

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В статье изучена возможность использования статистического закона распределения для определения экологического состояния экосистемы малого рекреационного водохранилища.

Ключевые слова: бактериобентос, коэффициенты асимметрии и эксцесса, кривые распределения.

E.V. Batanina

THE APPLICATION OF THE STATISTICAL DISTRIBUTION LAW FOR DETERMINING THE ECOLOGICAL STATE OF THE RECREATIONAL RESERVOIR ECOSYSTEMS

The possibility of the statistical distribution law use for the determination of the ecological state of the small recreational reservoir ecosystem is studied in the article.

Key words: bacteriobentos, coefficients of asymmetry and kurtosis, distribution curves.

Введение. Микроорганизмы играют значительную роль в процессах самоочищения экосистем. Каждый водоем имеет характерные условия для развития микробного сообщества, которые и определяют динамику колебания их численности. Важным этапом любых мониторинговых исследований является не только составление общей схемы функционирования экосистем, но и установление их статуса по существующим типологическим классификациям. В основу существующих классификаций водных объектов в зависимости от целей пользователей положены различные признаки и принципы. При анализе водохранилищ нужно учитывать специфику новых природных объектов с коротким временем существования. Формирование их биологического режима зависит от особенностей рек, на которых они созданы и которые принимают участие в формировании водных масс, донных осадков и биологического населения.

Особенности микробных сообществ водохранилища в определенной степени демонстрируют кривые распределения численности бактерий. Для биологов в вариационной статистике предлагаются три основных вида распределения вариационного ряда: биномиальное, распределение Пуассона и нормальное. Биномиальное и Пуассоновое причисляются к признакам, варьирующим прерывисто, дискретно. В биологии распределению Пуассона наблюдаемые явления соответствуют редко. Оно представляется тем же биномиальным, но относится к явлениям, имеющим очень малую вероятность, и поэтому такое распределение асимметрично. Нормальное распределение характеризуется непрерывной вариацией [2].

Теоретическая основа вариации – результат взаимодействия многих разнонаправленных и независимых друг от друга факторов. Суть нормального распределения состоит в том, что если вариация значений наблюдаемого явления вызвана воздействием большого числа независимых факторов, то результат должен приблизительно подчиняться закону нормального распределения, которое занимает важнейшее место в биологической статистике, так как многие эмпирические изменения биологических признаков, характеризующиеся непрерывной вариацией, приближаются к нормальному распределению и следуют ему. Следовательно, если распределение вариационного ряда численности бактерий в водоеме подчиняется закону нормального распределения, то это обусловлено действием независимых факторов [7].

Как известно, развитие бактерий в основном зависит от наличия и качественного состава усвояемого органического вещества, содержания кислорода и температурных условий. Однако влияние этих факторов очень сложно. Эти факторы не являются изолированными системами, а представляют собой сложное единство. Кислород и органические вещества находятся под влиянием

ем водных организмов, в том числе и бактерий, поэтому главное условие нормального распределения не всегда соблюдается по отношению к водным микроорганизмам.

В тех случаях, когда условия благоприятствуют проявлению значений признака больших или меньших, чем средние, распределения асимметричны. И если причины благоприятствуют преимущественно проявлению средних и крайних значений признака, образуются положительные эксцессивные распределения, имеющие вид острой пирамиды с расширенным основанием. При отрицательном эксцессе в центре распределения имеется не вершина, а впадина, причем оно становится двумодальным, а вариационная кривая – двувёршинной [3].

Применение кривых распределения численности для типологии водоема должно сопровождаться исследованием ряда наблюдений на принадлежность его к тому или иному виду распределения, кроме пределов и средней необходимо указывать характеристику кривой распределения – коэффициенты асимметрии (А) и эксцесса (ε) [1].

Цель исследований. Рассмотреть возможность применения статистического закона распределения для определения состояния экосистемы малого рекреационного водохранилища Бугач в вегетационные сезоны 2001–2004 гг. с использованием общей численности бактериобентоса.

В пригородной зоне крупного промышленного центра Красноярск находится малое водохранилище Бугач, имеющее рекреационное назначение. Так как водоем подвергается значительной антропогенной нагрузке, и особенно в весеннее и летнее время, постоянные наблюдения за состоянием его экосистемы крайне актуальны.

Водохранилище Бугач образовано на вторичном притоке Енисея р.Бугач – водоем неглубокий, мелководный, евтрофного типа, площадь водосбора 116 км², площадь поверхности 0,32 км². В наиболее глубокой части зарегистрирована глубина 7,5 м. Прозрачность воды по диску Секи низка – 0,1–1,0 м; максимальная температура в середине июля 23 °С. Воды водохранилища относятся к гидрокарбонатному классу, со средней минерализацией, щелочные, значения рН составляли 7,7–10,1. В фитопланктоне зарегистрировано 43 вида, в зоопланктоне 11 видов организмов [5]. В 2002 г. для уменьшения цветения водоема были осуществлены биоманипуляционные мероприятия по вселению щуки [4].

Материалы и объекты исследования. Пробы донных отложений и воды отбирали еженедельно с мая по сентябрь 2001–2004 гг. в центре водоема в рамках совместных комплексных работ с лабораторией экспериментальной гидроэкологии ИБФ СО РАН. Общую численность бактерий определяли эпифлуоресцентной микроскопией по методике М.П. Поглазовой и И.Н. Мицкевич [6].

Результаты и их обсуждение. Регистрированный ряд данных разбили на девять классов в пределах от 0,25 до 2,25 (табл.).

Значения коэффициентов асимметрии (А), эксцесса (ε) и коэффициента вариации (CV) при анализе распределения общей численности бактериобентоса в водохранилище Бугач

Год	Количество классов	Выборка	А	ε	CV, %
2001	9	18	0,96	-1,87	5,44
2002	9	19	1,67	2,81	7,03
2003	9	18	1,67	2,85	22,57
2004	9	15	0,96	-1,87	29,96

В 2001 г. при классовом промежутке 0,25 млрд кл/г минимальное значение составило 0,64 млрд кл/г, максимальное – 1,96 млрд кл/г (рис. 1), средняя арифметическая для совокупности – 1,23 млрд кл/мл, середина модального класса (при частоте встречаемости 7) – 1,12. Коэффициент асимметрии – 0,96, а коэффициент эксцесса – -1,87.

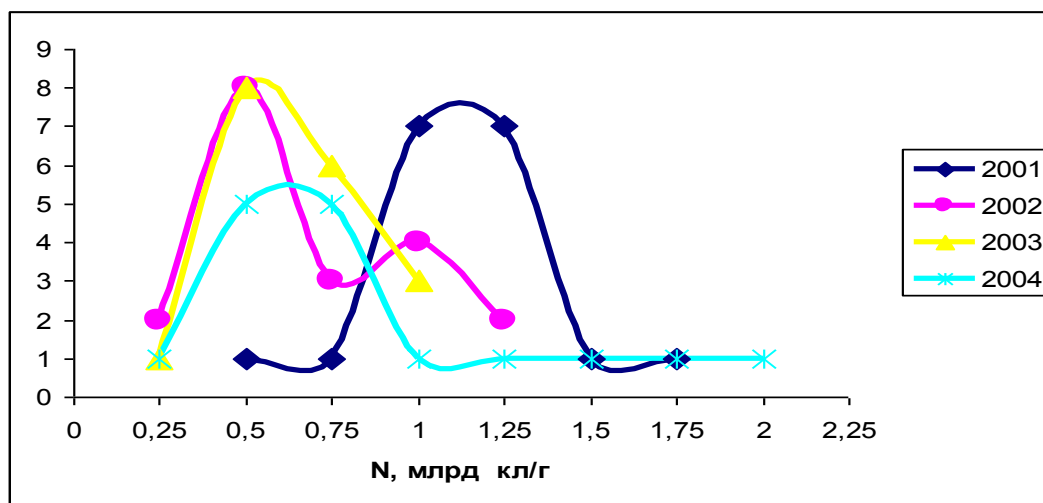


Рис. 1. Распределение частот встречаемости общей численности бактерий донных отложений (N , млрд кл/г) водохранилища Бугач

Данные 2002 года при том же классовом промежутке 0,25 млрд кл/г составили: минимальное значение – 0,33 млрд кл/г; максимальное – 1,35 млрд кл/г; средняя арифметическая – 0,84 млрд кл/г; середина модального класса (при частоте встречаемости 8) – 0,50; коэффициент асимметрии – 1,67; коэффициент эксцесса – 2,81.

Минимальное значение в 2003 году составляло 0,48 млрд кл/г (при классовом промежутке 0,25 млрд кл/г); максимальное – 1,18 млрд кл/г, средняя арифметическая – 0,80 млрд кл/г; середина модального класса (при частоте встречаемости 8) – 0,50. Коэффициент асимметрии был равен 1,67, а коэффициент эксцесса – 2,85.

В 2004 г. при том же классовом промежутке 0,25 млрд кл/г минимальное значение было 0,48 млрд кл/г, максимальное значение – 2,22 млрд кл/г; средняя арифметическая – 0,87 млрд кл/г; середина модального класса (при частоте встречаемости 5) – 0,62. Коэффициент асимметрии – 0,96, коэффициент эксцесса – -1,87.

Таким образом, за весь период исследований (2001–2004 гг.) средняя ряда общей численности сообщества бактерий донных отложений близка по величине к середине модального класса. На рисунке 2 представлено распределение частот встречаемости общей численности бактериобентоса. Коэффициенты асимметрии и эксцесса равнялись 0,53 и -1,22 соответственно, что свидетельствует о достоверности отличия фактического распределения вариантов от нормального.

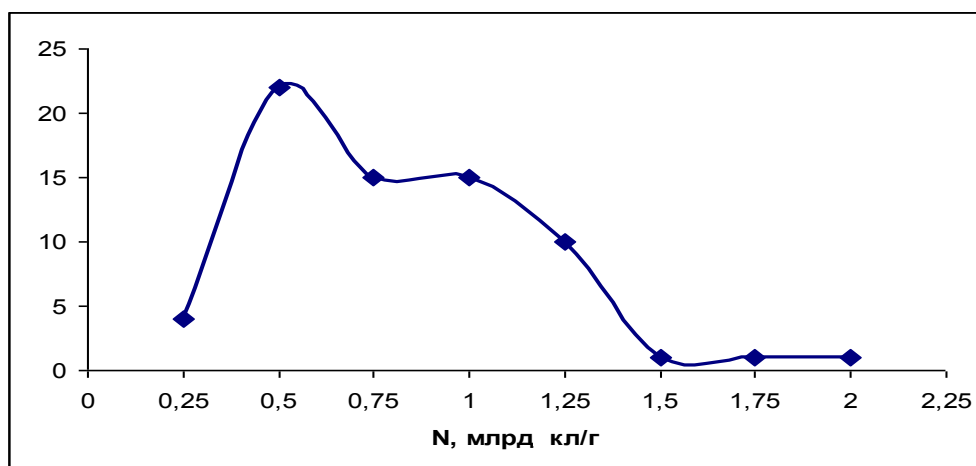


Рис. 2. Распределение частот встречаемости общей численности бактериобентоса (N , млрд кл/г) водохранилища Бугач

Кроме того, в 2001 и 2004 гг. зафиксированы одинаковые значения коэффициентов асимметрии (0,96) и эксцесса (-1,87). В 2002 и 2003 гг. также отмечены одинаковые значения коэффициентов асимметрии (1,67) и близкие эксцесса (2002 г. – 2,81; 2003 г. – 2,85). Однако амплитуда колебания общей численности бактериобентоса в 2003–2004 гг. была значительно шире по сравнению с 2001–2002 гг., и коэффициент вариации возрос от 5,44 % (2001 г.) и 7,03 % (2002 г.) до 22,57 % (2003 г.) и 29,96 % (2004 г.) (см. табл.).

Выводы. Таким образом, за четыре вегетационных сезона в период 2001–2004 гг. отмечено, что кривые распределения общей численности бактериобентоса в малом рекреационном водохранилище Бугач имели различный характер. Так, в 2001 г. кривая носила вид нормального распределения, в 2002 г. – имела двухвершинный характер со сдвигом влево в сторону снижения значений численности. В 2003 и 2004 гг. кривые также смещены влево, но отмечается стремление к восстановлению кривой нормального распределения в 2004 году. Такой вид кривых распределения можно объяснить биоманипуляционными мероприятиями по вселению щуки в водохранилище, которые были проведены в 2002 г. Следствия изменений в трофических взаимоотношениях водоема не могли не проявиться в динамике общей численности бактериобентоса водохранилища в тот же и следующие годы.

Литература

1. Батанина Е.В. Бактериальное сообщество донных отложений водохранилища Бугач и его роль в оценке качества среды: автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.16. – Красноярск, 2008. – 20 с.
2. Мамонтова Л.М., Кожова О.М. Проблема классификации водохранилищ и некоторые пути ее решения в водной микробиологии. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 103–122.
3. Мамонтова Л.М., Савилов Е.Д., Маркова Ю.А. Инфекционная «агрессивность» окружающей среды: концепция микробиологического мониторинга. – Новосибирск: Наука, 2000. – 240 с.
4. Мучкина Е.Я., Батанина Е.В. Бактериальное сообщество донных отложений водохранилища Бугач. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2010. – 136 с.
5. Мучкина Е.Я., Новикова В.Б., Батанина Е.В. Бактериальное сообщество как показатель состояния экосистемы малого рекреационного водохранилища Бугач // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 12(39). – С. 109–115.
6. Поглазова М.И., Мицкевич И.Н. Применение флуорескамина для определения количества микроорганизмов в морской воде эпифлуоресцентным методом // Микробиология. – 1984. – Т.53. – № 5. – С. 850–857.
7. Рокитский П.Ф. Биологическая статистика. – Минск: Вышэйш. шк., 1973. – 320 с.

