

# Оценка выноса загрязняющих веществ с водосбора р. Печоры в Северный Ледовитый океан при возможных изменениях климата

ASSESSMENT OF THE CONTAMINANTS WASH-OFF FROM THE  
PECHORA RIVER WATERSHED TO THE ARCTIC OCEAN AS A  
RESULT OF POSSIBLE CLIMATE CHANGE

*Семенова И.В., Булгаков А.А., Коноплев А.В.,  
Попов В.Е., Алексеева Л.Б., Панкратов Ф.Ф.*

*Институт проблем мониторинга ГУ «НПО «Тайфун»  
State Institution Research and Production Association “Typhoon”*



*ENVIROMIS 2008, Томск, 28 июня-05 июля 2008 года*

Северный ледовитый океан (СЛО) наиболее подвержен влиянию пресноводного стока рек, который составляет  $4300 \text{ км}^3$  (11 % общего стока рек мира).

Наибольшее количество пресной воды несут реки:

Енисей ( $580 \text{ км}^3/\text{год}$ ),

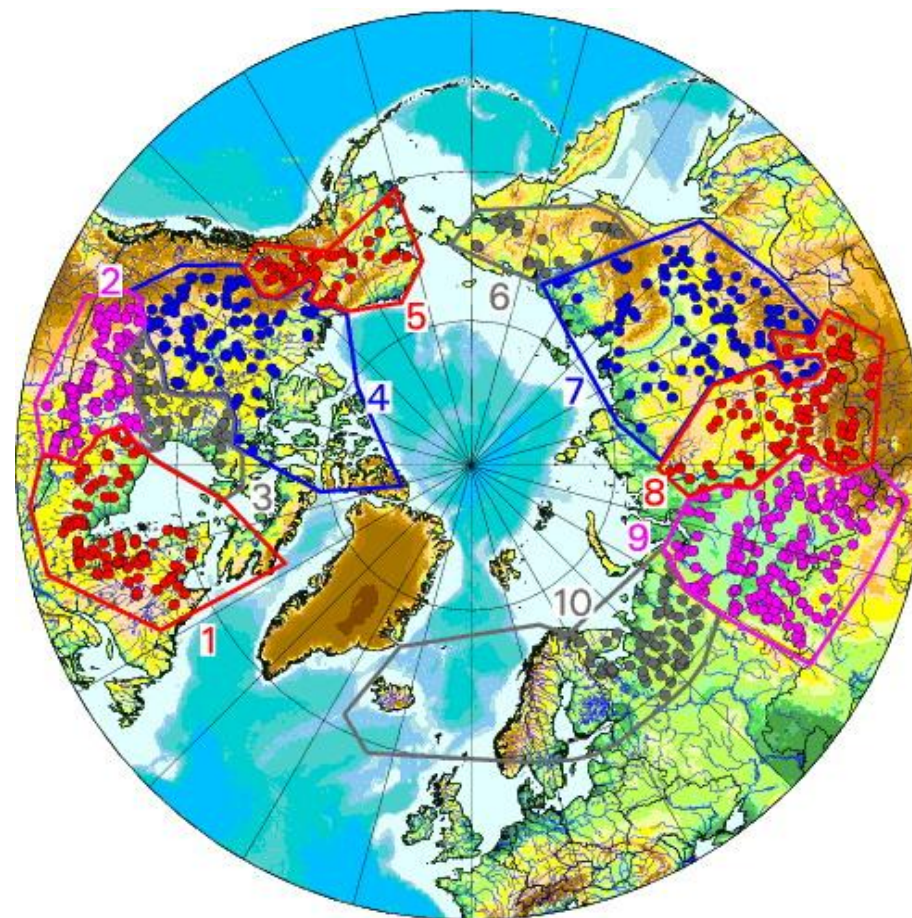
Лена ( $528 \text{ км}^3/\text{год}$ ),

Обь ( $420 \text{ км}^3/\text{год}$ ),

Маккензи ( $281 \text{ км}^3/\text{год}$ ),

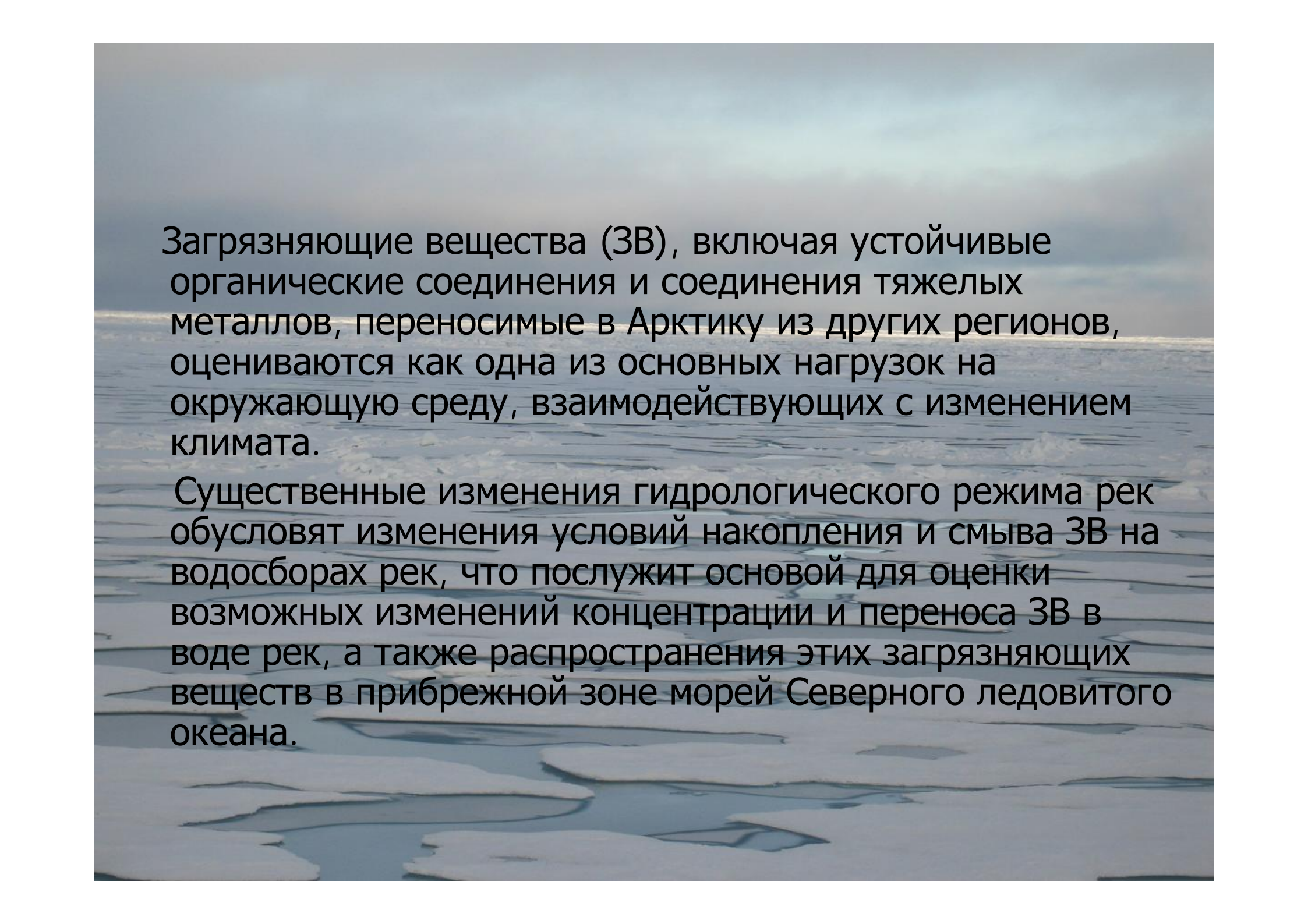
Печора ( $138 \text{ км}^3/\text{год}$ ),

Сев. Двина ( $105 \text{ км}^3/\text{год}$ ).



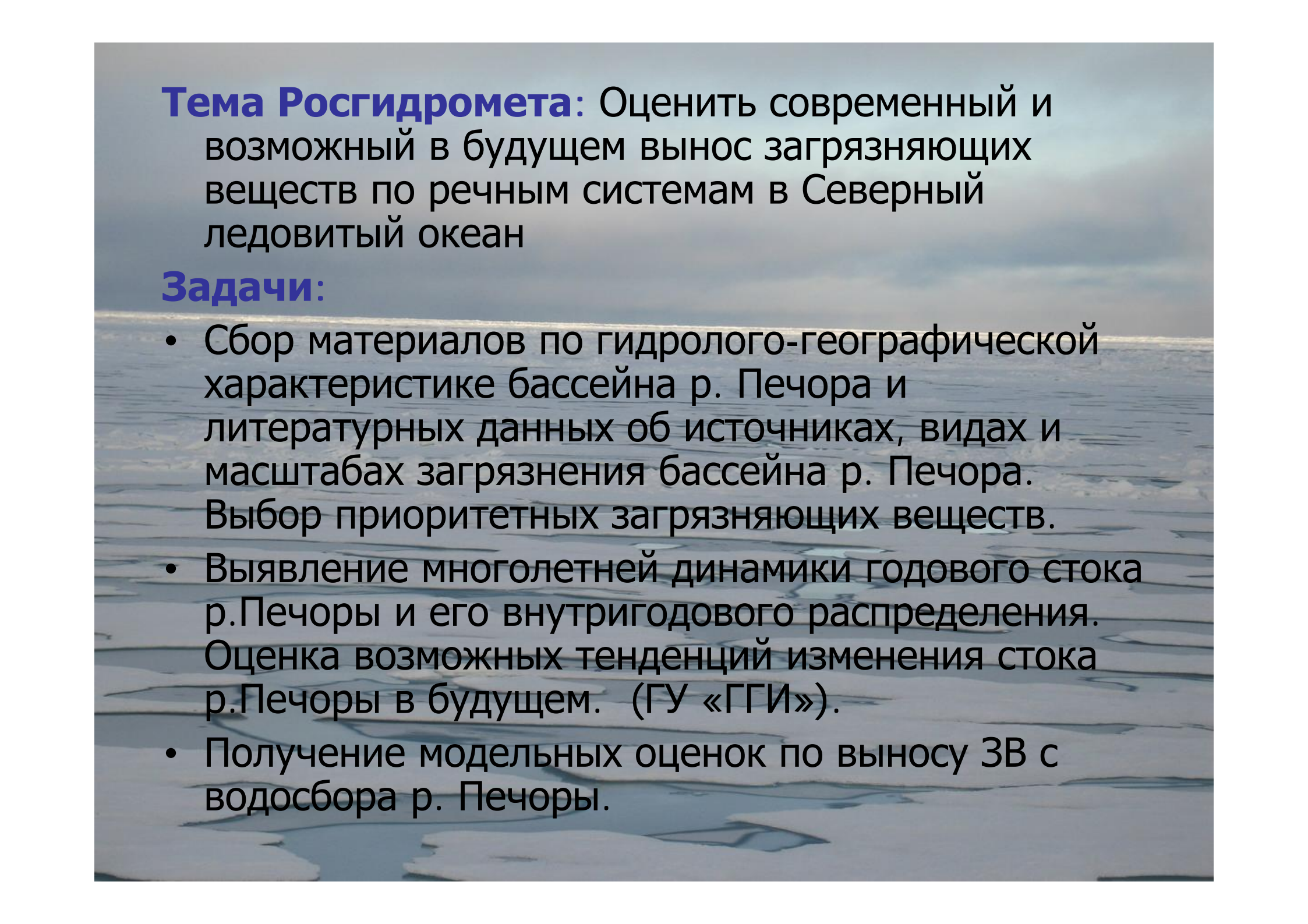
1. South and East Hudson Bay
2. Nelson
3. Northwest Hudson Bay
4. Mackenzie
5. Yukon

6. Anadyr Kolyma
7. Lena
8. Yenisei
9. Ob
10. Barents, Norwegian Sea



Загрязняющие вещества (ЗВ), включая устойчивые органические соединения и соединения тяжелых металлов, переносимые в Арктику из других регионов, оцениваются как одна из основных нагрузок на окружающую среду, взаимодействующих с изменением климата.

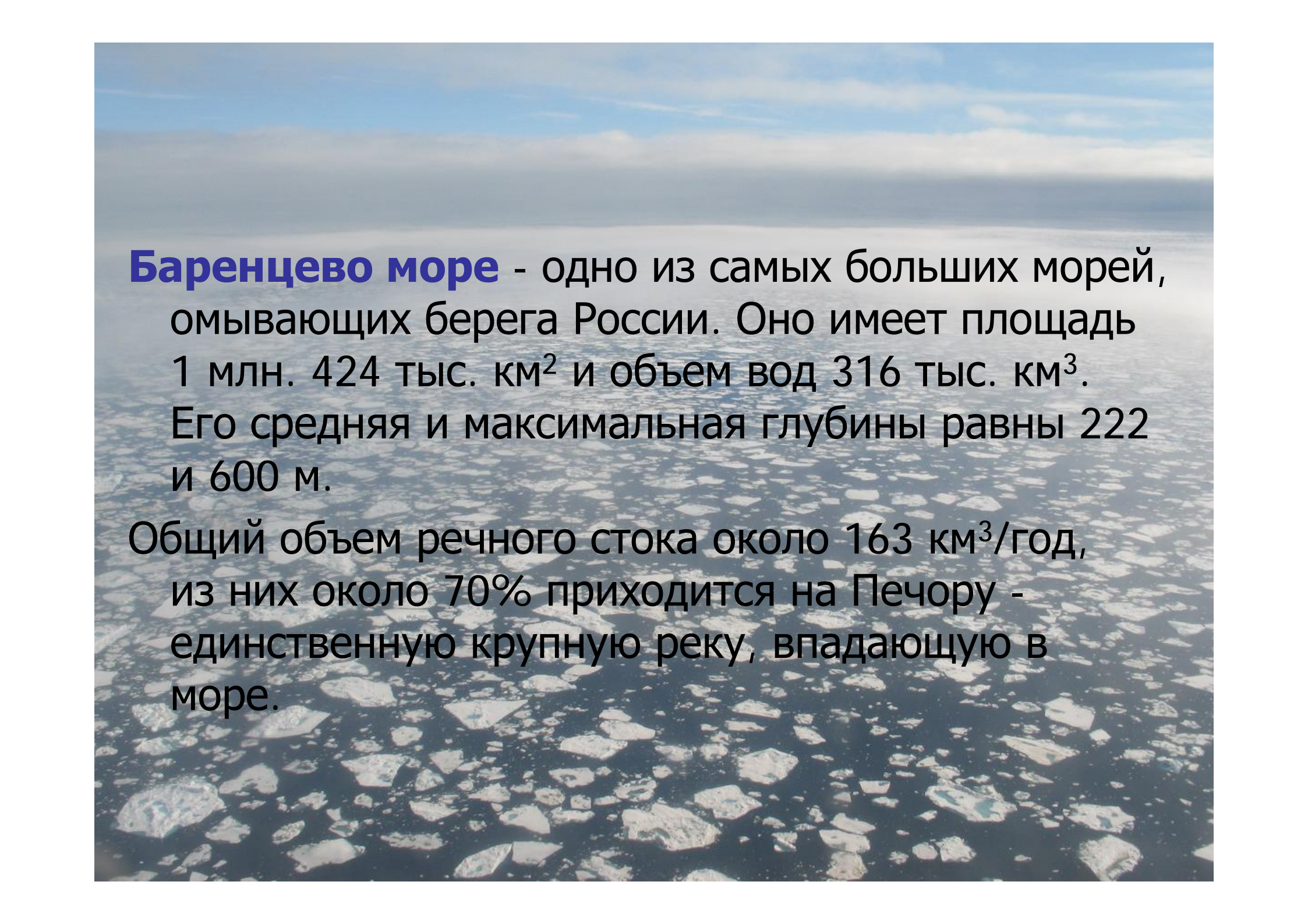
Существенные изменения гидрологического режима рек обусловят изменения условий накопления и смыва ЗВ на водосборах рек, что послужит основой для оценки возможных изменений концентрации и переноса ЗВ в воде рек, а также распространения этих загрязняющих веществ в прибрежной зоне морей Северного ледовитого океана.



**Тема Росгидромета:** Оценить современный и возможный в будущем вынос загрязняющих веществ по речным системам в Северный ледовитый океан

**Задачи:**

- Сбор материалов по гидролого-географической характеристике бассейна р. Печора и литературных данных об источниках, видах и масштабах загрязнения бассейна р. Печора. Выбор приоритетных загрязняющих веществ.
- Выявление многолетней динамики годового стока р.Печоры и его внутригодового распределения. Оценка возможных тенденций изменения стока р.Печоры в будущем. (ГУ «ГГИ»).
- Получение модельных оценок по выносу ЗВ с водосбора р. Печоры.



**Баренцево море** - одно из самых больших морей, омывающих берега России. Оно имеет площадь 1 млн. 424 тыс. км<sup>2</sup> и объем вод 316 тыс. км<sup>3</sup>. Его средняя и максимальная глубины равны 222 и 600 м.

Общий объем речного стока около 163 км<sup>3</sup>/год, из них около 70% приходится на Печору - единственную крупную реку, впадающую в море.

# Физико-географическая характеристика бассейна р. Печоры

Площадь бассейна р. Печоры - 322 тыс. км<sup>2</sup>.

Длина Печоры - 1810 км.

Сток воды Печоры составляет в среднем 138 км<sup>3</sup>/год.

Средняя высота водосбора 105 м.

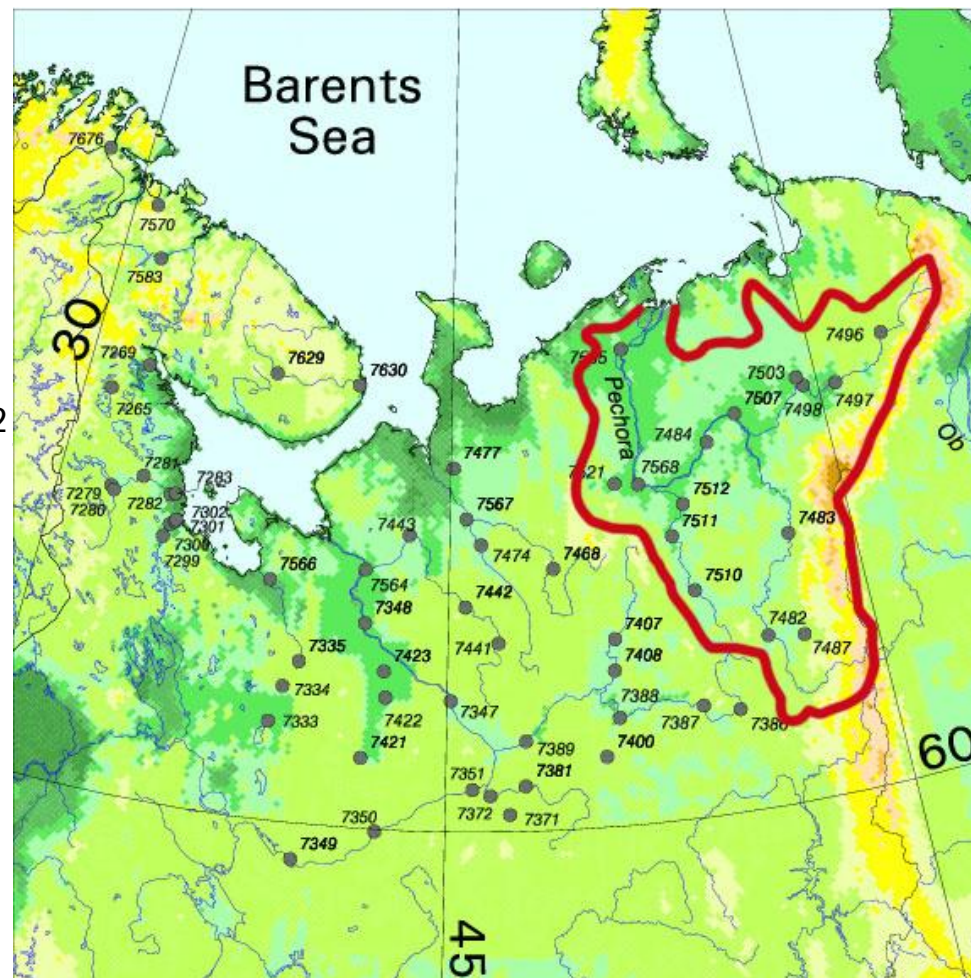
Густота речной сети 0,44-0,52 км/км<sup>2</sup>


Всего в пределах бассейна насчитывается более 25 тыс. рек. Общая их протяженность 112,2 тыс. км.

Рек длиной более 100 км всего 53, а свыше 500 км - 4.

Преобладают малые реки и ручьи длиной менее 10 км (93,6%).

Озерность - <1%, заболоченность - 5%, лесистость - 35%.





**Рельеф** территории бассейна р. Печоры преимущественно равнинный с невысокими плато и возвышенными равнинами, слабоволнистыми или слегка всхолмленными. В целом поверхность понижается с юга на север, что и определяет общее направление речного стока к Баренцеву морю.

Водосбор ограничивается возвышенностями Тимана (Тиманский кряж) в западной части бассейна и возвышенностями западного Урала вдоль восточной границы.

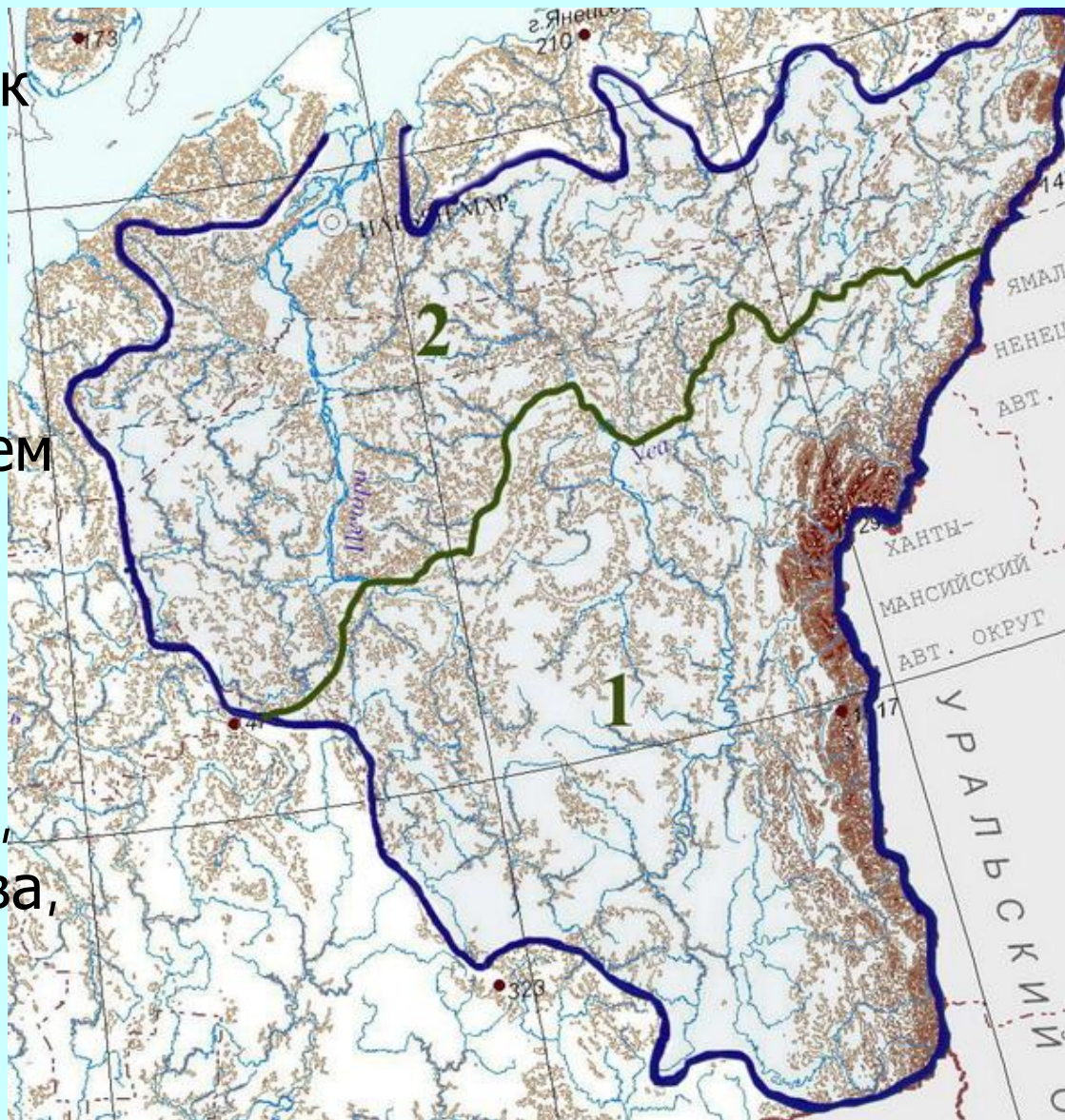


**Элементы гидрологического  
режима рек**

По водному режиму рек бассейн р.Печора может быть разделен на два района :

1. Тимано-Уральский район - р.Печора в верхнем и среднем течении с притоками Илыч, Щугор, Косью, Ижма и др.

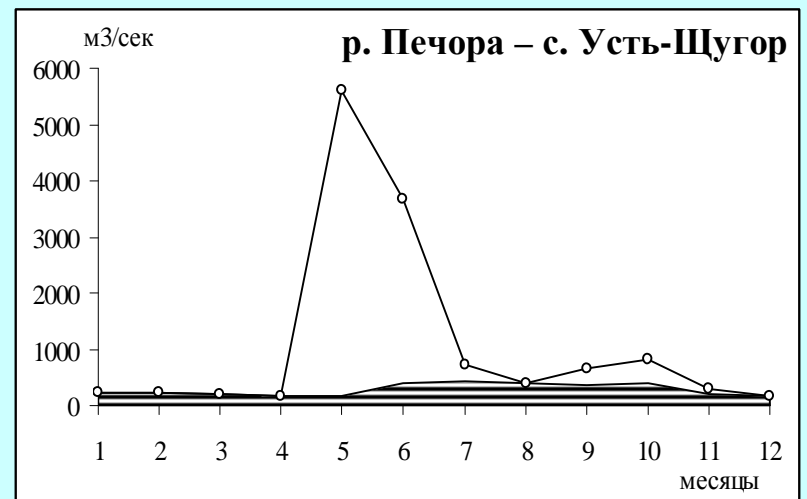
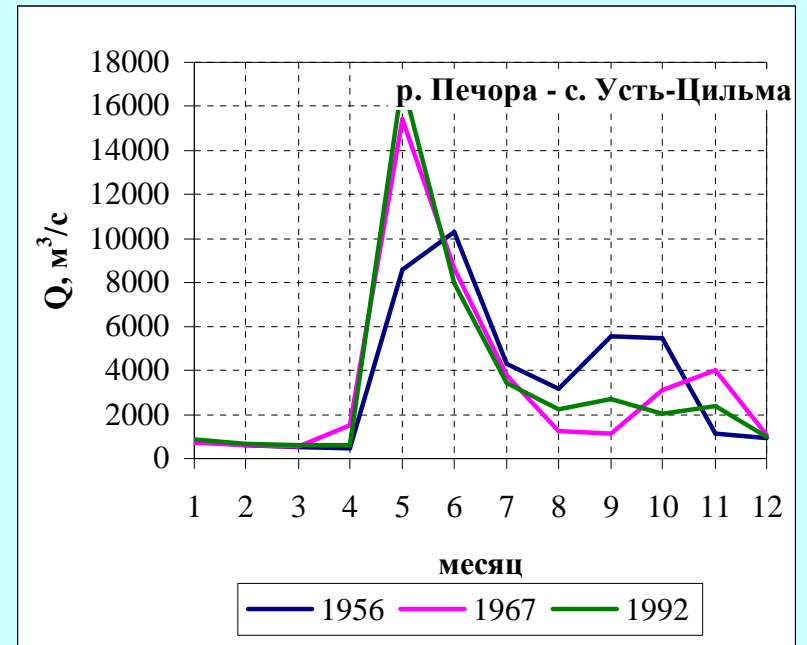
2. Тундровый район - нижнее течение р.Печора, притоки Уса, Адзьва, Колва, Сула, Шапкина и др.



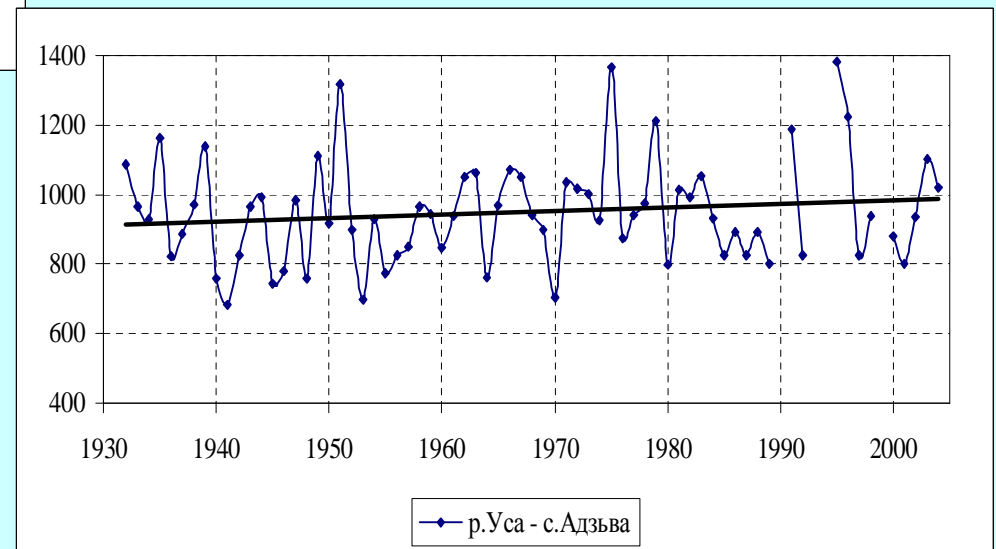
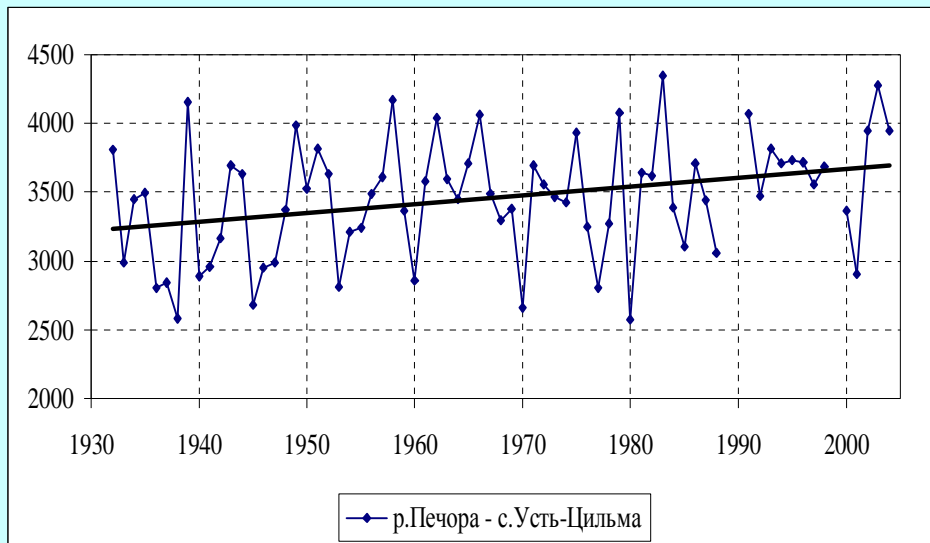
Река Печора имеет преимущественно снеговое питание. Ее сток характеризуется мощным весенним половодьем, на долю которого приходится 60-70% годового объема стока и низкой зимней меженью, когда питание реки осуществляется исключительно за счет грунтовых вод.

Максимальные расходы в вершине дельты изменяются в пределах 16000-35000 м<sup>3</sup>/с.

Минимальные расходы летней межени составляют в среднем около 2500 м<sup>3</sup>/с, зимней межени - около 500 м<sup>3</sup>/с.



# Многолетняя динамика годового стока



# Прогноз изменения климатических условий и водного режима в бассейне р.Печоры

- **Климат** бассейна р. Печоры характеризуется суровыми чертами, переходя от континентального к субарктическому в приполярных областях, с отрицательными значениями среднегодовых температур воздуха.
- К основным климатическим параметрам, определяющим изменение водного режима территории в многолетнем разрезе времени, относятся *температура воздуха и осадки*.

- Средняя годовая *температура воздуха* изменяется от  $-5^{\circ}$  на юге бассейна до  $-8^{\circ}$  на севере.
- **Зима** продолжается шесть-восемь месяцев. Средняя температура воздуха составляет  $-16... -20^{\circ}$ . Осадков зимой выпадает от 110 до 200 мм. *Снежный покров* устойчив. Запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния 140-200 мм.
- Суровый климат обуславливает широкое распространение многолетнемерзлых пород. *Наибольшая глубина промерзания* достигает 200-240 см.
- **Лето** продолжается два-три месяца в южной части района, один - два месяца в северной. Средняя месячная температура не превышает  $11...13^{\circ}$ . Осадков за летние месяцы выпадает 400-500 мм.
- Годовое *количество осадков* изменяется с северо-востока на юго-запад от 350-400 мм до 750-800 мм. Основная их часть (65-70%) приходится на теплый период года.

Для *оценки возможных изменений температуры воздуха и осадков* на территории России на период до 2050 года были использованы результаты расчетов по моделям ECHAM5-OM (Германия), HadCM3 (Великобритания), MR CGCM 2.3.2 (Япония), CSIRO MK3 (Австралия), GFDL CM 2.0 (США).

По данным модельных расчетов применительно к территории России были определены средние за 2011-2030 гг. и 2031-2050 гг. (*прогнозный период*) и 1981-2000 гг. (*базовый период*) величины метеорологических параметров.

На основе прогнозных данных об основных стокообразующих климатических характеристиках определены *возможные изменения речного стока* в бассейне р.Печоры до 2050 г.

**Изменения температуры приземного воздуха (в °С) в первой половине XXI столетия на водосборе реки Печоры по отношению к значениям базового климатического периода 1981-2000 гг.**

Модель	2011-2030						2031-2050					
	Год		Теплый		Холодный		Год		Теплый		Холодный	
	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1
ECHAM5-0M	1.4	1.3	1.1	0.9	1.8	1.9	2.3	2.6	1.1	2.0	4.0	3.4
HadCM3	1.6	1.4	1.2	1.4	2.2	1.5	3.0	2.4	2.4	2.1	3.9	2.8
GFDL CM2.0	1.2	1.5	0.8	1.2	1.9	1.8	2.3	2.0	1.8	1.4	2.9	3.0
CSIRO Mk3.0	0.5	0.6	0.5	0.0	0.4	1.3	1.6	1.0	0.8	0.1	2.8	2.2
CGCM 2.3.2	-0.2	0.2	-0.3	0.2	-0.1	0.1	0.3	0.7	0.1	0.7	0.6	0.6
<b>Среднее</b>	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.9</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	<b>2.8</b>	<b>2.4</b>

**Изменения осадков (в мм) в первой половине XXI столетия на водосборе реки Печоры по отношению к значениям для базового климатического периода 1981-2000 гг.**

Модель	2011-2030						2031-2050					
	Год		Теплый		Холодный		Год		Теплый		Холодный	
	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1
ECHAM5-0M	46	38	34	21	11	16	97	71	54	27	43	44
HadCM3	34	23	18	8	17	15	49	67	29	47	20	20
GFDL CM2.0	64	47	48	25	15	22	56	44	39	24	17	20
CSIRO Mk3.0	19	15	21	12	-2	2	26	17	16	2	10	14
CGCM 2.3.2	0	2	0	-2	0	4	29	17	14	10	15	8
<b>Среднее</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>21</b>

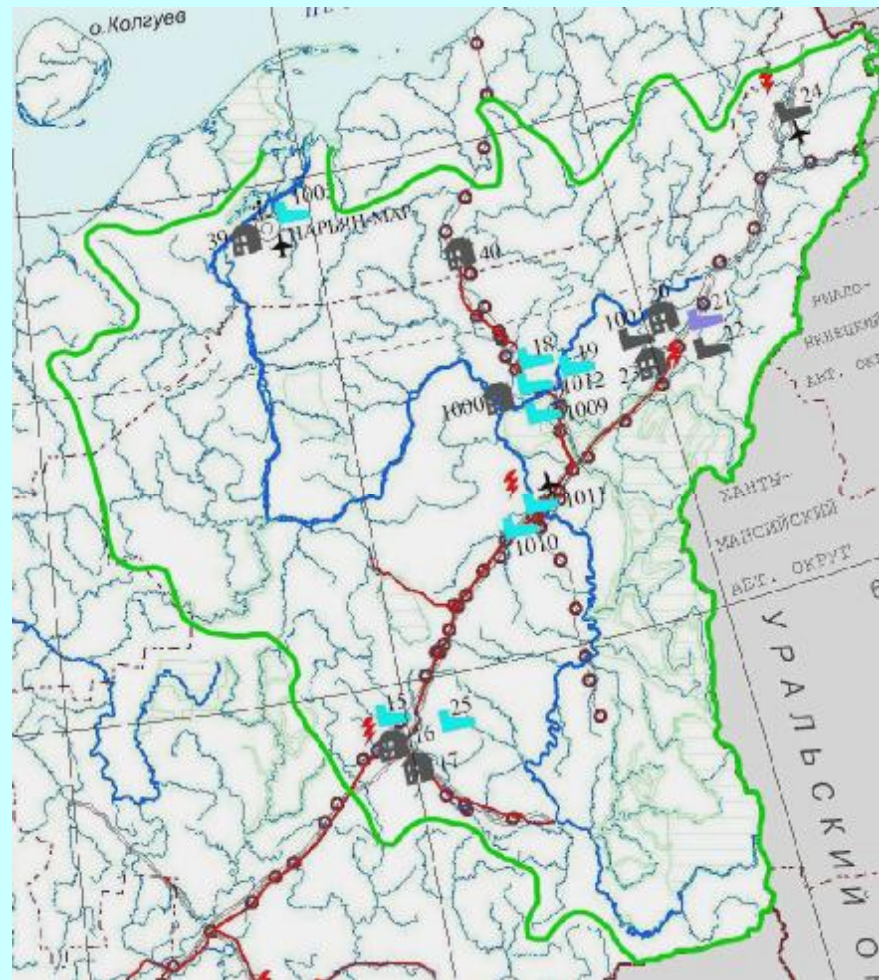
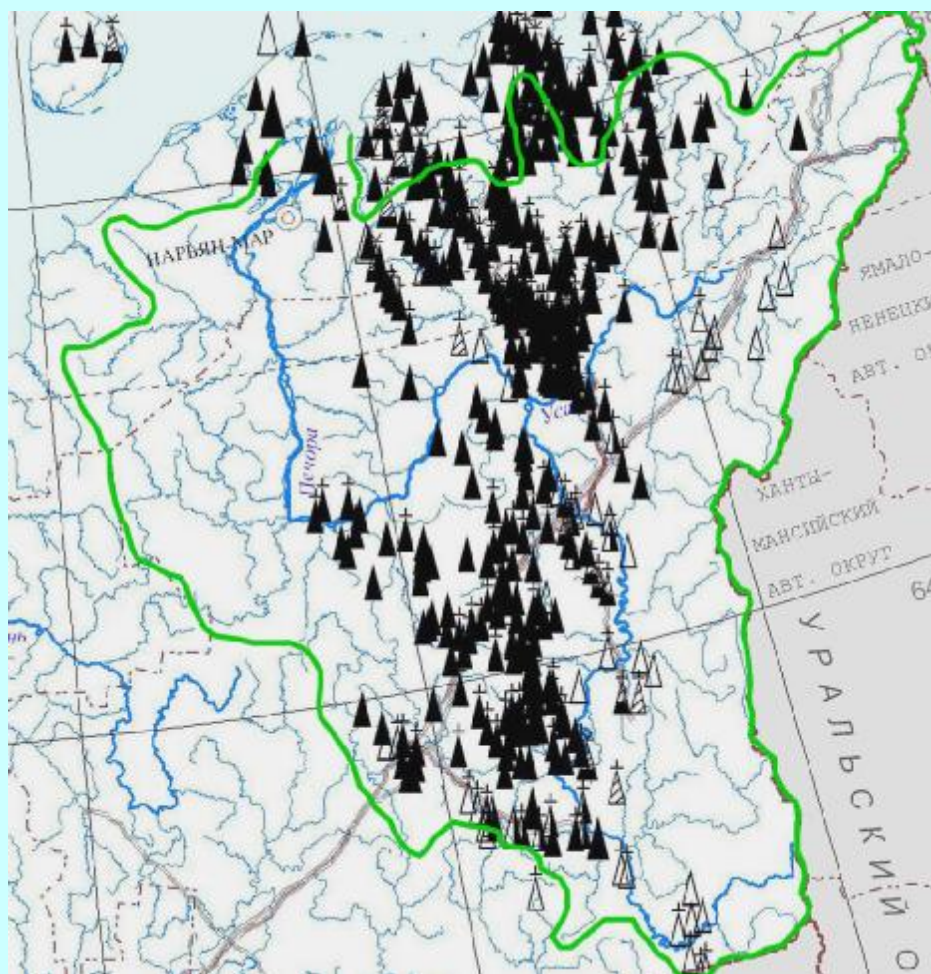
**Ожидаемое изменение стока реки Печоры по отношению к значениям базового климатического периода 1981-2000 гг. %**

<b>Период</b>	<b>2011-2030 гг.</b>	<b>2031-2050 гг.</b>
<b>Год</b>	<b>5</b>	<b>7-10</b>
<b>Весна</b>	<b>0-5</b>	<b>5</b>
<b>Зима</b>	<b>15-30</b>	<b>30-40</b>
<b>Летне-осенний</b>	<b>5-15</b>	<b>15-25</b>

# Загрязняющие вещества



# Карты месторождений углеводородного сырья, его добычи и транспортировки



Приоритетными загрязняющими веществами были выбраны: соединения меди (Cu), цинка (Zn), ртути (Hg), фенолы, нефтяные углеводороды.

За последние 20 лет наблюдений кратность превышения ПДК достигала по:

- углеводородам **нефтяного происхождения**, до 68 ПДК в воде устья р.Печора и 124 ПДК в воде р.Ухта;
- **фенолам**, в воде верхних участков р.Печора и рек Колва, Ижма, Воркута 47 - 65 ПДК;
- соединениям **меди** 32 - 90 ПДК в воде рек Уса, Воркута, Ижма, Колва, Кожва и верхних участков р.Печора.

## Основные загрязняющие вещества в створе Оксина при различных фазах гидрологического режима

Фаза гидрологического режима	Расход, м <sup>3</sup> /с	раз ПДК						
		НУВ	Al	Hg	Fe	Mn	Cu	Zn
Зимняя межень	787	0,12	0,5	2	10,7	8,6	2	0,6
Подъем весеннего половодья	11300	18	2	5	29	18	<1	<b>3,1</b>
Пик весеннего половодья	27500	<b>30</b>	<b>7,25</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<1	1,8
Спад весеннего половодья	17200	24	4,25	9	<b>43</b>	14	<1	2,3
Летняя межень	5800	0,64	0,5	1	7,4	5,3	<b>20</b>	4,2

## Среднегодовой вынос загрязняющих веществ р. Печора, д. Оксино

- Нефтепродукты: от 1,91 до 218 тыс.т
- Фенолы: от 0,001 до 0,480 тыс.т
- Хлорорганические пестициды:
  - α-ГХЦГ – до 0,172 т, γ-ГХЦГ до 0,447 т
- Медь: до 499 т
- Цинк: до 3600 т
- Никель: до 61,6 т
- Свинец: до 144 т
- Кадмий: до 30,3 т
- Ртуть: до 3,3 т

Анализ факторов, которые приведут к изменению выноса загрязняющих веществ р. Печорой в океан при изменении климата показал, что параметры миграции **тяжелых металлов** на водосборе реки к 2050 г. практически не изменятся и их вынос возрастет приблизительно пропорционально увеличению водного стока.

Поскольку основной вынос тяжелых металлов происходит весной, а, также учитывая то, что с повышением температуры их коэффициент распределения в системе "поверхностный сток – почва" в большинстве случаев увеличится, можно ожидать его 5% увеличения.

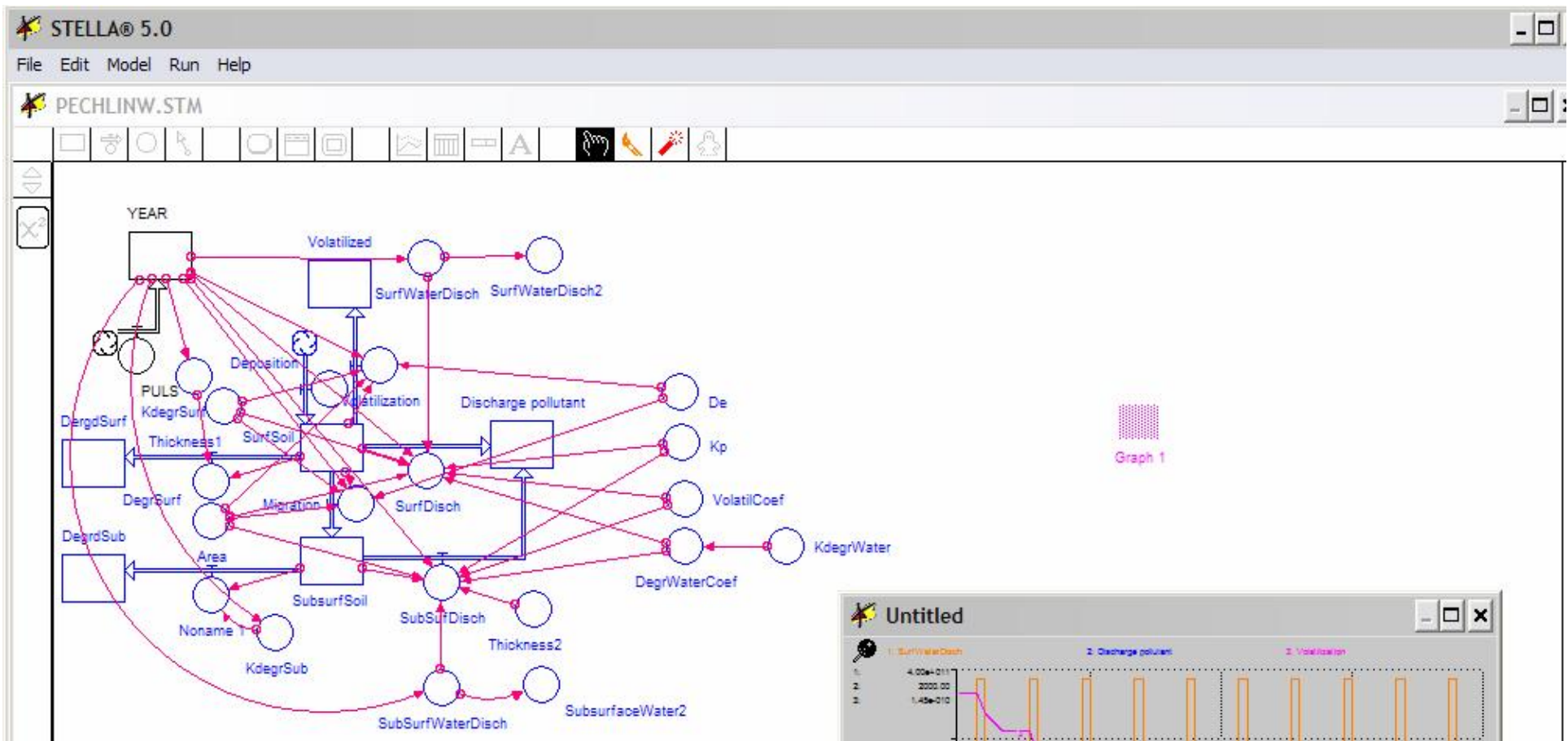
# Процессы, определяющие вынос органических загрязняющих веществ

## 1. Процессы, ведущие к снижению выноса загрязняющих веществ

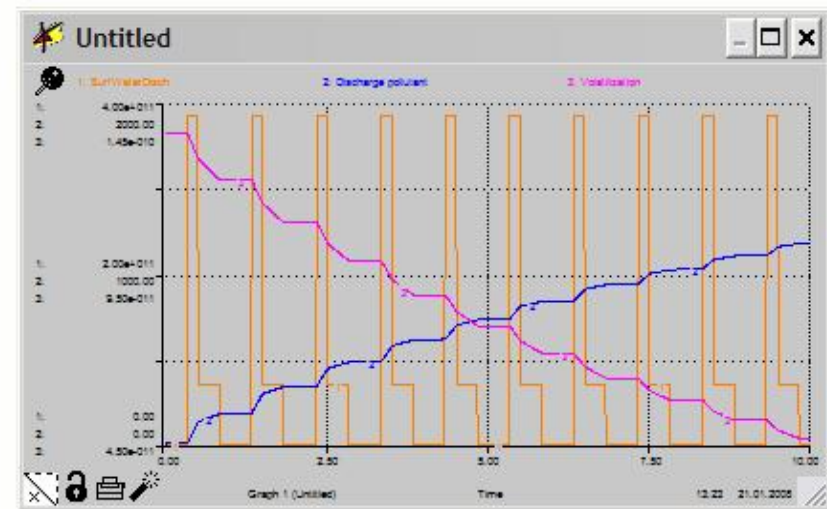
- *Возрастание скорости разложения в почвах и водотоках*
- *Возрастание скорости испарения из почв и водотоков*
- *Возрастание скорости вертикальной миграции в почвах*

## 2. Процессы, ведущие к возрастанию выноса загрязняющих веществ

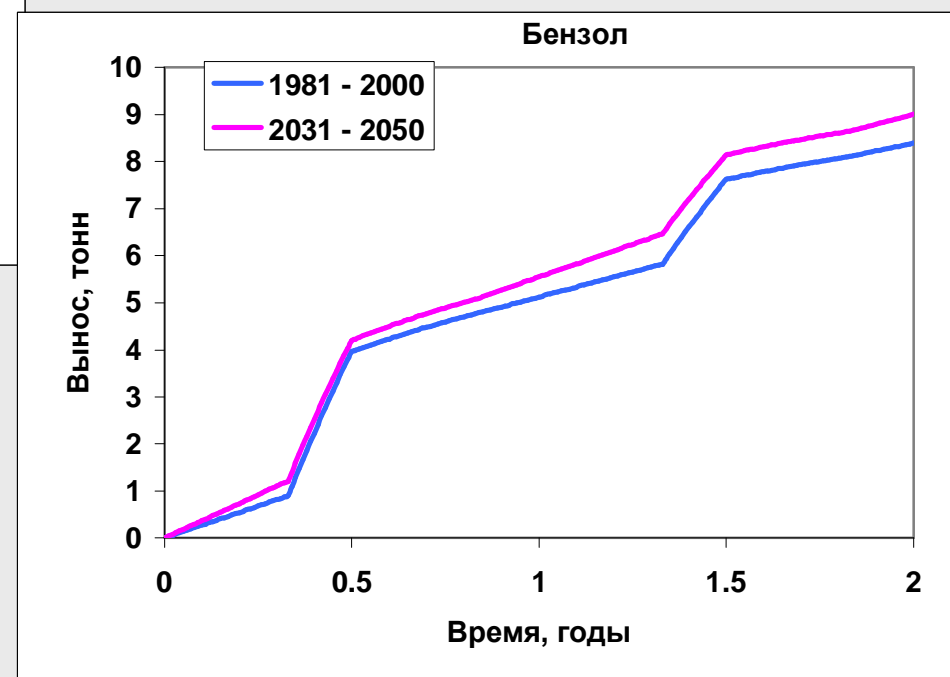
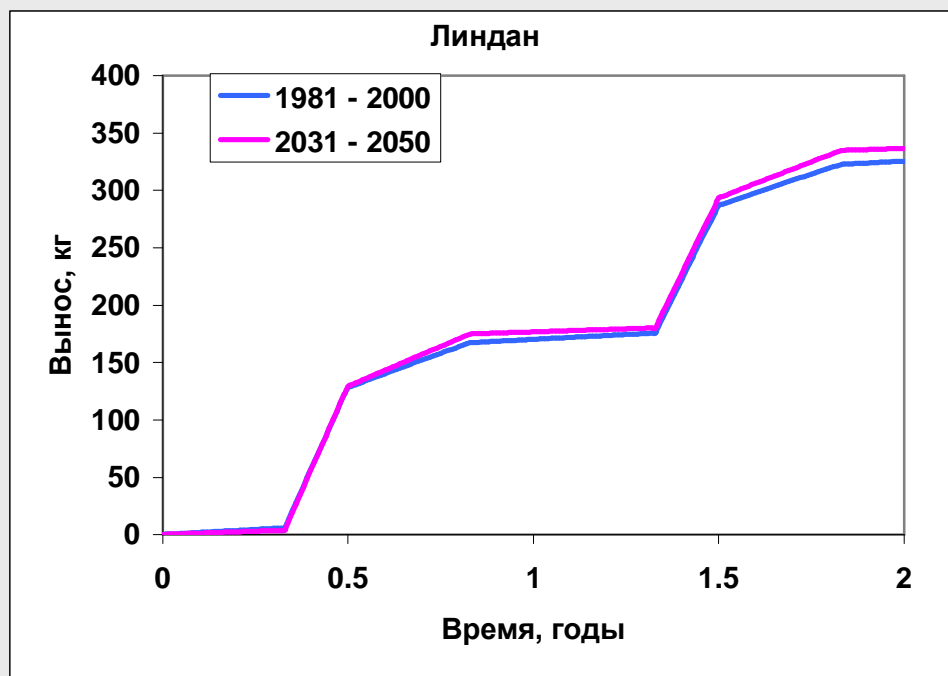
- *Увеличение водного стока и стока наносов*



Водосбор представлен двумя слоями почвы. Модель описывает разложение, испарение и вертикальную миграцию ЗВ. Вынос ЗВ рассчитывается как произведение водного стока на частное от деления концентрации в слое почвы на коэффициент распределения.



Расчеты выполнялись для двух сценариев – современного климата и климата 2050 г. при максимальном прогнозируемом потеплении.



Спасибо за внимание

