

## SUMMARY

A resource-saving, ecology-friendly technology to utilize disiron stations and thermal power plants waste has been developed. The chemical contents of the waste and hard metal contents have been studied. The volume of hard metal contents has been defined by atomic-emission analysis. It has been stated that the waste may be used for production of construction pigment and facade paint.

УДК 502.51(476.5)

### **ПРИМЕНЕНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*В.Е. Савенок, О.Н. Минаева*

Добыча и переработка нефти, транспортировка, использование и хранение нефтепродуктов (мазута, дизтоплива, бензина, масел) связаны с загрязнением нефтью территорий скважин, чрезвычайными ситуациями при ее транспортировке всеми видами транспорта и по трубопроводам, утечками нефтепродуктов из хранилищ. Аварийные разливы нефти приводят к загрязнению значительных по площади территорий, являющихся районами водосбора различных рек. Последствием нефтяного загрязнения территорий и водных объектов является ущерб здоровью людей и окружающей природной среде, приводящий даже к человеческим жертвам, а также к значительным материальным и финансовым потерям, нарушению условий жизнедеятельности людей, производственной деятельности предприятий.

Обзор литературных источников позволил выделить основные источники попадания нефти в водный объект, провести анализ существующих методов предупреждения разливов нефти и способов ее ликвидации. На основе этого сделан вывод о необходимости повышения качества организации и управления деятельностью государственных контролирующих и надзорных органов власти, крупных предприятий нефтяной отрасли по предупреждению и ликвидации последствий разливов нефти по водным объектам за счет автоматизации обработки разнотипной пространственной информации. Анализ применяемых методов и способов борьбы с аварийными разливами нефти по водной поверхности показал, что недостаточно уделено внимания применению современных информационных систем для прогнозирования последствий воздействия аварийных разливов нефти на окружающую среду, которые учитывали бы весь возможный спектр параметров аварий и морфологические характеристики объекта воздействия (динамические характеристики рек, метеорологические условия, сезонность) [1].

Водно-экологическое картографирование применимо в рамках выполнения основных задач управления водными ресурсами: при разработке современных методов и средств оценки состояния водных объектов и прилегающих территорий с целью своевременного снижения антропогенных воздействий на водные объекты; для оценки роли различных источников загрязнения в общем процессе формирования качества воды, а также отвечает основным стратегическим направлениям совершенствования мониторинга водных объектов, в том числе совершенствованию технологии обработки информации и ведения баз данных о состоянии водных объектов [2].

Водно-экологическое картографирование включает несколько основных направлений: картографирование качественного состояния водных объектов, антропогенной нагрузки на водные объекты и их водосборные бассейны, самоочищения поверхностных вод и условий выноса загрязняющих веществ с водосборных территорий в водные объекты; медико-гигиенической обстановки,

связанной с качеством воды; водоохраных мероприятий и организации водопользования. Применение данных направлений в комплексе для единой территории позволяет решать информационно-справочные и аналитическо-оценочные задачи при изучении процессов, состояния и взаимосвязей отдельных компонентов в системе «водные объекты – водосборные бассейны – антропогенное воздействие – водно-экологические проблемы» [2].

Геоинформационное водно-экологическое картографирование, отражающее пространственно-временные аспекты взаимодействия в системе «водные объекты – водосборные бассейны – антропогенное воздействие – водно-экологические проблемы – гидроэкологическая безопасность», образует самостоятельное направление в тематическом картографировании, позволяющее на основе создания взаимоувязанной серии карт аналитико-оценочного содержания проанализировать водно-экологическую обстановку, в том числе в условиях недостаточного информационного обеспечения [2].

Геоинформационная технология (ГИС–технология) – это совокупность приемов, способов и методов применения средств вычислительной техники, позволяющая реализовать функциональные возможности ГИС для анализа исходных данных, выполнения расчетов и представления в картографической форме полученных результатов. Эта технология объединяет преимущества визуализации и географического анализа изучаемых объектов реального мира, которые предоставляет карта, с возможностью работы с базами цифровых данных. Кроме того, она позволяет представить результаты анализа в печатном виде. Большие возможности дает использование ГИС для анализа гидрологической информации, предсказания наводнений, управления водными ресурсами и других работ, где необходимо точно знать временное и пространственное распределение различных гидрологических характеристик на речном водосборе и иметь возможность как оценки их состояния, так и прогноза возможных изменений [3].

Для полноценного научного оформления рассматриваемого направления необходимо научное обобщение опыта работ, разработка единого методологического подхода к созданию водно-экологических карт с выделением основных принципов исследования, тематическое наполнение подсистем водно-экологических ГИС.

Среди общенаучных принципов, применимых к водно-экологическому картографированию с использованием ГИС-технологий, наиболее важными являются принципы системности картографирования и картографического моделирования [2].

Применение ГИС-технологий позволит на высоком уровне обрабатывать разнотипную пространственную и атрибутивную информацию об общегеографических объектах и источнике аварии, описывать природные характеристики и использовать эту информацию для анализа и расчета распространения нефти по водной поверхности, получать не только наглядный картографический материал, но и рекомендуемый список действий для локализации и ликвидации возможной аварии [1].

Целью данной работы была оценка районов водосбора реки Западная Двина на территории Витебской области, являющихся потенциальными источниками нефтяного загрязнения реки при попадании на них нефтепродуктов, вследствие аварии на трубопроводном транспорте или на объектах использования нефтепродуктов. Оценка районов водосбора производилась с использованием картографического моделирования.

Проведенный анализ исследований, основанных на применении аппарата математического моделирования качества поверхностных вод, предусматривающего использование классических подходов (с использованием уравнения турбулентной диффузии, моделирования распространения примесей в потоке, статистических методов обработки информации, техники имитационного моделирования) и современного опыта создания и исследования моделей оценки

качества поверхностных вод, а также принципов геомоделирования пространственно распределенных объектов, позволяет выявить наиболее оптимальные пути решения проблемы минимизации экологического ущерба при загрязнении водных объектов.

Одним из методов оценки уровня загрязнения водных объектов является метод предварительного ранжирования загрязняющих веществ по трем классам [4]. Для каждого вещества из перечня, у которого концентрация не равна 0, вычисляется коэффициент воздействия (нормирование концентрации относительно предельно допустимого значения – ПДК). Вещества ранжируются (упорядочиваются) по степени воздействия. Все вещества, для которых коэффициент воздействия больше 1, объединяются в группу лимитирующих показателей. Для каждой группы рассчитывается ИЗВ исходя из лимитирующих показателей. За индекс качества воды принимается интегральный скалярный показатель качества воды, равный большему из рассчитанных показателей:

$$J = \max(J1, J2, J3). \quad (1)$$

Для оценки уровня загрязненности водных объектов используется также методика определения приоритетности поллютантов поверхностных вод, в основу которой положен принцип реализации экспоненциального закона, характеризующего динамику нарастания поражающего эффекта при контакте с токсикантом [4]. В качестве оценочных показателей опасности поллютанта для определенного водоема предлагается использовать коэффициент приоритетности поллютанта, который можно выразить в виде формулы:

$$K_{\text{пр.поллют.}} = a_i \cdot b_i \cdot e^{\left(\frac{c_i \cdot \text{ПДК}_i}{\text{ПДК}_i}\right)}, \quad (2)$$

где  $a_i$  – весовой коэффициент, отражающий долю вклада каждого загрязнителя в общий объем негативного воздействия поллютантов на рассматриваемый водный объект;

$b_i$  – коэффициент биодоступности, характеризующий свойства поллютанта входить в контакт с объектом воздействия;

$e$  – экспонента, описывающая зависимость биологического эффекта действия поллютанта на здоровье человека от роста концентрации данного поллютанта в водном объекте;

$c_i$  – концентрация оцениваемого поллютанта;

$\text{ПДК}_i$  – ПДК оцениваемого поллютанта.

Для проведения исследований нами использовалась методика пространственного моделирования на основе цифровой модели рельефа с целью построения линий водоразделов и водосборных бассейнов для исследования антропогенной нагрузки на водные объекты [5]. При использовании данной методики была разработана математическая модель формирования качества воды на части водосбора реки Западная Двина.

Общая длина реки Западная Двина составляет 1020 км, из которых 328 км – на территории Республики Беларусь. Площадь бассейна Западной Двины — 87,9 тыс. км<sup>2</sup>. Общее падение реки на территории республики составляет 38 м, плотность речной сети 0,45 км/км<sup>2</sup>, озёрность – 3 %. Долина реки трапецеидальной формы, местами глубоко врезанная или невыразительная. Ширина долины в верхнем течении до 0,9 км, в среднем 1—1,5 км, в нижнем – 5—6 км. Пойма преимущественно двусторонняя. Русло умеренно извилистое, слабо разветвлённое, местами с порогами. Выше Витебска выход на поверхность девонских доломитов образует пороги протяжённостью 12 км [6].

Для оцифровки рельефа применялась топографическая карта "Витебская область" (масштаб 1:100000). На основе оцифрованной карты рельефа местности была построена сеточная модель (грид-модель) четырех участков р. Западная Двина, которые сравнивались с первым участком (базовым, не имеющим уклона):

- первый участок – базовый;
- второй участок от г.п. Бешенковичи до г.п. Улла;
- третий участок от г. п. Будилово до г. п. Шумилино;
- четвертый участок от г. Новополоцка до г. Дисна;
- пятый участок от г.п. Сураж до г. Витебска.

Каждый из рассматриваемых участков включает 8x9 ячеек с размерами 2000 на 2000 м. Высоты на исследованных участках изменяются следующим образом: от 113 до 153 м (Бешенковичи – Улла), от 117 до 157 м (Будилово – Шумилино), от 105 до 155 м (Новополоцк – Дисна), от 136 до 184 м (Сураж – Витебск) с шагом 20 м. Таким образом, полученная сетка представляет собой двумерный массив значений высот рельефа местности  $Z_{i,j}$ :

$$\begin{aligned} Z_{(i,j)}, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; \\ x_i = (i-1) \cdot dx + x_0; \\ y_j = (j-1) \cdot dy + y_0; \\ Z_{min} \leq Z_{(i,j)} \leq Z_{max}, \end{aligned} \quad (3)$$

где ось  $x$  направлена слева направо; ось  $y$  снизу вверх;  $dx$  – шаг по оси  $x$ , м;  $dy$  – шаг по оси  $y$ , м;  $Z_{(i,j)}$  – высота, м;  $Z_{min}$ ,  $Z_{max}$  – минимальная и максимальная высоты соответственно.

Общая площадь водосбора определялась по формуле

$$S = n \cdot m \cdot dx \cdot dy, \quad (4)$$

где  $S$  – общая площадь, м<sup>2</sup>

Таким образом, любой рассматриваемый участок представляет собой матрицу. Для объективности сравнения рассматривали одинаковую базовую матрицу для всех участков. Базовая (контрольная) площадь для рассматриваемых участков водосбора р. Западная Двина при  $dx = 2000$  м,  $dy = 2000$  м,  $n = 8$ ,  $m = 9$  составит  $288 \cdot 106 \text{ м}^2$  ( $288 \text{ км}^2$ ).

Каждому элементу этой матрицы соответствует элементарная площадка водосборной территории площадью:

$$dS_{i,j} \cong dx \cdot dy \cdot \sqrt{(I_{i,j}^2 + 1)}, \quad (5)$$

где  $I_{i,j}$  – средний уклон.

По формулам (4), (5) были произведены расчеты элементарных площадей  $dS_{i,j}$  для каждого из рассматриваемых участков и определена суммарная площадь водосбора на каждом из четырех рассматриваемых участков  $S_{i,j}$ . Результаты расчетов элементарных площадей водосборной территории исследуемых участков р. Западная Двина представлены в таблице. Нами была составлена компьютерная программа, позволяющая автоматизировать расчет с использованием данной картографической модели.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что элементарная площадь водосбора зависит от уклона местности и увеличивается при увеличении уклона местности на данной элементарной площадке.

Таблица – Элементарные площади водосборной территории исследуемых участков реки Западная Двина

Исследуемый участок	Средний уклон, $I$	Средняя площадь, $dS$ , м <sup>2</sup>
1. Базовый (контрольный)	0	4000000,00
2. Сураж – Витебск	0,0102	4000208,07
3. Бешенковичи – Улла	0,0129	4000399,98
4. Будилово – Шумилино	0,0194	4001505,44
5. Новополоцк – Дисна	0,0284	4001612,79

На рис. представлены результаты расчетов общей площади водосбора исследуемых участков. Наибольшую площадь водосбора имеют участок 4 – 288,108 км<sup>2</sup> (Будилово – Шумилино) и участок 5 – 288,116 км<sup>2</sup> (Новополоцк – Дисна). Наименьшую площадь водосбора 288,014 км<sup>2</sup> имеет участок 2 (Сураж – Витебск) с меньшим средним уклоном по ячейкам.

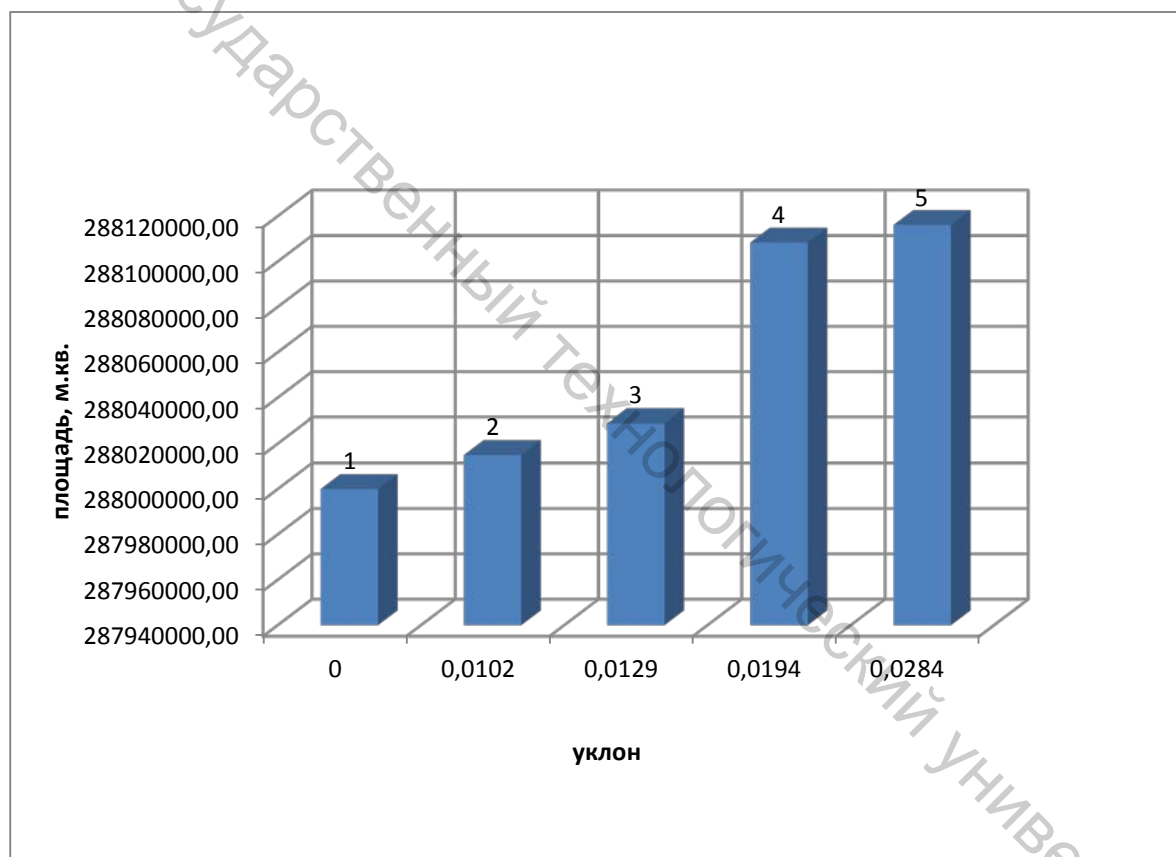


Рисунок – Площадь водосбора исследуемых участков:

1 – базовый (контрольный); 2 – Сураж – Витебск; 3 – Бешенковичи – Улла;  
4 – Будилово – Шумилино; 5 – Новополоцк – Дисна

Прослеживается следующая закономерность: чем больше показатель уклона местности, тем больше значение площади водосбора, причем это можно отметить как для отдельных (элементарных) площадок, так и для площади водосборной территории всего исследуемого района.

Масштабное расширение задач по оценке состояния окружающей среды требует разработки новых методик, позволяющих на современном уровне

технических решений оценивать масштабы загрязнения нефтяного загрязнения водных объектов. Актуальным является проведение превентивных мероприятий, которые позволят минимизировать экологический ущерб в случае возможного нефтяного загрязнения водотоков (рек) в каждом отдельном районе водосбора.

Построение модельных водосборов позволяет определить площади водосбора на уровне любого створа для оценки вклада неточечных источников загрязнения. Проведенные исследования дают возможность оценить масштабы загрязнения нефтепродуктами при возникновении аварийной ситуации, учитывая рельеф местности, и в дальнейшем применить адекватные меры по ее ликвидации.

#### Список использованных источников

1. Атнабаев, А. Ф. Геоинформационное моделирование аварийных разливов нефти по крупным и мелким рекам / А. Ф. Атнабаев, С. В. Павлов, И. А. Галлямов // Проблемы и перспективы внедрения информационных технологий в Росводресурсах : матер. Всероссийского совещания Федерального агентства водных ресурсов. – Уфа : УГАТУ, 2005. – С. 69-75.
2. Ротанова, И. Н. Геоинформационное картографирование для оценки водно-экологической ситуации (Опыт на примере Алтайского края) / И. Н. Ротанова, В. Г. Ведухина // Эко-бюллетень ИНЭКА. – 2009. – № 4 (135). – С. 25-30.
3. Орлова, Е. В. Определение географических и гидрологических характеристик бассейна Печоры с использованием ГИС-технологии / Е. В. Орлова // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 4. – 81-88.
4. Мазурова, В. Е., Определение приоритетных для исследования загрязнителей поверхностных вод на примере бассейна реки Дон / В. Е. Мазурова // Экологические аспекты сохранения исторического и природно-культурного наследия : Всероссийская научно-практическая конференция. – Волгоград, 2008. – С. 180 – 182.
5. Архипова, О. Е. Информационно-аналитическая среда оценки качества поверхностных вод речного бассейна / О.Е. Архипова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2006. – № 56. – С. 3-12.
6. Западная Двина – Даугава. Река и время / Л. С. Аносова [и др.] ; под общ. ред. В. Ф. Логинова, Г. Я. Сегалю. – Минск : Белорус. наука, 2006. – 270 с.

*Статья поступила в редакцию 13.04.2011*

#### SUMMARY

The emergency floods of oil result in to impurity of significant terrains on the area, being regions of a drainage area of the various rivers.

The purpose of the yielded work was an assessment of regions of a drainage area of the river Zapadnaya Dvina in terrain of Vitebsk region. The assessment of regions of a drainage area was made with use of cartographical simulation.

Carried out studies enable to size up plotting scales of impurity by petroleum derivatives at origination of a contingency situation, allowing for a hypsography.