклидами ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ )–3 карты содержания радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) в толще морской воды Арктического бассейна, 1:20млн; загрязнение морской воды хлорорганическими соединениями (сумма ДДТ,  $\Sigma$  ГХЦГ,  $\Sigma$  ПХБ) –3 карты, комплексное содержание тяжелых металлов (поэлементно) в тканях рыб и морских животных Арктики (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), 1:20млн; содержание тяжелых металлов в организмах зоопланктона Арктики (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), 1:20млн, содержание тяжелых металлов в донных осадках Арктики, 1:20млн; выбросы тяжелых металлов (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) в атмосферу и очаги их распространения, 1:20млн; Cs-137 в донных осадках Печорского моря.

Блок 2 охватывает карты динамики нарушений отдельных компонентов природной среды в акваториях Арктических морей демонстрируют динамику развития негативных экологических процессов, обусловленных чрезмерным техногенным воздействием по данным за различные временные периоды, охватывающие 35 лет. Карты данного блока показывают масштабы загрязнений и развитие негативных процессов и явлений по разным датам, что дает возможность анализа тенденций развития процессов для их дальнейшей оценки и прогно-

зирования тренда вероятных изменений в дальнейшем при условии сохранения уровня и характера антропогенной нагрузки. Карты должны отражать направленность развития катастрофических процессов во времени, иметь аналитический характер и содержать основу для разработки прогнозных экологических карт, в т. ч. карт оценки риска. В блоке данной серии предложены к разработке карты: разрушение берегов Арктических морей Российского сектора, 1:10млн, сокращение площади криолитозоны и изменения в гляциосфере Арктических морей за 1985-2015, 1:10млн, карта динамики нефтяных загрязнений Арктического бассейна за 1985-2015, 1:20млн, динамика загрязнения морской воды полициклическими ароматическими углеводородами (сумма ПАУ) за 1985-2015, динамика нефтяных загрязнений Баренцева моря за 1965-2015, 1:20млн, нарушения растительного покрова прибрежно-шельфовых территорий Арктического бассейна, 1:20млн.

Блок 3 состоит из оценочных карт комплексного экологического мониторинга Арктических морей, представленных картами оценки риска нарушений природных экосистем, природоохранного мониторинга и прогнозирования развития состояния экосистем. Карты предложено составить на основе использования инвентаризационных карт и карт динамики. При создании карт данного блока оцениваются диапазоны изменчивости отдельных компонентов экосистем и основных системообразующих элементов. Данный блок представлен следующими картами (10 тематических карт в разном масштабном ряду): охраняемые территории и заказники Арктических морей Российской Арктики, масштаб 1:10млн, оценка риска геологических нарушений в результате разработок добычи полезных ископаемых, масштаб 1:20млн; оценка продуктивности биомассы зоопланктона Арктического бассейна, 1:10млн; оценка риска изменений жизнедеятельности обитателей Арктической фауны в результате комплексных техногенных воздействий, масштаб 1:10млн; оценка риска возникновения неблагоприятных ситуаций по акваториям Арктического бассейна, масштаб 1:10млн; прогнозирование и оценка последствий выбросов в акваторию Баренцева моря нефтяных углеводородов прогнозирование и оценка последствий выбросов в акваторию Баренцева моря радиоактивных веществ ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) прогнозирование и оценка последствий выбросов в акватории Арктического бассейна химических веществ (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) прогнозирование и оценка последствий выбросов в акваторию Баренцева моря химических веществ (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) прогнозирование и оценка последствий выбросов в акваторию Баренцева моря хлорорганических соединений (сумма ДДТ, ГХБ,  $\Sigma$  ГХЦГ,  $\Sigma$  ПХБ).

Блок 4 включает в себя итоговые карты геоэкологического районирования экологической ситуации региона. Геоэкологическое районирование проводится на основе пространственно-географического анализа используя принципы районирования, разработанные в трудах [1], [2], [3] и других ученых. В качестве индикаторов, использованных при районировании акваторий, выбраны самые информативные признаки состояния экосистем: химический состав морской воды, величины концентраций загрязнителей в составе донных отложений и процессы разрушения отдельных компонент экосистемы. В данном блоке предлагаются к разработке карты экологического районирования Печорского моря (м-б 1:5млн); экологического районирования Баренцева моря, м-б 1:15млн и комплексного районирования Арктического бассейна, м-б 1:20млн.

Блок 5: Дополнительные материалы. В качестве отдельного блока дополнительной информации в ГИС-проекте используются экологические данные о состоянии речных вод, впадающих в моря Арктического бассейна: происхождение, состав и нагрузка сточных вод, их загрязнение органическими веществами и бактериям характеристики поверхностных стоков, физико-химические и биологические параметры качества вод, точечные источники загрязнения, связанные с промышленностью и коммунально-бытовыми отходами на прибрежных территориях источники диффузного загрязнения, связанные с использованием в сельском хозяйстве удобрений и пестицидов.

При этом геоэкологическое районирование акваторий осуществляется на основе двух этапов районирования – географического и экологического районирования, являясь результатом итоговой оценки, проведенной на основе анализа районов, выделенных на этих двух

этапах, на результат их пересекаемости. В качестве информации о географическом районировании используются карты тематического районирования Арктического бассейна из картографического банка данных, а также карты районирования тематических (геоморфологических, гидролого-гляциологических, криолитологических и др.) компонентов Арктического бассейна. Геоэкологическое районирование акваторий проводится с использованием методов ГИС картографирования как результат логических операций на взаимное перекрывание и пересекаемость полигонов, накладываемых в разных векторных слоях, где полигонами являются, географические и экологические районы Арктики, выделенные в результате двух предварительных стадий районирования акваторий. Районирование лучше осуществлять на примерах трех масштабных уровней: на глобальном уровне – районирование Арктического бассейна в целом, на региональном уровне – Баренцева моря, на локальном уровне – Печорское море. Экологические карты создаются на завершающем этапе, являясь итоговой оценкой сложившейся на данный момент ситуации изучаемых акваторий.

Исследования экологического состояния Арктических морей, проведенные на основе разработанной методики, характеризуют его на современном этапе, дают его интегральную оценку и направленность региональных изменений, служат информационной базой для природоохранного мониторинга. Разработанные принципы ГИС картографирования и методика построения экологических карт Арктики позволят применять их как универсальную схему моделирования состояния экосистем также и других акваторий, что способствует повышению эффективности изучения морских экосистем и служат концептуальной основой регионального геоэкологического картографирования океанов. Разработанная методика рекомендуется к апробации на примере серии карт Арктики в целом и Баренцева моря в частности в масштабах 1:5млн-1:20млн, что доказывает применимость предложенного подхода к картографированию морей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мильков Ф. Н., Физико-географический район и его содержание. М., 1956
2. Михайлов Н. И., Физико-географическое районирование. М., 1967
3. Прокаев В. И. Основы методики физико-географического районирования. Л., 1967