

УДК:332

**Эшмуродова Н.Ш.**

Доцент Экологического факультета  
Национального университета Узбекистана, к.б.н.,

**Абжалов А.А.**

Соискатель факультета Экологии  
Национального университета Узбекистана

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРНО-САПРОБНЫХ ВИДОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ «УЗУНБУЛАК» И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**

**Аннотация:** в данной статье рассматривается развитие и распределение индикаторно-сапробных водорослей в системах очистного сооружения «Узунбулак» и их значение в очистке воды р.Зарафшан.

**Ключевые слова:** Река Зарафшан, водоочистная станция «Узунбулак», альгофлора, водоросли, индикаторно-сапробные виды, планктон, бентос.

**Введение.** По сведениям Центральноазиатский журнал географических исследований (№3-4. 2023 гг.), реки и каналы, протекающие на территории республики в черте крупных промышленных центров, оросительных систем сельских хозяйств и густонаселенных городов подвергаются антропогенному воздействию, в результате чего их воды загрязняются.

Одним из важных направлений мониторинга природной водной среды является использование индикаторов. Сапробные индикаторные водоросли помогают прогнозировать наличие загрязнения воды инфекционными микроорганизмами, следствием которого является распространение заболеваний среди населения.

Так, по данным научных источников [1-12] индикаторные сапробные виды водорослей способны произрастать и в самых чистых, и самых загрязнённых водоемах. По составу флоры водорослей водоёмов, их количественному показателю можно определить степень загрязнённости воды

Водоросли – начальное звено трофической цепи, основной продуцент органического вещества в водоемах и наиболее перспективный объект для оценки состояния водных экосистем. Инвентаризация альгофлоры актуальна потому, что экосистемы водоемов чрезвычайно быстро реагируют на изменения климатических и других физико-географических условий, а также на последствия хозяйственной деятельности человека. Качественные и количественные исследования водорослевых сообществ – основной этап, открывающий возможность для экологического мониторинга.

**Анализ литературы по теме.** Структура разнообразия включает альфа-разнообразие таксономического уровня, бета-разнообразие фитоценотического уровня (разнообразие растительных сообществ) и гамма-разнообразие биогеографического уровня (разнообразие фитоценозов) (Whittaker, 1975, 1977). Общее разнообразие растительного мира в принципе определяется вкладом всех трех уровней, но как исторический, так и функциональный аспекты взаимодействий между ними еще весьма слабо изучены (Krassilov, 2003). Представление о разнообразии объединяет множество концепций и терминов, среди которых – “богатство видов” и “эквитабильность” или равномерность (Peet, 1974). Видовое богатство – наиболее понятная величина, которая оценивается как число видов. В дальнейшем видовое, таксономическое, богатство, альфа-разнообразие, будет рассмотрено как одна из характеристик флоры. “Эквитабильность” – это степень равномерности распределения обилий видов в сообществе, в дальнейшем называемая видовым

разнообразием, это бета-разнообразие. Видовое богатство – величина статичная, отражающая состояние системы. А видовое разнообразие – показатель динамики системы и, как будет показано ниже, направления ее развития. В работе Н.В. Кондратьевой (2000) подробно рассмотрены взгляды, ставшие достоянием международного сообщества в 2001 г. (Kondratyeva, 2001), на различные аспекты классификации и анализа разнообразия у водорослей, которые впитывают в себя все проблемы, существующие в этом направлении науки в настоящее время [4, 5, 6, 7, 8].

Известно, что разнообразие высших растений возрастает от высоких широт к низким, однако связь этой закономерности с устойчивостью экосистем не вполне достоверна, поскольку в том же направлении возрастает и площадь суши, а альфа-разнообразие связано с площадью логарифмической зависимостью (Attenius, 1910; Малышев, 1998). Одно из возможных объяснений функциональной зависимости между разнообразием и устойчивостью к внешним воздействиям состоит в том, что в сообществе с высоким уровнем разнообразия существует взаимозаменяемость видов: при выпадении части видов их экологические ниши могут быть заполнены “запасными” видами. Фактически, однако, богатые видами сообщества (например, влажных тропических лесов) оказываются наименее устойчивыми к антропогенным воздействиям, что едва ли может свидетельствовать в пользу концепции “запасных” видов.

В альтернативной модели, предложенной В.А. Красиловым (Krassilov, 1996; Красилов, 1997), высокое разнообразие является следствием (а не причиной) устойчивого развития экосистем в относительно стабильных условиях. По этой модели разнообразие служит показателем эффективности использования энергетических ресурсов, которая возрастает как в ходе биологической эволюции, так и в процессе экологической сукцессии, кратко повторяющей последнюю. Эффективность тем больше, чем меньше численность, достаточная для устойчивого воспроизведения популяции. В связи с ростом эффективности происходит сокращение плотности популяции до определенного предела, который контролируется стабильностью условий: при частых воздействиях разрушительного характера популяция нуждается в резервной численности, сокращение которой создает опасность внезапного вымирания. Сохранение резервной численности тормозит рост разнообразия, который останавливается на относительно низком уровне. Одно из предсказаний этой модели заключается в том, что сокращение разнообразия в условиях стресса происходит путем задержки биологической сукцессии на ранних или промежуточных стадиях. Исследование динамики разнообразия в экосистемах, подвергающихся антропогенному воздействию, открывает возможность проверки этих теоретических постулатов.

В нашей республике и на других территориях в последние годы в этом направлении выполнено много практических работ [1-10].

**Материалы и методы.** Река Зарафшан является трансграничной. Верхнее течение начинается с Зарафшанского ледника горного Таджикистана, среднее и нижнее течения протекают по долине, которая расположена между Зарафшанским и Туркестанским хребтами в республике Узбекистан. Общая длина реки достигает примерно 870 км. Длина среднего течения реки составляет более 200 км. В реку впадает несколько каналов, коллекторы, арыки, сточные воды бытовых и промышленных отраслей. Это отрицательно влияет на физико-химический состав воды и разнообразие флоры и фауны реки.

Среднее течение реки Зарафшан начинается от кишлака Раватхужа Ургутского района Самаркандской области и завершается у поселка Янгибазар Хатирчинского района Навоийской области (200 км). В этом регионе довольно высокая плотность населения, развита промышленность, вблизи реки есть крупные города и хорошо развито орошаемое земледелие.

Альгофлора реки Зарафшан сформировалась в результате комплексного влияния экологических факторов. Река разделена на 3 части, различающиеся по таким

экологическим факторам, как: химический состав воды, температура воды, прозрачность, скорость течения, pH и др.

В реке Зарафшан температура воды в зависимости от сезона года колеблется от 5°C до 25–26°C; скорость течения – от 0,20–0,25 м/сек до 0,50–0,55 м/сек; прозрачность воды – от 0,20–0,30 м до 0,25–0,30 м; кислород – от 8,35 до 9,89 мг O<sub>2</sub>/л; БПК – от 0,34 до 1,56 мг O<sub>2</sub>/л; ХПК – от 3,95 до 9,46 мг O<sub>2</sub>/л; NH<sub>4</sub> – от 0,02 до 0,07 мг/л; NO<sub>3</sub> – от 0,01 до 0,03 мг/л; NO<sub>2</sub> – от 1,12 до 2,11 мг/л; pH – 8,0–8,7; сумма общих минералов достигает 537,5–662,8 мг/л [12] (табл.1).

Точную причину изменения окраски воды можно установить только в лаборатории. Но по цвету и интенсивности окрашивания даже неспециалист может сделать предварительный анализ и узнать, какие посторонние вещества присутствуют в воде из его водопровода, скважины либо колодца.

Определение величины pH воды имеет большое значение при оценке качества природных вод, при оценке коррозивности воды в системах питьевого и промышленного водоснабжения. Этот показатель также важен при обработке питьевой воды, подготовке воды для промышленных установок, при утилизации бытовых и заводских стоков.

Оценка состояния водоемов предполагает проведение обширного комплекса исследований и наблюдений. Методы, применяемые в альгологии, подразделяются на гидрохимические, биологические и микробиологические. С помощью биологических методов исследований изучают биологические явления и процессы, происходящие в водной экосистеме. Физико-химические методы позволяют получить сведения об абиотической неживой части экосистемы, а результаты многочисленных микробиологических методов характеризуют санитарно-гигиеническое состояние водоемов [6-10].

**Анализ и результаты.** Распределение индикаторных сапробных видов водорослей и эколого-санитарное состояние системы прудов очистного сооружения “Узунбулак” и р. Зарафшан имеет особое значение при изучении флоры Джиззакского региона.

Таблица 1

Информация о показателях проб питьевой воды, взятых в филиалах городского и районного управлений Джиззакского "Водоснабжения"

| №  | Параметры анализов | Единица измерения | ГОСТ РУз 951-2011 | Пахтакор | Гагарин | Узунбулак |
|----|--------------------|-------------------|-------------------|----------|---------|-----------|
| 1  | Температура        | С <sup>0</sup>    |                   |          |         |           |
| 2  | Запах              | балл              | 2                 | 0        | 0       | 0         |
| 3  | Вкус               | балл              | 2                 | 0        | 0       | 0         |
| 4  | Цвет               |                   | 20-25             | 0        | 0       | 0         |
| 5  | Мутность           | мг/л              | 1,5-2             | 0        | 1,5     | 0         |
| 6  | pH                 | моль/л.           | 6-9               | 7,4      | 7,5     | 7,04      |
| 7  | Азот аммоний       | мг/л              | 0                 | 0        | 0       | 0         |
| 8  | Нитриты            | мг/л              | 3                 | 0        | 0       | 0         |
| 9  | Нитраты            | мг/л              | 45                |          |         |           |
| 10 | Общий жесткость    | мг-экв/л          | 7-10              | 10,5     | 6,5     | 2,5       |
| 11 | оксид              | мг/л              | 2,0-2,5           | 1,2      | 1,92    | 1,36      |
| 12 | Сульфаты           | мг/л              | 400-500           | 177      | 180     | 96        |
| 13 | Хлориды            | мг/л              | 250-350           | 60       | 30      | 5,0       |
| 14 | Сухой остаток      | мг/л              | 1000-1500         | 989      | 1000    | 28,0      |

|    |                 |          |     |      |      |     |
|----|-----------------|----------|-----|------|------|-----|
| 15 | Кальций         | мг-экв/л |     | 4,5  | 2,8  | 0,9 |
| 16 | Магний          | мг-экв/л |     | 6,0  | 4,0  | 1,6 |
| 17 | Щелочность      | мг/л     |     | 6,8  | 3,2  | 0,2 |
| 18 | Остаточный хлор | мг/л     |     |      |      |     |
| 19 | Железо          | мг/л     | 0,3 | 0,02 | 0,02 | 0   |
| 20 | Медь            | мг/л     | 1   | 0    | 0    | 0   |

Состав водорослей весеннего периода в отстойниках формируют зеленые (35,3%) и диатомовые водоросли. Основной фон летнего сезона составляют хлорококковые (27%) и гормогониевые (23%) водоросли; осеннего - пеннатные водоросли и диатомеи (37%), а зимнего- диатомеи (36,7%) и гормогониевые водоросли (22,4%) [2, 3].

В течение года в биологических прудах доминировали зеленые (*Chlorophyta*) водоросли, на втором месте синезеленые (*Cyanophyta*), на третьем (*Bacillariophyta*) и эвгленовые (*Euglenophyta*) [1, 3].

Индикаторная форма водорослей очистного сооружения по ступеням очистки, начиная от первичных отстойников и кончая биологическими прудами, постепенно уменьшается от показателей высоких к показателям низких степеней загрязнения [1, 3].

В первичных отстойниках обнаружены 43 индикаторные формы водорослей. Среди них по числу форм господствуют  $\beta$ -мезосапробы (58% от числа индикаторных форм) и  $\alpha$  мезосапробы (25%).

Вторичные отстойники по индикаторным видам и формам водорослей мало отличаются от первичных. Всего здесь обнаружено 55 индикаторных видов, что составляет 30,7% от числа водорослей данных отстойников. Из них  $\beta$ -мезосапробы - 23 (50%), и  $\alpha$ -мезосапробы -14 (27%). Основной фон доминирующего состава водорослей во вторичных отстойниках образуют  $\alpha$ -мезосапробы и  $\alpha$  – $\beta$ -мезосапробы [2].

Общее число индикаторных форм в биологических прудах, по процентному соотношению к общему числу видов и разновидностей несколько ниже, чем в отстойниках (т.е. составляет 26,2%). Здесь также по числу видов преобладают  $\beta$ -мезосапробы и  $\alpha$ -мезосапробы. Состав индикаторных видов и их процентное соотношение к общему числу водорослей в пятом биологическом пруду не претерпевает существенных изменений по сравнению с четвертым. Среди индикаторных видов и разновидностей в данных биологических прудах массового развития достигают те же виды, что и в третьем и четвертом биологических прудах. На участке р. Зарафшан выше сброса стоков обнаружено 25 индикаторных видов и форм водорослей, среди которых по числу видов и форм преобладают *Bacillariophyta* (37,2%) и  $\alpha$ -мезо- и о-сапробы (по 14%). Здесь часто встречались виды, характерные для водоемов с более низкой степенью загрязнения (от  $\beta$ -мезосапробов до х-сапробов), здесь наиболее часто встречались *Hydrurus foetidus*, *Meridion circulare*, *Diatoma hiemale*, *D.hiemale var.mesodon*, *Navicula cryptocephala* и другие, характерные для чистых водоемов олиготрофного типа, что свидетельствует о чистоте воды на данном участке реки. Качественный и количественный состав индикаторных видов водорослей на участке реки ниже сброса стоков существенно отличается от такового в вышеотмеченном участке и состоит в основном из других форм, характерных для водоемов с более высокой степенью загрязнения. Всего на этом участке обнаружено 46, или 32,2%, индикаторных видов и форм водорослей. Среди них по числу видов преобладают  $\beta$ -мезосапробы (46,2%) и  $\alpha$ -мезосапробы (16,8%). Этими водорослями в основном являются *Merismopedia glauca*, *Oscillatoria brevis*, *O. limosa*, *O. sancta*, *Gleothoeceon fluens*, *Surirella ovate*, *Scenedesmus acuminatus*, *S. bijugatus* и другие. В результате анализа показано, что состав индикаторных форм водорослей по ступеням очистки, начиная от первичных отстойников и кончая биологическими прудами, постепенно уменьшается от показателей высоких к показателям низких степеней загрязнения. В водоемах системы очистных сооружений г.Жиззаха и в исследованных пунктах р. Зарафшан нами было обнаружено 173

вида. Из 173 видов водорослей относятся к планктонным - 59 (34,1%), к сине-зелёным - 13, к эвгленовым - 9, к динофитовым - 3, к диатомовым - 15, к желто-зеленым - 3 и к зеленым водорослям 16 видов. В р. Зарафшан из-за мелководности, большой скорости течения и порожистости планктонные формы водорослей отсутствуют [2, 11]. В пробах планктона попадают бентосные формы такие как *Achnanthes eslancheolata*, *Nitzschia linearis*. В планктоне обнаруживаются *Dinobryon divergens*, *Euglena acus*, *Phacus acuminatus* и др. К типично бентосным водорослям 27 видов (15,6%) относятся *Gloeocapsa compacta*, *Ulotrix zonata*, *Synedra gouldarii* и другие. Планктонно-бентосные формы в обследованных водоемах встречаются очень часто (87 таксонов – 50,2%, табл. 2).

Таблица 2.

Экологическая характеристика альгофлоры по характеру обитания в воде

| № | Отдел водорослей | планктонные |      | планктонно-бентосные |      | бентосные |      | Всего |       |
|---|------------------|-------------|------|----------------------|------|-----------|------|-------|-------|
|   |                  | max.        | %    | max.                 | %    | max.      | %    | max.  | %     |
| 1 | Cyanophyta       | 13          | 7,5  | 24                   | 14   | 10        | 6    | 47    | 27,1  |
| 2 | Chrysophyta      | 3           | 1,7  | 1                    | 0,5  | 1         | 0,5  | 5     | 2,8   |
| 3 | Bacillariophyta  | 15          | 8,6  | 15                   | 8,6  | 7         | 4    | 37    | 21,3  |
| 4 | Xanthophyta      | -           | -    | 2                    | 1,1  | -         | -    | 2     | 1,2   |
| 5 | Dinophyta        | 3           | 1,7  | 1                    | 0,5  | -         | -    | 4     | 2,4   |
| 6 | Euglenophyta     | 9           | 5,3  | 2                    | 1,2  | -         | -    | 11    | 6,4   |
| 7 | Chlorophyta      | 16          | 9,3  | 42                   | 24,3 | 5,1       | 5,1  | 67    | 38,7  |
| 8 | <b>Всего</b>     | 59          | 34,1 | 87                   | 50,2 | 15,6      | 15,6 | 173   | 100,0 |

К пресноводным водорослям относятся 97 таксонов (74,06%). Среди них *Phormidium fovelarium*, *Achnanthes minutissima*, *A. lanceolata*, *Navicula cryptocephala* и др. (табл. 2).

Пресноводно-соленовато водных видов и внутри видовых таксонов насчитывается 55(22,32%). Из них следует отметить *Merismopedia glauca*, *M. elegans*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria brevis*, *O. amoena*, *O. sancta* и другие.

Типично соленоватоводных водорослей по сравнению с пресноводными и соленоватоводными немного - 20 видов (3,62%). К ним относятся *Microcystis pulvereae*, *Oscillatoria brevis*, *O. amoena*, *O. sancta* и др. (табл.3) [1, 2, 3].

Таблица 3.

Экологическая характеристика альгофлоры по отношению к солености воды

| № | Отдел водорослей | пресно-водные |      | пресноводно-соленовато-водные |      | солено-ватовод-ные |      | Всего |       |
|---|------------------|---------------|------|-------------------------------|------|--------------------|------|-------|-------|
|   |                  | max.          | %    | max.                          | %    | max.               | %    | max.  | %     |
| 1 | Cyanophyta       | 13            | 7,5  | 24                            | 14   | 10                 | 6    | 47    | 27,1  |
| 2 | Chrysophyta      | 3             | 1,7  | 1                             | 0,5  | 1                  | 0,5  | 5     | 2,8   |
| 3 | Bacillariophyta  | 15            | 8,6  | 15                            | 8,6  | 7                  | 4    | 37    | 21,3  |
| 4 | Xanthophyta      | -             | -    | 2                             | 1,1  | -                  | -    | 2     | 1,2   |
| 5 | Dinophyta        | 3             | 1,7  | 1                             | 0,5  | -                  | -    | 4     | 2,4   |
| 6 | Euglenophyta     | 9             | 5,3  | 2                             | 1,2  | -                  | -    | 11    | 6,4   |
| 7 | Chlorophyta      | 16            | 9,3  | 42                            | 24,3 | 5,1                | 5,1  | 67    | 38,7  |
| 8 | <b>Всего</b>     | 59            | 34,1 | 87                            | 50,2 | 15,6               | 15,6 | 173   | 100,0 |

**Выводы.** Взаимодействуя в процессе эволюции, живые и неорганические элементы водной экосистемы взаимно обуславливают свои показатели. Биологическое разнообразие, как перечень видов и как показатель сложности организации сообществ организмов,

отражает изменение показателей среды, в свою очередь, влияя на их значения. Взаимообусловленные показатели среды и сообществ организмов характеризуют определенное состояние экосистемы, существующее в определенных границах изменения.

Таким образом, развитие и распределение организмов в системах определяют прежде всего экологическая среда, как температура, свет, растворенные в воде минеральные и органические вещества, газовый режим, pH, колебания уровня воды и скорость ее вращения.

### Список литературы

1. Абдыкадиров А. Применение микроводорослей в очистке азотсодержащих промышленных стоков в биологических прудах (автореф. дисс. канд. биол. наук) Ташкент, 1990. 24 с.
2. Алимжанова Х.А. Изменение санитарного состояния воды канала Бозсу Ташкентского оазиса под антропогенным воздействием // Эколого-экономические основы безопасной жизнедеятельности: Материалы 2-й всероссийской конференции Ч. 1. Новосибирск, 1993. С. 104–106.
3. Алимжанова Х.А. Закономерности распределения водорослей водоемов реки Чирчик и их значение в определении эколого-санитарного состояния водоемов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 2005. 49 с.
4. Алимжанова Х.А., Шайимкулова М.А. Альгофлора реки Акбууры и ее значение в оценке качества воды. Ташкент, 2008. 125 с.
5. Боронбаева А. А. Альгофлора водоемов очистного сооружения г. Жалалабат и ее значение (автореф. дисс. канд. биол. наук) Бишкек, 2007. 14 с.
6. Голлербах М.М., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 1. Общая часть. Пресноводные водоросли и их изучение. М.: Советская наука, 1951. 350 с.
7. Жукинский В.Н., Окснюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелова С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1981. Т. XVII. № 12. С. 38–49.
8. Kolkwitz R., Marsson M. Oecologie der tierischen saprobien // Int. Rev. Hydrobiol., 1909. Vol. 11. P. 113.
9. Pantle R., Buck N. Die biolodische Uberwachund der Gewasser und Darstellund der Ergebnisse // Gas-und Wasser-fash. 1955. Bd. 96. 18. 604 p.
10. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Erboeb. 1973. Bd. 7. P. 210–218.
11. Sramer-Husek R. Zurbiologischen charakteristik der hoheren Saprobitalat s stufen // Arch. Hydrobiol. 1956. Vol. 53. № 3. P. 162–163.
12. Ташпулатов Й.Ш. Альгофлора среднего течения реки Зарафшан и ее взаимосвязь с индикаторно-сапробными видами. Самарский научный вестник. 2016. № 2 (15). 63-66 стр.