

УДК 582.26 + 581.9

С. И. Генкал, А. Г. Охупкин

**ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ  
(CENTROPHYCEAE, BACILLARIOPHYTA)  
ПЛАНКТОНА р. КЛЯЗЬМЫ (РФ)<sup>1</sup>**

При изучении доминирующей в фитопланктоне эвтрофной и сильно загрязненной р. Клязьмы группы диатомовых водорослей (Centrophyceae) выявлено 24 вида и одну разновидность из девяти родов. Среди представителей этого класса доминируют виды р. *Stephanodiscus*, что типично для рек системы боковой приточности р. Волги и ее водохранилищ. Состав этой группы центрических диатомовых водорослей обусловлен условиями существования, характерными для загрязненных, богатых биогенными элементами и органическими веществами равнинных водотоков умеренной зоны с естественным для них гидрологическим режимом. При этом уровень и динамика количественного развития Centrophyceae типичны для рек с антропогенно освоенным водосбором, приемников значительного объема сточных вод с высоким содержанием биогенов и органических веществ.

**Ключевые слова:** Ока, Клязьма, фитопланктон, Bacillariophyta, Centrophyceae, флора, электронная микроскопия.

Состав Centrophyceae эвтрофной и сильно загрязненной р. Клязьмы, протекающей по густонаселенной территории Российской Федерации, относительно богат и насчитывает 24 вида и одну разновидность из девяти родов центрических диатомовых водорослей.

Река Клязьма — крупный левобережный приток р. Оки, однако его фитопланктон и, в частности, центрические диатомовые водоросли, исследованы фрагментарно, хотя Centrophyceae составляют основу планктонных фитоценозов эвтрофно-гипертрофных равнинных рек Европы [22, 23, 27—29, 32, 33]. В наших предыдущих работах частично охарактеризованы состав и динамика обилия преобладающих видов диатомовых водорослей рода *Stephanodiscus* Ehr., *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round, *Cyclotella atomus* Hustedt, *C. (Discostella) stelligera* (Cleve et Grunov) Houk et Klee, *C. meneghiniana* Kützing, *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen и *Melosira varians* Agardh [22, 23], оценены основные альгофлористические и ценофлористические параметры планктонных сообществ [18—21].

---

<sup>1</sup> Работа частично поддержана грантом РФФИ № 12-04-00878.

Цель работы: уточнить состав центрических диатомовых водорослей реки, оценить сезонную динамику развития Bacillariophyta, роль Centrophyceae и тенденции этих показателей за период с конца 1980-х годов.

**Материал и методика исследований.** Река Клязьма протекает по территории Московской и Владимирской областей. Длина реки — 686 км, площадь бассейна — 42,5 тыс. км<sup>2</sup>. Ширина русла реки колеблется от 8—10 до 220 м, глубина — до 4 м (максимум 9 м). Скорость течения с 0,1—0,3 м/с в верховьях постепенно увеличивается и в нижнем течении преимущественно составляет 0,3—0,5 м/с, реже больше [24]. Питание реки главным образом снеговое. Средний расход у г. Ковров (185 км от устья) — 139—147 м<sup>3</sup>/с. В водосборе реки много населенных пунктов и городов (Щелково, Лосино-Петровский, Ногинск, Павловский Посад, Орехово-Зуево, Собинка, Владимир, Ковров, Вязьники, Гороховец [2, 3, 16]). Воды р. Клязьмы характеризуются низким качеством и относятся к четвертому классу, разряда «а» и «в», отличаясь высоким содержанием органических веществ, в том числе и легко окисляемых, минеральных форм азота и фосфора, соединений железа и кремния [14, 15].

Изучение центрических диатомовых водорослей р. Клязьмы проводили в период с 2 мая по 30 ноября 1986 г., с 13 января по 8 ноября 1987 г. и с 9 мая по 20 ноября 2010 г. Пробы воды отбирали в районе г. Коврова у правого берега реки с поверхностного горизонта (0—0,5 м) и фиксировали йодно-формалиновым фиксатором Г. В. Кузьмина [17]. После двухнедельного отстаивания пробы концентрировали до объема 10 мл комбинацией отстаивания и фильтрационного методов. Определение видового состава осуществляли на постоянных препаратах с использованием анилин-формальдегидной смолы и световой микроскопии (МЕИТechno, увеличение ×1000) и электронного микроскопа (СЭМ) JSM-25S в Центре коллективного пользования Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. Освобождение клеток от органической части проводили методом холодного сжигания [1]. Подсчет численности диатомовых в пробах фитопланктона осуществляли общепринятыми методами [17] с применением счетной камеры «Учинская» глубиной 0,1 мм и параллельно под электронным микроскопом. Зная общую численность центрических диатомовых водорослей, определенную при камеральной обработке проб, и пропорцию каждого вида *Centrophyceae*, оцененную по результатам электронно-микроскопического анализа, рассчитывали численность отдельных видов с учетом более точной их идентификации. Кластеризацию данных проводили с использованием пакета Statistika методом Варда, с применением в качестве мер включения индекса сходства видового состава Серенсена и коэффициента корреляции Спирмена (по численности створок отдельных видов *Centrophyceae*).

### Результаты исследований

В составе планктонных сообществ реки доминируют роды *Stephanodiscus* (8 видов), *Aulacoseira* и *Thalassiosira* (по 4), *Cyclotella* (2 вида и 1 разновидность). Роды *Discostella* (2), *Cyclostephanos*, *Melosira*, *Skeletonema* и *Conrticribra* (по 1) небогаты в видовом отношении. Количество видов, обнаруженных в отдельные годы, колебалось незначительно, изменяясь от 17

(1986 г.) до 19 (1987 и 2010 гг.). Состав центрических диатомей реки на протяжении последних двух десятилетий достаточно стабилен, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты сходства Серенсена отдельных лет наблюдений (0,67-0,83). При изучении материалов 2010 г. выявлено 19 представителей Centrophyseae. Их краткие описания и оригинальные рисунки приведены ниже.

*Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen (рис. 1, а, б). Створки диаметром 6,4—14,5 мкм, высотой 10,4—15,0 мкм, рядов ареол 10—16 в 10 мкм, ареол в 10 мкм ряда 12—18.

*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (рис. 1, в). Створки диаметром 5—17 мкм, высотой 14,4—20,0 мкм, рядов ареол 9—12 в 10 мкм, ареол в 10 мкм ряда 8—12.

*Aulacoseira subborealis* (Nygaard) Denys, Muylaert et Krammer (рис. 1, г). Створки диаметром 7,3—8,2 мкм, высотой 1,2—1,9 мкм, рядов ареол 20—22 в 10 мкм.

*Conticribra weissflogii* (Grunow) K. Stachura-Suchoples et D.M. Williams (рис. 1, е). Створки диаметром 18,6—27,7 мкм, краевых выростов в 10 мкм 10—12, центральных выростов на створке 4—8.

*Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round (рис. 1, ж). Створки диаметром 7,3—19,3 мкм, штрихов 10—14 в 10 мкм.

*Cyclotella atomus* Hustedt var. *atomus* (рис. 1, з). Створки диаметром 4—9 мкм, штрихов 10—15 в 10 мкм.

*Cyclotella atomus* var. *gracilis* Genkal et Kiss (рис. 1, и). Створки диаметром 6,1—8,6 мкм, штрихов 12—16 в 10 мкм.

*Cyclotella meneghiniana* Kützing (рис. 2, а). Створки диаметром 7,6—37,0 мкм, штрихов 5—6 в 10 мкм.

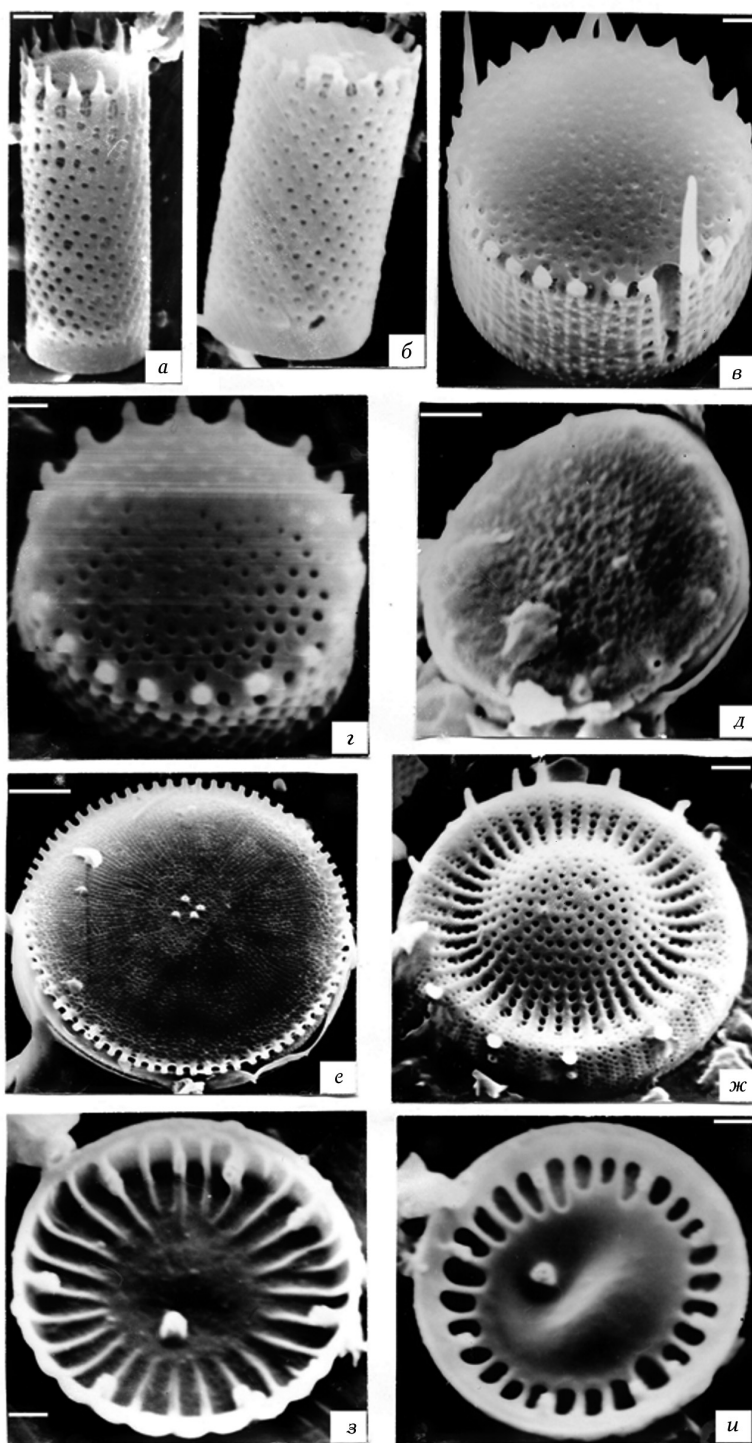
*Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk et Klee (рис. 2, б—г). Створки диаметром 3,1—15,7 мкм, штрихов 16—40 в 10 мкм.

*Melosira varians* Agardh (рис. 2, г). Створка диаметром 23,3 мкм, высотой 14,4 мкм.

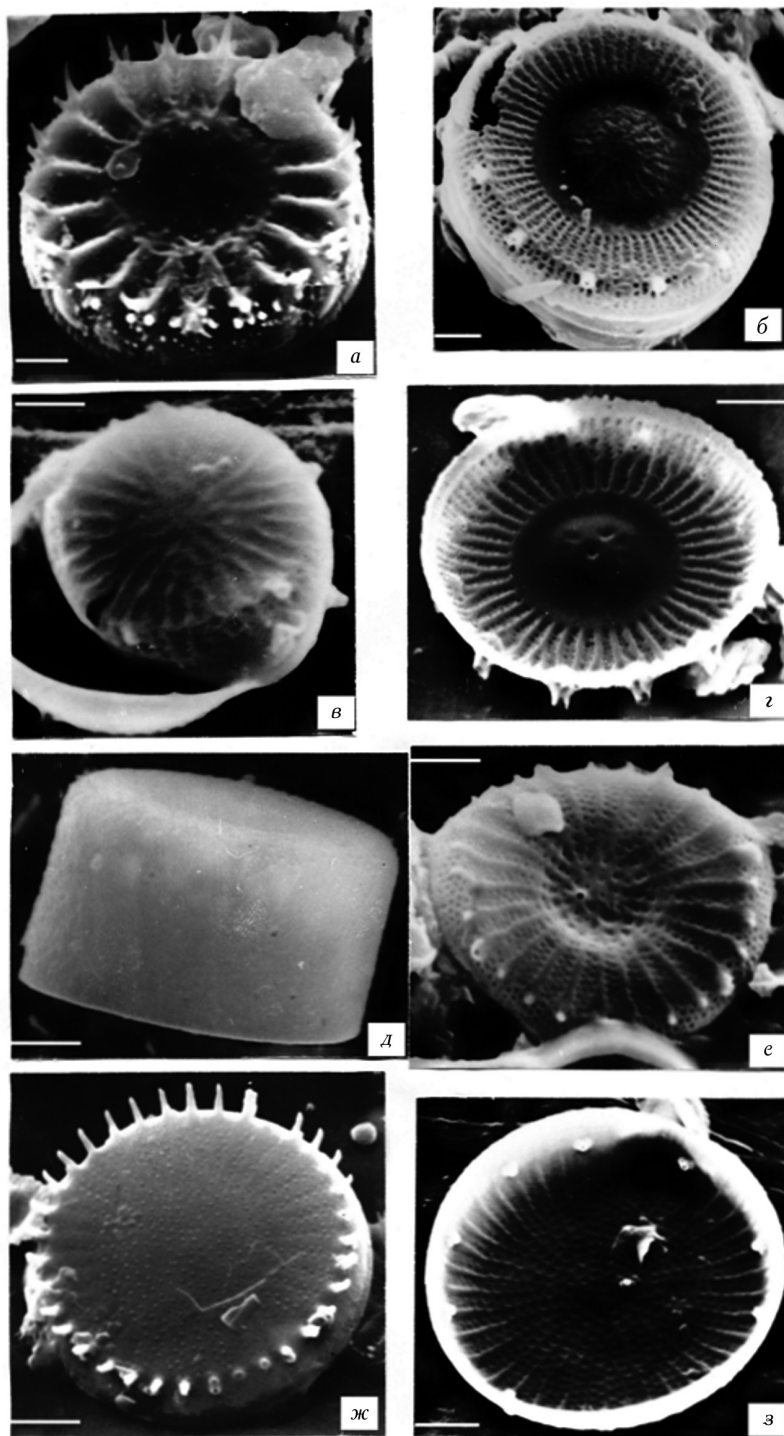
*Stephanodiscus delicatus* Genkal (рис. 2, е). Створки диаметром 7,9—10,0 мкм, штрихов 8—14 в 10 мкм.

*Stephanodiscus hantzschii* Grunow (рис. 2, ж). Створки диаметром 10,4—32,8 мкм, штрихов 4—9 в 10 мкм.

*Stephanodiscus invisitatus* Hohn et Hellerman (рис. 2, з). Створки диаметром 11,4—15,7 мкм, штрихов 12—14 в 10 мкм.



1. Электронные микрофотографии створок (СЭМ). *а, б* — *Aulacoseira ambigua*; *в* — *A. granulata*; *г* — *A. subborealis*; *д* — *Thalassiosira pseudonana*; *е* — *T. weissflogii*; *ж* — *Cyclostephanos dubius*; *з* — *Cyclotella atomus* var. *atomus*; *и* — *C. atomus* var. *gracilis*. *а—ж* — створки с наружной поверхности; *з, и* — створки с внутренней поверхности. Масштаб: *а—в, ж* — 2 мкм; *г, д, з, и* — 1 мкм; *е* — 5 мкм.



2. Электронные микрофотографии створок (СЭМ). а — *C. meneghiniana*; б—z — *Discostella pseudotelligera*; д — *Melosira varians*; е — *Stephanodiscus delicatus*; ж — *S. hantzschii*; з — *S. invisitatus*. а—в, д—ж — створки с наружной поверхности; z, з — створки с внутренней поверхности. Масштаб: а, б, z, е, з — 2 мкм; в — 1 мкм; д, ж — 5 мкм.



*Stephanodiscus makarovae* Genkal (рис. 3, а). Створки диаметром 6,7—8,2 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

*Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve et Möller (рис. 3, б, в). Створки диаметром 7,3—10,0 мкм, штрихов 9 в 10 мкм.

*Stephanodiscus neoastraea* Håkansson et Hickel emend. Casper, Scheffler et Augsten (рис. 3 г). Створки диаметром 24,4 мкм, штрихов 10—12 в 10 мкм.

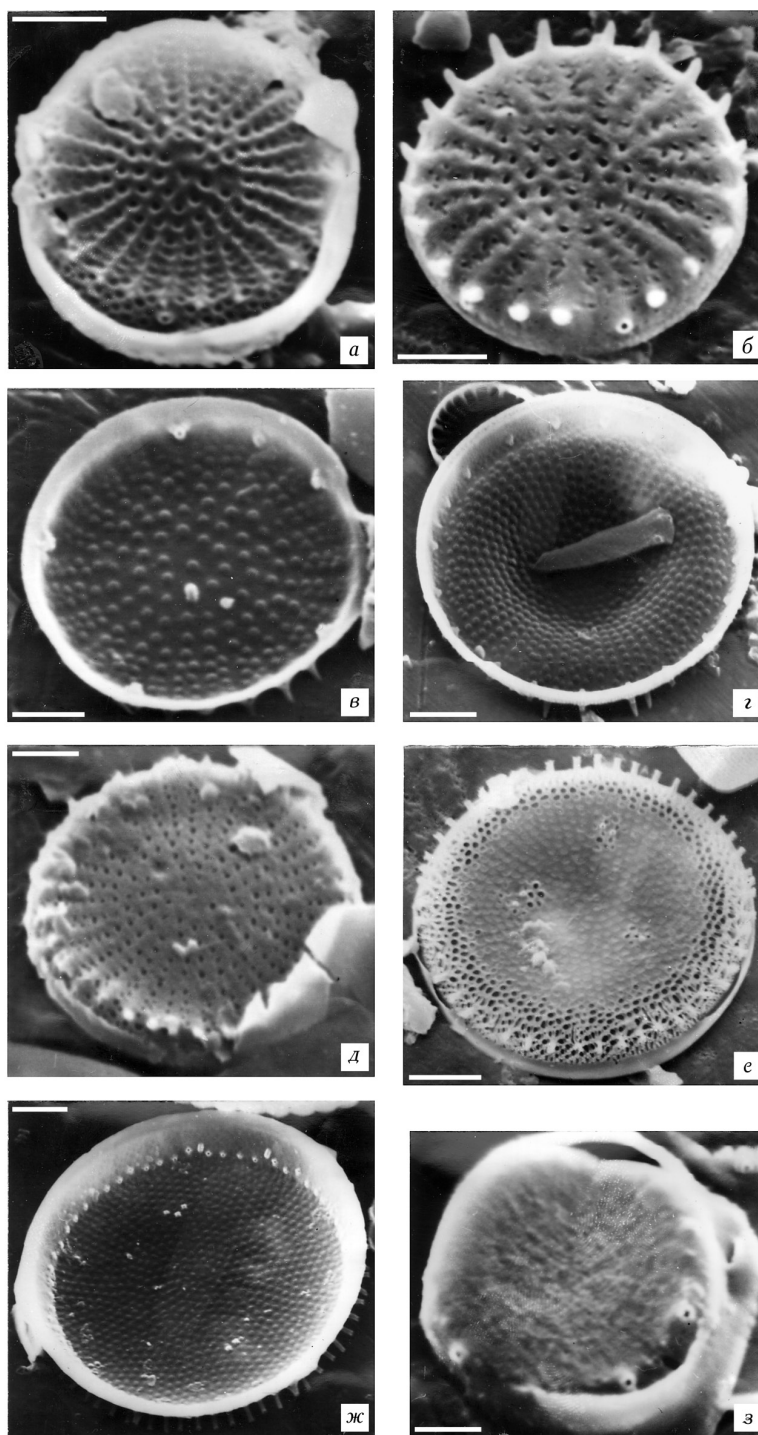
*Stephanodiscus triporus* Genkal et Kuzmin (рис. 3, д). Створки диаметром 4,9—10,0 мкм, штрихов 12—25 в 10 мкм.

*Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle (рис. 3, е, ж). Створки диаметром 22,2—28,9 мкм, краевых выростов в 10 мкм 8, центральных выростов на створке 5.

*Thalassiosira pseudonana* Hasle et Heimdal (рис. 1, д; 3, з). Створки диаметром 4,7—6,1 мкм, краевых выростов на створке 6—12.

Общая численность диатомовых водорослей в планктоне реки минимальна в период поздней осени и зимы. После ледохода и окончания весеннего половодья отмечался весенний подъем обилия центрических диатомей, как правило в мае (например, в 1986 г. диатомовых — до 42—49 млн. кл/дм<sup>3</sup>, из них центрических 41—48 млн. кл/дм<sup>3</sup>). В летний сезон обилие Centrophyseae было также высоким, повышенные значения в разные годы отмечались обычно с конца июня до сентября. Кроме того, периоды высокой численности были установлены и осенью (например, в октябре 2010 г. она составляла 23,4 млн. кл/дм<sup>3</sup>, из них центрических — 22,9). Средние за вегетационный период и максимальные из зарегистрированных значения численности диатомовых свойственны водоемам эвтрофно-гипертрофного типа (см. таблицу), что связано с огромной антропогенной нагрузкой на экосистему реки. Из ценотически значимых отметим шесть видов: *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*, *C. atomus*, *Stephanodiscus invisitatus*, *S. minutulus* и *Discostella stelligera*.

Изучение сезонной динамики обилия отдельных видов Centrophyseae показало, что виды родов *Melosira* и *Aulacoseira* не характерны для планктона реки, из них только у *Aulacoseira granulata* численность превысила 1 млн. кл/дм<sup>3</sup> (1.08.1987 г.). По-видимому, в современный период этот вид стал чаще встречаться (частота встречаемости возросла с 0,1—0,4 в 1980-х гг. до 0,7 в 2010 г.) и его средневегетационная численность имела тенденцию к возрастанию. *S. hantzschii* встречался в течение всего периода исследований, более высокие показатели обилия вида приурочены к весеннему и осеннему сезонам, а в 1987 г. — также и к летнему. *S. invisitatus* в 1980-х гг. отмечен в течение всего года, а самое высокое его обилие установлено для первой половины лета и конца лета — начала осени. В 2010 г. его роль в организации комплекса планктонных диатомей заметно снизилась, он стал реже встречаться, а его показатели обилия стали меньше. Аналогичная тенденция установлена и для *S. minutulus* (см. таблицу). Остальные виды р. *Stephanodiscus* не отличались высокой встречаемостью и реже достигали замет-



3. Электронные микрофотографии створок (СЭМ). *a* — *Stephanodiscus makarovae*; *б, в* — *S. minutulus*; *г* — *S. neoastraea*; *д* — *S. triporus*; *е, ж* — *Thalassiosira faurii*; *з* — *T. pseudonana*. *а, б, д, е, з* — створки с наружной поверхности; *в, г, ж* — створки с внутренней поверхности. Масштаб: *а — в, д* — 2 мкм; *г, е, ж* — 5 мкм; *з* — 1 мкм.

Средняя за вегетационный период и максимальная из зарегистрированных численность (млн. кл/дм<sup>3</sup>) створок Centrophyceae в разные годы исследований

Годы	Диатомовые	Центрические	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Cyclotella atomus</i>	<i>Stephanodiscus invisitatus</i>	<i>Stephanodiscus minutulus</i>	<i>Discostella stelligera</i>
1986 г.	11,8 ± 2,6 49,3(10,05)	11,4 ± 2,5 48,0(10,05)	3,2 ± 1,5 28,0(10,05)	2,2 ± 0,7 14,6(20,07)	1,1 ± 0,3 7,5(27,07)	1,5 ± 0,6 13,0(27,07)	1,4 ± 0,8 21,0(22,05)	1,2 ± 0,4 9,8(6,07)
1987 г.	7,1 ± 1,7 37,0(16,08)	6,6 ± 1,6 36,6(16,08)	1,2 ± 0,2 4,6(16,08)	0,3 ± 0,08 1,8(30,08)	1,2 ± 0,5 11,3(16,08)	0,4 ± 0,1 2,1(14,06)	0,2 ± 0,07 1,6(1,08)	1,7 ± 0,5 9,7(16,08)
2010 г.	14,6 ± 4,0 61,0(29,08)	14,2 ± 3,9 60,6(29,08)	3,7 ± 1,9 21,8(22,05)	1,0 ± 0,3 3,2(14,08)	7,6 ± 3,7 55,8(29,08)	0,1 ± 0,04 0,6(22,05)	0,1 ± 0,08 1,2(22,05)	—

Примечание. Над чертой — средняя арифметическая ± ошибка средней; под чертой — максимальная численность, в скобках — дата ее регистрации.

ного обилия (*S. triporus* — до 1,1 млн. кл/дм<sup>3</sup> — 8.08.1987 г., *S. delicatus* — 2,0 млн. кл/дм<sup>3</sup> — 16.08.1987 г., *S. makarovae* — 0,6 млн. кл/дм<sup>3</sup> — 1.06.1986 г.).

Оба вида р. *Cyclotella* относятся к ценотически значимым компонентам планктона реки. Средняя за период вегетации концентрация *C. meneghiniana* колебалась от 297 ± 84 тыс. кл/дм<sup>3</sup> (1987 г.) до 2,2 ± 0,7 млн. кл/дм<sup>3</sup> (1986 г.). Развиваясь в течение всего вегетационного периода, с конца июня до конца августа, как правило, доминировала. Аналогичная динамика отмечалась и в цикле развития *C. atomus*, которая в первом десятилетии XXI в. по обилию вышла на первое место среди Centrophyceae. Из видов р. *Discostella* в начальный период наблюдений развивалась *D. stelligera*, включенная в перечень массовых видов центральных диатомовых реки (см. таблицу). Ее встречаемость достигала 0,90—0,96, а средняя численность — 1,2—1,6 млн. кл/дм<sup>3</sup>, максимумы обилия приурочены к летнему сезону, хотя в 1986 г., кроме раннелетнего, отмечен также и менее заметный весенний подъем (4,10—22,05). В 2010 г. вместо *D. stelligera* отмечен близкий по морфологии вид — *D. pseudostelligera*, обилие которой не превысило 1,7 млн. кл/дм<sup>3</sup> (4.09.2010 г.). Отмечалась она в основном в первой половине вегетационного периода (до конца июля), затем стала встречаться много реже. Уровень развития *Cyclostephanos dubius*, при высокой встречаемости в пробах (0,67—0,86) был намного ниже, чем у ранее перечисленных водорослей. Самой высокой его численность оказалась в конце 1980-гг.: 3,4 млн. кл/дм<sup>3</sup> — 8.08.1987 г., 4,2 млн. кл/дм<sup>3</sup> — 10.05.1986 г., он постоянно отмечался в течение всего периода открытой воды, давая от 4 до 7 подъемов обилия.

Среди видов родов *Thalassiosira* и *Skeletonema* в планктоне чаще других и

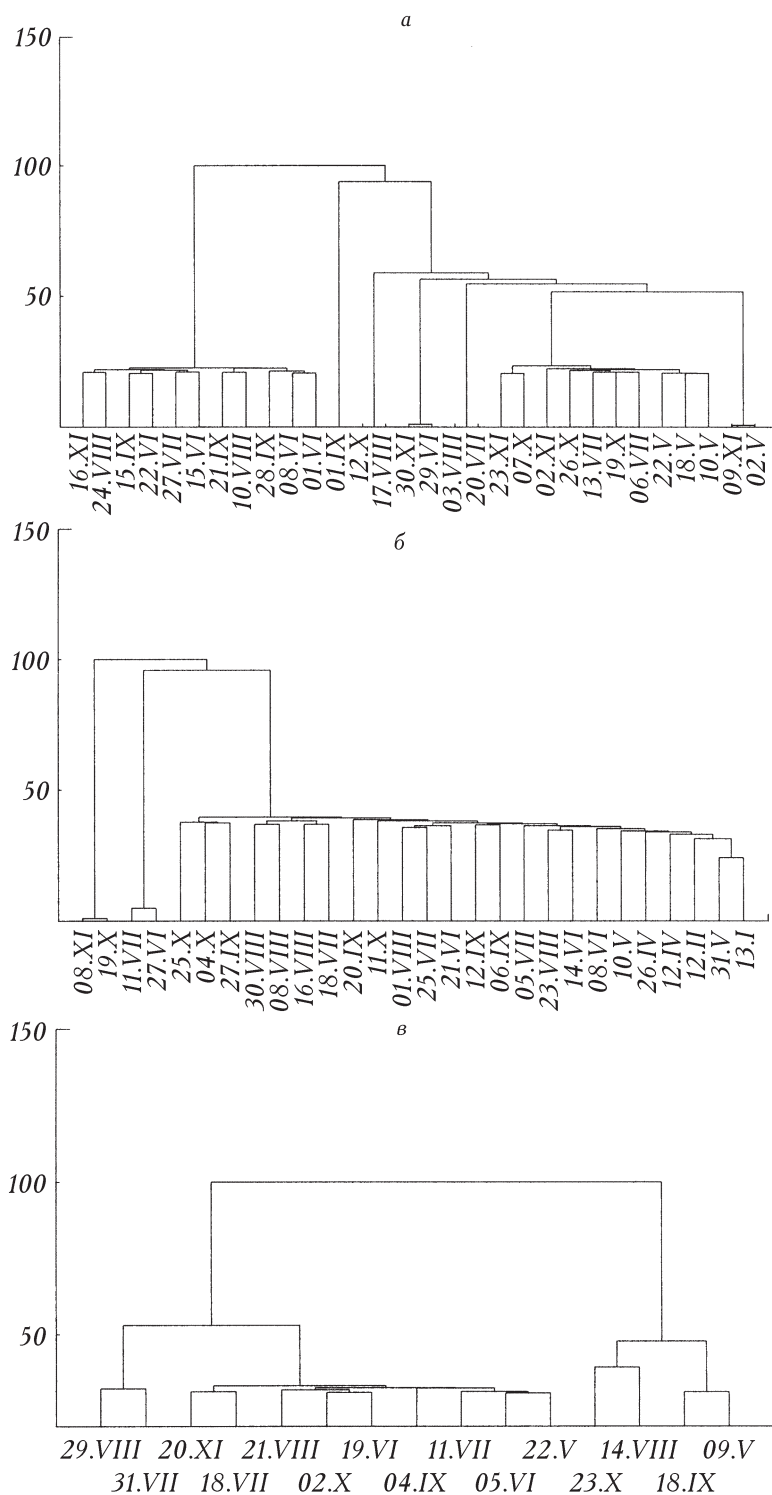


с большими значениями численности развивалась *Thalassiosira pseudonana*. По-видимому, ее роль в организации планктонных фитоценозов постепенно снижалась. Остальные представители этих родов обнаруживались редко и в незначительном количестве.

Попытка выделения сезонных комплексов центрических диатомовых с использованием показателей сходства видового состава в качестве меры включения только в 1986 г. более или менее удовлетворительно показала наличие весенне-осенних и летних ассоциаций видов *Centrophyceae* (рис. 4). Это можно рассматривать как следствие высокого постоянства состава центрических диатомовых в течение всего вегетационного периода и значительного его сходства между годами. Кластеризация проб, основанная на анализе ранговой корреляции численности различных видов центрических диатомовых водорослей, продемонстрировала наличие достаточно устойчивых сочетаний ценологически значимых компонентов диатомовых сообществ. Так, в 1986 г. выделялись группировки: *Stephanodiscus minutulus* — *S. makarovae* — *Cyclostephanos dubius* — *Stephanodiscus hantzschii* и *Discostella stelligera* — *Cyclotella atomus* — *Stephanodiscus invisitatus* — *Thalassiosira pseudonana* — *Cyclotella meneghiniana*. Перечисленные виды объединялись со всеми остальными, имеющими незначительные показатели обилия, группировка которых во второй крупный кластер могла носить случайный характер из-за их малочисленности. В 1987 г. наибольшая степень сочетаемости отмечалась также у диатомей с высокой численностью клеток, и выделялись почти аналогичные комбинации ценообразующих видов: *Discostella stelligera* — *Cyclotella atomus* — *Cyclostephanos dubius* — *Thalassiosira pseudonana* — *Cyclotella meneghiniana* и *Stephanodiscus hantzschii* — *S. minutulus* — *S. triporus*. В первой декаде XXI в., как и ранее, отчетливо просматриваются два крупных кластера, объединяющие группировки видов с преобладанием *Cyclotella atomus* — *C. meneghiniana* — *Aulacoseira granulata* и *Discostella pseudostelligera* — *Cyclostephanos dubius* — *Stephanodiscus hantzschii*.

### Обсуждение результатов исследований

Воды р. Клязьмы в период исследований относились к гидрокарбонатно-му классу группы кальция и средними значениями минерализации 339—354 мг/дм<sup>3</sup> (1980-е гг.), в 2011 г. она колебалась в пределах 140—547 мг/дм<sup>3</sup>. Воды отличались значительным количеством органического вещества (ХПК в среднем за 1986—1987 гг. — 25,5—29,7 мг О/дм<sup>3</sup>, БПК<sub>5</sub> — 4,6—5,5, максимум — до 12,7 мг О/дм<sup>3</sup>) и биогенных элементов (среднегодовое содержание общего фосфора составляло 106 мкг Р/дм<sup>3</sup>) [12, 13]. В 2011 г. к числу приоритетных загрязнений относились аммонийный и нитритный азот и органические вещества (БПК<sub>5</sub> — до 4,2—10,5 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, ХПК — 32—55 мг О/дм<sup>3</sup>). В районе г. Ковров вода реки относилась к классу «грязных» за счет загрязнения аммонийным и нитратным азотом, медью, цинком, фенолами, легко окисляемыми органическими веществами (БПК<sub>5</sub>) и нефтепродуктами [14, 15, 25]. В 2011 г., как и в 1980-х годах, качество воды реки оставалось низким (четвертый класс, разряды «а» и «в»). Воды реки периодически загрязнялись соединениями железа, фенолами и фосфатами и в период исследований отличались постоянным отсутствием биогенного лимитирования и стабильно низким качеством.



4. Дендрограмма сходства состава центрических диатомовых водорослей по качественным данным. По оси ординат — эвклидово расстояние.

В этих условиях в видовом отношении состав Centrophyceae планктона реки оказался довольно богатым. К. Рейнолдс [32] среди лидирующих компонентов речного фитопланктона приводит 22 вида центрических диатомовых, большая часть из которых (16) отмечена в р. Клязьме. В р. Волге и ее водохранилищах был установлен 31 таксон Centrophyceae из 8 родов [4], затем список этих водорослей пополнялся, и в настоящее время в р. Волге и системе ее боковых притоков, включая Каму и Оку, выявлено 40 таксонов центрических диатомовых водорослей [5—7, 9, 10]. В отдельных водохранилищах Волги и Камы их состав несколько беднее, например в Ивановском водохранилище отмечено 27 видов и разновидностей, Угличском — 26, Рыбинском — 32, Горьковском — 39 [26], Куйбышевском — 29 из 7 родов, Нижнекамском — 20 видов и разновидностей из 8 родов, Воткинском — 19 видов из 9 родов, [7, 31]. На этом фоне р. Клязьма по разнообразию центрических диатомей (24 вида и 1 разновидность) незначительно отличается от других водоемов волжского бассейна, в отличие от низовьев р. Оки, где богатство центрических диатомей выше (39 таксонов рангом ниже рода) [8].

Несмотря на то, что состав центрических диатомей р. Клязьмы заметно беднее такового р. Оки в районе ниже ее впадения (Клязьма — 25 таксонов, Ока — 39) [8, 9], родовой и эколого-географический спектры Centrophyceae обеих рек идентичны. Это виды, широко распространенные в водоемах умеренной зоны, предпочитающие нейтрально-олигощелочные воды с достаточно высокой минерализацией, содержанием фосфора, азота и органических соединений, легко минерализуемых бактериями. Постоянно высокая встречаемость (70—90% и более) характерна для *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*, *C. atomus* и *Cyclostephanos dubius*. *Stephanodiscus invisitatus* обнаружен в 47—90% проб, тогда как *Thalassiosira pseudonana* (27—79%), *Stephanodiscus minutulus* (53—75%) и *S. makarova* (33—43%) отмечались реже. Среди видов рода *Aulacoseira* встречаемость *A. ambigua* и *A. granulata* возрастала в ряду исследованных лет, в 2010 г. отмечена *A. subborealis*, ранее не обнаруженная в составе планктонных сообществ.

Водоросли, средняя за период вегетации численность которых оказалась более 1 млн. кл/дм<sup>3</sup> (величины, характерные для вод эвтрофного типа и выше), приведены в таблице. В отличие от устьевого участка р. Оки, в р. Клязьме обилие *Stephanodiscus neoastraea*, *Aulacoseira granulata*, *A. ambigua* и *Skeletonema subsalsum* было заметно ниже, а *Cyclotella meduanae* и *Thalassiosira incerta*, численность которых в р. Оке регулярно превышала 1 млн. кл/дм<sup>3</sup>, в р. Клязьме не были обнаружены. Из представителей солоноватоводно-морского комплекса видов Centrophyceae, постепенно распространяющихся вверх по течению р. Оки, в р. Клязьме встречены *Thalassiosira pseudonana*, *Th. guillardii*, *Th. faurii*, *Contricribra weissflogii* и *Skeletonema subsalsum*, из которых только *Th. pseudonana* в конце 1980-х годов постоянно и с незначительным обилием развивалась в планктоне реки.

Многие виды центрических диатомовых водорослей, найденные в р. Клязьме, входят в состав различных функциональных групп фитопланктона, выделенных К. Рейнолдсом с соавторами [34] в основном для озерных экосистем и модифицированных Ю. Падисак с соавторами [30]. Так, *Aulacoseira subarctica*, *Stephanodiscus neoastraea*, *S. minutulus*, *Cyclotella (Discostella)*

*stelligera* типичны для мезотрофных малых и средних озер с видами, чувствительными к началу стратификации (кодон *B*). *Aulacoseira ambigua*, *Cyclotella meneghiniana* входят в состав кодона *C* — видов, характерных для эвтрофных малых и средних озер, *Aulacoseira granulata* (кодон *P*) свойственна эпилимниону эвтрофных озер. Функциональная группа *D*, главным образом характерная для мелких, богатых биогенными элементами, перемешиваемых вод, включая реки, содержит мелкоклеточные виды с высокой скоростью роста, в том числе *Stephanodiscus hantzschii* и *Skeletonema subsalsum*. На наш взгляд, для средних и больших равнинных рек с незарегулированным стоком, достаточной скоростью течения и турбулентностью водных масс, с содержанием общего фосфора более 100 мкг P/дм<sup>3</sup> и минерального азота — более 1,0 мг N/дм<sup>3</sup> и большим содержанием органического вещества (БПК<sub>5</sub>, ХПК) эта группа должна включать *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*, *C. atomus*, *Cyclostephanos dubius*, *Discostella stelligera*, *Stephanodiscus invisitatus*, а также *S. neoastraea*, *Aulacoseira granulata*, *A. ambigua* и *Skeletonema subsalsum* ( $F = 3$ ).

### Заключение

Состав Centrophyceae эвтрофной, сильно загрязненной р. Клязьмы довольно богат и насчитывает 24 вида и одну разновидность 9 родов центрических диатомовых водорослей. Преобладание видов р. *Stephanodiscus* типично для системы рек боковой приточности р. Волги и ее водохранилищ. Состав этой группы планктонных организмов, а также высокие показатели их количественного развития определяются условиями существования, характерными для загрязненных, богатых биогенными элементами и органическими веществами равнинных водотоков умеренной зоны, с естественным для них гидрологическим режимом. Заметных признаков роста экспансии чужеродных видов диатомовых водорослей, в отличие от нижнего течения р. Оки, не отмечено, что может быть связано с аномальными погодными условиями года исследований (2010 г.) и требует дальнейших наблюдений.

\*\*

При вивченні домінуючої у фітопланктоні евтрофної і сильно забрудненої р. Клязьми групи діатомових водоростей виявлено 24 види та один різновид із дев'яти родів. Серед представників цього класу домінують види р. *Stephanodiscus*, що є типовим для річки системи бокової приточності р. Волги та її водосховищ. Склад цієї групи центричних діатомових водоростей зумовлено умовами існування, які характерні для забруднених, багатих на біогенні елементи і органічні речовини рівнинних водотоків помірної зони з природним для них гідрологічним режимом. Centrophyceae є типовими для річок з антропогенно освоєним водозбором, приймачів значних об'ємів стічних вод із високим вмістом біогенних елементів та органічних речовин.

\*\*

A total of 24 species and one variety from nine genera are recorded during this study of diatom algae groups (Centrophyceae) dominating in phytoplankton of the eutrophic and highly polluted Klyaz'ma River. Species of the genus *Stephanodiscus* predominate among representatives of this class that is typical for the side inflow system of the Volga and its reservoirs. Triviality and consistency of the composition of this group of centric diatom algae are determined by environmental conditions typical for polluted plain watercourses of the

*temporal zone which are rich in nutrients and organic matters and characterized by natural for rivers hydrological regime. At this, the level and dynamics of quantitative development of Centrophyceae representatives are common for rivers with anthropogenically altered watersheds, receivers of considerable amounts of waste waters with high concentrations of nutrients and organic matters*

\*\*

1. Балонов И.М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — С. 87—90.
2. Большая Советская энциклопедия. — М.: Изд-во «Сов. Энцикл.», 1973. — Т. 12. — 332 с.
3. Большая Российская энциклопедия. — М.: Научное изд-во «Большая Рос. Энцикл.», 2009. — Т. 14. — 328 с.
4. Генкал С.И. Атлас диатомовых водорослей планктона реки Волги. — СПб: Гидрометеоиздат, 1992. — 128 с.
5. Генкал С.И., Беляева П.Г. Диатомовые водоросли (Centrophyceae) Камского водохранилища (Россия) // Альгология. — 2011. — Т. 21, № 3. — С. 321—320.
6. Генкал С.И., Корнева Л.Г. Новые находки диатомовых водорослей (Centrophyceae) из волжских водохранилищ // Там же. — 2001. — Т. 11, № 4. — С. 457—461.
7. Генкал С.И., Охапкин А.Г. Диатомовые водоросли (Centrophyceae) в фитопланктоне Камских водохранилищ // Поволж. экол. журн. — 2010. — № 3. — С. 254—262.
8. Генкал С.И., Охапкин А.Г. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) нижнего течения р. Оки (Россия) // Бассейн Волги в XXI веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ: Сб. материалов конф. — Ижевск, 2012. — С. 39—41.
9. Генкал С.И., Охапкин А.Г. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) нижнего течения р. Оки (Российская Федерация) // Гидробиол. журн. — 2013. — Т. 49, № 1. — С. 44—61.
10. Генкал С.И., Паутова В.Н., Номоконова В.Н., Тарасова Н.Г. О находке *Cyclotella ambigua* (Bacillariophyta) в Куйбышевском водохранилище // Биология внутр. вод. — 2008. — № 1. — С. 9—15.
11. Генкал С.И., Ярмошенко Л.П., Охапкин А.Г. Первые находки морского вида *Cyclotella marina* (Bacillariophyta) в пресных водоемах Европы // Альгология. — 2012. — Т. 22, № 4. — С. 431—440.
12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 1986 г. Верхне-Волжское территориальное управление по гидрометеорологии и контролю природной среды. — Горький, 1987. — 302 с.
13. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 1987 г. Ч. I. Верхне-Волжское территориальное управление по гидрометеорологии и контролю природной среды. — Горький, 1988. — 579 с.



14. *Ежегодник* качества поверхностных вод на территории деятельности Верхне-Волжского УГКС Госкомгидромета за 1987 год. — Горький, 1988. — 246 с.
15. *Качество* поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник 2011 г. — Ростов н/Д: НОК, 2012. — 552 с.
16. *Краткая географическая энциклопедия*. — М.: Изд-во «Сов. Энцикл.», 1961. — Т. 2. — 317 с.
17. *Методика* изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — 239 с.
18. *Охапкин А.Г.* Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и ее притоков): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — СПб., 1997. — 48 с.
19. *Охапкин А.Г.* Видовой состав фитопланктона как показатель условий существования в водотоках разного типа // Ботан. журн. — 1998. — Т. 83, № 9. — С. 1—13.
20. *Охапкин А.Г.* Динамика видовой структуры потамофитопланктона в водотоках разного типа // Биология внутр. вод. — 2000. — № 1. — С. 53—61.
21. *Охапкин А.Г.* Сукцессии фитопланктона при эвтрофировании и зарегулировании стока речных экосистем // Ботан. журн. — 2002. — Т. 87, № 4. — С. 84—92.
22. *Охапкин А.Г., Генкал С.И.* Состав и экология доминирующих видов диатомовых водорослей планктона водотоков бассейна Средней Волги. Виды рода *Stephanodiscus* Ehr. // Биология внутр. вод. — 2000. — № 4. — С. 36—46.
23. *Охапкин А.Г., Генкал С.И.* Экология массовых видов диатомовых водорослей планктона водотоков бассейна Средней Волги: виды родов *Aulacosira* Thw., *Melosira* Ag., *Cyclotella* Kütz., *Cyclostephanos* Round, *Sceletone-ma* Grev., пеннатные диатомеи // Там же. — 2001. — № 1. — С. 27—35.
24. *Ресурсы* поверхностных вод СССР. Т. 10. Верхне-Волжский район. Описания отдельных рек и озер / Под ред. Ю. Е. Яблокова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1972. — 248 с.
25. *Состояние* окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области в 2011 году. Доклад. — Нижний Новгород: Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области. — 2012. — 319 с.
26. *Экологические проблемы* Верхней Волги. — Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 2001. — 427 с.
27. *Descy J.-P.* Phytoplankton composition and dynamics in the River Meuse (Belgium) // Arch. Hydrobiol. Suppl. — Vol. 78. — 1987. — P. 225—245.
28. *Descy J.-P.* Ecology of phytoplankton of the River Moselle; effects of disturbances on community structure and diversity // Hydrobiologia. — 1993. — Vol. 249. — P. 111—116.
29. *Descy J.-P., Gosselain V.* Development and ecological importance of phytoplankton in a large, lowland river (River Meuse, Belgium) // Ibid. — 1994. — Vol. 289. — P. 139—156.

30. *Padisák J., Crosetti L.O., Naselli-Flores L.* Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates // *Ibid.* — 2009. — Vol. 621. — P. 1—19.
31. *Pautova V.N., Genkal S.I., Nomokonova V.I., Tarasova N.G.* The seasonal and interannual dynamics of centric diatoms in the Kuibyshev reservoir // *Inland water biology.* — 2009. — Vol. 2, N 3. — P. 213—222.
32. *Reynolds C.S., Descy J.-P.* The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers // *Arch. Hydrobiol. Suppl.1. Large Rivers.* — 1996. — Vol. 113, N 1—4. — P. 161—187.
33. *Reynolds C.S., Descy J.-P., Padisák J.* Are phytoplankton dynamics in rivers so different from those in shallow lakes // *Hydrobiologia.* — 1994. — Vol. 289. — P. 1—7.
34. *Reynolds C. S., Huszar V., Kruk K. et al.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // *J. of plankton research.* — 2002. — Vol. 24, N 5. — P. 417—428.

Институт биологии внутренних вод,  
Борок, РФ

Поступила 06.04.15