

**Республиканская конференция-конкурс молодых исследователей  
имени академика В.П. Ларионова «Инникигэ хардыы» –  
Professor V.P. Larionov «A step into the Future» Science Fair»**

## **Видовой состав и таксономическая структура альгофлоры водоемов ресурсного резервата «Кэнкэмэ»**



**Автор:** Бецанич Илья Андреевич  
Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск  
МОБУ «СОШ №25», 11А класс

**Научный руководитель:** Слепцова Варвара  
Петровна, учитель биологии МОБУ «СОШ  
№25»

**Научный консультант:** Копырина Любовь  
Иннокентьевна, с.н.с, к.б.н ИПБК СО РАН г.  
Якутск, Республика Саха (Якутия)

**Актуальность работы:** бассейн Средней Лены с точки зрения биоразнообразия водоемов природных парков Республики Саха (Якутия) изучен недостаточно.

Фитопланктон является важнейшей экологической группой в гидробиоценоза водоемов различного типа, основной продуцент первичного органического вещества, на базе которого существует все живое в водоеме. Анализ состава и структуры фитопланктона определяются не только наличием или отсутствием определенных видов, но и степенью их количественного развития. Изучение таких статистических характеристик, как видовой состав, численность, биомасса, распределение водорослей в водоеме имеет большое практическое значение. В настоящее время водоросли фитопланктона реки Кенкеме и озеро Аппа-Анны изучаются с 2019 г.



**Цель работы:** изучение таксономического состава водорослей и оценка качества воды реки Кенкеме и озера Аппа-Анна.

**Задачи:**

1. Выявить видовой состав водорослей фитопланктона и фитоперифитона;
2. Подсчитать численность и биомассу водорослей;
3. Провести таксономический, эколого-географический анализы водорослей.
4. Дать санитарно-биологическую характеристику исследованных водоемов.

**Научная новизна:** впервые начаты мониторинговые исследования водорослей фитопланктона и фитоперифитона р. Кенкеме и оз. Аппа-Анна. Выявлен видовой состав водорослей фитопланктона и фитоперифитона, включающий 153 видов водорослей. В обрастаниях Рдеста стеблеобъемлющего найдены редкие для альгофлоры Якутии виды из отдела Стрептофита (Streptophyta) – *Draparnaldia glomerata* (Vauch.) Ag., *Micrasterias radiata var. pseudocrux* Grönbl., *Xantidium fasciculatum* Ehr. известных из бассейнов рек Лена, Вилюй, Алдан, Яна и Индигирка.

**Практическая ценность:** полученные данные существенно дополнили систематический список водорослей водоемов Якутии. Результаты исследований могут быть использованы при составлении региональных списков, конспектов, определителей водорослей, в комплексных экологических исследованиях, при планировании и проведении природоохранных мероприятиях в регионе. Собранный материал является основой для закладки мониторинговых наблюдений за альгофлорой р. Кенкеме и оз. Аппа-Анна ресурсного резервата "Кэнкэмэ".

## **Апробация:**

1. Бецанич И. А. Видовой состав и таксономическая структура альгофлоры водоёмов ресурсного резервата «Кэнкэмэ» Республики Саха (Якутия) // Сборник тезисов VIII Всероссийской научно-инновационной конференции школьников “Открой в себе учёного - 2021”. - Санкт-Петербург, 2021. - С. 11-12.
2. Бецанич И. А. Видовой состав и таксономическая структура альгофлоры водоёмов ресурсного резервата «Кэнкэмэ» Республики Саха (Якутия) // Сборник тезисов IX Всероссийской научно-инновационной конференции школьников “Открой в себе учёного - 2022”. - Санкт-Петербург, 2022. - С. 18-22.
3. Бецанич И. А. Видовой состав и таксономическая структура альгофлоры водоёмов ресурсного резервата «Кэнкэмэ» Республики Саха (Якутия) // Республиканский журнал “Юность Севера: Arctic Ideas” - 2022. - Якутск, 2022. - С. 16-18.

# Физико-географическая характеристика района исследования

Ресурсный резерват «Кэнкэмэ» создан Постановлением Правительства РС (Я) от 6 марта 1996 г. №95 на территории г. Якутска. Ресурсный резерват расположен на Центрально - Якутской равнине, территория резервата относится к бассейну р. Кенкеме, являющейся левым притоком 1 порядка р. Лены между административными границами Горного и Намского районов.

Кенкеме – типичная равнинная река, её русло песчаное, глубоко врезанное с крутыми берегами. По берегам произрастают густые еловые леса, которые чередуются со светлыми сосновыми борами и березняками. Летом река Кенкеме сильно мелеет и для сплава непригодна. Самое удачное время для путешествия – весеннее половодье. Река Кенкеме (Кенгкеме) (река Кэнкэмэ) – левый приток реки Лены. Длина – 589 км (от истока Ыагас-Ыйаабыт – 627 км), площадь бассейна – 10 000 км<sup>2</sup>. Берёт начало двумя истоками: Ыагас-Ыйаабыт и Ёлэнг-Юрэгэ на северо-восточной окраине Приленского плато; низовья – на Центрально-Якутской низменности. Питание снеговое и дождевое. Зимой перемерзает.

Температура воды в летний период (июнь, 2019 г.) составляла 19,6 °С, прозрачность 0,85 м; в осенний период (сентябрь, 2020 г.) – 14,4 °С; прозрачность до дна, рН - 7,7, в начале зимы (октябрь, 2021 г.) – 4,4 °С; в другой летний период (июнь, 2022 г.) - 20,4 °С, прозрачность до дна, рН – 8; в последний период сбора проб (октябрь, 2022 г.) - 4,9 °С, прозрачность до дна, рН – 7,37.



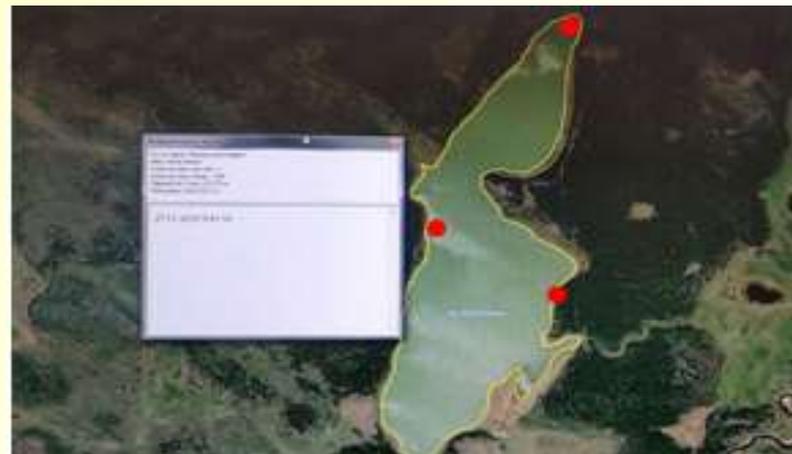
**Координаты: 61° 59'46" с. ш.  
127° 19'02" в. д.**

На территории ресурсного резервата «Кэнкэмэ» расположено множество озер – стариц, есть и немногочисленные термокарстовые озера – аласы.

Озеро Аппа-Анна старичного происхождения, расположено в левобережной части долины р. Кенкеме, ранее состояло из двух озер и в конце 90-х годов их соединили в одно большое озеро. Озеро представляет собой стоячий водоем овально-вытянутой формы, длиной около 1 км, шириной до 500 м, глубиной до 2 м. Дно покрыто илом с примесью песка. Во время отбора проб температура воды в 2020 г. (сентябрь) составила 13,6°C, воздуха 5°C, прозрачность воды до 0,35 м. В октябре 2021 температура воды составила 3,8°C, температура воздуха -2°C.

По нашим наблюдениям вся прибрежная поверхность воды была покрыта зеленоватой пленкой. Из высших водных растений в воде произрастают – пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris* L.), рдест стеблеобъемлющий (*Potamogeton perfoliatus* L.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), в мелководьях – хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), клубнекамыш приморский (*Bolboschoenus maritimus* L.), рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.) и др.

Исследование водорослей фитопланктона р. Кенкеме и оз. Аппа-Анна проводилось в четырёх станциях в июне 2019 г., в сентябре 2020 г., в октябре 2021 г. и в июне, октябре 2022 г.



Координаты: 62° 12'29"N 129° 6'27"E

## Материал и методы исследования

Всего за 4 года собрано 58 проб воды на количественный и качественный состав водорослей фитопланктона и фитоперифитона (соскоб с высших водных растений). При проведении полевых исследований на всех точках отбора проб воды проведены краткая характеристика водных объектов, измерения температура воды, воздуха и прозрачности воды.

Отбор проб на качественный состав произведен планктонной сетью Апштейна, Пробы фитопланктона фиксировались 40 %-м раствором формальдегида в соотношении 1:10. Определение видового состава проводилось на фиксированном материале в лагере на участке «Кэнкэмэ» и в последующем в лаборатории флористики, геоботаники и мерзлотного лесоведения ИБПК СО РАН под руководством к.б.н, с.н.с Л.И. Копыриной.

Для санитарно-биологической характеристики исследованных водных объектов использован расчет индекса сапробности Пантле и Букка и атлас «Атлас водорослей – индикаторов сапробности».



# Параметры исследованных водных объектов ресурсного резервата "Кенкеме"

При проведении полевых исследований на всех точках отбора проб воды проведены краткая характеристика водных объектов, измерения температура воды, воздуха, прозрачности воды, Ph среды, солености, минерализации и электропроводности.

Водные объекты	Дата отбора проб	Температура		Прозрачность	pH	ORP ОВП мВ, (милливольт)	Cond Ec (См, мкСм)	Размеры		
		Воздуха	Воды					Длина (км)	Ширина (м)	Глубина (м)
Река Кэнкэмэ	25.06.2019	29	19,6	0,85	-	-	-	589	5	1,2
	20.09.2020	10	13,3	До дна	7,7	-	255	-	7	1,4
	01.10.2021	-2	4,4	До дна	7,8	-	-	-	-	1,1
	24.06.2022	28,1	20,4	До дна	8	205	158	-	-	-
	29.10.2022	-2	4,9	До дна	7,37	182	310	-	12	1,8
Озеро Аппа-Анна	26.06.2019	24,4	22,6	0,3	8,9	-	-	1	500	2
	20.09.2020	5	13,6	0,35	9,6	-	217	-	-	-
	01.10.2021	-2	3,8	0.35	9	-	-	-	-	-
	24.06.2022	34	24,8	0,2	9,77-10,1	162-172	224-345	-	-	-
	29.10.2022	-4	4,3	0,3	8,95	170	50,9	-	-	-

Примечание: pH – измерение щелочности и кислотности среды; Огр ОВП – окислительно-восстановительный потенциал; Cond Ec – электропроводность.

Расчет численности и биомассы проведен счетно-объемным методом. Дальнейший пересчет численности организмов на 1 л воды производился по формуле:

$$N = k \cdot n \cdot \left( \frac{A}{a} \right) \cdot v \cdot \left( \frac{1000}{V} \right),$$

Где  $N$  – количество организмов на 1 л. воды исследуемого водоёма;

$k$  – коэффициент, показывающий во сколько раз объём счётной камеры меньше 1 см<sup>3</sup>;

$n$  – количество организмов, обнаруженных на просмотренных квадратах;

$A$  – количество квадратов в счётной камере;

$a$  – количество квадратов, на которых производится подсчёт водорослей;

$V$  - первоначальный объём собранной пробы (см<sup>3</sup>);

$v$  - объём пробы после её концентрирования (см<sup>3</sup>);

Для санитарно-биологической характеристики озера использовали расчет индекса сапробности Пантле и Букка:

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h}$$

### Значение индекса сапробности

Класс качества воды	Степень загрязнённости воды	Зона	Значение индекса сапробности
1	Очень чистые	ксеносапробная	До 0,50
2	Чистые	олигосапробная	0,50-1,50
3	Умеренно загрязнённые	а- мезосапробная	1,51-2,50
4	Загрязнённые	β-мезосапробная	2,51-3,50
5	Грязные	полисапробная	3,51-4,00
6	Очень грязные	полисапробная	Больше 4,00

# Таксономический состав водорослей фитопланктона р. Кенкеме за 2019-2022 гг.

Отдел	Число					% от общего числа видов
	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид / внутривидовой таксон	
Суанобактерия – синезелёные	1	3	3	3	5	7,4
Ochromytha - золотистые	1	1	1	1	1	1,5
Bacillariophyta - диатомовые	3	13	19	34	50/51	75
Rhodophyta - красные	1	1	1	1	1	1,5
Chlorophyta - зеленые	2	2	4	5	6	8,8
Charophyta (Streptophyta) - Харовые	1	2	2	2	4	5,8
<b>Всего:</b>	9	22	30	46	67/68	100

# Видовой состав альгофлоры и экологии р. Кенкеме 2019-2022 гг.

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>CYANOBACTERIA</b> Cyanophyceae Chroococcales Microcystaceae	1. <i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	P	i	-	k	-	-	+	+	+
	2. <i>Microcystis novacekii</i> (Komárek) Compère (= <i>Microcystis aeruginosa</i> f. <i>marginata</i> (Meneghini) Elenkin)	P	i	-	k	-	-	+	-	-
	3. <i>Microcystis pulverea</i> (H.C.Wood) Forti	P	i	-	k	-	-	+	-	-
Synechococcales Chamaesiphonaceae	<b>4. <i>Chamaesiphon incrustans</i> Grun.*</b>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Oscillatoriales Oscillatoriaceae	5. <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	B	hl	-	k	-	-	+	-	-
<b>OCHROPHYTA</b> Chrysophyceae Chromulinake Dinobryonaceae	6. <i>Pseudokephyrion</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>BACILLARIOPHYTA</b> Mediaphyceae Stephanodiscales Stephanodiscaceae	7. <i>Cyclotella</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	8. <i>Stephanodiscus astraea</i> (Kützing) Grunow	P	i	alb 5,5-9	k	-	-	+	-	-
Coscinodiscophyceae Aulacoseirales Aulacoseiraceae	9. <i>Aulacoseira valida</i> (Grunow) Krammer (= <i>Melosira italica</i> var. <i>valida</i> )	P	i	alb	a-a	-	+	-	-	-

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>Melosirales</b> <b>Melosiraceae</b>	<i>10. Melosira varians</i> C.Agardh	P-B	hl	alf 5-9	k	-	+	+	-	+
<b>Bacillariophyceae</b> <b>Fragilariales</b> <b>Fragilariaceae</b>	<i>11. Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	P	i	alf	k	+	+	-	+	-
	<i>12. Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot (= <i>Fragilaria intermedia</i> (Grun.) Grun.)	-	hl	-	-	-	+	-	-	-
	<i>13. Fragilariforma bicapitata</i> (A.Mayer) D.M.Williams & Round	B	hb	ind	b	-	+	-	-	-
	<i>14. Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round	P-B	i	ind 6,8	a-a	+	+	-	+	+
	<i>15. Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing (= <i>Diatoma hyemalis</i> (Roth) Heiberg)	P-B	hb	ind 6,5-7,5	a-a	-	-	+	-	-
<b>Tabellariales</b> <b>Tabellariaceae</b>	<i>16. Asterionella formosa</i> Hassll	P	i	alf 7,4	k	-	+	-	-	-
	<i>17. Diatoma vulgare</i> Bory	P-B	i	ind 6,2-7,5	k	+	-	-	-	-
	<i>18. Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	P-B	hb	acf	k	-	+	-	-	+
	<i>19. Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	P-B	hb	alf 5-7	a-a	+	-	-	-	-
<b>Licmophorales</b> <b>Ulnariaceae</b>	<i>20. Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) R.M. Patrick	B	i	alf	a-a	+	+	-	-	+
	<i>21. Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	P	i	alb	k	-	-	+	-	-
	<i>22. Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	B	i	alf 5 – 9,2	k	+	+	+	+	+
	<i>23. Tabularia tabulata</i> (C.Agardh) Snoeijis	B	mh	ind	k	-	+	-	-	-

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>Naviculales</b> <b>Naviculaceae</b>	24. <i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	B	i	alb 6,3 – 9	k	-	+	+	-	+
	25. <i>Cosmioneis pusilla</i> (W.Smith) D.G.Mann & A.J.Stickle (= <i>Navicula pusilla</i> W.Sm)	B	hl	ind	k	-	+	-	-	-
	26. <i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	B	i	alf	k	-	-	+	-	-
	27. <i>Navicula radiosa</i> Kütz.	B	mh	alf	k	+	+	+	+	+
	28. <i>Navicula pusilla</i> var. <i>jacutica</i> Kisseleva	-	hl	ind	b	-	-	+	-	-
	29. <i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	B	i	ind 6,1	k	-	+	+	-	-
	30. <i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	B	i	ind	k	-	+	+	-	-
<b>Neidiaceae</b>	31. <i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	B	hb	ind	b	-	-	+	-	-
<b>Pinnulariaceae</b>	32. <i>Pinnularia lata</i> (Brébisson) W.Smith	B	i	acf	b	-	-	+	-	-
	33. <i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	B	i	ind	k	-	-	+	-	-
<b>Sellaphoraceae</b>	34. <i>Sellaphora</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Cocconeidales</b> <b>Achnanthidiaceae</b>	35. <i>Planothidium minutissimum</i> (Krasske) E.A. Morales	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Cocconeidaceae</b>	36. <i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	B	hl	alf	k	+	+	+	+	+
<b>Eunotiales</b> <b>Eunotiaceae</b>	37. <i>Eunotia groenlandica</i> Nörpel-Schempp & Lange-Bertalot (= <i>Eunotia fallax</i> var. <i>gracillima</i> )	B	hb	ind	k	-	+	-	-	-
	38. <i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow	B	hb	ind	k	-	+	+	+	+

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>Cymbellales</b> <b>Cymbellaceae</b>	39. <i>Cymbella cistula</i> (Ehr.) Kirchn.	B	i	alf	k	+	+	-	+	+
	40. <i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	B	i	alf 6,8 – 9	k	-	+	-	-	-
	41. <i>Cymbopleura laticapitata</i> (Krammer) Kulikovskiy & Lange-Bertalot (= <i>Cymbopleura naviculiformis</i> var. <i>laticapitata</i> Krammer)	B	i	ind	b	-	+	-	-	-
<b>Rhoicospheniaceae</b>	42. <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Gomphonemataceae</b>	43. <i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	B	i	alb	k	-	+	-	-	-
	44. <i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	B	i	alf 7,5 – 8	b	+	-	-	-	-
	45. <i>Gomphonema productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E. Reichardt	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	46. <i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	+	-	-	+
	47. <i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) Mart. Schmidt	B	i	ind	a-a	-	+	-	-	-
<b>Rhopalodiales</b> <b>Rhopalodiaceae</b>	48. <i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	-	-	-	-	-	+	+	+	+
	49. <i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O.Müller	-	-	-	-	-	+	+	+	+
	50. <i>Epithemia sorex</i> Kützing	B	hl	alf 5-9	b	-	-	+	-	-
<b>Bacillariales</b> <b>Bacillariaceae</b>	51. <i>Nitzschia sigmaidea</i> (Nitzsch) W.Smith	B	i	alb 6,2 – 8,8	b	-	+	-	-	-
	52. <i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	B	i	alf	k	-	+	-	-	-

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>Surirellales</b> <b>Surirellaceae</b>	53. <i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W.Smith	B	i	alf	b	-	+	+	-	-
	54. <i>Iconella biseriata</i> (Brébisson) Ruck & Nakov (= <i>Surirella biseriata</i> Brébisson)	B	i	alf 7 - 9	k	-	+	-	-	-
	55. <i>Iconella tenera</i> (W.Gregory) Ruck & Nakov (= <i>Surirella tenera</i> W.Gregory)	B	i	alf	k	-	-	+	-	-
	56. <i>Stenopterobia curvula</i> (W.Smith) Krammer	-	-	acf	-	-	+	-	-	-
	57. <i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	B	i	alb	b	-	-	+	-	-
<b>RHODOPHYTA</b> <b>Florideophyceae</b> <b>Acrochaetiales</b> <b>Acrochaetiaceae</b>	<b>58. <i>Audouinella pygmaea</i> (Kützing) Weber Bosse (<i>Chantransia leibleinii</i> Kütz.)*</b>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>CHLOROPHYTA</b> <b>Chlorophyceae</b> <b>Sphaeropleales</b> <b>Hydrodictyceae</b>	59. <i>Pediastrum duplex</i> Meyen	P	i	ind	k	-	-	+	-	-
	60. <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald (= <i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini)	P	i	ind	k	-	-	+	-	-
<b>Radiococcaceae</b>	61. <i>Radiococcus polycoccus</i> (Korshikov) Kostikov, Darienko, Lukesová & L.Hoffmann (= <i>Coenococcus polycoccus</i> (Korshikov) Hindák; <i>Sphaerocystis polycocca</i> Korshikov)	P	i	-	k	-	-	+	-	-
<b>Scenedesmaceae</b>	62. <i>Tetradismus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne (= <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing)	-	i	-	k	-	-	+	-	-
<b>Trebouxiophyceae</b> <b>Chlorolellales</b> <b>Chlorellaceae</b>	63. <i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz (= <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood)	P	i	ind	k	-	-	+	-	-
	64. <i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützing	B	oh	ind	k	-	-	-	+	-

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
CHAROPHYTA Conjugatophyceae Zygnematales Zygnemataceae	65. <i>Spirogyra fluviatilis</i> Hilse	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	66. <i>S. sp.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Desmidiiales Closteriaceae	67. <i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	B	i	-	k	-	+	-	-	-
	68. <i>Closterium sp.</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-

**Примечание:**

- Знаками отмечены: "\*" – редкие для альгофлоры Якутии виды

**Эколого-географическая характеристика:**

- **Приуроченность к местообитанию (Эко.):** P – планктонные; B – бентосные; P-B – планктонно-бентосные.
- **Галобность (Гал):** hl – галофил; i – индифферент; hb – галофоб; mh – мезогалоб.
- **pH приуроченность (pH):** ind – индифферент; alf – алкалифил; alb – алкалибионт; acf – ацидофил.
- **Географическая приуроченность (Гео):** k – космополит; а-а – аркто-альпийские; b – бореальные.

## Таксономический состав водорослей фитопланктона оз. Аппа-Анна за 2019-2022 гг.

Отдел	Число					% от общего числа видов
	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид / внутривидовой таксон	
Суанобacteria – Синезелёные	2	3	6	7	12	12,9
Ochrophyta – Золотистые	2	3	4	6	9	9,7
Bacillariophyta – Диатомовые	3	12	16	29	41	43,1
Charophyta – Харофитовые (Стрептофитовые)	1	2	3	9	14	15
Chlorophyta – Зеленые	3	6	7	10	11	11,8
Euglenophyta – Эвгленовые	1	1	2	3	4	4,3
Miozoa - Динофитовые	1	1	1	1	3	3,2
<b>Всего:</b>	13	28	39	65	93	100

# Видовой состав альгофлоры и экологии оз. Аппа-Анна 2019-2022 гг.

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>CYANOBACTERIA</b> <b>Chroococcophyceae</b> <b>Chroococcales</b> <b>Gomphosphaeriaceae</b>	1. <i>Gomphoshaeria lacustris</i> Chod.	P	i	-	k	+	-	-	-	-
<b>Microcystidaceae</b>	2. <i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	P	hl	-	k	+	+	+	+	+
	3. <i>Microcystis ichthyoblabe</i> Kütz.	-	i	-	k	-	+	-	-	-
	4. <i>Microcystis pulvereae</i> (H.C.Wood) Forti б.	P	i	-	k	-	-	-	+	-
<b>Hormogoniophyceae</b> <b>Oscillatoriales</b> <b>Oscillatoriaceae</b>	5. <i>Oscillatoria chalybea</i> (Mert.) Gom.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	6. <i>Oscillatoria granulata</i> Gardner	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	7. <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	B	hl	-	k	-	-	+	-	-
	8. <i>Phormidium irriguum</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek (= <i>Oscillatoria irrigua</i> Kützing ex Gomont)	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<b>Nostocales</b> <b>Nostocaceae</b>	9. <i>Anabaena oscillarioides</i> Bory	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Aphanizomenonaceae</b>	10. <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs	P	hl	-	k	+	+	+	-	-
<b>Rivulariaceae</b>	11. <i>Rivularia dura</i> Roth ex Born. et Flah.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	12. <i>Rivularia planctonica</i> Elenkin	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<b>OCHROPHYTA</b> <b>Chrysophyceae</b> <b>Chromulinales</b> <b>Dinobryonaceae</b>	13. <i>Dinobryon divergens</i> Imhof	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	14. <i>Epipyxis utriculis</i> (Ehr.) Ehr.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Xanthophyceae</b> <b>Mischococcales</b> <b>Characiopsidaceae</b>	15. <i>Characiopsis minuta</i> (A. Br.) Borzi	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	16. <i>Characiopsis saccata</i> N. Carter	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<b>Scidiaceae</b>	17. <i>Bumilleriopsis brevis</i> (Gerneck) Printz	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	18. <i>Ophiocytium capitatum</i> Wolle	P-B	mh	-	k	+	-	-	-	-
	19. <i>Ophiocytium parvulum</i> (Perty) A.Br.	B	mh	-	k	+	-	-	+	-

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>Tribonematales</b> <b>Tribonemataceae</b>	<i>20. Tribonema spirotaenia</i> Ettl	-	-	-	-	+	-	-	+	-
	<i>21. Tribonema vulgare</i> Pasch.	P-B	i	-	-	+	-	-	-	-
<b>BACILLARIOPHYTA</b> <b>Mediaphyceae</b> <b>Stephanodiscales</b> <b>Stephanodiscaceae</b>	<i>22. Cyclotella sp.</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	<i>23. Stephanodiscus astraea</i> (Kützing) Grunow	P	i	alb 5,5-9	k	-	-	+	-	-
<b>Coscinodiscophyceae</b> <b>Aulacoseirales</b> <b>Aulacoseiraceae</b>	<i>24. Aulacoseira italica</i> (Ehr.) Simonsen	P	i	alb 5,8 – 8,4	k	-	+	+	-	-
<b>Melosirales</b> <b>Melosiraceae</b>	<i>25. Melosira varians</i> Ag.	P-B	hl	alf 5-9	k	+	+	+	+	+
<b>Bacillariophyceae</b> <b>Licmophorales</b> <b>Ulnariaceae</b>	<i>26. Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	B	i	alf 5 – 9,2	k	+	+	+	+	+
	<i>27. Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot (=Fragilaria intermedia (Grun.) Grun.)	-	hl	-	-	+	-	-	-	-
	<i>28. Fragilaria virescens</i> Ralfs	P-B	i	ind 6,8	a-a	+	+	-	-	-
<b>Tabellariales</b> <b>Tabellariaceae</b>	<i>29. Diatoma vulgare</i> Bory	P-B	i	ind 6,2-7,5	k	+	-	-	-	-
	<i>30. Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	P-B	hb	acf	k	+	+	-	-	+
	<i>31. Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	P-B	hb	alf 5-7	a-a	+	-	-	-	-
<b>Naviculales</b> <b>Naviculaceae</b>	<i>32. Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	B	i	alf	b	+	-	-	-	-
	<i>33. Navicula radiosa</i> Kütz.	B	mh	alf	k	+	+	+	-	+

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
Sellaphoraceae	34. <i>Pinnularia acrosphaeria</i> W.Smith	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	35. <i>Pinnularia brevicostata</i> Cl.	B	i	ind	b	+	-	-	-	-
	36. <i>Pinnularia major</i> (Kütz.) Rabenh.	B	i	ind	k	+	+	-	-	-
	37. <i>Pinnularia stauroptera</i> (Grunow) Rabenhorst	B	i	ind	k	-	-	+	-	-
	38. <i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Mereschkowsky	B	hl	ind 5,2 - 9	k	-	+	-	-	-
Stauroneidaceae	39. <i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	B	mh	alf	k	+	+	+	-	+
	<b>40. <i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) Mann (=Navicula cuspidata f. primigena Dipp.) *</b>	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	41. <i>Craticula cuspidata</i> (Kutzing) D.G.Mann	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Neidiaceae	42. <i>Neidium affine</i> (Ehr.) Pfitzer	B	i	alf	b	+	-	-	-	-
	43. <i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	B	hb	ind	b	-	+	+	-	-
Cocconeidales Achnanthidiaceae	44. <i>Planothidium laceolatum</i> (Bréb. ex Kütz.) Lange-Bertalot	B	i	alf	k	+	+	-	+	+
	45. <i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	B	i	ind	k	+	-	-	+	+
	46. <i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.	B	hl	alf	k	+	-	-	-	-
	47. <i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	B	hl	alf 5,5 – 9	k	+	+	-	-	+
Eunotiales Eunotiaceae	48. <i>Eunotia arcus</i> Ehr.	B	i	acf	k	+	-	-	-	-
	49. <i>Eunotia praerupta</i> Ehr.	B	hb	acf	k	+	+	-	-	-
Cymbellales Cymbellaceae	50. <i>Cymbella affinis</i> Kütz.	B	i	ind	b	+	+	-	-	-
	51. <i>Cymbella cistula</i> (Ehr.) Kirch.	B	i	alf	k	+	+	-	+	+
	52. <i>Cymbella ventricosa</i> Kütz.	B	i	ind	k	+	-	-	-	-
	53. <i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz.	B	i	acf 6 - 9	k	+	+	-	+	+

Систематическое положение	Название вида	Эколого-геогр. характ-ка видов - индикаторов				Наличие вида				
		Эко.	Гал.	pH	Гео.	2019	2020	2021	2022 VI	2022 X
<b>Gomphonemataceae</b>	54. <i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.	B	i	alb	k	+	-	-	-	-
	55. <i>Gomphonema truncatum</i> Ehr.	-	-	-	-	+	+	-	+	-
<b>Rhopalodiales Rhopalodiaceae</b>	56. <i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) O. Müll. (≡ <i>Pinnularia gibba</i> Ehr.)	-	-	-	-	+	+	-	-	-
	57. <i>Epithemia adnata</i> (Kütz.) Bréb.	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	<b>58. <i>Epithemia goeppertiana</i> Hilse *</b>	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	59. <i>E. Turgida</i> (Ehr.) Kütz.	B	hl	alb 5 - 9	b	+	+	-	-	-
<b>Bacillariales Bacillariaceae</b>	60. <i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.	P	i	ind	k	+	+	-	-	-
	61. <i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun	B	i	ind	k	+	-	+	-	-
<b>Surirellales Surirellaceae</b>	<b>62. <i>Surirella grunowii</i> Kulikovskiy, Lange-Bertalot, Witkowski *</b>	B	i	ind	b	-	+	-	-	-
<b>CHAROPHYTA Conjugatophyceae Zygnematales Zygnemataceae</b>	63. <i>Zygnema pectinatum</i> (Vauch.) Ag.	B	mh	-	k	+	-	-	-	-
	64. <i>Mougeotia scalaris</i> Hass.	B	i	-	k	+	-	-	-	-
	65. <i>Spirogyra protecta</i> H.C. Wood	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	66. <i>Spirogyra varians</i> (Hass.) Kütz.	P-B	mh	-	k	+	+	-	-	-
<b>Desmidiiales Closteriaceae</b>	67. <i>Closterium ehrenbergii</i> Menegh.ex Ralfs	P-B	hb	ind	k	+	-	-	-	-
	68. <i>Closterium leibleinii</i> Kütz.ex Ralfs	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	69. <i>Closterium moniliferum</i> Ehr.ex Ralfs	B	i	-	k	+	+	-	-	-
<b>Desmidiaceae</b>	<b>70. <i>Micrasterias radiata</i> var. pseudocrux Grönb. *</b>	B	hb	-	k	+	-	-	-	-
	<b>71. <i>Xanthidium fasciculatum</i> Ehr. *</b>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	72. <i>Staurostrum bieneanum</i> Rabenh.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	73. <i>Staurostrum oxyacanthum</i> Arch.	P	i	-	b	-	+	-	-	-
	74. <i>Cosmarium meneghinii</i> Bréb.ex Ralfs	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	75. <i>Cosmarium rectangulare</i> Grun.	P	i	-	k	+	-	-	-	-
	76. <i>Desmidium swartzii</i> C. Ag. ex Ralfs	-	i	-	k	+	-	-	-	-

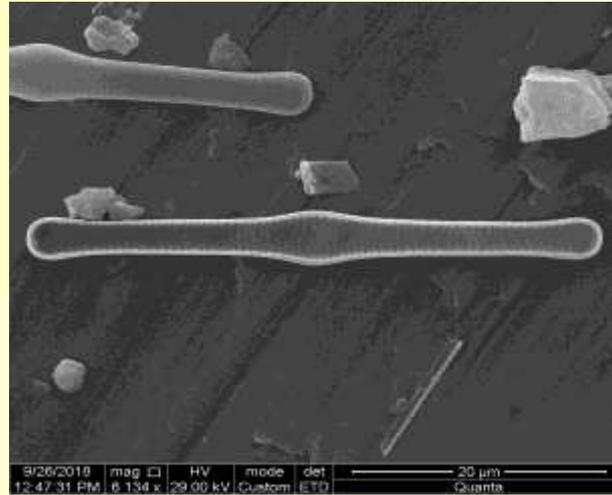
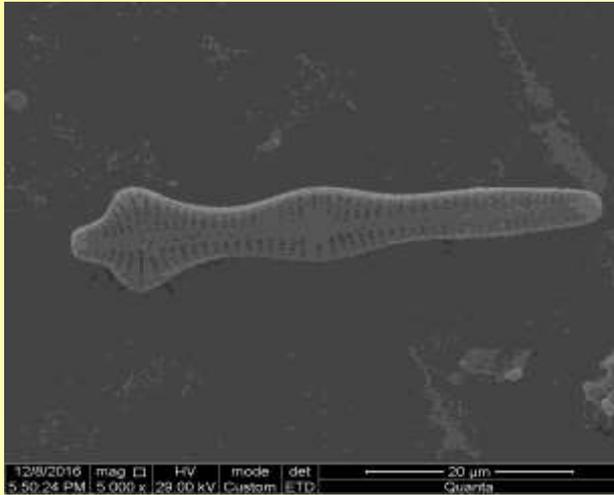


## Микрофотографии диатомовых водорослей реки Кенкеме и озеро Аппа-Анна



Диатомовые водоросли - обрастатели растительного детрита. Микрофотографии сделаны с помощью светового микроскопа Zeiss.

Водоросли изучали с помощью сканирующих электронных микроскопов Philips SEM 525M (Нидерланды) и Quanta 200 (FEI Company, USA) в Центре ультрамикрoанализа Лимнологического Института СО РАН (г. Иркутск).



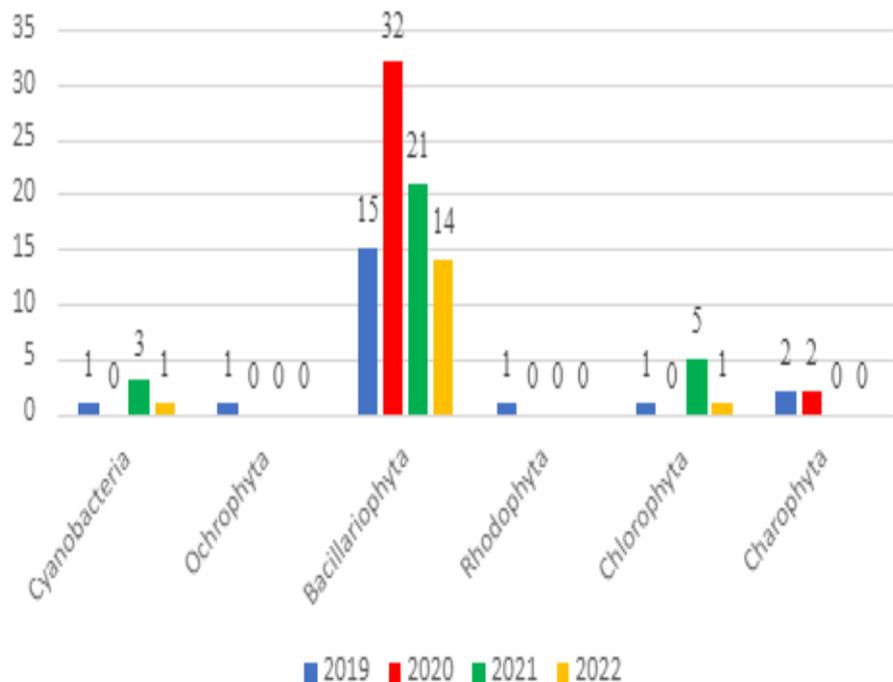
*Gomphonema acuminatum* Ehrenberg - диатомовая водоросль, наиболее распространенная в обрастаниях мха и водных растений (оз. Аппа-Анна 2019 г., р. Кенкеме 2020 г.)

*Tabellaria fenestrata* Lyngbye *Kützing* - диатомовая водоросль, наиболее распространенная в обрастаниях мха и водных растений (оз. Аппа-Анна 2019 г., 2020 г., р. Кенкеме 2020 г.).

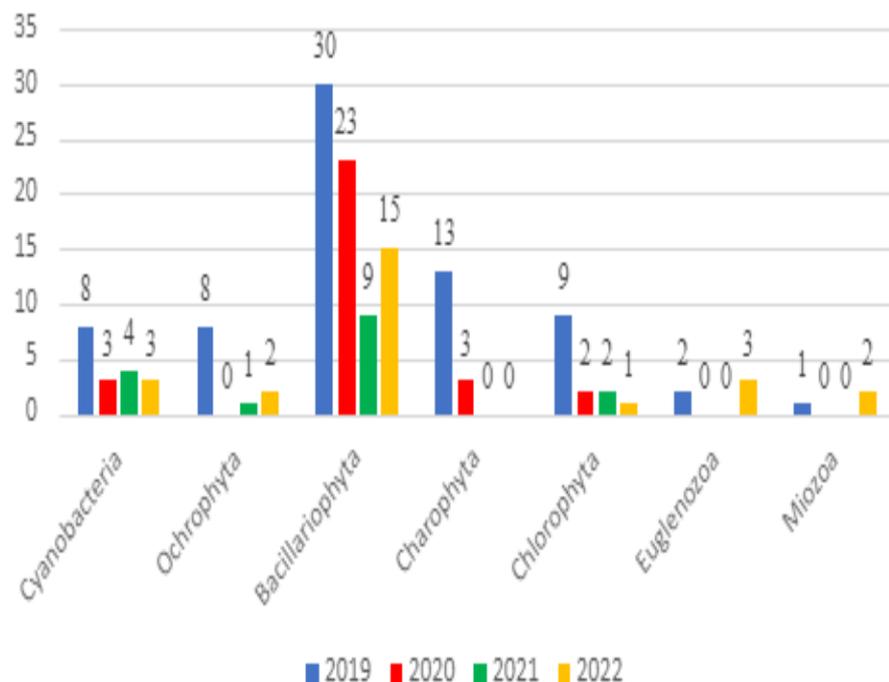
*Navicula radiosa* *Kützing* – широко распространенная диатомовая водоросль во всех водоемах и реках Якутии (оз. Аппа-Анна 2019, 2020, 2021 гг.; р. Кенкеме 2019, 2020, 2021 гг.).

# Распределение числа видов водорослей в р. Кенкеме и в оз. Аппа-Анна по годам

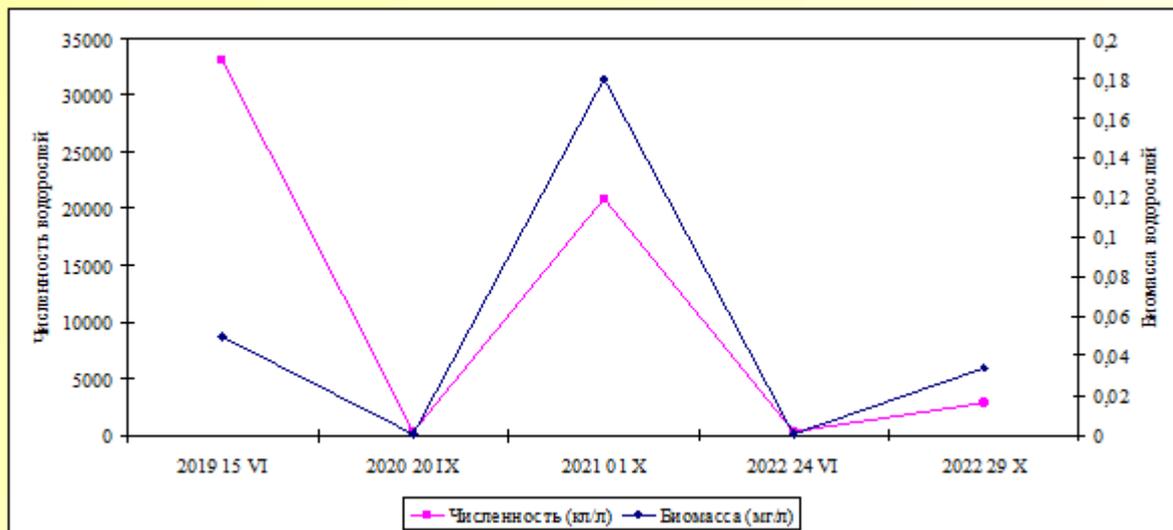
Река Кэнкэмэ 2019-2022 гг.



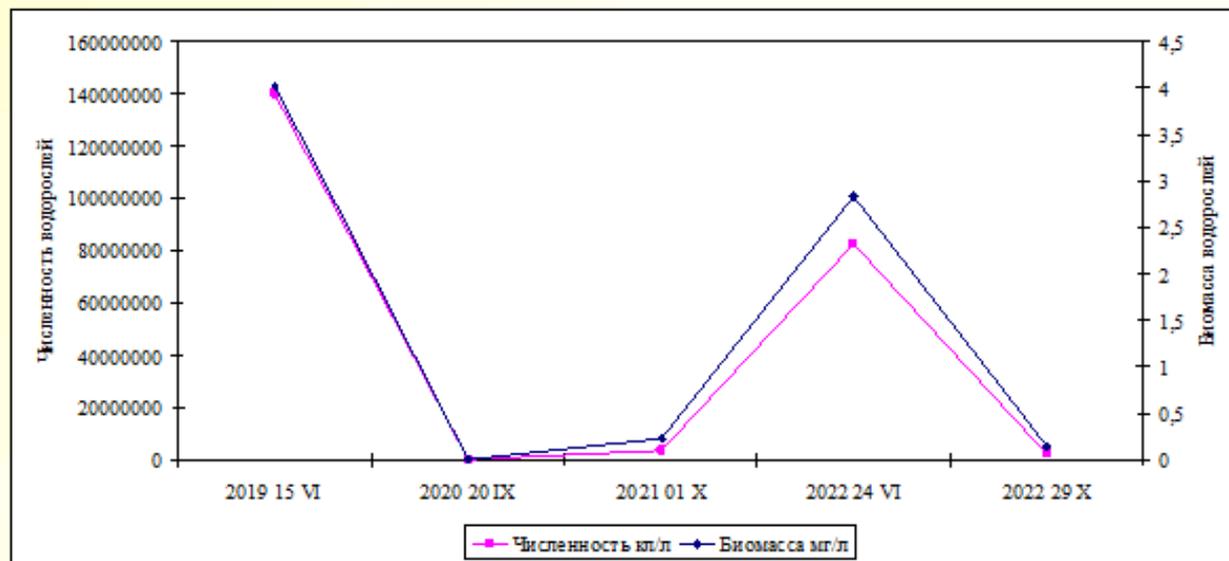
Озеро Аппа-Анна 2019-2022 гг.



## Показатели численности биомассы по годам в реке Кенкеме 2019 – 2022 гг.



## Показатели численности биомассы по годам в озере Аппа-Анна 2019 – 2022 гг.



## Эколого-географическая характеристика 2019-2022 гг.

Показатель	р. Кенкеме					оз. Аппа-Анна					
	Июнь 2019	Сентябрь 2020	Октябрь 2021	Июнь 2022	Октябрь 2022	Июнь 2019	Сентябрь 2020	Октябрь 2021	Июнь 2022	Октябрь 2022	
<b>Численность, тыс./л.</b>	33084	317,9	20909	300	2884	140000000	17906,8	3423452	82666160	19227720	
<b>Биомасса, мг./л.</b>	0,05	0,0006	0,18	0,0006	0,034	4,016	0,001	0,23	2,83	0,14	
<b>1. По показателям ареалов</b>	Космополиты - 36		Бореальные - 10		Аркто-альпийские - 6		Космополиты - 49		Бореальные - 8		Аркто-альпийские - 2
<b>2. По местообитанию</b>	Бентосные – 31		Планктонные – 12		Планктонно-бентосные – 6		Бентосные – 32		Планктонные – 13		Планктонно-бентосные - 7
<b>3. По отношению к содержанию солей в воде</b>	Индифференты - 38	Галофобы - 6	Галофилы - 6	Мезогалобы - 2	Олигаголубы - 1	Индифференты - 39	Галофилы – 9		Галофобы - 7	Мезогалобы - 6	
<b>4. По отношению в слабощелочной и щелочной среде</b>	Индифференты – 20	Алкалифилы – 16	Алкалибионт - 7	Ацидофилы - 3		Индифференты – 19	Алкалифилы – 11		Ацидофилы – 4	Алкалибионты - 4	
<b>Санитарно-биологическая оценка</b>	0,91 – II разряд чистоты воды	1,57 – III разряд чистоты воды	2,12 – III разряд чистоты воды	1,67 – III разряд чистоты воды	1,75 – III разряд чистоты воды	1,96 – III разряд чистоты воды	1,75 – III разряд чистоты воды	1,75 – III разряд чистоты воды	1,66 – III разряд чистоты воды	1,75 – III разряд чистоты воды	

## Санитарно-биологическая оценка воды р. Кенкеме по годам (2019-2022)

Годы	Индекс сапробности (S)	Класс качества воды	Характеристика воды	Степень загрязнённости воды
2019	0,91	II	Чистые	Олигосапробная (0)
2020	1,57	III	Умеренно загрязнённые	Альфа-мезосапробная ( $\alpha$ )
2021	2,12	III	Умеренно загрязнённые	Альфа-мезосапробная ( $\alpha$ )
2022 VI	1,67	III	Умеренно загрязнённые	Альфа-мезосапробная ( $\alpha$ )
2022 X	1,75	III	Умеренно загрязнённые	Альфа-мезосапробная ( $\alpha$ )

## Санитарно-биологическая оценка воды оз. Аппа-Анна по годам (2019-2022)

Годы	Индекс сапробности (S)	Класс качества воды	Характеристика воды	Степень загрязнённости воды
2019	1,96	III	Слабо загрязнённая	Бета-Альфа-мезосапробная ( $\beta$ - $\alpha$ )
2020	1,75	III	Слабо загрязнённая	Бета-мезосапробная ( $\beta$ )
2021	1,75	III	Слабо загрязнённая	Бета-мезосапробная ( $\beta$ )
2022 VI	1,66	III	Слабо загрязнённая	Бета-мезосапробная ( $\beta$ )
2022 X	1,75	III	Слабо загрязнённая	Бета-мезосапробная ( $\beta$ )

# Выводы:

1. Таким образом, четырёхлетние результаты исследований показали, что видовой состав водорослей реки Кенкеме и озеро Аппа-Анна разнообразный и представлен широко распространенными видами. В реке Кенкеме всего выявлено 67 видов (в т.ч. 68 внутривидовых таксонов) из 46 родов, 30 семейств, 22 порядков, 9 классов и 6 отделов с доминированием диатомовых водорослей.

В реке Кенкемэ выявлены очень редкие для альгофлоры Якутии виды из красных водорослей – *Audouinella pygmaea*, из синезелёных – *Chamaesiphon incrustans*. В видовом составе самым разнообразным отделом является Bacillariophyta (Диатомовые) – 75 % (от общего числа выявленных видов).

В озере Аппа-Анна всего выявлено 93 вида из 65 родов, 39 семейств, 28 порядков, 13 классов и 7 отделов. Доминировали по видовому разнообразию диатомовые водоросли (43,1 %), по количественным показателям – синезелёные.

В обрастаниях Рдеста стеблеобъемлющего найдены редкие для альгофлоры Якутии виды из отдела Харофита (Charophyta) – *Micrasterias radiata var. pseudocrux*, *Xantidium fasciculatum* и из отдела Зеленые водоросли (Chlorophyta) - *Draparnaldia glomerata (Vauch.) Ag.*

2. В реке Кэнкэмэ наблюдается повышение численности и биомассы в июне 2019 и октябре 2021 годов (33084 и 20909 тыс. Кл. /л. соответственно; 0,05 и 0,18 мг./л.). Основу фитопланктона составили крупные и мелкоклеточные формы диатомовых, а также массовое развитие сине-зелёных и зелёных водорослей. Понижения отмечается в сентябре 2020 и октябре 2022 годов (317,9 и 2884 тыс. кл. /л.; 0,0006 и 0,034 мг. /л.), видимо это обусловлено отборами проб в зимний период.

В озере Аппа-Анна же повышение численности и биомассы наблюдалось в июне 2019 и 2022 гг. (140 млн. и 82 млн. 666 тыс. 160 кл. /л.; 4,016 и 2,83 мг. /л.). В октябре 2021 г. численность водорослей составила – 3 млн. 423452 кл /л, биомасса – 0,23 мг /л. Это в основном за счет видов, вызывающих «цветение» воды сине-зелёными водорослями – *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* и *Oscillatoria limosa*.

3. В эколого-географическом анализе по показателям ареалов в реке Кенкеме основу формировали широко распространенные виды – космополиты (36 видов). По местообитанию преобладали бентосные – 31, планктонные – 12 и планктонно-бентосные – 6 видов водорослей. По отношению к содержанию солей в воде, доминировали виды, предпочитающие среднюю степень солености индифференты (38 видов). По отношению к рН среде наибольшим разнообразием отличались индифференты (20 видов) и алкалифилы (16 видов).

В эколого-географическом анализе в озере Аппа-Анна основу формировали широко распространенные виды – космополиты – 49 видов. По местообитанию преобладали бентосные виды – 32 вида и виды-образователи высших водных растений – 7 видов, планктонных найдено – 13 видов водорослей. По отношению к содержанию солей в воде, доминировали виды, предпочитающие среднюю степень солености – индифференты (39 видов). В слабощелочной и щелочной среде водотоков (рН 7,7–8,2) наибольшим разнообразием отличились циркумнейтральные виды (18), алкалифилы (11), алкалибионты и ацидофилы по 4 вида.

4. По санитарно-биологической характеристике воды р. Кенкеме наблюдается загрязнение воды. Причиной повышенного индекса сапробности может быть отражение лесных пожаров, поступлением вод из прилегающих территорий ( $S = 0,91 - 2,12$ ).

По нашим наблюдениям 2020 и 2022 гг. воды озера слабо-загрязненные, индекс сапробности ( $S$ ) составил – 1,75, что относится к бета-мезосапробной степени, к III а классу чистоты воды. Следует отметить, что озеро ежегодно мелеет, прозрачность воды низкая из-за «цветения» воды сине-зелеными водорослями, зарастает высшими водными растениями, мы думаем, что все это отражение вмешательства человека, из-за соединения двух озер в одно большое.

Проблема "цветения" воды, эвтрофирования и загрязнения озера будет оставаться актуальными еще многие десятилетия. Мы считаем, надо провести экологическую реабилитацию озера и восстановления его планктонных сообществ.

В связи с этим существует необходимость мониторинговых долгосрочных гидробиологических наблюдений водоемов ресурсного резервата «Кэнкэмэ».

- Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. – Ярославль: Филигрань, 2016. – 804 с.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы планктона // Ботан. журн. 1970. Т. 55, № 10. С. 1448–1494.
- Помазкина Г.В., Родионова Е.В. Диатомовые водоросли семейства Cymbellaceae озера Байкал: Атлас-определитель. – Новосибирск: Наука, 2014. – 242 с.
- Поповская Г.И., Генкал С.И., Лихошвай Е.В. Диатомовые водоросли планктона озера Байкал: Атлас-определитель. – 2-ое изд., перераб. и доп. – Новосибирск: Наука, 2011. – 192 с.
- Разнообразие растительного мира Якутии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 328 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу поверхностных экосистем. – СПб.: Изд-во Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
- Харитонов В. Г. Диатомовые водоросли Колымы. – Магадан: Кордис, 2014. – 496 с.
- Харитонов В. Г., Генкал С. И. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2012. – 402 с.
- Чистяков Г. Е. Водные ресурсы рек Якутии. М.: Наука, 1964. 255 с.
- Чудаев Д.А., Гололобова М.А. Диатомовые водоросли озера Глубокого (Московская область). – М.: Изд-во «Товарищество научных изданий КМК», 2016. – 447 с.
- Guiry MD, Guiry GM AlgaeBase World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. (2020) <http://www.algaebase.org>;
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Naviculaceae // Bacillariophyceae. Т. 1. – Jena: Gustav Fischer Verlag, 1986. – 876 s.
- Lange-Bertalot H., Genkal S.I. Diatoms from Siberia. I.: Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky-Shar Strait). Iconographia Diatomologica. 1999. – Vol. 6. – P. 1-271.
- Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. – Gas - und Wasserbach. 1955. – 604 s.
- Sladěček V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse Limnologie. 1973. – Н. 7. – P. 1-218.