

«Повышение промышленной экологической безопасности, охраны окружающей среды, рациональной и эффективной жизнедеятельности человека»



# Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов

**ЛИПСКИЙ** Владимир Константинович,  
проректор по экологическому образованию,  
зав. кафедрой трубопроводного транспорта,  
водоснабжения и гидравлики,  
д.т.н., профессор.

E-mail: [v.lipski@mail.ru](mailto:v.lipski@mail.ru)



# Сброс нефти и нефтепродуктов в составе сточных вод Беларуси за 2007-2011гг.

Показатель	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.
Нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии, тыс.т.	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11

# Аварийные сбросы на территории Беларуси

## Прорыв нефтепродуктопровода «Унеча — Вентспилс»

*В результате происшествия марта 2007 г. 125 м<sup>3</sup> дизельного топлива попало в реку Улла - приток Западной Двины.*

*Второй прорыв трубы на нефтепродуктопроводе Унеча-Вентспилс произошел 5 мая.*

## Разлив нефти в Дрогичинском районе

*13 мая 2009 года из нефтепровода Мозырь-Брест возле деревни Именин Дрогичинского района произошла утечка около **100 куб.м нефти.***

*Она разлилась на площади 5 тыс.кв.м. Угрозы распространения нефти в близлежащие водные артерии не существовало.*

# **ОСОБЕННОСТИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ**

**Особенности, присущие аварийным разливам нефти вызваны тем, что магистральные нефтепроводы являются линейно-протяжёнными объектами.**

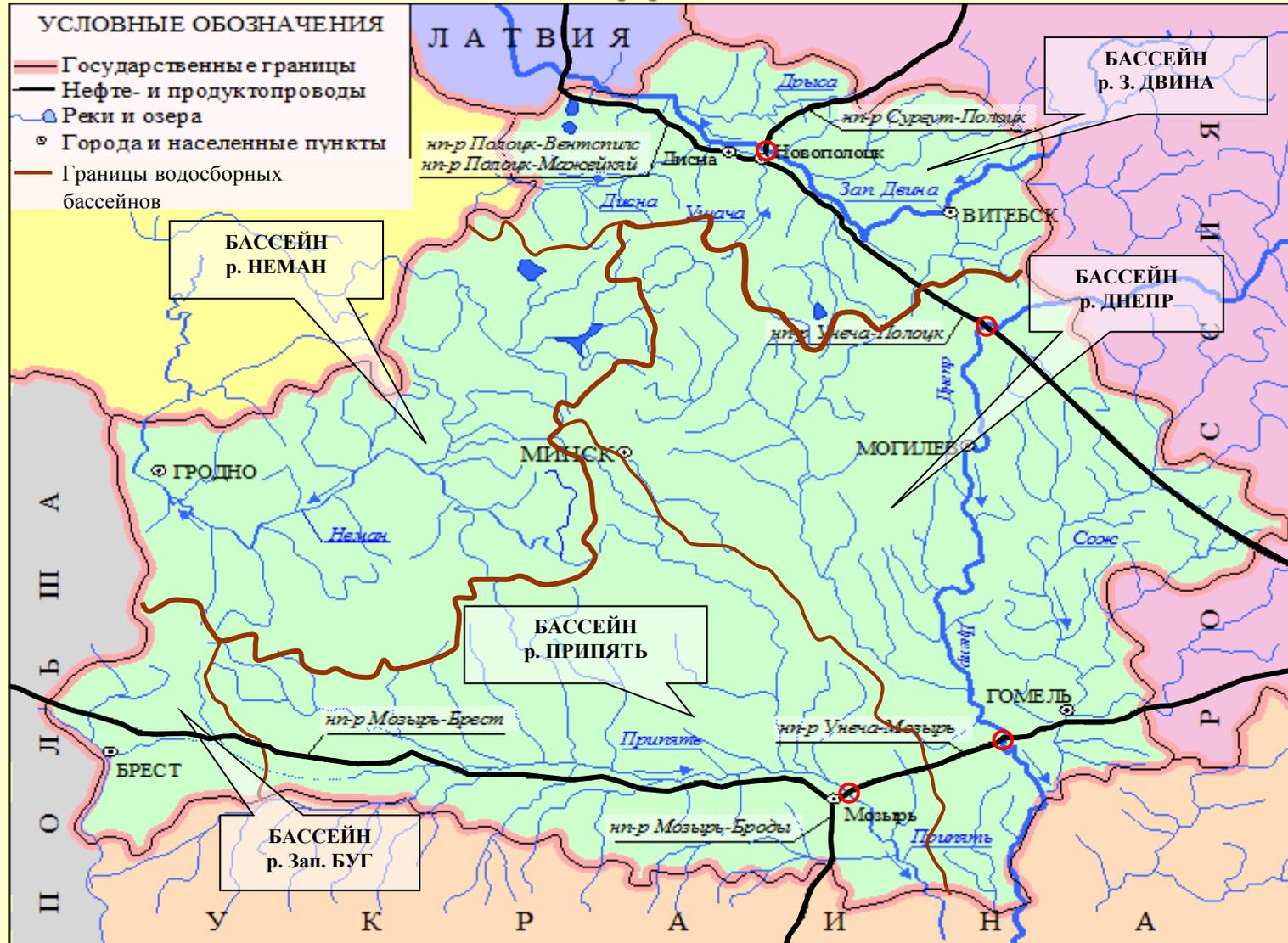
**Это обуславливает высокую вариативность сценариев развития разливов нефти при авариях в разных точках трассы.**

**Появилась потребность в использовании новых технологических тенденций повышения промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов**

*«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»*

*Липский Владимир Константинович*

# РАСПОЛОЖЕНИЕ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ БЕЛАРУСИ



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

# КОЛИЧЕСТВО ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТРАСС НЕФТЕПРОВОДОВ С ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Наименование трубопровода	Пересечение с водными объектами		
	реки	ручьи	каналы
МНП «Полоцк-Вентспилс» МНП «Полоцк-Биржай-Мажейкяй» МНПП «Дисна-Илуксте»	7	17	3
МНП «Унеча-Полоцк» МНПП «Унеча-Полоцк»	46	15	11
МНП «Сургут-Полоцк»	10	–	–
МНП «Унеча-Мозырь» МНПП «Стальной конь-Запад»	6	24	2
МНП «Мозырь-Брест»	13	5	96
МНП «Мозырь-Броды»	1	1	6
<b>Всего - 214, в том числе:</b>	<b>43 (15)</b>	<b>53</b>	<b>118</b>

**26 пересечений водных объектов – многониточные.**

**В них суммарно уложены 80 ниток трубопроводов**

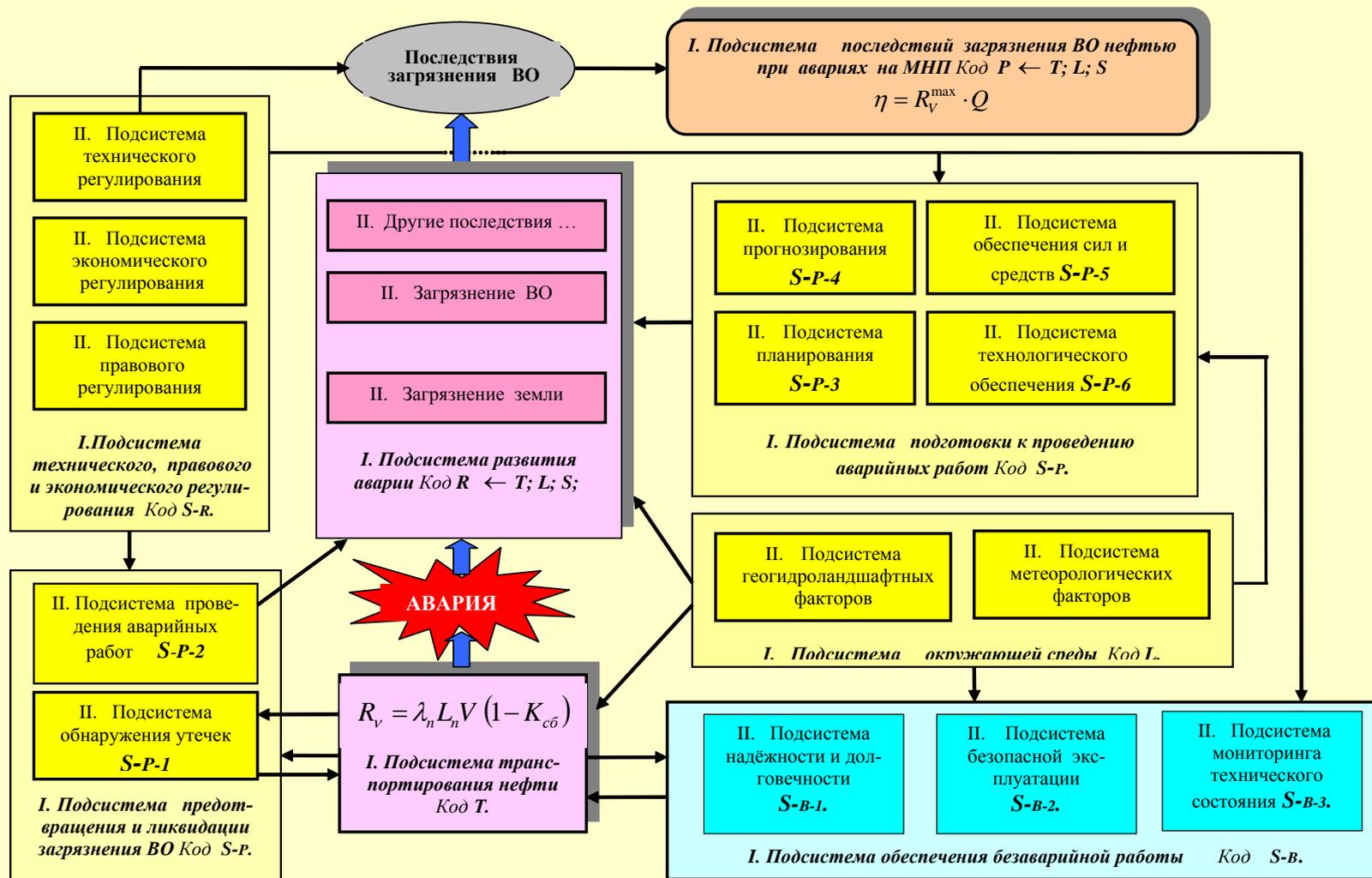
*«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»*

*Липский Владимир Константинович*

# СРОКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ БЕЛАРУСИ

Срок эксплуатации	Протяжённость в одноточном исчислении	Процент от общей протяжённости		
		2000 г.	2005 г.	2010
30 лет и более	2506,4	45 %	77 %	<b>80 %</b>
От 20 до 30 лет	666	35 %	5 %	2 %
От 10 до 20 лет	278	2 %	7 %	7 %
Менее 10 лет	441	18 %	11 %	11 %

# Структурно-логическая схема проблемы загрязнения водных объектов при авариях на нефтепроводах



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

# Схема механизмов развития аварийных разливов нефти по стадиям и её состав по физическим процессам



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

Слайд 10

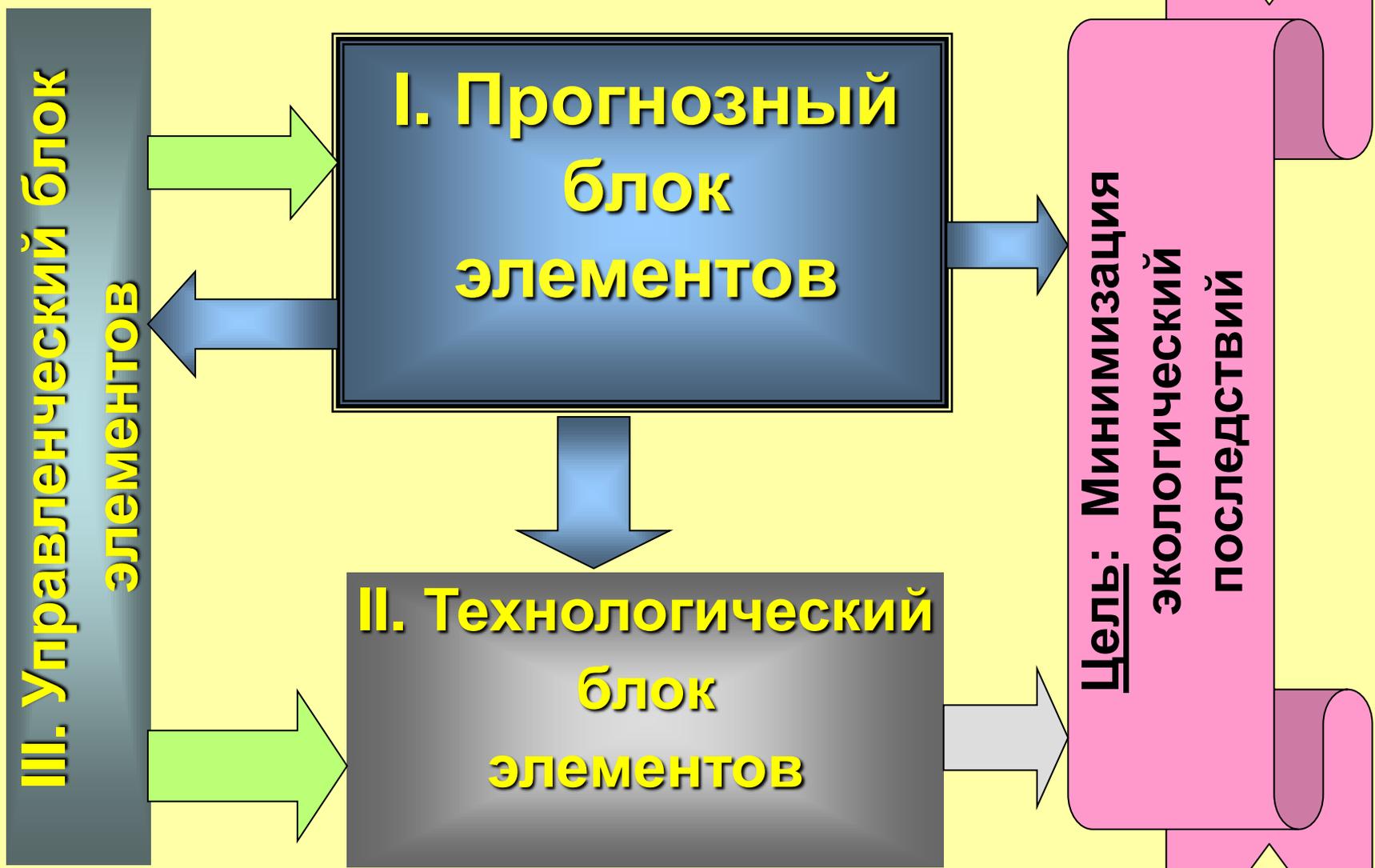
**Группы факторов, оказывающие влияние  
на значения определяющих  
параметров физических процессов,  
сопровождаящих развитие аварий**

***А. Технологические факторы.***

***В. Ландшафтные факторы.***

***С. Метеорологические факторы.***

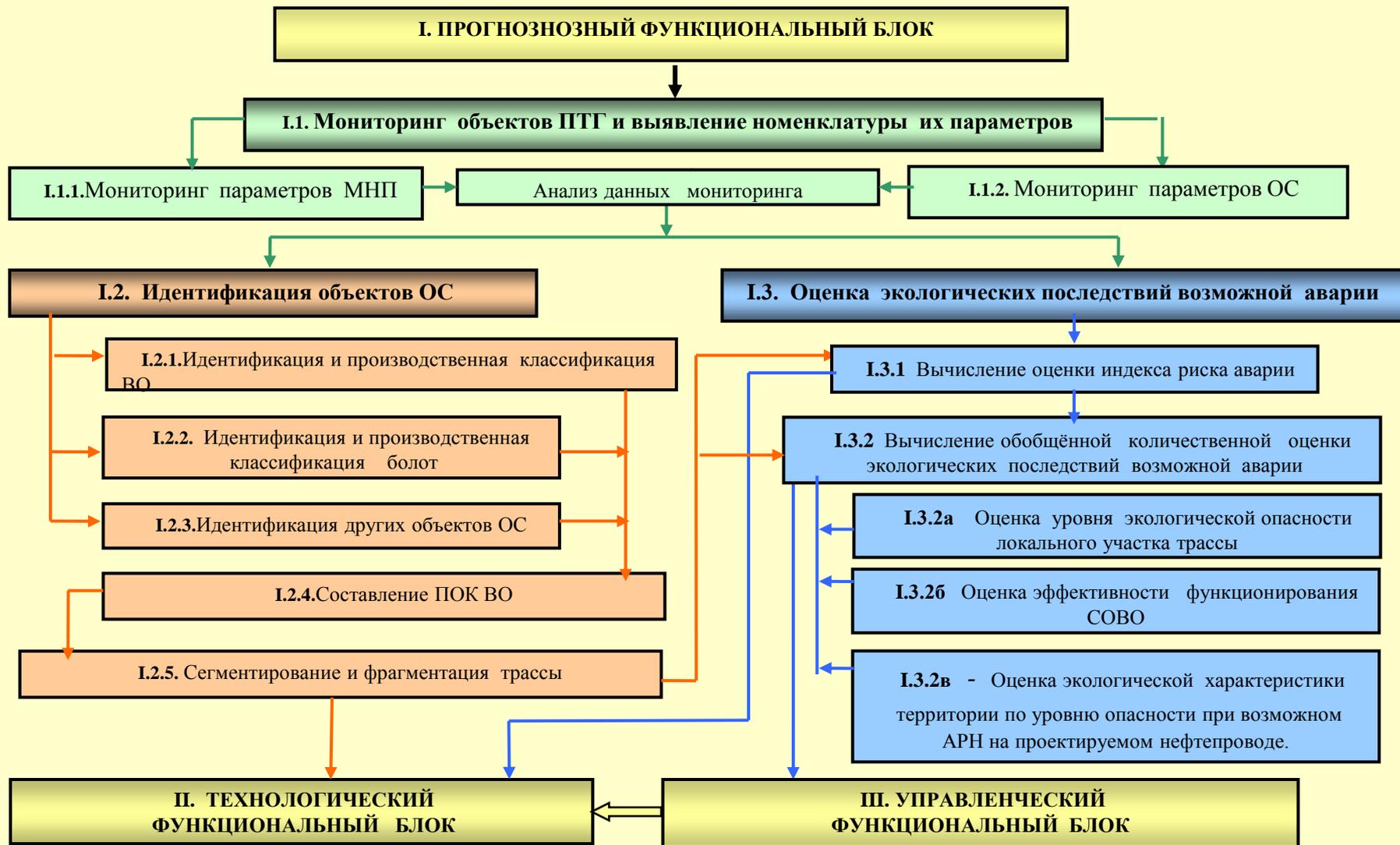
# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

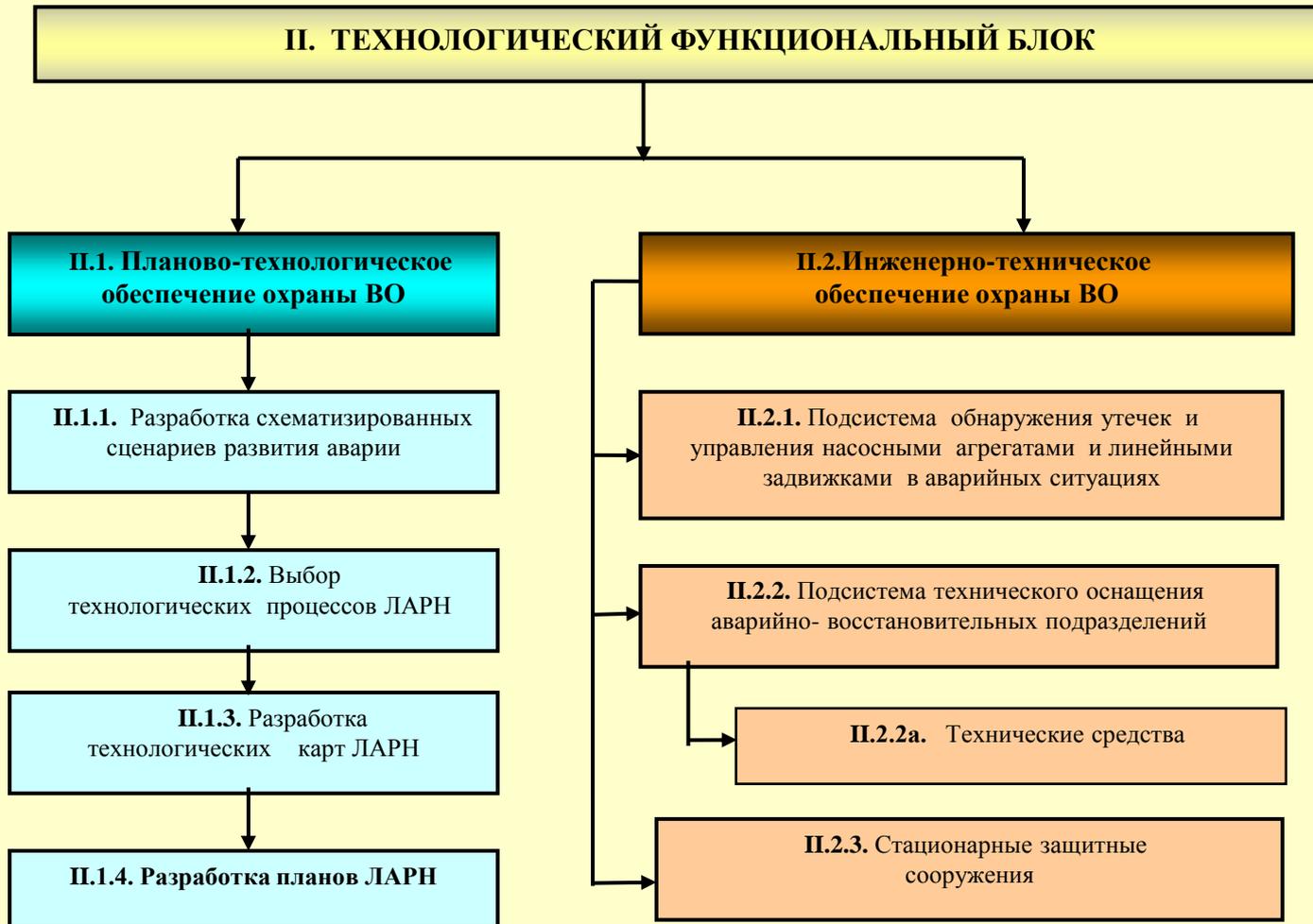
# Структурно-функциональная схема прогнозного блока



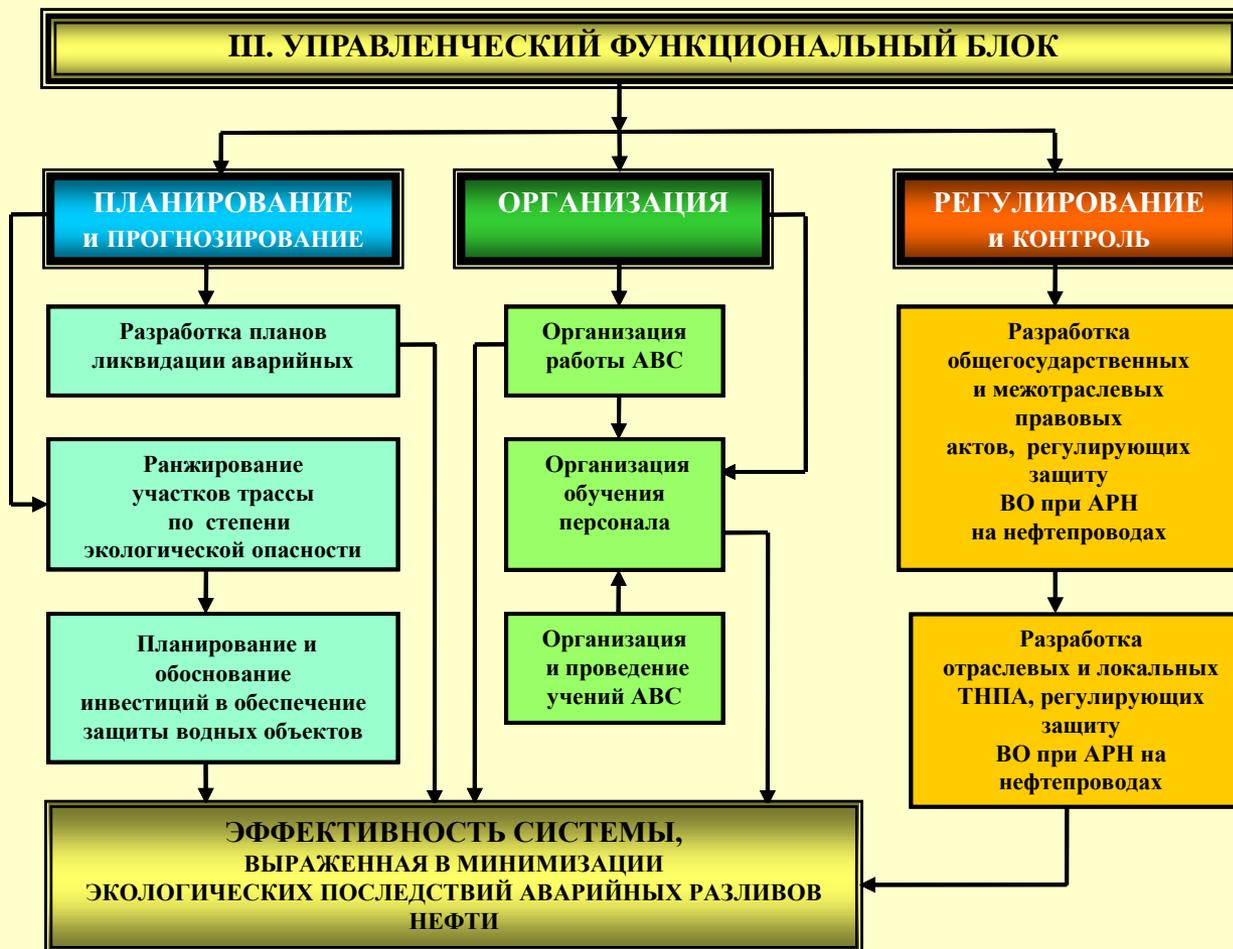
«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

# Структурно-функциональная схема технологического блока



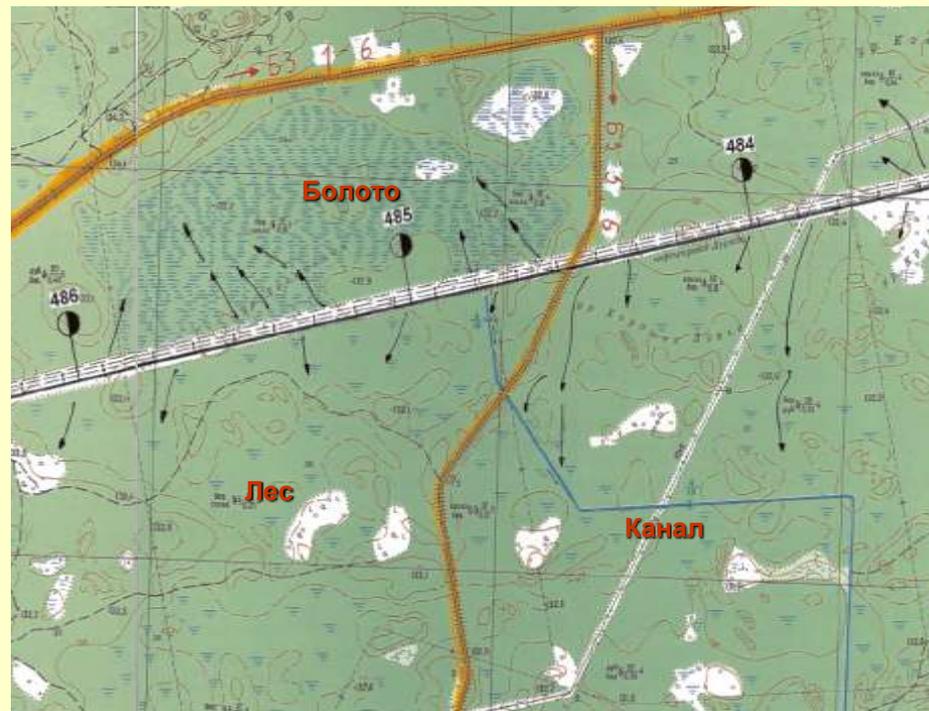
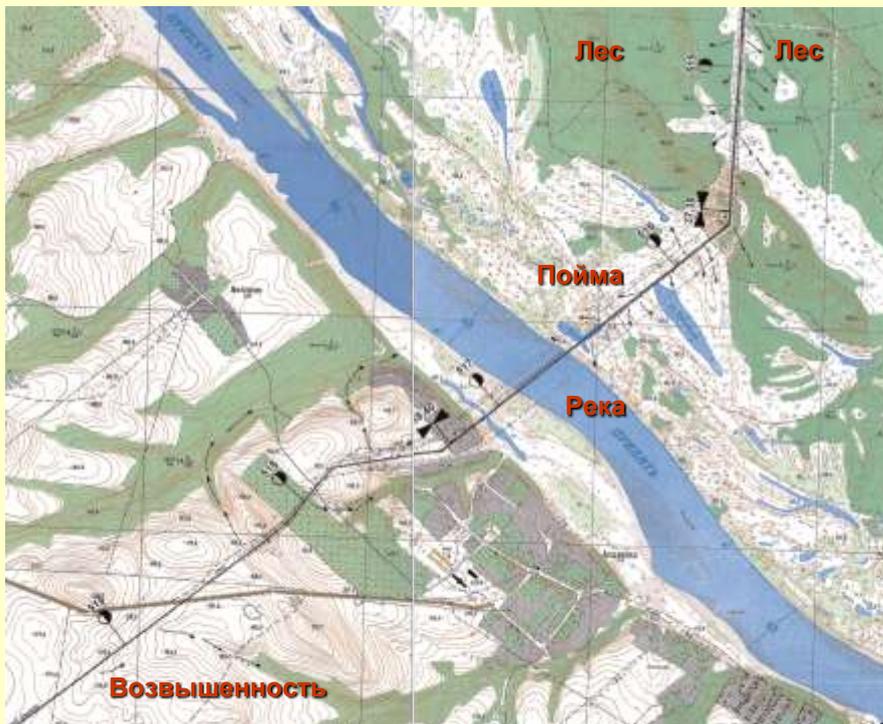
# Структурно-функциональная схема управленческого блока



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

# Примеры ландшафтных условий расположения нефтепроводов



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

**Алгоритм  
комплексного  
метода  
построения  
технологических  
процессов  
защиты водных  
объектов  
при авариях на  
нефтепроводах  
и разработки  
планов  
ликвидации  
аварийных  
разливов нефти**

**Этап 1: Мониторинг и идентификация объектов природно-технической геосистемы**

**Этап 2: Сегментирование трассы нефтепроводов**

**Этап 3: Систематизация и кодификация объектов окружающей среды**

**Этап 4: Создание банка типовых технологических операций**

**Этап 5: Разработка схематизированных сценариев развития аварийных разливов нефти**

**Этап 6: Разработка типовых технологических процессов ликвидации аварийных разливов нефти**

**Этап 7: Составление технологических карт ликвидации аварийных разливов нефти**

**Этап 8: Составление планов ликвидации аварийных разливов нефти**

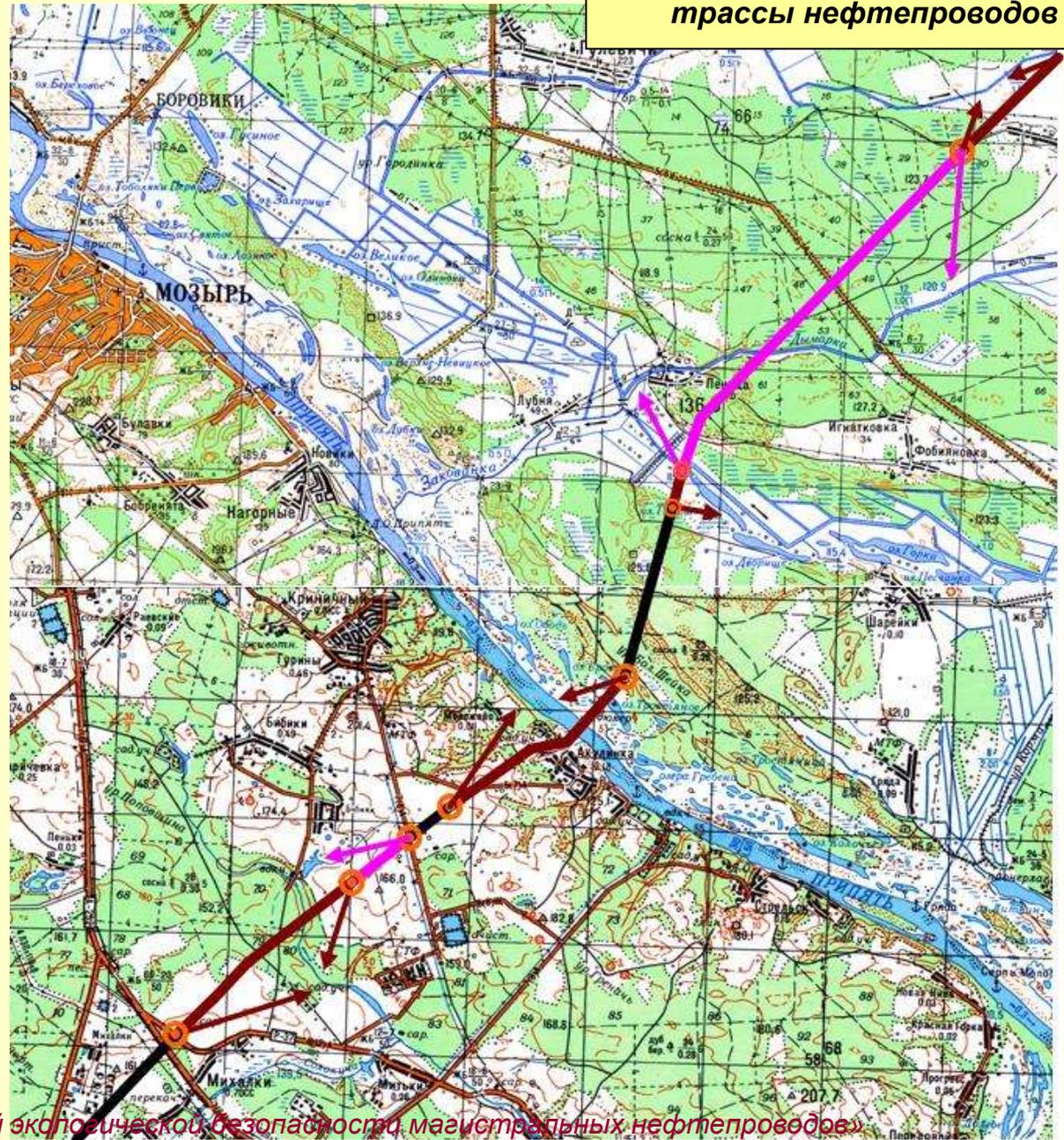
# Производственная классификация водных объектов

I Классификационный признак	Классификационные группы и характеристики	
1. Тип <u>ВО</u>	Водотоки	Реки
		Ручьи
		Каналы
	Водоёмы	Озера
		Водохранилища
		Пруды
2. Гидрографические и морфологические характеристики <u>ВО</u>	Главная река, притоки I порядка, II порядка	
	Характеристика устья водотока	
	Трансграничный характер водотока	
	Площадь зеркала водной поверхности (ширина и глубина водотока)	
	Поверхностная скорость течения воды в створе (меженная, шах)	
	Характеристики береговой линии	
3. Условия расположения <u>ВО</u>	Склоновый, пересеченный рельеф	
	Равнинный рельеф	
	Замкнутые котловины	
4. Характеристика суши вблизи <u>ВО</u>	Необводненные участки суши	
	Обводненные участки суши (ТБЛ)	
5. Характеристика флоры	Наличие и характер растительности на территориях, примыкающих к водоему	
6. Использование <u>ВО</u>	Культурно-бытовое и <u>рыбохозяйственное значение</u>	
	Особо охраняемые <u>ВО</u>	
	Прочие <u>ВО</u>	

# **Производственная классификация торфяно-болотных ландшафтов**

<p><b>1 категория</b> (торфяно-болотный ландшафт, имеющий сток в ВО)</p>	<p><b>ЛАНДШАФТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ</b> — припойменное, дренируемое, склоновое к водному объекту болота, лощина, сточная ложбина</p> <p>Болота со сложной локализацией разлившейся нефти и дренируемым ландшафтным положением. Распространение загрязнения может быть довольно обширным и происходить не только по болоту, но и по водному объекту. Болото может находиться также в лощинах и ложбинах, загрязнение природных объектов происходит по стоку из ложбины. Болото находится в водосборном бассейне главной реки</p>
<p><b>2 категория</b> Торфяно-болотный ландшафт в котловине</p>	<p><b>ЛАНДШАФТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ</b> — слабопроточная котловина или седловина без стока в водный объект, замкнутая котловина</p> <p>Болота, находящиеся в котловине. Загрязнение связанных с ними природных объектов практически не происходит или происходит по стоку, который можно перекрыть, для предотвращения разлива нефти.</p>

# Автономные участки трассы



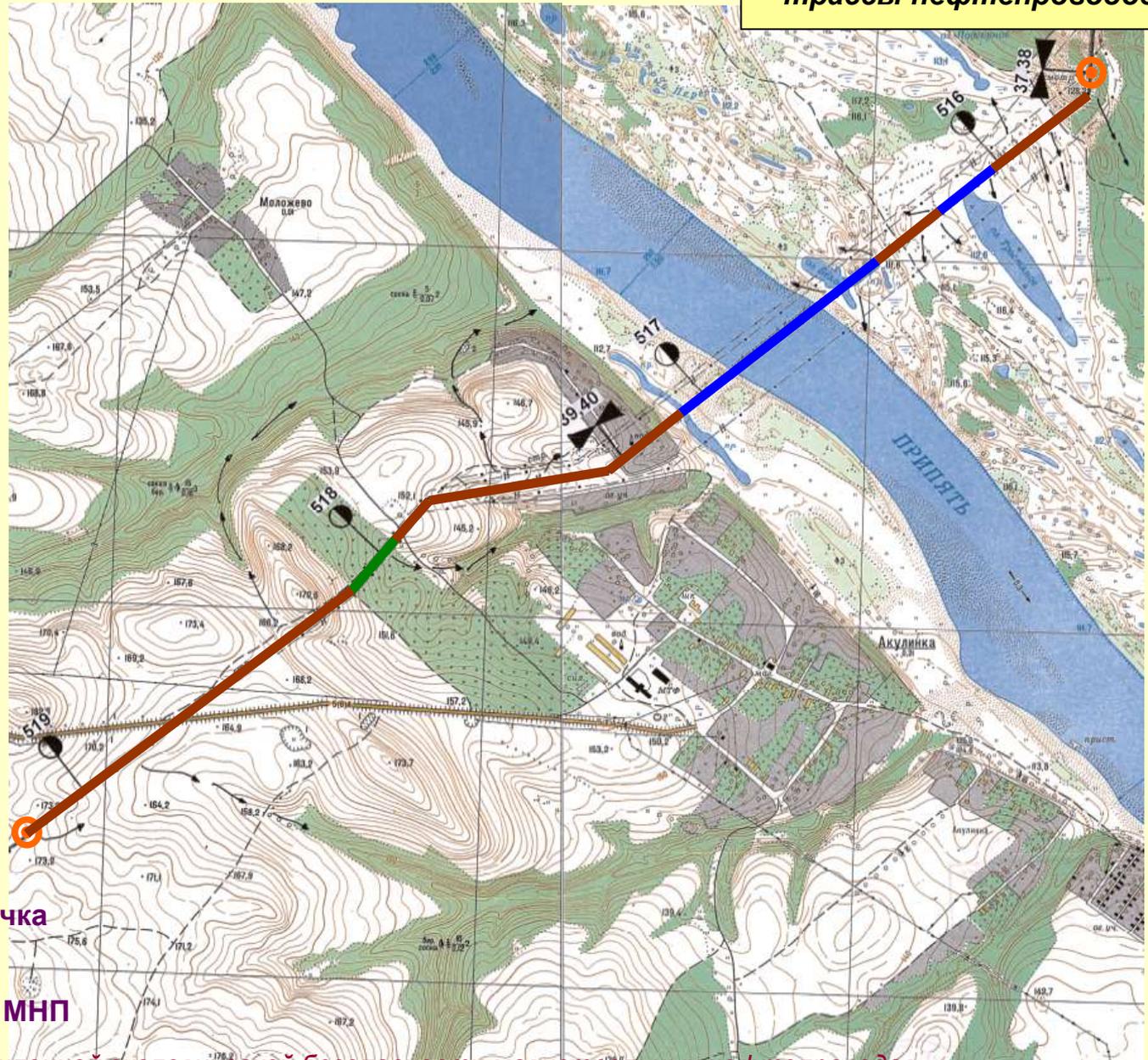
⊙ Водораздельная точка

— Автономные участки МНП

➔ Направление стока нефти

«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

# Локальные отрезки трассы



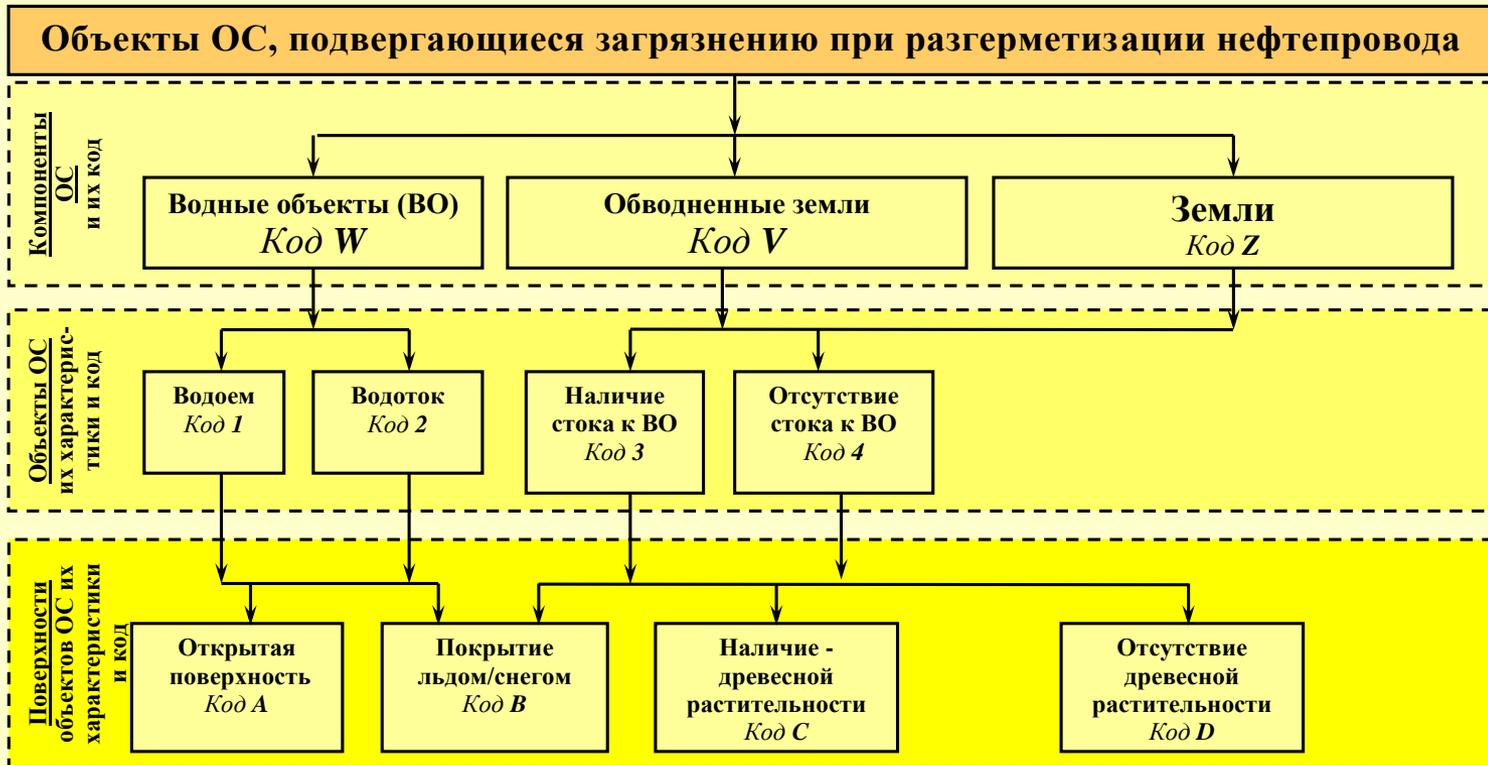
⊙ Водораздельная точка

— Локальные отрезки МНП

«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

# Систематизация объектов окружающей среды, на траекториях миграции разлившейся нефти



## Систематизированный перечень объектов окружающей среды и коды их характеристик

**Этап 3:**  
Систематизация и  
кодификация  
объектов окружающей  
среды

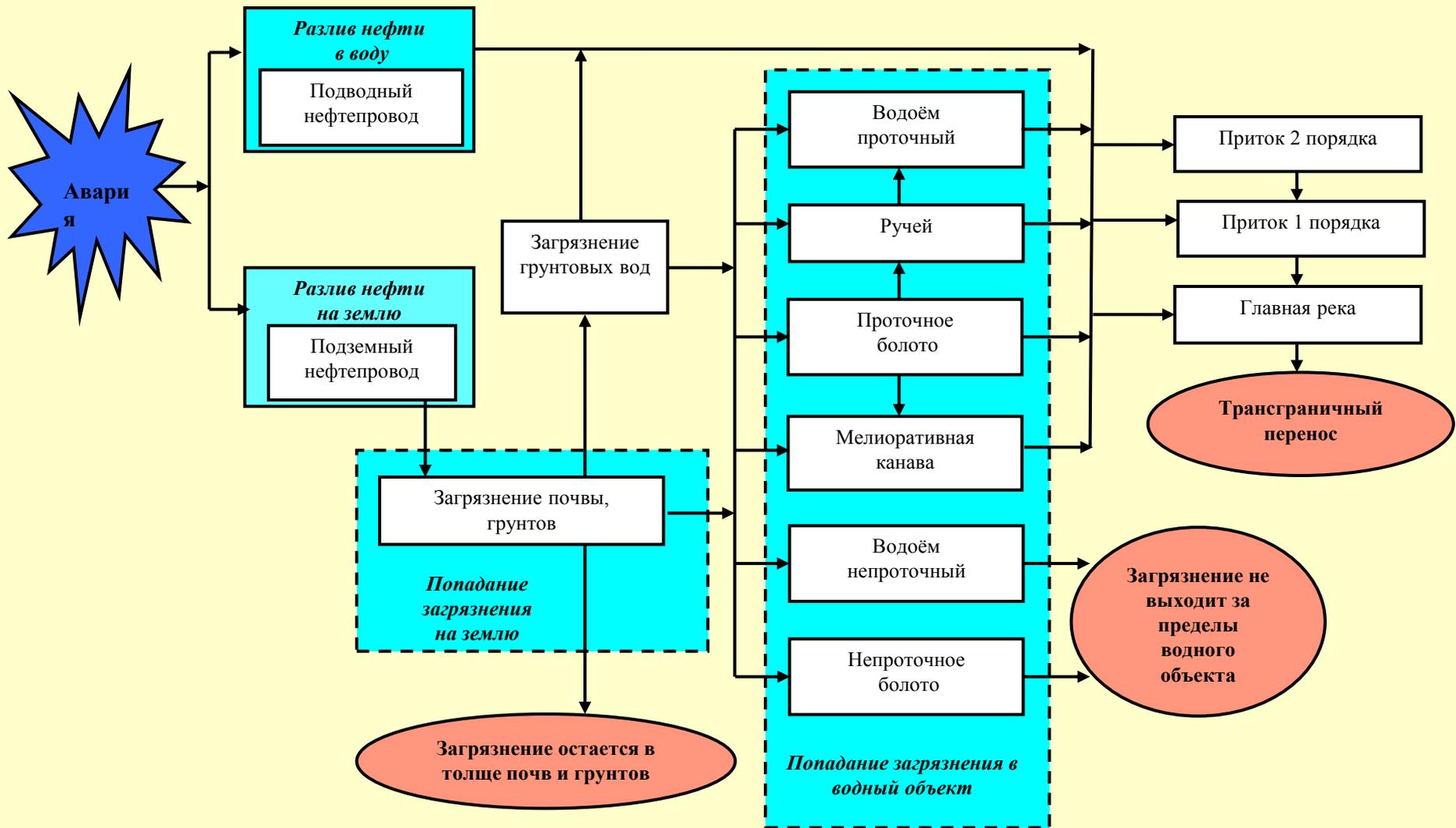
Типы и формы ландшафта, по которым распространяется разлившаяся нефть	Коды характеристик объектов ОС
<i>Водные объекты - W</i>	
<i>Водоёмы</i>	
	<i>W1</i>
<i>Водоём с открытой поверхностью</i>	<i>W1A</i>
<i>Водоём покрытый льдом</i>	<i>W1B</i>
<i>Водотоки</i>	
	<i>W2</i>
<i>Водоток с открытой поверхностью</i>	<i>W2A</i>
<i>Водоток покрытый льдом</i>	<i>W2B</i>
<i>Обводненные земли - V</i>	
<i>Наличие стока</i>	
	<i>V3</i>
<i>Наличие стока к ВО, покрытой льдом</i>	<i>V3B</i>
<i>Наличие стока к ВО, покрытой травяной растительностью</i>	<i>V3C</i>
<i>Наличие стока к ВО, покрытого кустарниковой растительностью</i>	<i>V3D</i>
<i>Наличие стока к ВО, покрытого древесной растительностью</i>	<i>V3E</i>
<i>Отсутствие стока</i>	
	<i>V4</i>
<i>Отсутствие стока к ВО, покрытой льдом</i>	<i>V4B</i>
<i>Отсутствие стока к ВО, покрытой травяной растительностью</i>	<i>V4C</i>
<i>Отсутствие стока к ВО, покрытого кустарниковой растительностью</i>	<i>V4D</i>
<i>Отсутствие стока к ВО, покрытого древесной растительностью</i>	<i>V4E</i>
<i>Земли - Z</i>	
<i>Пересеченный рельеф</i>	
	<i>Z5</i>
<i>Пересеченный рельеф, покрытый снегом</i>	<i>Z5B</i>
<i>Пересеченный рельеф, покрытый травяной растительностью</i>	<i>Z5C</i>
<i>Пересеченный рельеф, покрытый кустарниковой растительностью</i>	<i>Z5D</i>
<i>Пересеченный рельеф, покрытый древесной растительностью</i>	<i>Z5E</i>
<i>Равнинный рельеф</i>	
	<i>Z6</i>
<i>Равнинный рельеф, покрытый снегом</i>	<i>Z6B</i>
<i>Равнинный рельеф, покрытый травяной растительностью</i>	<i>Z6C</i>
<i>Равнинный рельеф, покрытый кустарниковой растительностью</i>	<i>Z6D</i>
<i>Равнинный рельеф, покрытый древесной растительностью</i>	<i>Z6E</i>

«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

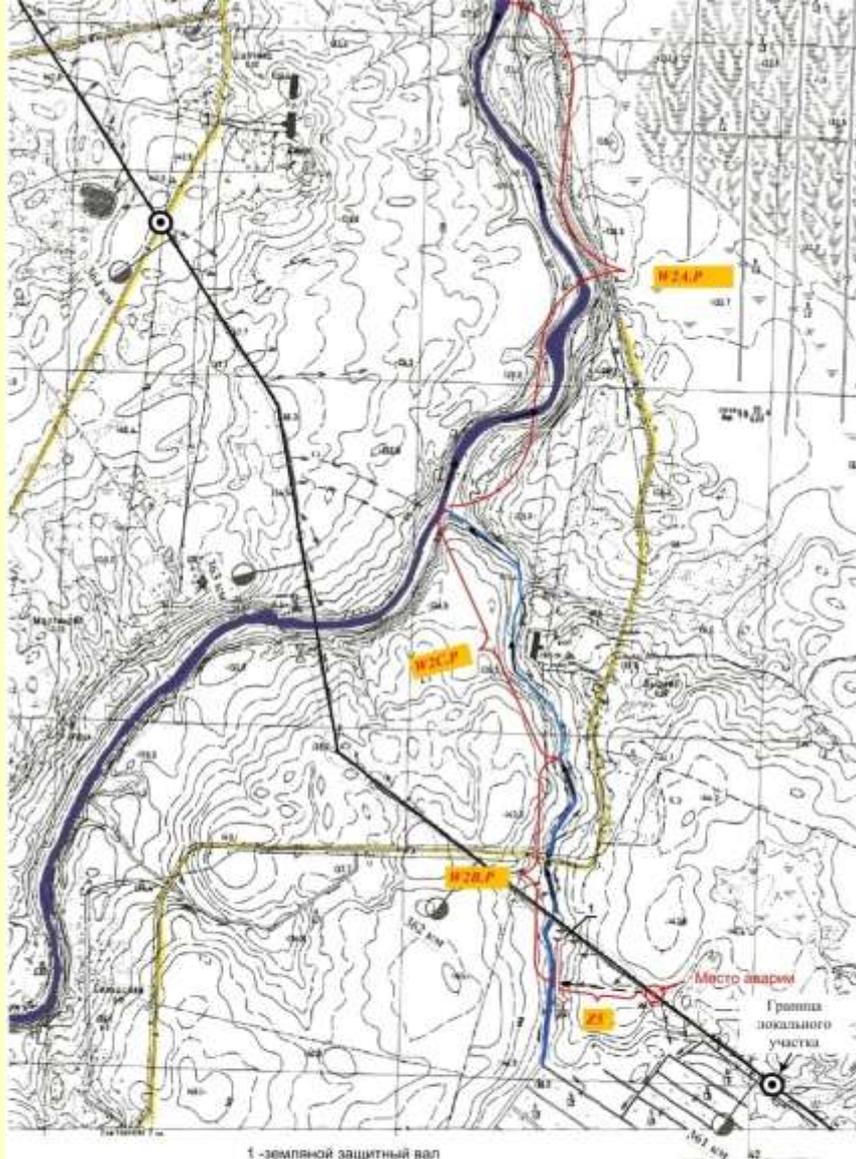
Липский Владимир Константинович

Слайд 23

# Дерево событий развития аварии на нефтепроводе

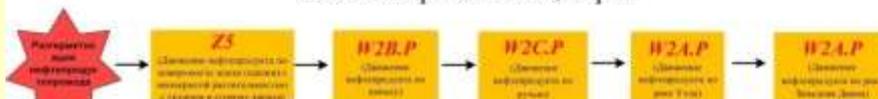


**Этап 5:**  
**Разработка схематизированных**  
**сценариев развития**  
**аварийных разливов нефти**



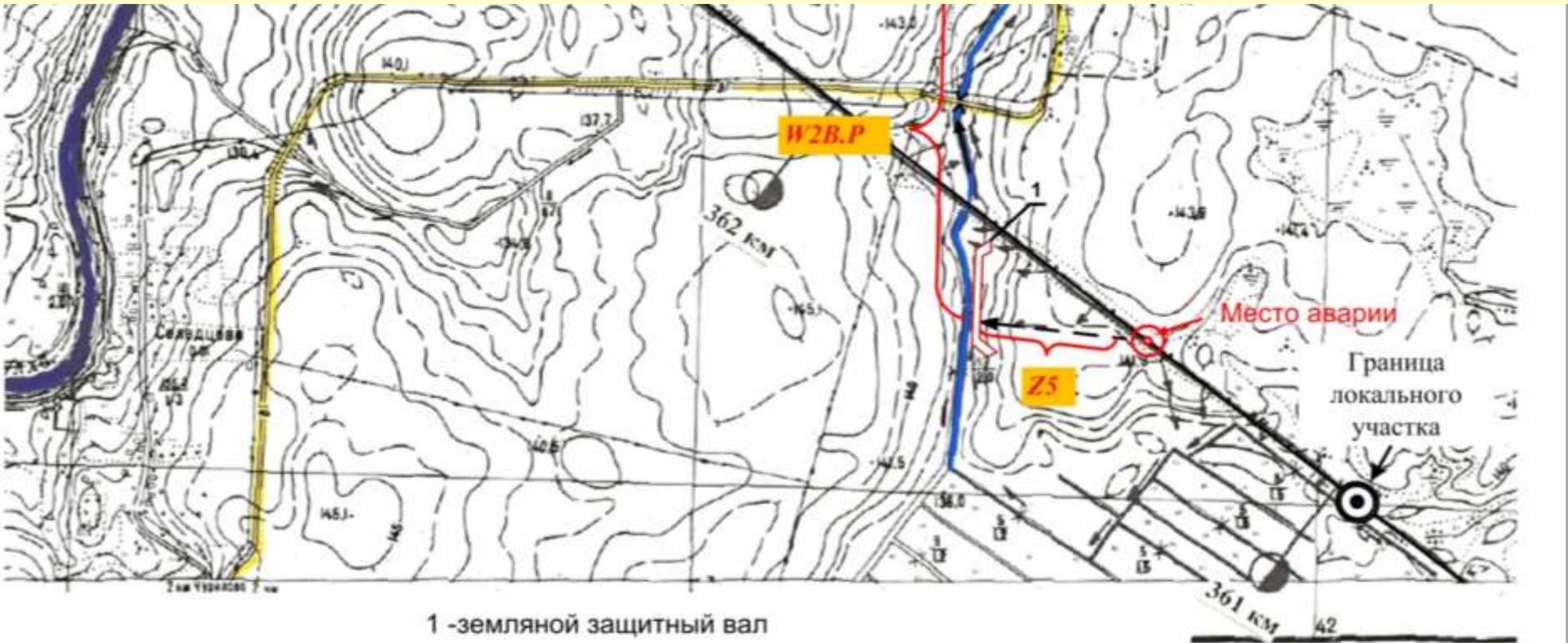
**Пример**  
**схематизированного**  
**сценария**

Схематизированный сценарий

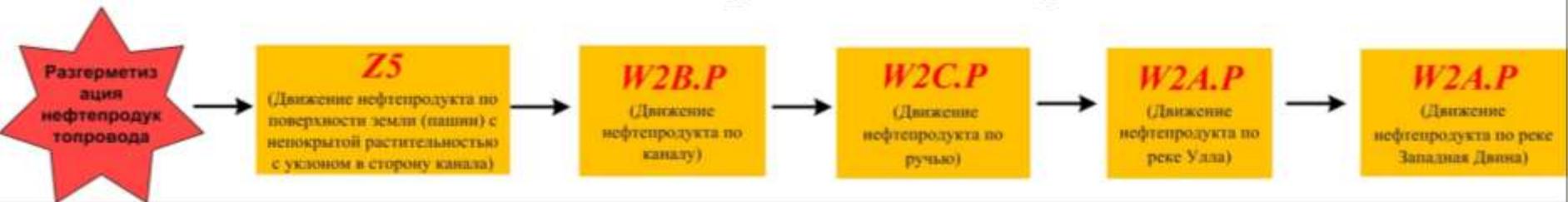


«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

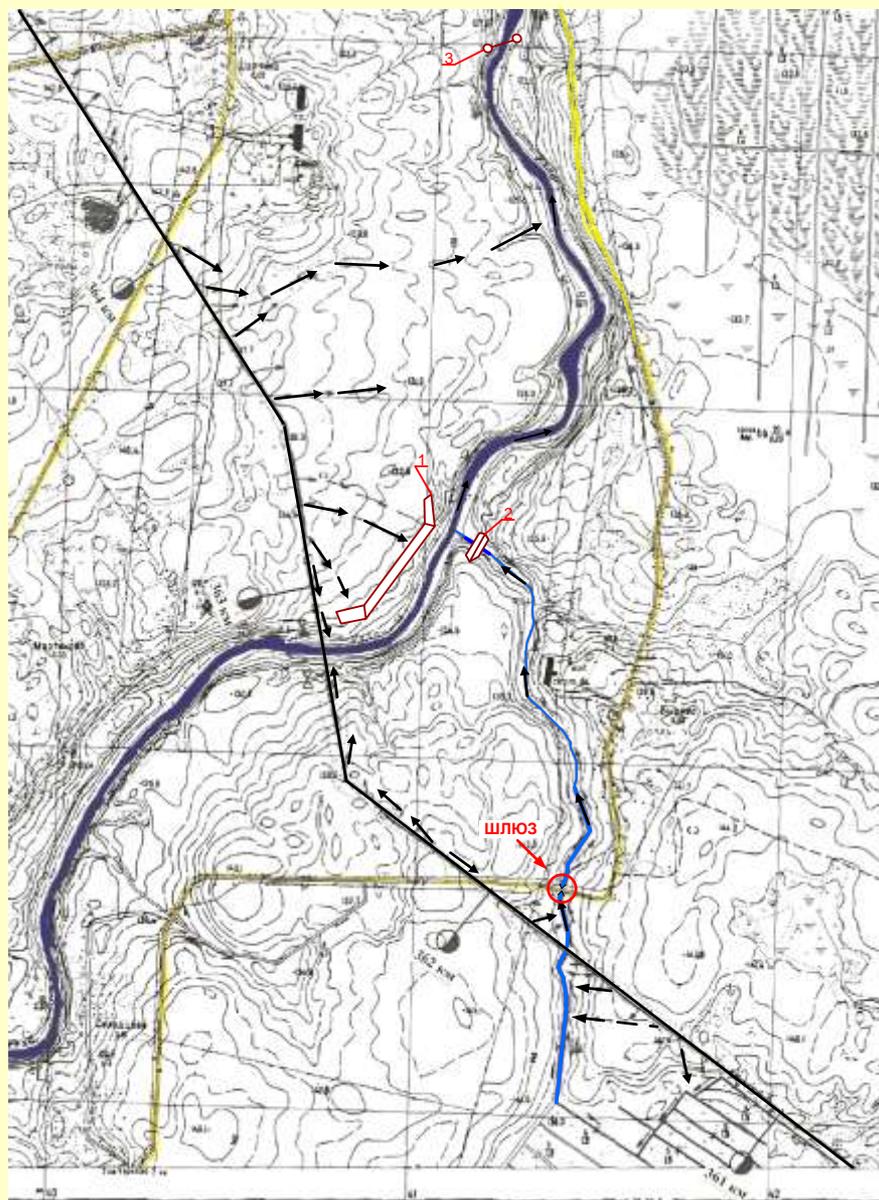


### Схематизированный сценарий



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович



## Технологическая карта ликвидации аварийного разлива нефти

Категория участка – первая

Участок проходит вблизи р. Ула и мелиоративного канала, пересечение с р.Ула 362,9 км, с мелиоративным каналом 361,8 км, ручьём 364,9 км. При аварии на участке сток нефтепродукта к ручью, мелиоративному каналу, р.Улла. Мелиоративный канал и ручей впадают в р. Улла.

Дополнительные мероприятия по ликвидации аварии:

- произвести обваловку 1
- установить дамбу с переливной трубой 2
- установить боновое ограждение 3

*«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»*

*Липский Владимир Константинович*

# Стоимостная модель взаимодействия аварийного нефтепровода с водным объектом

$$Y = f \left\{ Z_i [f_1(W_i)] \cdot K_{кат} \cdot \left[ 1 - \frac{\alpha_i}{100} (f_2(V_i, W_i)) \right] \cdot K_{сч}^i [f_3(T_i)] \right\}$$



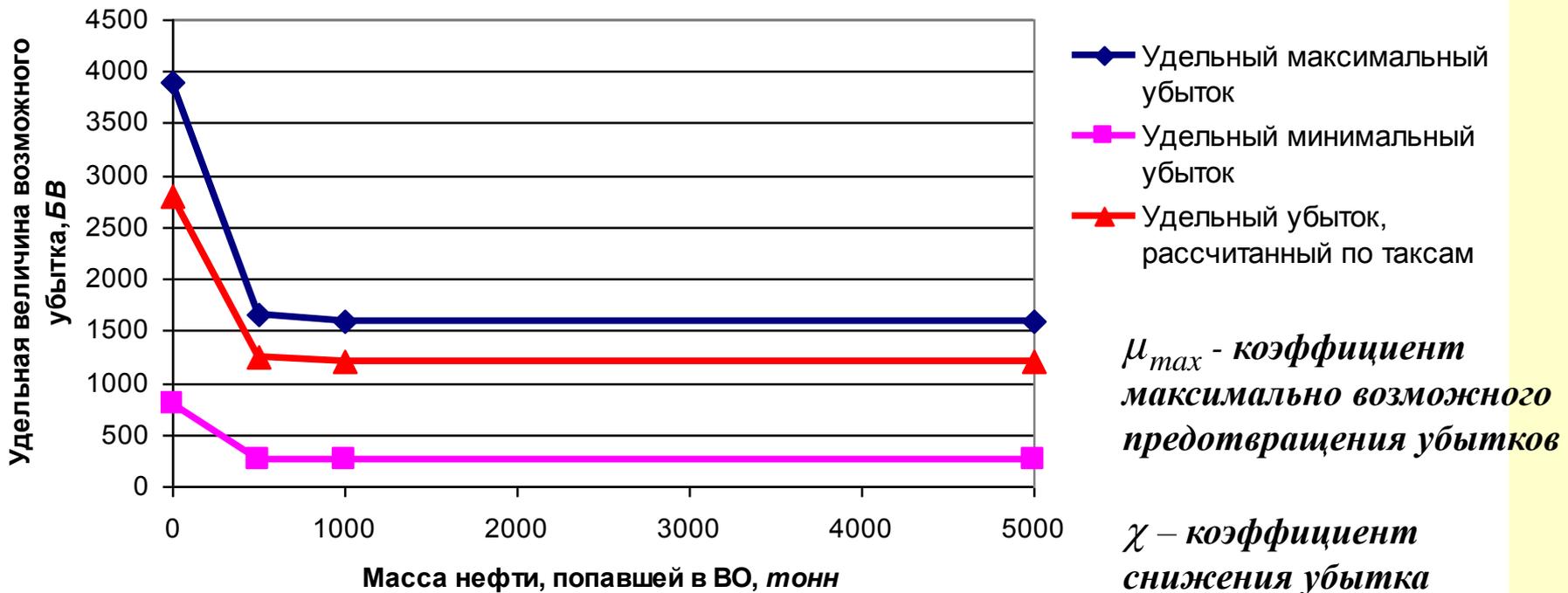
«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

# Оценка эффективности аварийно-восстановительных мероприятий

$$\mu_{\max} = \frac{\bar{y}_{\max}}{\bar{y}_{\min}}$$

$$\chi = \frac{\bar{y}_{\max}}{\bar{y}_{\phi}}$$



# Многофакторная модель взаимодействия аварийного нефтепровода с водным объектом

$$\eta = \begin{cases} T(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i, \dots, \tau_n) \\ G(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_j, \dots, \gamma_k) \end{cases}$$

$T(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i, \dots, \tau_n)$  – модель трубопровода.

где  $\tau_i$  – параметры, характеризующие техническое состояние и условия эксплуатации нефтепровода;

$G(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_n)$  – модель ландшафта.

где  $\gamma_i$  – параметры, характеризующие признаки объектов окружающей среды.

# Оценка степени экологической опасности аварийного нефтепровода

$$\eta = R_{\text{W}}^{\max} Q$$

*Показатель потенциальной экологической опасности*

$$R_{\text{W}}^{\max} = \lambda_n L_n W_{\text{max}}$$

*Риск разлива максимального объема нефти*

$$Q_n = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{I(k)} \sum_{j=1}^{J(k,i)} \delta_k \rho_{k,i} q_{k,i,j} \cdot Q_{k,i,j}$$

*Обобщенная оценка возможных экологических последствий аварийного разлива (в баллах)*

# Метод обобщённой количественной оценки последствий возможных аварий на нефтепроводах

используется для получения прогнозных оценок в различных целях:

- *Прогнозная обобщенная количественная оценка ожидаемых экологических последствий возможной аварии;*
- *Обобщенная количественная оценка экологической безопасности нефтепровода (или его участка) при аварийных разливах нефти;*
- *Обобщенная количественная оценка экологической характеристики территории при проектировании новых трасс.*

# Стационарная технологическая площадка для удержания нефти (нас. п. Узмёны)



«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»

Липский Владимир Константинович

# Стационарная технологическая площадка для удержания нефти



*«Повышение промышленной экологической безопасности магистральных нефтепроводов»*

*Липский Владимир Константинович*

# Стационарная технологическая площадка для удержания нефти



# **Авария в Бешенковичском районе**

*(март, 2007 г.)*

- Проведенные мероприятия позволили извлечь из воды 60 из 75 тонн попавших в водный объект нефтепродуктов (80 %);**
- Коэффициент эффективности проведенных мероприятий составляет – 2,8.**



**БЛАГОДАРЮ  
ЗА  
ВНИМАНИЕ!**