



Углеводы в поверхностных водах Карелии и их связь с содержанием биогенных и органических веществ

Ефремова Татьяна Алексеевна, м.н.с., лаборатории
гидрохимии и гидрогеологии,
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

Петрозаводск, 2023 г.

Исследованные озёра и водотоки Карелии с 2011 по 2020 г.



Методы определения



- Углеводы – фотометрическое определение с L-триптофановым реактивом, адаптированное к поверхностным водам с повышенным содержанием гумусовых веществ в воде;
- NH_4^+ – фотометрическим индофенольным методом;
- NO_3^- – восстановлением на кадмиевом редуторе и с последующим анализом нитритов с сульфаниламидом и N-(1-нафтил)-этилендиамина дигидрохлоридом;
- $\text{N}_{\text{общ.}}$ – персульфатным окислением в щелочной среде;
- $\text{P}_{\text{общ.}}$ – персульфатным окислением и последующим анализом фосфора минерального ($\text{P}_{\text{мин.}}$); $\text{P}_{\text{мин.}}$ – фотометрическим методом Морфи и Райли;
- ПО – в кислой среде по Кубелю;
- ХПК – титриметрическим методом;
- БПК₅ – скляночным методом;
- хлорофилл *a* – спектрофотометрическим.

(Аналитические, кинетические и расчетные методы в гидрохимической практике / Под ред. П.А. Лозовика, Н.А. Ефременко. – Спб.: Нестор-История, 2017. – 272 с.)

Источники поступления органического вещества (ОВ) природных вод:

Автохтонное

Продукционно-деструкционные процессы в самом водоеме

Углеводы, липиды, белки, летучие органические кислоты и др.

Аллохтонное

- Поступление с водосборной территории
- Со сточными водами

Соединения гумусовой природы (фульвовые и гуминовые кислоты и их соли)

Содержание углеводов в поверхностных водах Карелии

Варьирует от 0,7 до 53,1 мг/л и
в среднем составляет 3,3 мг/л.

Доля углеводов от общего содержания ОВ в среднем
составляет 16%.

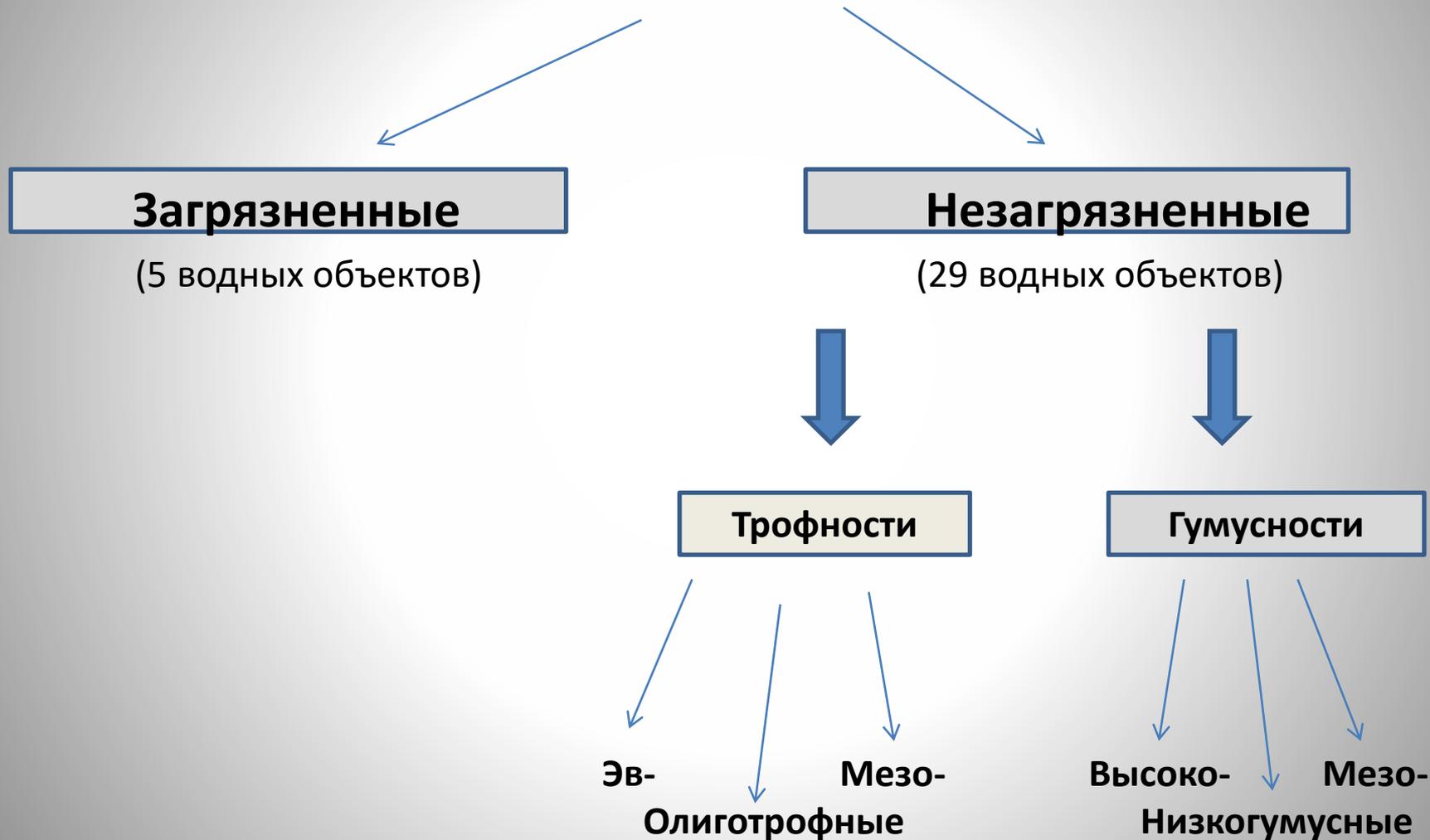
Диапазон содержания ОВ в исследуемых водах Карелии по
косвенным показателям:

ХПК – 7,6–529,3 (в среднем 27,5 мгО/л);

ПО – 2,1–202,2 (в среднем 20,5 мгО/л),

БПК₅ – 0,1–37,9 (в среднем 1,7 мгО/л).

Исследуемые водные объекты Карелии

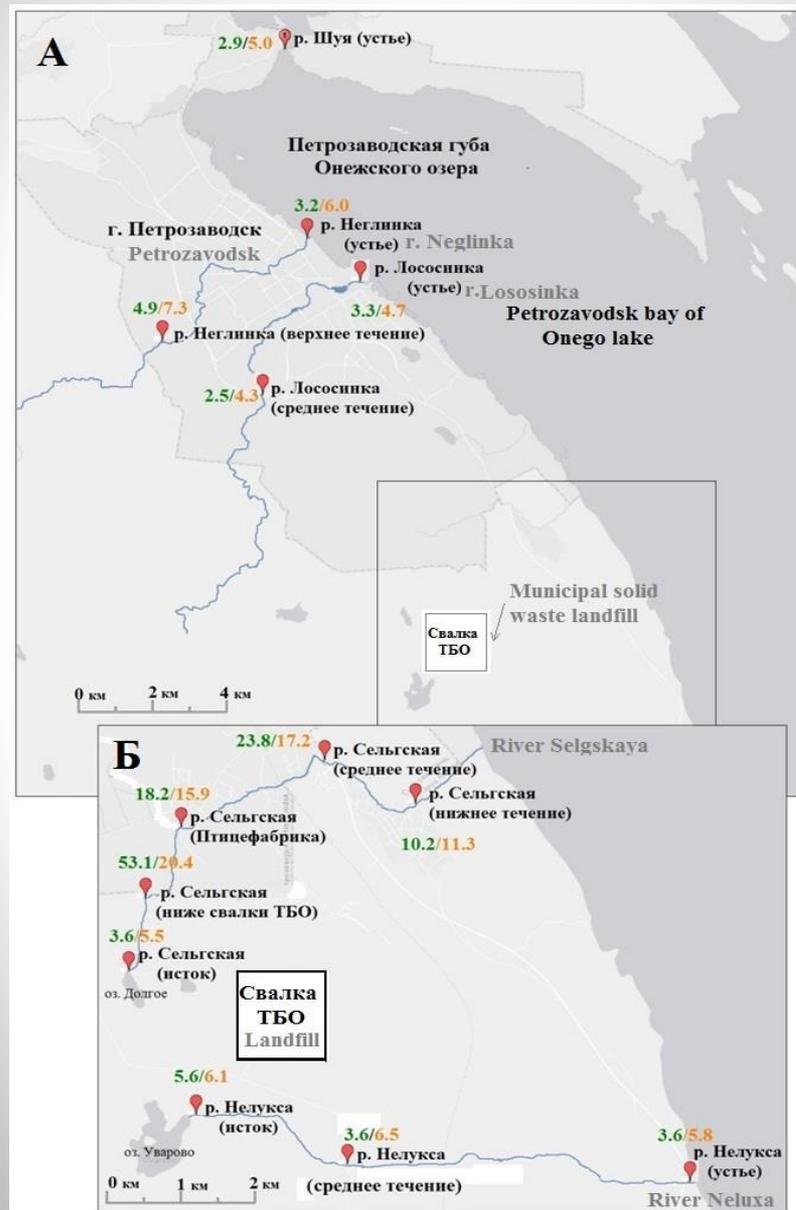


Кратность превышения предельно допустимых концентраций по некоторым показателям содержания биогенных и органических веществ в загрязнённых водных объектах Карелии (среднее значение)

Объекты	ПО	БПК ₅	P _{мин}	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
Кондопожская губа Онежского оз.	2ПДК	1,1ПДК	—*	—	—	—
Оз. Крошнозеро	3ПДК	1,1ПДК	—	—	—	—
Оз. Святозеро	1,5ПДК	—	—	—	—	2ПДК
Р. Сельгская	30ПДК	4ПДК	4ПДК	5ПДК	—	—
Р. Неглинка	5ПДК	1,1ПДК	—	1,1ПДК	—	—

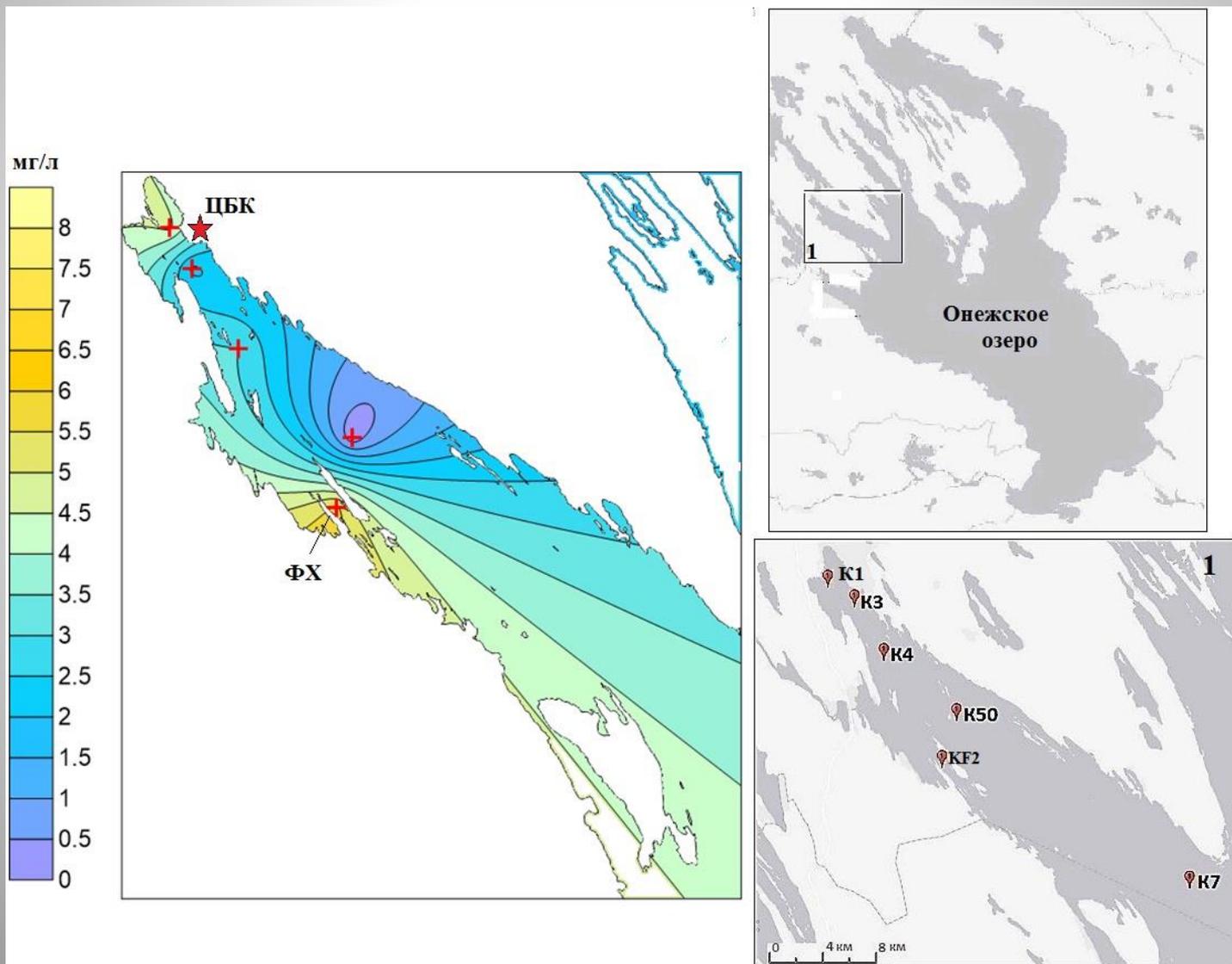
Примечание: * – превышений по ПДК не выявлено.

Пространственное распределение углеводов в реках подверженных антропогенному воздействию в летний (числитель) и осенний (знаменатель) сезоны 2020 г.



А – городские стоки;
Б – фильтрационные воды полигонов захоронения отходов.

Распределение содержания углеводов (мг/л) в зимний период 2022 г. в поверхностном горизонте Кондопожской губы Онежского озера



«цветение» воды

Оз. Святозеро (углеводы - 11.0 мг/л)



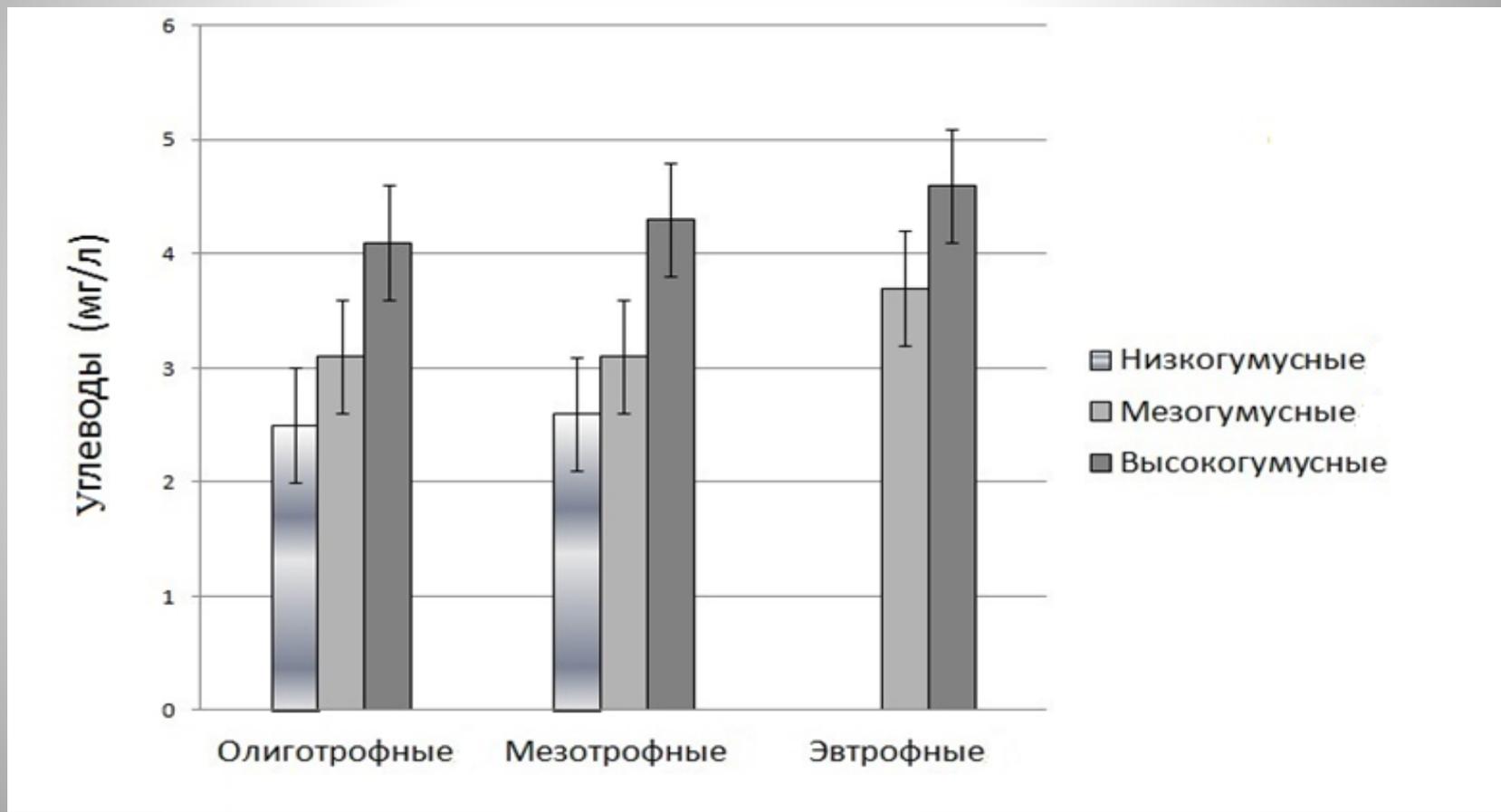
Средние, максимальные и минимальные концентрации углеводов в загрязнённых и незагрязнённых поверхностных водах Карелии

Показатель	Углеводы, мг/л	
	незагрязнённые	загрязнённые
Среднее значение mean	3,1 ^{+0,20*} _{-0,22}	4,2 ^{+1,13} _{-1,53}
min	0,80	0,70
max	7,3	53,1
Количество проб, N	157	37

*Примечание: * – доверительный интервал.*

Для определения статистически значимой разницы в содержании углеводов в загрязнённых и не загрязнённых водах был применен независимый *t*-test. ПО Sofa statistics 1.4.6 (<http://www.sofastatistics.com>).

**Содержание углеводов в зависимости от уровня трофии и гумусности в водных объектах Карелии с 2011 по 2020 гг.
(размах показывает доверительный интервал с вероятностью 0,95)**



ПО Sofa statistics 1.4.6, тест ANOVA

Корреляционная матрица между содержанием углеводов и косвенных показателей органического вещества в исследованных водных объектах Карелии

Показатель	ПО	ХПК	БПК ₅	Хлорофилл <i>a</i>
Углеводы в чистых природных водах	$p=7,69e^{-12}$ R=0,64 n=91	$p=5,99e^{-15}$ R=0,56 n=155	p=0,96 R=0,01 n=103	p=0,20 R=0,17 n=59
Углеводы в загрязненных водах	$p=1,64e^{-7}$ R=0,87 n=22	$p=1,64e^{-9}$ R=0,90 n=24	$p=3,66e^{-8}$ R=0,91 n=20	$p=5,05e^{-3}$ R=0,78 n=11

Примечание: * *p* – жирным выделены статистически значимые связи ($p < 0.05$);
 ***R* – коэффициент корреляции; *** *n* – количество проб.

Для поиска связей между показателями использовался параметрический *тест Пирсона*.

Корреляционная матрица между концентрацией углеводов и содержанием биогенных веществ в исследованных водных объектах Карелии

Показатель	Аммоний	Нитраты	Нитриты	Фосфор общий	Фосфор минеральный
Углеводы в незагрязненных водах	$p^*=2,52e^{-3}$ **R=0,27 n=113	p=0,09 R=-0,16 n=117	p=0,47 R=-0,08 n=74	$p=1,64e^{-8}$ R=0,43 n=154	$p=1,49e^{-8}$ R=0,51 n=111
Углеводы в загрязненных водах	$p=8,33e^{-7}$ R=0,80 n=26	p=0,02 R=0,45 n=26	$p=2,83e^{-7}$ R=0,86 n=21	$p=7,77e^{-11}$ R=0,91 n=27	$p=8,23e^{-4}$ R=0,69 n=21

*Примечание: * p – жирным выделены статистически значимые связи ($p < 0.05$);
R – коэффициент корреляции; *N – количество проб.*

Связь углеводов с содержанием биогенных и органических веществ в поверхностных водах Карелии

- В чистых природных водах они характеризовались как:
 - отсутствие** – с БПК₅ и нитритами;
 - слабая** – с аммонием, нитратами и хлорофиллом *a*;
 - умеренная** – с общим и минеральным фосфором;
 - заметная** – с ПО и ХПК.
- В загрязнённых природных водах Карелии:
 - умеренная** – с нитратами;
 - высокая** – с хлорофиллом *a*, ХПК, ПО, фосфором минеральным, нитритами;
 - весьма высокая** – с БПК₅ и общим фосфором.

Заключение

Содержание и распределение углеводов в поверхностных водах зависит как от природных факторов (трофности, гумусности), так и антропогенных, таких как антропогенное эвтрофирование, влияние форелевых хозяйств, сброс сточных вод ЦБК, попадание фильтрационных вод полигонов захоронения отходов и городские стоки.

Установлено, что содержание углеводов увеличивается совместно с такими показателями качества воды как БПК₅, ХПК, ПО, хлорофилл *a*, P_{мин.}, P_{общ.} и NH₄⁺. В особенности эти связи ярко проявляются в загрязнённых водных объектах, где отмечаются самые высокие значения коэффициента корреляции между ними.

Выявлено, что концентрация углеводов в загрязнённых водоёмах Карелии в 1,4 раза выше, чем в незагрязнённых.

Таким образом, углеводы, являясь одним из основных компонентов автохтонного ОВ, отражают, как органическое, так и биогенное загрязнение воды, а их содержание в воде – может выступать в качестве комплексного индикатора этих видов загрязнений.

Спасибо за внимание!