

*На правах рукописи*

**Мазурова Виктория Евгеньевна**

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПОСЛЕДСТВИЙ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

*Специальность 25.00.36 – «Геоэкология»*

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва - 2009

Работа выполнена на кафедре прикладной экологии и химии в  
Московском государственном университете геодезии и картографии

Научный руководитель: кандидат военных наук; профессор,  
член-корр. РАЕН  
**В.Н. Буров**

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор  
**А.Т. Зверев**

доктор технических наук, профессор  
**А.З. Разяпов**

Ведущая организация: Вятский государственный гуманитарный  
университет

Защита диссертации состоится «\_\_\_» декабря 2009 г. в \_\_\_ час.  
на заседании диссертационного совета Д 212.143.02 в Московском  
государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064,  
Москва, Гороховский переулок, д. 4

Зал заседания Ученого Совета

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского  
государственного университета геодезии и картографии.

Автореферат разослан «\_\_\_» ноября 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

С.А. Сладкопечев

## Основные положения

**Актуальность темы исследования.** Проблема загрязнения водных ресурсов в РФ стоит чрезвычайно остро. Возрастание техногенной нагрузки на водосборные территории при сокращении объема водоохранных мероприятий ведет к увеличению загрязнения поверхностных вод. Загрязненные водные объекты становятся непригодными для питьевого, а часто и технического водоснабжения, теряют рыбохозяйственное значение и становятся малопригодными для нужд сельского хозяйства.

Существующая система точечного контроля качества водных сред не позволяет в современных условиях достаточно оперативно и масштабно решать задачи по идентификации и контролю зон хронического загрязнения водных бассейнов на больших территориях. При этом современные методы контроля состояния водных сред выявляют качество вод в местах непосредственного их загрязнения, что не дает возможности оценить воздействие загрязняющих веществ на здоровье населения и окружающую среду в зонах распространения загрязнения.

Масштабное расширение задач по оценке состояния окружающей среды требует разработки новых методик, позволяющих на современном уровне технических решений оценивать масштабы загрязнения окружающей среды и выявлять степень влияния данного загрязнения на здоровье и качество жизни населения.

Большими возможностями по идентификации загрязнения вод обладают методы дистанционного зондирования, которые позволяют вести мониторинг на значительных территориях водных объектов, в том числе и малодоступных для обычных контактных методов индикации. Поэтому разработка методики оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с применением технологий дистанционного зондирования открывает возможности решения этой проблемы. При этом предлагаемая методика оценки экологического риска загрязненных вод

позволит решать задачи с высокой оперативностью получения информации, с достаточно корректной объективностью по результатам обработки аэрофотоснимков и в больших масштабах территории мониторинга. Данные возможности особенно важны для получения информации раннего обнаружения возникновения экстремальных ситуаций на водном объекте после техногенных катастроф, аварий и пр.

В связи с этим оценка экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования является весьма важной и актуальной темой исследования. Рассмотрение данной проблемы открывает возможности практического решения многих задач по защите населения и окружающей природной среды от воздействия опасных загрязнителей поверхностных вод.

**Целью настоящей работы** является разработка методики оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования.

**Задачи работы:**

- проведение анализа загрязненности водных объектов РФ с целью выявления масштабов и характера загрязнения поверхностных вод;
- проведение анализа существующих в настоящее время методов дистанционного зондирования с целью выявления их возможностей для идентификации загрязнений поверхностных вод;
- разработка методики определения приоритетности поллютантов поверхностных вод для объективной оценки возможного ущерба от загрязненности водного объекта;
- разработка методики оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод по показателю здоровья населения (смертности);
- проведение экспериментальных исследований для апробации предлагаемой методики по оценке экологического риска на водном объекте, загрязненном техногенными сбросами.

**Объектом исследования** является экологическое состояние водных объектов (водохранилища, реки, озера), загрязненных поллютантами вследствие сбросов сточных вод, на примере Цимлянского водохранилища.

**Предметом исследования** является методика оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования и тестовых измерений на объекте оценки с учетом приоритетности поллютантов в данном водоеме.

**Теоретической и методической основой исследования** послужили отечественные и зарубежные разработки по вопросам оценки состояния геоэкологии территории, теории риска, токсикологии, системам и методам дистанционного зондирования.

Для достижения поставленной цели и задач исследования применены следующие **методы исследования**:

- анализ и обобщение материалов научной и специальной литературы по вопросам теории риска и ее применения для оценки геоэкологии территории по показателю экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод;
- анализ и обобщение материалов государственных докладов о состоянии окружающей среды в РФ за последние 5 лет для оценки современного состояния загрязненности поверхностных вод РФ;
- программное обеспечение обработки данных дистанционного зондирования водных объектов;
- экспериментальные исследования по оценке экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод Цимлянского водохранилища с использованием материалов дистанционного зондирования и тестовых измерений для проверки логико-аналитической структуры построения предлагаемой методики оценки экологического риска и реальной возможности ее применимости для решения задач экологической безопасности населения и окружающей среды;

- проведение полевых измерений загрязненности вод Цимлянского водохранилища методами контактной индикации с анализом их отображения на космических снимках.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в применении новых научных технологий и решений для достижения наилучших результатов в оценке экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод. Научную новизну представляют следующие результаты:

- Проведено комплексирование трех научных направлений исследования: дистанционного зондирования, токсичности и риска для получения результирующего продукта в виде методики оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования, которая по характеру и объему решаемых задач не имеет аналогов.
- Впервые разработана методика определения приоритетности поллютантов водного объекта с учетом динамики их биологического действия на здоровье человека, необходимая и достаточная для объективной оценки последствий их токсического и канцерогенного воздействия.
- Проведена структуризация показателей токсического действия поллютантов с учетом неопределенности их контакта с человеком в водном объекте для получения новой процедуры расчета экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод.

**Основные результаты, выносимые на защиту:**

- Разработана методика оценки экологического риска последствий загрязнения водного объекта с использованием материалов дистанционного зондирования, учитывающая неопределенности поведения и контакта поллютантов с объектом оценки (человеком).
- Разработана методика определения приоритетных поллютантов водного объекта, характеризующая динамику нарастания токсического

и канцерогенного эффекта поллютантов по мере возрастания их объема в водном объекте.

- Проведен анализ существующих в настоящее время методов дистанционного зондирования с целью выявления их возможностей для идентификации загрязнений поверхностных вод.
- Проведен эксперимент по применению методики оценки экологического риска последствий загрязнения водного объекта с использованием материалов дистанционного зондирования на примере Цимлянского водохранилища.

**Практическая значимость диссертационного исследования** определяется расширением возможностей решения практических задач оценки экологического риска последствий загрязнения водных объектов на основе существующих технологий идентификации поллютантов современными методами дистанционного зондирования и тестовых измерений.

Расчетно-аналитические и методические материалы могут быть использованы при решении административно-хозяйственных задач по охране окружающей среды и рациональному природопользованию, в государственных структурах и частных предприятиях для оценки экологической безопасности водных объектов, а также в научно-исследовательской работе по проблемам охраны окружающей природной среды и в системе образования при преподавании экологических дисциплин по вопросам экологического риска.

**Публикации результатов исследования.** Основные положения и результаты диссертационной работы отражены в 5 публикациях.

**Апробация результатов исследования.** Достоверность научных положений, выдвигаемых автором, подтверждена результатами апробации методики оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного

зондирования на примере Цимлянского водохранилища. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались:

- на 61-й юбилейной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК, посвященной 25-летию первого полета в космос Савиных Виктора Петровича (Россия, Москва, 5 – 6 апреля 2006 г., МИИГАиК);
- на XI Межвузовском научно-практическом семинаре-конкурсе студентов, аспирантов и молодых ученых Московского региона «Экология и рациональное природопользование Московского региона», проведенного в рамках «Дней защиты от экологической опасности» (Россия, Москва, 22 мая 2007 г., МИИГАиК);
- на 63-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК (Россия, Москва, 2 – 3 апреля 2008 г., МИИГАиК);
- заочно на Всероссийской научно-практической конференции «Экологические аспекты сохранения исторического и природно-культурного наследия» (Россия, Волгоград, 4 апреля 2008 г., ФГОУ ВПО Волгоградская академия государственной службы);
- на XII Межвузовском научно-практическом семинаре-конкурсе студентов, аспирантов и молодых ученых Московского региона по проблеме «Инновационные технологии в экологии», проведенного в рамках «Дней защиты от экологической опасности» (Россия, Москва, 24 апреля 2008 г., МИИГАиК).

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа включает введение, пять глав, заключение, список использованной литературы. Основной текст изложен на 147 страницах машинописного текста, включая 24 таблицы и 23 рисунка. Список литературы включает 71 наименование.



## Краткое содержание работы

### Введение

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели, поставлены задачи исследования, намечены основные этапы выполнения диссертационных исследований.

### Глава 1. Анализ масштабов и характера загрязнения поверхностных вод

С целью определения характера поведения загрязняющих веществ в водной среде рассмотрена гидрологическая структура и гидрохимический режим поверхностных вод. Показано, что характер поведения, объем и концентрация загрязняющих компонентов в поверхностных водах определяются: производительностью источников загрязнения; способами загрязнения (сточные воды, в том числе бытовые, производственные, дождевые и талые, сельскохозяйственные сточные воды; аварийные смывы и утечки); рассеиванием (растворением) загрязняющих компонентов в воде; аккумуляцией загрязнителей в водных средах и их химической стойкостью.

Проведен анализ статистических данных о масштабах загрязнения водных объектов в РФ, который показал, что объем нормативно очищенных сточных вод составляет только 11% от объема сточных вод, требующих очистки (рис. 1).

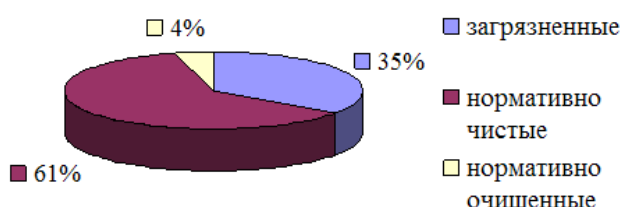


Рис. 1. Соотношение категорий сточных вод, сброшенных в РФ в 2005 г.

Основываясь на данных статистических отчетов, составлены карты-схемы объемов сбросов сточных вод и объемов сбросов загрязненных сточных вод в поверхностные воды по субъектам РФ (рис. 2).

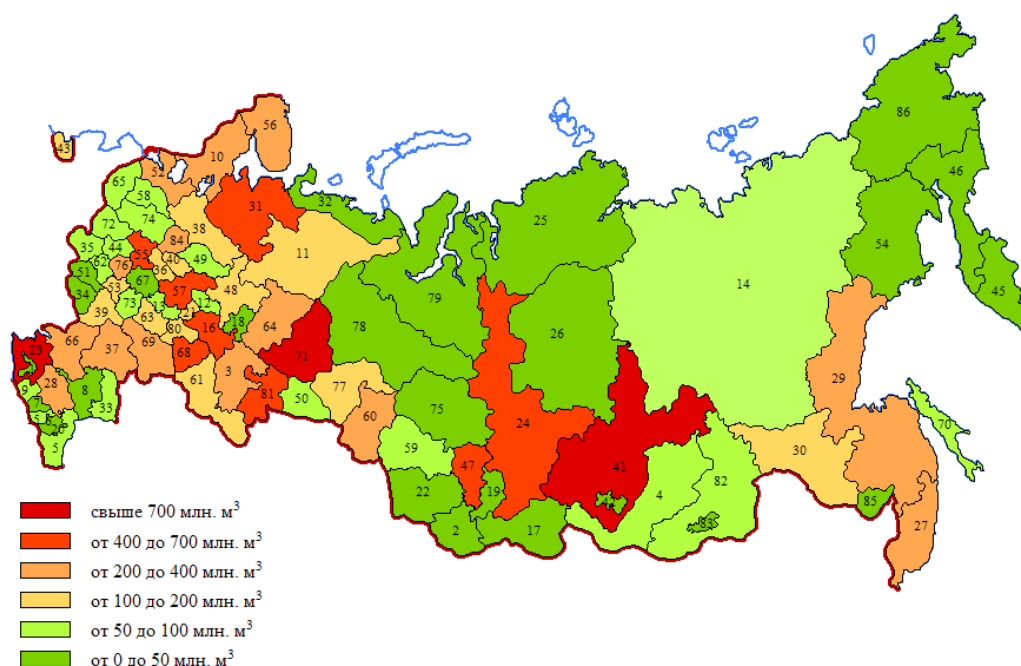


Рис. 2. Карта-схема объемов сброса загрязненных сточных вод в поверхностные воды по субъектам РФ, масштаб 1:35000000

Анализ статистических данных о масштабах загрязнения водных объектов в РФ показал, что наибольшему прессингу загрязнения подвергаются воды: рек Обь (с концентрацией соединений меди до 850 ПДК, соединений цинка до 83,1 ПДК, соединений железа до 47 ПДК, нефтепродуктов до 49,6 ПДК, азота нитритного до 6,8 ПДК) и Северная Двина (с концентрацией азота аммонийного до 15 ПДК, легкоокисляемых органических веществ до 66 ПДК, и зарегистрированной 19 июля 2005 г. концентрацией ртути до 156 ПДК); водохранилищ Саяно-Шушенского и Красноярского (с концентрацией соединений железа до 15,7 ПДК, соединений цинка до 26,2 ПДК, нефтепродуктов до 13,6 ПДК), а также Куйбышевского водохранилища (с концентрацией соединений меди до 12,2 ПДК, азота нитритного до 6,9 ПДК, фенолов до 4 ПДК).

Исследование масштабов загрязнения поверхностных вод РФ подтверждает тенденцию роста загрязненности водных объектов РФ.

## Глава 2. Методы дистанционного зондирования по идентификации загрязнений поверхностных вод

Во второй главе рассмотрены современные методы дистанционного зондирования с целью выявления возможностей данных методов по идентификации загрязнений поверхностных вод (табл. 1, 2).

Таблица 1

Характеристики методов дистанционного зондирования по идентификации водных поллютантов

Метод исследования	Объект исследования	Спектральный диапазон, мкм
Съемка в видимом диапазоне	Зоны с повышенной антропогенной нагрузкой, загрязнение водных объектов разливами нефтяных пятен, аккумуляция, цветность загрязнений на объектах и др.	Видимый 0,4 – 0,78 мкм
Многозональная съемка	Глубоководные объекты, мелководные объекты, исследование цвета водной среды	0,4 – 0,48 мкм
Мультиспектральная съемка	Механическое загрязнение вод, концентрация взвешенных частиц, автотрофное загрязнение водоемов	0,4 – 0,48 мкм
Инфракрасная съемка	Места утечек техногенных вод, температурные аномалии, несанкционированные сбросы промышленных стоков в водоемы	3 – 5 и 8 – 12 мкм
Телевизионная съемка	Зоны с повышенной антропогенной нагрузкой, загрязнение акваторий, разливы, цветовая контрастность нефтяных пятен	0,5 – 0,75 мкм
Радиосъемка	Нефтяные загрязнения водных объектов, температурные показатели поверхностных вод	≥ 12 мкм
Лазерная съемка	Концентрация зоопланктона и фитопланктона, распределение минеральной взвеси	10 – 720 нм

Таблица 2

Примеры использования различных спектральных диапазонов при дешифрировании снимков водного объекта

Спектральный диапазон	Объект исследования
Видимый голубой 0,5 – 0,53 мкм	Картографирование и отображение мелководий. Различие открытой почвы и растительности в прибрежной зоне.
Видимый зеленый 0,53 – 0,57 мкм	Определение здоровья растительности в прибрежной зоне и на мелководье. Выявление различных ее поражений.
Видимый красный 0,62 – 0,74 мкм	Определение разновидностей прибрежной растительности и их индикационные изменения.
Ближний инфракрасный 0,74 – 2,5 мкм	Картографирование водного объекта. Определение силы (мощности) прибрежной растительности, ее здоровья (пораженности). Тепловые аномалии в зоне сброса сточных вод.
Средний инфракрасный 2,5 – 50 мкм	Выявление типов горных пород путем определения их структуры и состава. Определение состояния береговой линии, растительности и почвы. Картографирование геологической структуры. Очерчивание водных границ.

Анализ современных методов дистанционного зондирования показывает, что их возможности позволяют оперативно идентифицировать ареалы загрязнения водной среды. Факторами загрязнения, наиболее распознаваемыми методами дистанционного зондирования являются: продукты нефти на поверхности, мутность воды взвесями, наличие и

плотность хлорофилла, температурные аномалии. При этом основными признаками отображения на аэрокосмических снимках состояния водных объектов являются: изменение оптических характеристик толщи воды, изменение гидродинамических параметров водной среды, изменение свойств пленки поверхностно-активных веществ, изменение физико-химических характеристик водной среды, изменение спектральных характеристик отображения на снимках.

Определены преимущества дистанционного зондирования как метода идентификации загрязняющих компонентов поверхностных вод:

- обзорность;
- масштабность решаемых задач;
- значительная дешевизна получения данных по идентификации поллютантов по сравнению с другими методами;
- способность быстро получать и передавать данные с борта летательного аппарата по специальным каналам связи для оперативного принятия управленческих решений;
- адекватность и документальность полученных данных.

Однако, каждый метод дистанционного зондирования обладает ограниченной областью применимости. Точность и информативность данных о загрязнении поверхностных вод увеличивается при совместном применении нескольких методов дистанционного зондирования, дополняющих друг друга. Эффективность идентификации поллютантов в водных средах методами дистанционного зондирования во многом определяется результатами тестирования элементов распознавания непосредственно на объекте исследования.

### **Глава 3. Факторы экологической опасности загрязненных поверхностных вод**

Опасность химического вещества определяется химическим строением, физико-химическими свойствами, особенностями поведения в окружающей

среде и организме человека, механизмом взаимодействия с чувствительными биоструктурами.

С увеличением объемов загрязнения поверхностных вод в последнее время существующий метод вычисления индекса опасности стал не в полной мере отражать опасность загрязненных вод, т.к. он не учитывает нарастание биологического эффекта, возникающего при повышении концентрации загрязняющих веществ в водоеме. Поэтому в данной работе на основе анализа загрязненности поверхностных вод РФ и установления тенденции роста концентрации поллютантов в поверхностных водах основных водных объектов РФ определена необходимость выбора наиболее опасных поллютантов водных сред с учетом нарастания поражающего эффекта воздействия поллютантов на здоровье людей при повышении концентрации загрязнения водного объекта.

В работе разработана методика определения приоритетности поллютантов поверхностных вод, в основу которой положен принцип реализации экспоненциального закона, характеризующего динамику нарастания поражающего эффекта при контакте с токсикантом.

В качестве оценочных показателей опасности поллютанта для определенного водоема предлагается использовать коэффициент приоритетности поллютанта, который можно выразить в виде формулы:

$$K_{пр.поллют.} = a_i \cdot b_i \cdot e^{\left(\frac{c_i - ПДК_i}{ПДК_i}\right)}, \quad (1)$$

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;

$ПДК_i$  - ПДК оцениваемого поллютанта.

Предлагаемая методика определения приоритетных поллютантов водных сред позволяет проводить сепарацию загрязняющих компонентов водного объекта по объему и токсичности загрязнения, что позволяет выявлять наиболее опасные поллютанты поверхностных вод, представляющие наибольшую угрозу здоровью населения на рассматриваемой территории. Значимость определения приоритетных поллютантов растет с увеличением разнообразия и масштабов загрязнения водной среды, особенно это проявляется при оценке состояния масштабных водных объектов: крупные водохранилища, озера и реки.

#### **Глава 4. Оценка экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод**

Последние достижения в области оценки риска состояния окружающей среды в основном описывают технологии определения величин ущерба состоянию здоровья населения от воздействия поллютантов воздушной среды. Оценка риска состояния водных сред имеет ряд особенностей, которые на сегодня затрудняют решение этой задачи.

В целях восполнения этого пробела в оценке экологического риска последствий загрязнения водных сред в работе, на основе существующей методологии оценки риска, разработана методика оценки риска для поверхностных вод с использованием комплексного метода идентификации поллютантов по материалам контактной индикации и дистанционного зондирования.

Логическая структура алгоритма оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод впервые представляет законченный вариант целостной методики решения задач по определению вероятностного ущерба здоровью населения от воздействия загрязненных

вод водоема. Алгоритмическая схема оценки экологического риска водных объектов, обусловленных загрязнением их поллютантами, показана на рис. 3.



Рис. 3. Схема оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод

Опираясь на схему оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных, была разработана методика оценки экологического риска загрязнения водного объекта с использованием материалов дистанционного зондирования (рис. 4).

Методика состоит из шести последовательных этапов.

Первым этапом является получение и обработка данных дистанционного зондирования. Результатом данного этапа является выявление проблемных участков водного объекта, местонахождения сбросов сточных вод, в том числе несанкционированных, а также других зон с повышенной антропогенной нагрузкой. На сегодняшний день большинство поллютантов водной среды выявляются методами дистанционного

зондирования скорее по косвенным признакам, таким как: изменение цвета воды, температурных показателей, наличие слоев повышенной мутности, наличие взвешенных частиц, наличие в водном объекте автотрофного загрязнения. В связи с этим полученные результаты оценки данных дистанционного зондирования для увеличения точности оценки необходимо подтверждать и дополнять методами контактной индикации.



Рис. 4. Методика оценки экологического риска загрязнения водного объекта с использованием материалов дистанционного зондирования

Вторым этапом предлагаемой методики оценки экологического риска является контактная индикация. На выявленных участках повышенной антропогенной нагрузки исследуемого водного объекта, основываясь на результатах оценки загрязнения водного объекта с использованием материалов дистанционного зондирования, проводятся отборы проб воды. В данных пробах при помощи физико-химических методов уже с высокой точностью идентифицируются поллютанты и их присутствующие концентрации.

После получения списка присутствующих в водном объекте поллютантов и их концентраций необходимо перейти к третьему этапу – оценке неопределенностей. Неопределенностями, влияющими на полученные результаты, являются, в части поведения поллютанта в водной среде: горизонтальные и вертикальные течения, гидролиз, температура воды



и т.д., а также погрешности при измерении и неточности при индикации и зондировании.

В исследуемом водном объекте могут присутствовать сотни различных поллютантов, каждый из которых может представлять опасность для здоровья и жизни людей. Осуществлять расчет экологического риска, учитывая все присутствующие в водном объекте загрязняющие вещества представляет собой трудоемкий процесс и при этом не является необходимым, в связи с тем, что на качество воды наибольшее влияние зачастую оказывает лишь несколько веществ – приоритетных поллютантов для рассматриваемого водного объекта. Для получения перечня приоритетных загрязняющих веществ необходимо прибегнуть к четвертому этапу методики оценки экологического риска – оценке приоритетности поллютантов по вышеизложенной методике.

Пятым этапом является оценка вероятностных показателей реализации эффекта токсического (канцерогенного) воздействия. В определенном диапазоне доверительности устанавливается вероятностный ущерб от воздействия поллютантов, рассеянных в водной среде с учетом всех неопределенностей, связанных с физико-химическими, метеорологическими и прочими условиями поведения веществ в данном месте и в данное время, а также с проявлением их токсического (канцерогенного) эффекта на здоровье человека.

Завершающим, шестым этапом методики является итоговый расчет. На этом этапе определяется величина экологического риска с учетом наличия приоритетных поллютантов и их плотностей распределения в определенных участках водоема (зонах). При помощи методов математической статистики производится количественная оценка эмпирически установленных связей. В результате математически получают количественные показатели риска для здоровья, обусловленного воздействием на человека (популяцию) техногенных сбросов в водную среду для определенных зон рассматриваемого водного объекта.

Математически, риск для здоровья, обусловленный воздействием на человека (популяцию) техногенных сбросов в водную среду, определяется:

$$R_{зд.вод} = P_{эф} U \quad (2)$$

где  $P_{эф}$  - вероятность реализации токсического (канцерогенного) эффекта;

$U$  - показатель ущерба здоровью.

Экологический риск от загрязнений водной среды по показателю здоровья математически может быть определен, как:

$$R_{эзд.вод} = P_{вод} \cdot R_{зд.вод} \quad (3)$$

где  $P_{вод}$  - добавочная вероятность проявления ущерба здоровью, связанная с неопределенностью поведения поллютантов в водной среде, определяемая как произведение частных (разнородных) вероятностей:

$$P_{вод} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n \quad (4)$$

где  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  - вероятности, характеризующие неопределенности, связанные с физико-химическими, метеорологическими и прочими условиями поведения рассеянных веществ в водной среде в данном месте и в данное время.

На основе анализа статистических данных из Государственных докладов о состоянии окружающей среды, и о санитарно-эпидемиологической обстановке в РФ, а также из материалов научных конференций, публикаций РАН, представляется возможным в определенном диапазоне доверительности установить вероятности реализации токсического (канцерогенного) эффекта водных поллютантов на здоровье человека. Их значения:

1. Вероятность распространения поллютантов во взвешенном состоянии в пределах естественной циркуляции водных масс во всем объеме водного объекта может составить  $P = 0,5 - 0,7$ .
2. Вероятность стойкости поллютанта в водных средах с сохранением своей токсичности в пределах  $P = 0,2 - 0,3$ .
3. Вероятность контакта человека с загрязненной водой  $P = 0,01 - 0,1$ .

4. Вероятность реализации токсического эффекта поллютанта, при контакте с ним, составляет  $P = 0,3 - 0,5$ .
5. Вероятность диффузного переноса поллютантов с поверхности воды в атмосферный воздух  $P = 0,01 - 0,1$ .

Логическим завершением оценки экологического риска является управление экологическим риском, состоящее из сравнительной оценки и ранжирования экологических рисков, определения приемлемости экологического риска, выбора стратегии снижения и контроля экологического риска и принятия управленческих решений, направленных на устранение и минимизацию рисков при ограничениях на затраты времени и ресурсов.

### **Глава 5. Оценка экологического риска загрязнения водоема на примере Цимлянского водохранилища**

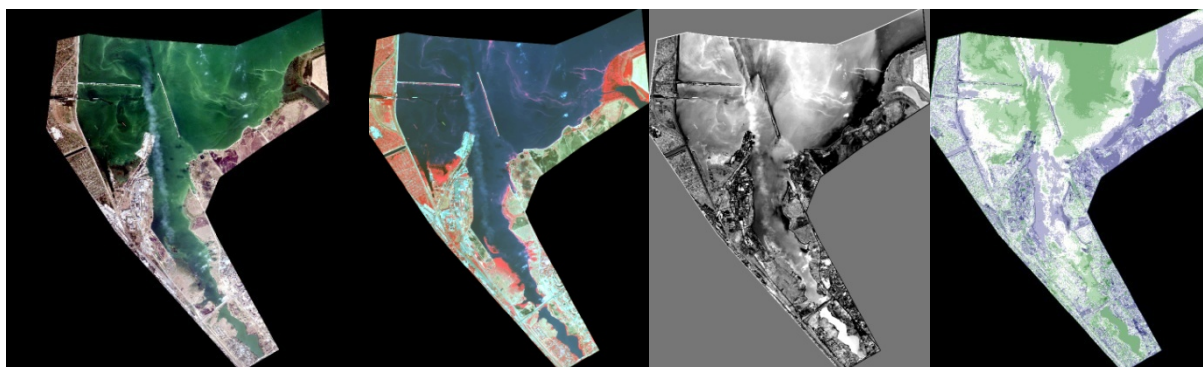
Практическое применение предлагаемой методики оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования, рассмотренное на примере Цимлянского водохранилища, показало ее применимость и достаточно высокую корректность по результатам расчетов.

На примере отдельно рассмотренного водоема показана целесообразность использования данных дистанционного зондирования при оценке антропогенного воздействия на водные объекты.

Путем обработки космоснимков одной и той же территории Цимлянского водохранилища, полученных за разные годы, выявлены участки увеличения автотрофного загрязнения водоема (рис. 5). Пример исходного снимка представлен на рис. 5-А.

Первоначально снимки привязывались друг к другу в программе ENVI версии 4.3. Далее работа со снимками осуществлялась в программе Erdas Imagine версии 9.1. Снимки обрезались, на них выделялись основные области

интереса. Фрагмент снимка после геометрической и яркостной коррекции представлен на рис. 5-Б.



А Б В Г  
Рис. 5. Обработка снимков юго-западной части Цимлянского водохранилища

В дальнейшем производилось вычитание изображений в каждом из четырех спектральных каналов. В качестве примера на рис. 5-В представлен результат вычитания изображений для второго спектрального канала в спектральном диапазоне 0,52 – 0,60 мкм.

Полученные в результате вычитания изображения классифицировались, результат классификации изображения представлен на рис. 5-Г. В представленном спектральном диапазоне, а это видимый зеленый, наиболее четко определяется состояние растительности. В данном случае участки снимка, обозначенные оттенками сиреневого цвета, представляют собой те участки Цимлянского водохранилища, на которых за рассматриваемые годы увеличилось количество сине-зеленых водорослей, возбудителей «цветения» воды.

Полученные данные подтверждаются результатами биомониторинга водохранилища, проводимого ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища».

Выявленные в результате дешифрирования космических снимков участки водохранилища в районе г.Волгодонска с наибольшей антропогенной нагрузкой совпали с местонахождением водостоков ливневой канализации. Основываясь на выявленном изменении оптических характеристик толщи воды, построена карта-схема зон распространения

поллютантов, в дальнейшем расчет экологического риска последствий загрязнения Цимлянского водохранилища осуществлялся для данных зон (рис. 6). Результат классификации изображении – рис. 6-А. Белые многоугольники на изображении – это слой, маскирующий облака.

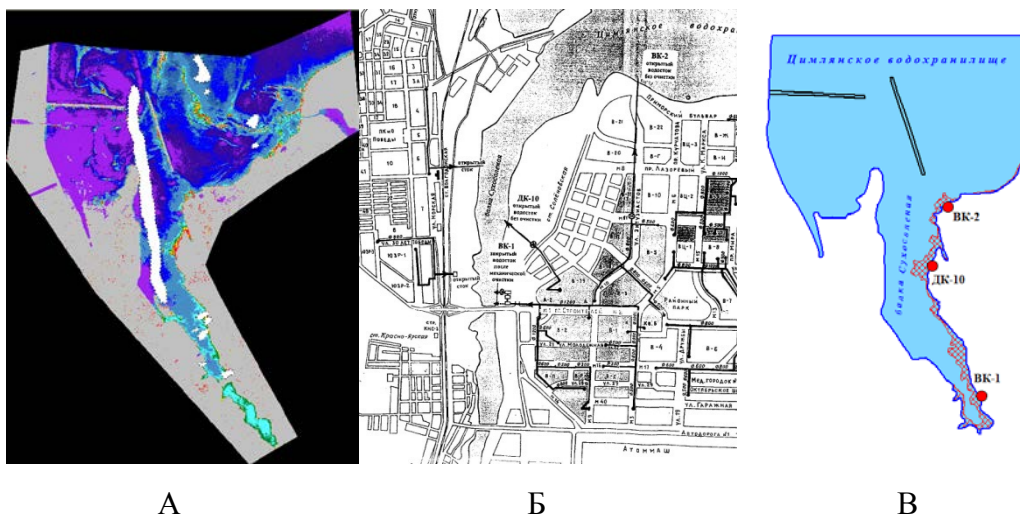


Рис. 6. Построение карты-схемы зон распространения поллютантов

В результате данной классификации выделены участки водохранилища с наибольшей антропогенной нагрузкой, обозначенные красным цветом, и далее при уменьшении загрязнения – желтым и зеленым цветом. Участки с наиболее чистой водой обозначены сиреневым цветом. Выявленные при помощи данных дистанционного зондирования участки повышенного загрязнения вод приходятся на местонахождения водостоков ливневой канализации г. Волгодонска. Фрагмент схемы магистральных сетей ливневой канализации г. Волгодонска показан на рис. 6-Б.

Основываясь на выявленном изменении оптических характеристик толщи воды, построена карта-схема зон распространения поллютантов – рис. 6-В. В дальнейшем расчет экологического риска последствий загрязнения Цимлянского водохранилища будет вестись для данных зон.

По разработанной методике оценки приоритетности поллютантов вычислены коэффициенты приоритета поллютантов, присутствующих в водохранилище, выявлено, что приоритетными загрязняющими веществами Цимлянского водохранилища являются сульфаты и марганец.

Основываясь на полученных данных о приоритетности поллютантов водоема, учитывая показатели неопределенности в контакте данных поллютантов с человеком, вычислена величина экологического риска для выявленных по материалам дистанционного зондирования и тестовых измерений зон распространения поллютантов, которая составила  $1,7 \cdot 10^{-6}$  смертей/год. Данный риск является условно приемлемым, уровень которого допустимым, однако выше желательной величины риска, которая не должна превышать  $1 \cdot 10^{-6}$  смертей/год. Реализация эффекта токсического действия поллютантов в водоеме наиболее вероятна в летние месяцы года в районе прибрежной зоны балки Сухосоленой г. Волгодонска.

### **Заключение**

Материалы научных исследований, представленные в диссертационной работе раскрывают основные пути решения научной проблемы развития методов оценки риска загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования, позволяющих выявлять степень влияния данного загрязнения на здоровье и качество жизни населения.

На основе анализа тенденции роста загрязненности поверхностных вод РФ определена необходимость разработки нового подхода к оценке опасности нарастания поражающего эффекта воздействия поллютантов в водном объекте на здоровье людей путем определения их приоритетности в водоеме. Разработанная методика определения приоритетности поллютантов водных сред, характеризующая динамику нарастания токсического и канцерогенного эффекта поллютантов по мере возрастания их объема в водном объекте, позволяет на основании информации об объемах сбросов загрязняющих веществ в исследуемый водный объект и о превышении в нем ПДК по данным веществам вычислять коэффициент приоритетности загрязняющих веществ.

На основе анализа современных методов дистанционного зондирования выявлено, что их возможности позволяют оперативно идентифицировать ареалы загрязнения водной среды посредством анализа

основных признаков отображения на снимках, таким как: изменение оптических характеристик толщи воды, изменение свойств пленки поверхностно-активных веществ, изменение спектральных характеристик отображения на снимках и т.д.

Разработанная методика оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования, учитывающая неопределенности поведения и контакта загрязнителей с объектом оценки (человеком), позволяет определять ущерб здоровью населения в результате токсического эффекта воздействия загрязняющих веществ, поступающих в водный объект со сточными водами.

Проведенные экспериментальные исследования по оценке экологического риска последствий загрязнения водоема с использованием материалов дистанционного зондирования и тестовых измерений на примере Цимлянского водохранилища показали практическую применимость предлагаемой методики для водного объекта и возможность реального использования результатов оценки экологического риска в системе его управления.

На примере оценки загрязнения Цимлянского водохранилища определено, что основными путями снижения показателя экологического риска последствий токсического и канцерогенного воздействия загрязнителей должны быть:

- возведение очистных сооружений на участках нерегулируемого сброса сточных вод в районах местонахождения водостоков ливневой канализации г. Волгодонска;
- ограничение использования населением выявленных зон водного объекта, загрязненных загрязнителями;
- ужесточение мер надзора за состоянием санитарной зоны водоема.

### **Список опубликованных работ автора по теме диссертации**

1. Бугаева В.Е. (Мазурова В.Е.), Методологические подходы к оценке экологического риска, обусловленные загрязнением водных сред, Известия ВУЗов, Геодезия и Аэрофотосъемка №6, Москва, 2007. – с. 11 – 16.
2. Мазурова В.Е., Методика определения приоритетных поллютантов водных сред, Известия ВУЗов, Геодезия и Аэрофотосъемка №6, Москва, 2008. – с. 21 – 23.
3. Бугаева В.Е. (Мазурова В.Е.), Проблемы оценки экологического риска, обусловленного загрязнением водных сред, Сборник научных трудов XI Межвузовского научно-практического семинара-конкурса студентов, аспирантов и молодых ученых Московского региона «Экология и рациональное природопользование Московского региона», Москва, 2007. – с. 24 – 30.
4. Мазурова В.Е., Определение приоритетных для исследования загрязнителей поверхностных вод на примере бассейна реки Дон, «Экологические аспекты сохранения исторического и природно-культурного наследия» Всероссийская научно-практическая конференция, Волгоград, 2008. – с. 180 – 182.
5. Мазурова В.Е., Совершенствование методики определения приоритетных поллютантов водных сред, «Инновационные технологии в экологии» сборник научных трудов XII Межвузовского научно-практического семинара-конкурса студентов, аспирантов и молодых ученых Московского региона, Москва, 2008. – с. 112 – 116.