

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды  
«Открытия 2030»

МАОУ «Гимназия «Вектор» г. Зеленоградска» (Калининградская область)  
КРОУ «Природное наследие» (Калининградская область)

Исследовательская работа

**«Изменение видового состава диатомовых водорослей в ходе развития  
прибрежно-водных экосистем в юго-западной части Куршского залива»**

Работу выполнила:

Козлова Диана Геннадьевна,

ученица 10 класса

МАОУ «Гимназия «Вектор» г. Зеленоградска»

МО «Зеленоградский городской округ»

Научный руководитель:

Напреенко Максим Геннадьевич,

канд. биол. наук, учитель биологии и химии

МАОУ «Гимназия «Вектор» г. Зеленоградска»

Научный консультант:

Соснина Ирина Александровна,

сотрудник АО ИО РАН

Зеленоградск

2021/2022

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. Изучаемая территория</b> .....	5
<b>2. Объект исследования – диатомовые водоросли</b> .....	6
<b>3. Материалы и методы исследования</b> .....	7
<b>4. Результаты исследования</b> .....	9
<b>Выводы</b> .....	17
<b>Благодарности</b> .....	17
<b>Список источников</b> .....	18

## Введение

Донные отложения прибрежно-водных и болотных экосистем, как правило, содержат остатки различных микроорганизмов. Это делает их важными объектами палеоэкологических исследований, так как микроорганизмы обычно чутко реагируют на изменения в окружающей среде, и, проследив изменения в видовом составе микроорганизмов, можно судить о природных изменениях на данной территории [1].

Ключевой группой для палеоэкологических работ микроорганизмов являются диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*) – одноклеточные растения, имеющие наружный панцирь из кремнезёма, который хорошо сохраняется в донных осадках. Диатомовые водоросли – наиболее распространённая группа среди низших растений, они встречаются по всему земному шару, как в пресных, так и в солёных водоёмах [2, 3]. Эти организмы очень чувствительны к содержанию солей в воде и служат индикаторами степени солёности воды в экосистеме. Это их свойство может быть использовано для **диатомового анализа**, основной задачей которого является определение видового состава диатомей в отложениях и сопоставление диатомовых комплексов из разных горизонтов. По изменению состава комплексов водорослей можно судить об изменениях характеристик водной среды в экосистеме в прошлом [4].

С 2016 г. ученики гимназии «Вектор» изучают водно-болотные экосистемы в окрестностях города Зеленоградска, и даже разработали экотропу, проходящую по этим экосистемам [5]. Одна из работ была посвящена истории развития болота Свиного [6]. Но нам стало интересно, а как развивались прибрежно-водные сообщества Куршского залива, находящиеся поблизости? Мы обратились за помощью к сотрудникам КРОУ «Природное наследие», которые помогли нам отобрать пробы донных отложений в береговой зоне. Эти пробы мы исследовали в нашей работе.

**Цель работы:** оценить связь условий среды обитания и видового состава диатомовых водорослей в разные периоды развития юго-западного прибрежного участка Куршского залива в прошлом.

### **Задачи:**

- 1) определить видовую принадлежность и количественное соотношение панцирей диатомовых водорослей в образцах донных отложений на исследуемом участке;
- 2) оценить изменения состава диатомей по мере смены субстрата;
- 3) определить характер экологических условий в месте обитания диатомей в разные периоды времени.

**Гипотеза:** видовой состав диатомей на разных горизонтах донных отложений будет меняться и будет зависеть от вида отложений.

**Актуальность.** Исследование ископаемых комплексов диатомовых водорослей в донных отложениях в данной части Куршского залива ещё не проводилось. Наша работа позволит внести вклад в изучение истории развития экосистем в корневой части Куршской косы и, в частности, сравнить впоследствии, ход развития прибрежно-водных экосистем залива и прилегающего к ним верхового болота Свиного.

## 1. Изучаемая территория

В качестве объекта исследования был выбран прибрежный участок в юго-западной части Куршского залива, расположенный в 100 м к востоку от берега, в 350 м от восточного края болота Свиного. Данная точка находится в 3,5 км к востоку от г. Зеленоградска (рис. 1). Глубина воды в этом месте составляет около 1 метра (рис. 2).

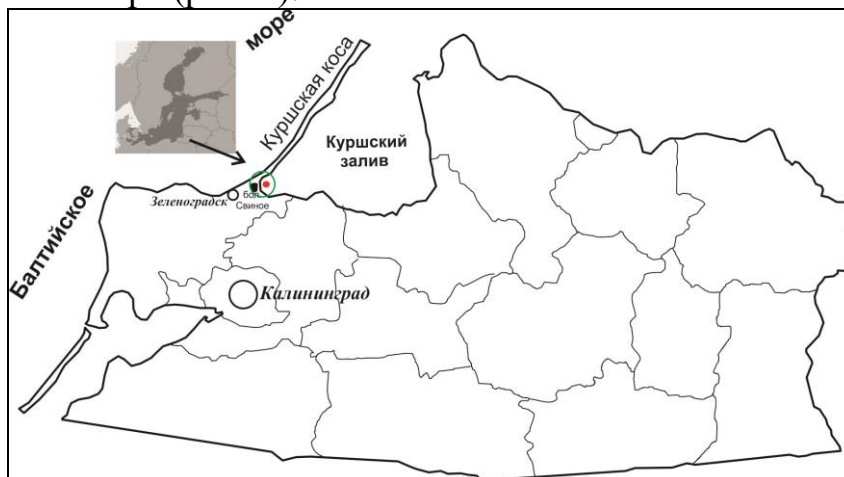
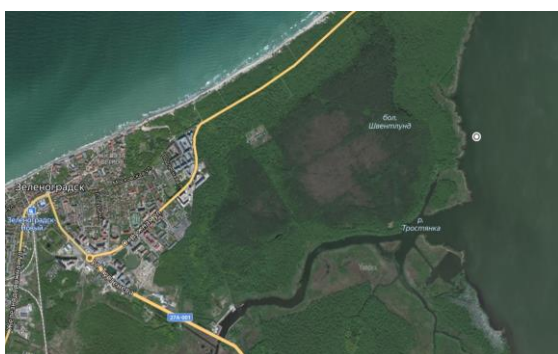


Рис. 1. Район исследования на карте-схеме. Место отбора проб отмечено красной точкой

Куршский залив представляет собой мелководную, пресноводную лагуну со средней глубиной – 3,8 м. Он отделён от моря одноимённой косой [7]. Водообмен с Балтийским морем осуществляется через пролив в северной части лагуны. Влияние стока рек и слабый водообмен способствуют накоплению и осаждению в донных отложениях большого количества органического материала.



а



б

Рис. 2. Местоположение изучаемого участка (а, помечено точкой) и внешний вид прибрежной зоны Куршского залива, где проводилось исследование (б). Фото из архива КРОУ «Природное наследие», топографическая основа «Яндекс. Карты»

## 2. Объект исследования – диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*)

Диатомовые водоросли – мельчайшие одноклеточные растения, живущие одиночно, реже в колониях. Каждая клетка имеет кремнезёмный панцирь, состоящий из двух крышечек (створок), которые соединяются между собой [2, 3].

Диатомовые населяют пресные, солоноватые и морские водоёмы разных широт. Абсолютное большинство их ведёт планктонный образ жизни и составляет основу фитопланктона. Их панцири – самые многочисленные остатки из всех водорослей, встречающихся в континентальных и морских отложениях. Размножаются диатомовые водоросли чаще вегетативно, путём деления протопласта пополам [2, 3].

Диатомеи делятся на две группы: пеннатные – *Pennatae* (двусторонне-симметричные) и центрические – *Centricae* (радиально-симметричные).

В прикладном использовании диатомовых водорослей одним из направлений является анализ их уникального панциря. Панцирь и оболочка очень удобны для оценки экологических условий, проведения мониторинга в современных водных экосистемах, анализа палеообстановок, которые были в определённых регионах [4].

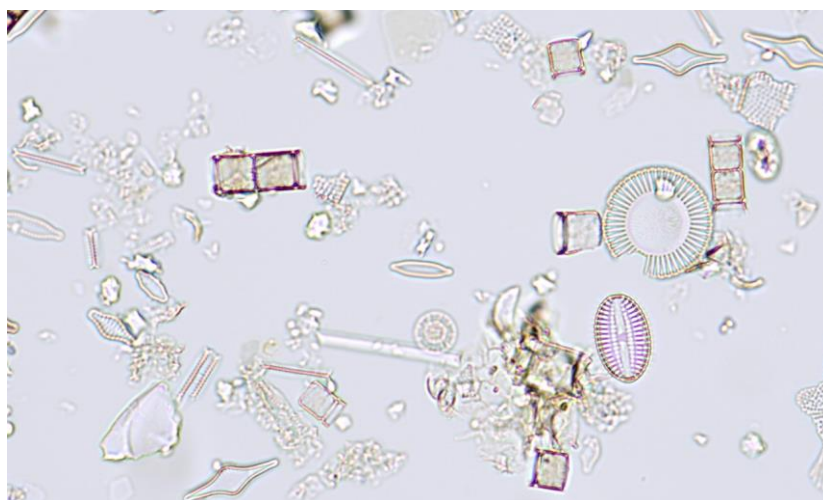


Рис. 3. Вид панцирей и створок диатомей на микропрепарате (фото: Напреенко М.Г.)

### 3. Материалы и методы исследования

Отбор колонки донных отложений производился в юго-западной части Куршского залива, у корня Куршской косы (рис. 1, 2) осуществлялся с двухкорпусной лодки (катамарана) с помощью геологического бура (диаметром пробоотборника – 75 мм). Была отобрана колонка мощностью 90 см (рис. 4).



Рис. 4. Вид исследуемой колонки донных отложений (фото: Напреенко М.Г.)

Нами для работы были отобраны наиболее отличающиеся по внешнему виду образцы отложений (рис. 5): с глубин 88 см (торфосапропель с прослоями торфа), 59 см (однородный торфосапропель) и 31 см (лагунный тёмно-серый ил).



Рис. 5. Полевое исследование автора с научным руководителем с целью бурения и отбора колонки донных отложений со льда Куршского залива

Химическая обработка проб осуществлялась в лаборатории геологии Атлантики АОИОРАН. Пробы обрабатывали в соответствии со стандартной методикой [8]. Просмотр и определение видов осуществлялись с помощью микроскопа Микромед 3 при увеличении 600х и 1000х, подсчёт водорослей вёлся до суммы не менее 100 створок в одной пробе. Для определения таксонов использовали определители [9, 10, 11, 12]. Помощь по

определению створок диатомей оказывали научный руководитель (Напреенко М.Г.) и научный консультант (Соснина И.А.).



*а*

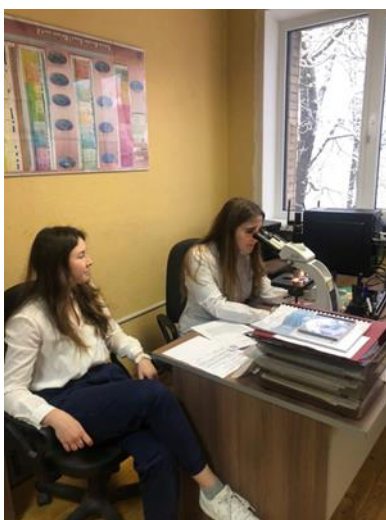


*б*

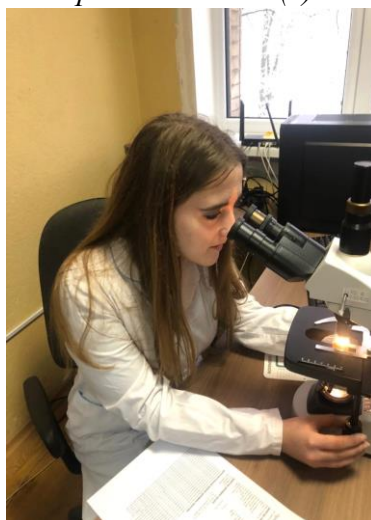


*в*

*Рис. 6. Автор работы за приготовлением препарата диатомей (а, б) и извлечением створок диатомей (в)*



*а*



*б*



*в*

*Рис. 7. Автор с научным консультантом просматривают отобранную пробу (а, б) и подсчитывают процентное соотношение диатомей (в)*

Таким образом, в работе использовались следующие методы: химическая обработка донных отложений, подготовка микропрепаратов, микроскопирование, определение створок диатомей, подсчёт створок и их сравнительный анализ.

#### 4. Результаты исследования

В ходе исследования был установлен таксономический состав остатков диатомовых водорослей в трёх разных по составу образцах донных отложений в прибрежной зоне в юго-западной части Куршского залива (рис. 5).

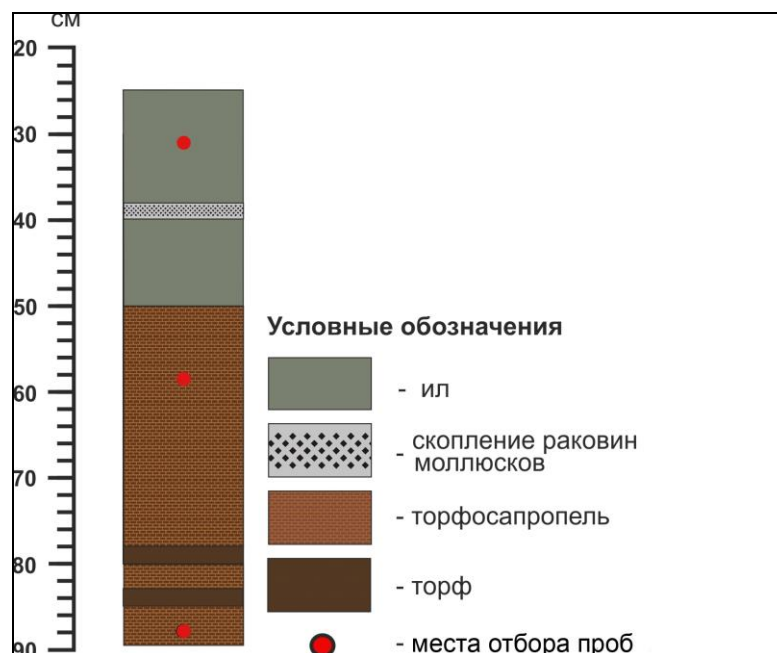


Рис. 8. Места отбора проб для исследования в колонке донных отложений из прибрежной части Куршского залива в юго-западной части

**Образец 1, глубина 88 см.** Проба торфосапделя с прослойками сильноразложившегося низинного торфа. Отложения слабо структурированы.

В данной пробе нами определены представители 15 видов из 7 родов (табл. 1, рис. 6). Это является наименьшим показателем разнообразия в сравнении с остальными пробами. Сохранность створок хорошая. Здесь встречены планктонные и эпифитные формы, разнообразие бентосных обитателей невелико, но зато к бентосным относятся доминирующие виды *Staurosira inflata* и *S. subsalina* (рис. 6 В, Г). Содоминирующими являются колониальные планктонные *Aulacoseira ambigua* и *A. granulata* (рис. 6 А, Б). Большинство изученных видов безразличны (индифферентны) к солёности воды (*Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*, *Staurosira inflata*, *S. inflata* var. *istvanffyi*, *S. construens*, *S. pinnata*, *Pseudostaurosira brevistriata*), к галофильным относится многочисленная *Staurosira subsalina*. Солоноватоводные (*Cyclotella meneghiniana*) и пресноводные (*Staurosira*

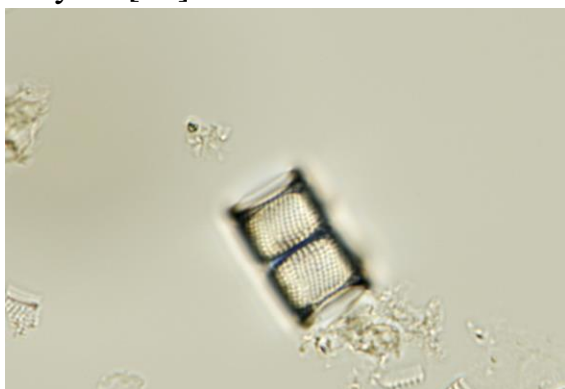
*venter*, *S. tabellaria*, *Staurosirella martyi*) присутствуют в единичных экземплярах.

Таблица 1

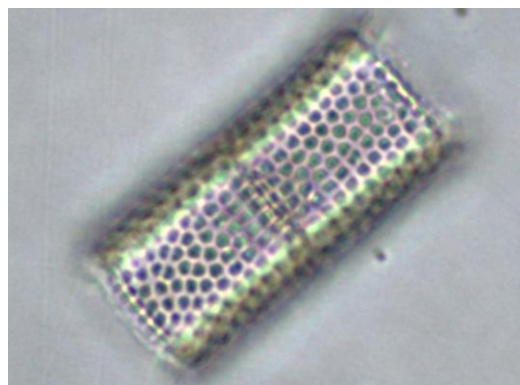
**Таксономический состав диатомей в образце 1**

	Таксономический состав	Численность	% от общего числа
1.	<i>Aulacoseira ambigua</i>	49	9,78
2.	<i>Aulacoseira granulata</i>	36	7,19
3.	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	16	3,19
4.	<i>Cavinula pseudoscutiformis</i>	3	0,60
5.	<i>Cyclostephanuss dubius</i>	1	0,20
6.	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	4	0,80
7.	<i>Staurosira construens</i>	1	0,20
8.	<i>Staurosira inflata</i>	157	31,34
9.	<i>Staurosira inflata var. istvanffy</i>	6	1,20
10.	<i>Staurosira tabellaria</i>	13	2,59
11.	<i>Staurosira venter</i>	21	4,19
12.	<i>Staurosira subsalina</i>	184	36,73
13.	<i>Staurosirella ovata</i>	1	0,20
14.	<i>Staurosirella martyi</i>	1	0,20
15.	<i>Stephanodiscus neoastrea</i>	8	1,60

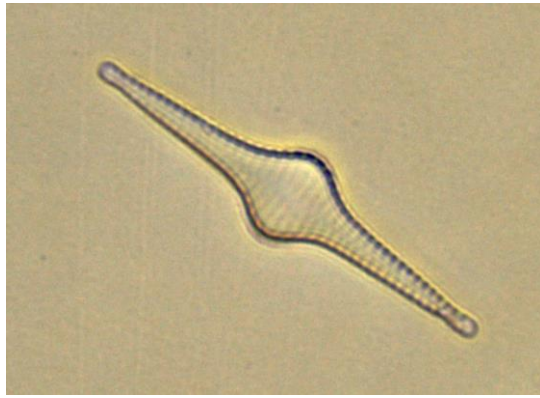
Присутствие разнообразных по отношению к солёности и большого числа бентосных видов указывает на лагунные мелководные условия в данный период развития территории [13], вряд ли возможно было бы достичь такого разнообразия семейства Fragilariaceae при замутнённых или глубинных водах, однако присутствие планктонных форм, возможно, обусловлено периодическими затоками вод с более углублённых участков лагуны [13].



а



б



В



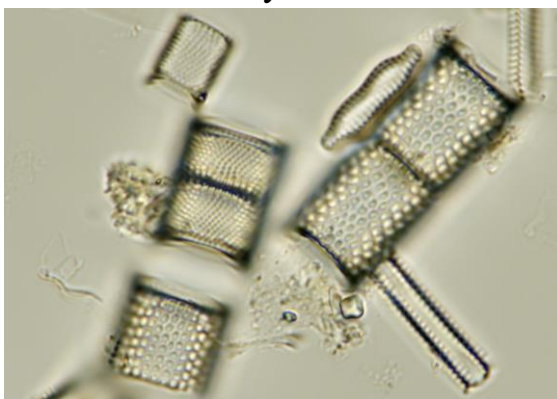
Г

Рис. 9. Доминирующие виды диатомовых водорослей в пробе 1 под микроскопом: *Aulacoseira ambigua* (А), *Aulacoseira granulata* (Б), *Staurosira inflata* (В), *Staurosira subsalina* (Г) (фото: Соснина (Б, В, Г), Напреенко М.Г. (А), увел.  $\times 1000$ )

**Образец 2, глубина 59 см.** Образец торфосапропеля, однородного по структуре. Из диатомей нами обнаружены представители 19 видов из 8 родов. (табл. 2, рис. 7).

На данном горизонте, несмотря на большее разнообразие (19 видов), наблюдается общее снижение содержания створок диатомовых водорослей. В составе доминирующих видов по-прежнему преобладают бентосные *Staurosira subsalina* и *S. inflata*, планктонная *Aulacoseira ambigua* (рис. 7 А), хотя её численность заметно снижается, но *A. granulata* уже не является субдоминантом. Содоминирующими становятся новые виды: *Pseudostaurosira brevistriata*, *Staurosirella martyi* (рис. 7 Б, В), *Staurosira binodis*, *S. venter*.

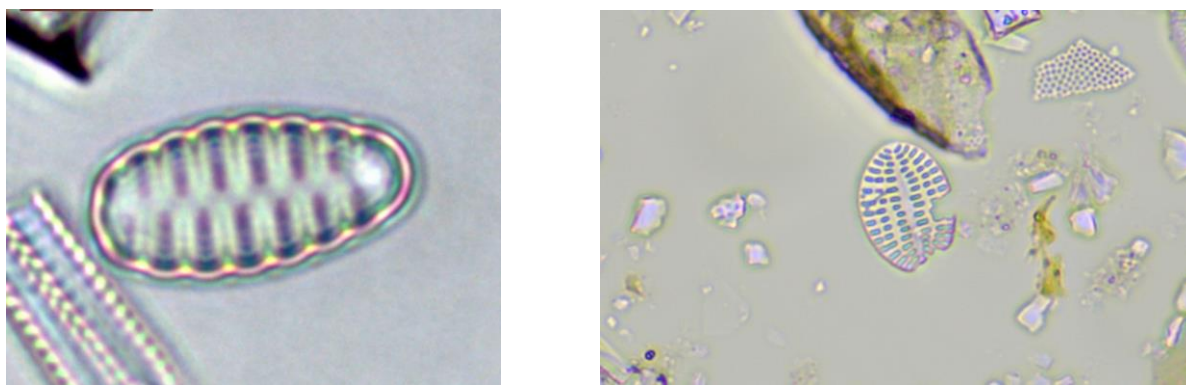
Такой видовой состав может свидетельствовать об изменении в гидрологических характеристиках водоёма, вследствие обмеления исследованного участка.



а



б



В

Г

Рис. 10. Доминирующие и сопутствующие виды диатомовых водорослей в пробе 2 под микроскопом: *Aulacoseira ambigua* и *Aulacoseira granulata* (А), *Pseudostaurosira brevistriata* (Б), *Staurosirella martyi* (В), *Cocconeis* sp. (Г) (фото: Напреенко М.Г. (А, Б, Г), Соснина (В), увел.  $\times 1000$ )

Таблица 2

### Таксономический состав диатомей в образце 2

	Таксоны	Численность	% от общего числа
1.	<i>Aulacoseira ambigua</i>	37	6,99
2.	<i>Aulacoseira granulata</i>	6	1,13
3.	<i>Aulacoseira islandica</i>	2	0,38
4.	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	1	0,19
5.	<i>Aulacoseira</i> sp.	3	0,57
6.	<i>Cocconeis</i> sp.	3	0,57
7.	<i>Cyclotella</i> sp.	3	0,57
8.	<i>Gyrosigma</i> spp.	1	0,19
9.	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	16	3,02
10.	<i>Punctastriata glubokoensis</i>	1	0,19
11.	<i>Staurosira</i> aff. <i>viridae</i>	8	1,51
12.	<i>Staurosira binodis</i>	18	3,40
13.	<i>Staurosira construens</i>	5	0,95
14.	<i>Staurosira inflata</i>	229	43,29
15.	<i>Staurosira inflata</i> var. <i>istvanffy</i>	3	0,57
16.	<i>Staurosira tabellaria</i>	4	0,76
17.	<i>Staurosira venter</i>	10	1,89
18.	<i>Staurosira subsalina</i>	164	31,00
19.	<i>Staurosirella martyi</i>	15	2,84

**Образец 3, глубина 31 см.** Образец ила, тёмно-серого цвета, гомогенного.

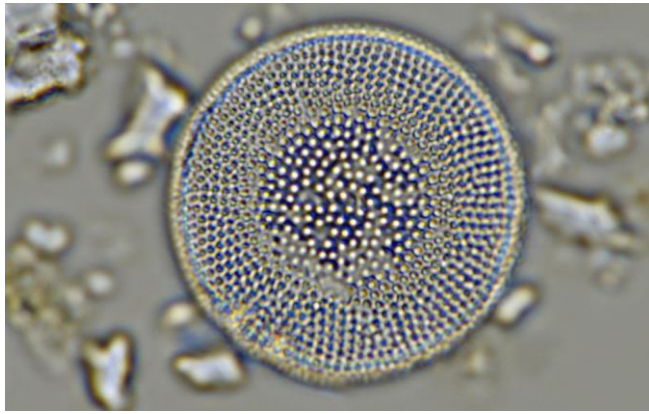
Из диатомей нами обнаружены представители 23 видов из 16 родов (табл. 3, рис. 8). Наблюдается увеличение видового разнообразия. Отмечено

увеличение числа центрических видов диатомовых из рода *Stephanodiscus* – *S. rotula*, *S. hantzschii*, *S. minutulus*, предпочитающих водоёмы с содержанием большого количества биогенных веществ [14, 15]. Доминантным видом данного комплекса является галофильный планктонный *Actinocyclus normanii*, среди субдоминантов снова отмечается присутствие пресноводной *Aulacoseira granulata*. Данные виды обычно характерны для эвтрофных вод, что свидетельствует об увеличении концентрации биогенных веществ (азота и фосфора) в водоёме и возможно, большей евтрофикации Куршского залива.

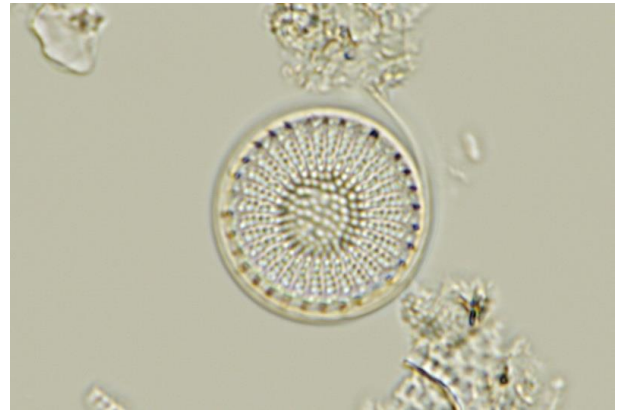
Таблица 3

**Таксономический состав диатомей в образце 3**

	<b>Таксономический состав диатомей</b>	<b>Численность</b>	<b>% от общего числа</b>
1.	<i>Achnanthes sp.</i>	1	0,18
2.	<i>Actinocyclus normanii</i>	115	20,61
3.	<i>Amphora libyca</i>	1	0,18
4.	<i>Aulacoseira granulata</i>	51	9,14
5.	<i>Aulacoseira islandica</i>	1	0,18
6.	<i>Cavinula scutelloides</i>	4	0,72
7.	<i>Cyclotella sp.</i>	20	3,58
8.	<i>Diploneis elliptica</i>	3	0,54
9.	<i>Epithemia sp.</i>	1	0,18
10.	<i>Gomphonema sp.</i>	1	0,18
11.	<i>Gyrosigma attenuatum/acuminatum</i>	4	0,72
12.	<i>Hantzschia amphioxys</i>	1	0,18
13.	<i>Pinnularia sp.</i>	2	0,36
14.	<i>Pinnularia viridis</i>	1	0,18
15.	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	5	0,90
16.	<i>Staurosira inflata</i>	57	10,22
17.	<i>Staurosira inflata var. istvanffy</i>	4	0,72
18.	<i>Staurosira venter</i>	20	3,58
19.	<i>Staurosira subsalina</i>	208	37,28
20.	<i>Staurosirella pinnata</i>	48	8,60
21.	<i>Stephanodiscus rotula</i>	4	0,72
22.	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	5	0,90
23.	<i>Stephanodiscus minutulus</i>	1	0,18



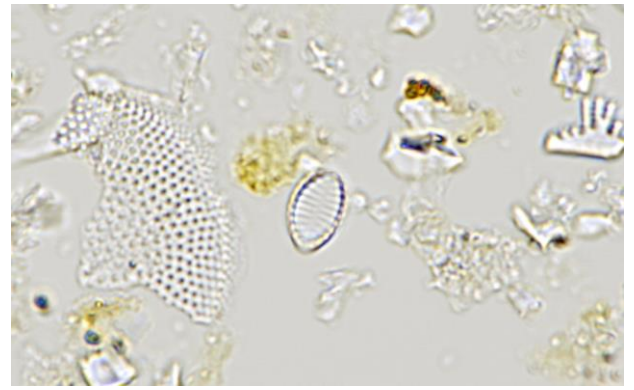
а



б



в



г

Рис. 11. Доминирующие и сопутствующие виды диатомовых водорослей в пробе 3 под микроскопом: *Actinocyclus normanii* (А), *Stephanodiscus minutulus* (Б), *Cyclotella* sp. (В), *Staurosirella pinnata* (Г) (фото: Соснина (А), Напреенко М.Г. (Б, В, Г), увел.  $\times 1000$ )

### Сравнительная характеристика таксонов диатомей из разных горизонтов

В ходе наших исследований были найдены представители 37 видов из 19 родов диатомовых водорослей (табл. 4).

**Роды диатомей из разных горизонтов юго-западной части Куршского  
залива**

№	Виды	Встречаемость таксона на разных глубинах (горизонтах), %		
		88 см	59 см	31 см
1.	<i>Achnanthes sp.</i>			0,18
2.	<i>Actinocyclus normanii</i>			20,61
3.	<i>Amphora libyca</i>			0,18
4.	<i>Aulacoseira ambigua</i>	9,78	6,99	
5.	<i>Aulacoseira granulata</i>	7,19	1,13	9,14
6.	<i>Aulacoseira islandica</i>		0,38	0,18
7.	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	3,19	0,19	
8.	<i>Aulacoseira sp.</i>		0,57	
9.	<i>Cavinula scutelloides</i>	0,60		0,72
10.	<i>Cocconeis sp.</i>		0,57	
11.	<i>Cyclostephanuss dubius</i>	0,20		
12.	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0,80		
13.	<i>Cyclotella sp.</i>		0,57	3,58
14.	<i>Diploneis elliptica</i>			0,54
15.	<i>Epithemia adnata</i>			0,18
16.	<i>Gomphonema sp.</i>			0,18
17.	<i>Gyrosigma sp.</i>		0,19	0,72
18.	<i>Hantzschia amphioxys</i>			0,18
19.	<i>Pinnularia sp.</i>			0,36
20.	<i>Pinnularia viridis</i>			0,18
21.	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>		3,02	0,90
22.	<i>Punctastriata glubokoensis</i>		0,19	
23.	<i>Staurosira aff. viridae</i>		1,51	
24.	<i>Staurosira binodis</i>		3,40	
25.	<i>Staurosira construens</i>	0,20	0,95	
26.	<i>Staurosira inflata</i>	31,34	43,29	10,22
27.	<i>Staurosira inflata var. istvanffy</i>	1,20	0,57	0,72
28.	<i>Staurosira subsalina</i>	36,73	31,00	37,28
29.	<i>Staurosira tabellaria</i>	2,59	0,76	
30.	<i>Staurosira venter</i>	4,19	1,89	3,58
31.	<i>Staurosirella martyi</i>	0,20	2,84	
32.	<i>Staurosirella ovata</i>	0,20		
33.	<i>Staurosirella pinnata</i>			8,60
34.	<i>Stephanodiscus rotula</i>			0,72
35.	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>			0,90
36.	<i>Stephanodiscus minutulus</i>			0,18
37.	<i>Stephanodiscus neoastrea</i>	1,60		

В нижних двух пробах преобладают представители перистых диатомей, в верхней пробе значительно увеличивается количество центрических. При этом на всех трёх горизонтах широко распространены бентосные виды *Staurosira inflata* и *S. subsalina* (рис. 6 В, Г), что, по-видимому, говорит о небольшой глубине водоёма, где формировались осадки. Учитывая, что осадками здесь являются торфосапелели, можно предположить, что изначально на этой территории были распространены затапливаемые прибрежные участки с болотной растительностью, возможно, тростниковые заводи.

В верхней части колонки преобладают отложения ила, а среди диатомей увеличилось количество число евтрофных видов, что, вероятно, говорит о смене водно-болотных сообществ экосистемой мелководной лагуны (рис. 12), а также об усилении влияния пресных вод с биогенами, возможно, поступавших со стоком реки Неман.



а б  
Рис. 12. Процесс смены прибрежного водно-болотного сообщества (а) на экосистему лагуны с евтрофными условиями (б)

По результатам данного исследования видно также, что преобладают виды, индифферентные к солёности воды, встречаются также пресноводные, солоноватоводные виды. Так как исследованный участок находится в достаточно изолированной от Балтийского моря юго-западной части лагуны, можно сделать предположение, что на протяжении предыдущих периодов времени влияние солёных морских затоков не сказывалось здесь ощутимым образом.

## **Выводы**

1. В пробах донных отложений в юго-западной части Куршского залива с трёх разных глубин найдены представители 37 видов из 19 родов диатомей.
2. В горизонтах торфосапропелей в нижней части колонки преобладают представители перистых диатомей, в пробе лагунного ила из верхней значительно увеличивается количество центрических диатомей.
3. Комплексы диатомей в нижней и верхней частях колонки отражают смену прибрежного водно-болотного местообитания на экосистему лагуны с евтрофными условиями.
4. Преобладание индифферентных к солёности воды видов диатомей говорит о слабом влиянии в прошлом солёных морских затоков на данную часть Куршского залива.

## **Заключение**

Поставленные нами в исследовании задачи были выполнены: выявлены видовая принадлежность и количественное соотношение остатков диатомей в образцах из юго-западной прибрежной части Куршского залива; выявлены изменения состава диатомей по мере смены типа осадков; мы попытались оценить характер экологических условий в месте обитания диатомей в разные периоды времени.

Таким образом, гипотеза исследования подтвердилась: видовой состав диатомей на разных глубинах в донных осадках менялся.

Мы планируем продолжить наши исследования с целью получить более полную информацию о составе комплексов диатомей Куршского залива в разные эпохи.

## **Благодарности**

Автор выражает благодарность сотрудникам КРОУ «Природное наследие» за помощь в проведении полевых исследований и лабораторной обработки данных.

Автор работы благодарит научного руководителя и научного консультанта за помощь в определении диатомовых водорослей, а также КРОУ «Природное наследие» за предоставление фотоматериала.

## Список источников

1. Инишева Л.И. Таинственное болото. – Томск: Изд-во Томского гос. пед. ун-та, 2016. – 108 с.
2. Жизнь растений. Т. 3. Водоросли. Лишайники / Под ред. проф. М. М. Голлербаха. М.: Просвещение, 1977. – 487 с.
3. Диатомовые водоросли [Электрон. ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.grandars.ru/shkola/estestvoznanie/diatomovye-vodorosli.html>
4. Куликовский М. Диатомовые водоросли [Электрон. ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/88714>
5. Так начинается Куршская коса (проектная работа учащихся) / Лукашев Н.А., Карелина В.И., Напреенко М.Г. и др. – Гимназия «Вектор», КРОУ «Природное наследие», Зеленоградск, 2015.
6. Лукашев Н.А. Развитие участка болота Свиного в корне Куршской косы по данным исследования торфяных отложений (проектная работа учащихся). – Гимназия «Вектор», КРОУ «Природное наследие», Зеленоградск, 2017.
7. Гудялис В.К. Геологические и физико-географические условия залива Куршю Марес и территории, окаймляющей залив Куршю Марес. – Вильнюс: Изд-во АН ЛитССР. 1959. – С. 7-41.
8. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли - индикаторы природных условий водоемов в голоцене. – Л. 1985. – 244 с.
9. Забелина М.М., Киселёв И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. – М.: Сов. наука, 1951. – 619 с.
10. Макарова И.В., Стрельникова Н.И., Козыренко Т.Ф., Николаев В.А., Потапова М.Г., Гладенков А.Ю., Жаковщинкова Т.К., Казарина Г.Х. Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные. Т. 2, вып. 3 / Под ред. И.В. Макаровой– СПб: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. – 112 с., 87 табл.
11. Krammer K., Lange-Bertalot H. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae (Teil 1–4). Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D. (eds). VEB Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena, Germany. 1986–1991.
12. Global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information «AlgaeBase» [Электрон. ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.algaebase.org/>
13. Vaikutiene G., Skipitytė R., Mažeika J., Martma T., Garbaras A., Bariseviciute R., Remeikis V. Environmental changes induced by human

- activities in the Northern Curonian Lagoon (Eastern Baltic): diatoms and stable isotope data // *Estonian Journal of Earth Sciences*. – 2017. – № 66. – P. 93-108.
14. Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // *Journal of Aquatic Ecology*. – 1994. – 28. – P. 117–133.
  15. Aleksandrov, S.V., Dmitrieva, O.A. Primary production and phytoplankton characteristics as eutrophication criteria of Kursiu Marios Lagoon, the Baltic Sea // *Water Resources*. – 2006. – 33. P. 97–133.