



МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 574.587 (262.81-17).001.18

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ БЕНТОСА В СЕВЕРНОМ КАСПИИ

© 2009. **Абдурахманов Г.М., Сокольская Е.А., Сокольский А.Ф.**
Институт прикладной экологии Республики Дагестан
Астраханский государственный университет
Астраханский государственный технический университет

В работе сделана попытка с помощью методов математического моделирования дать прогнозную оценку состояния популяции бентоса Северного Каспия. При использовании данного метода возможно значительно улучшить прогноз общего допустимого улова рыб в этом районе.

There's made an attempt in the work to estimate the benthos population of the Northern Caspian Sea by mathematic modelling methods. At use of the given method probably considerably to improve the forecast of the general admissible fishes in this area.

Ключевые слова: бентос, методы моделирования, Северный Каспий.

Keywords: benthos, methods of modelling, Northern Caspian sea.

Прогноз общего допустимого улова рыб представляет большую сложность так как базируется только на качественных показателях самих объектов расчета и данных промысла. При этом отсутствуют модели прогноза состояния кормовой базы рыб, а именно бентоса на перспективу. Поэтому нами была сделана попытка использовать регрессионный анализ применительно к задачам экологического прогноза.

В основу работы положены регрессионные уравнения для изменения биомассы бентоса как в целом, так и отдельных его видов, а также на основании натурных наблюдений конкретного года попытаться дать прогноз возможных изменений бентоса в следующем году.

В качестве основных переменных системы, поведение которых по логике могло быть связано с динамикой бентоса, были изучены:

- **из числа гидрологических факторов**- пресный сток рек бассейна, объем половодья р. Волги, уровень Каспийского моря, сток наносов;

- **из числа гидрохимических факторов**- соленость воды отдельных частей моря, биогенный сток и количество биогенов, растворенных в морской воде, величина рН, количество растворенного кислорода;

- **из числа биологических факторов** были взяты многолетние наблюдения за бентосом-биомасса бентоса Северного Каспия, его частей и биомасса отдельных видов.

Обратимся к полученным в результате расчетов уравнениям изменения биомассы бентоса в целом для Северного Каспия и его частей, которые можно записать в следующем виде:

1) **Общая биомасса бентоса Северного Каспия.**



$$Y_1 = 8980,35 + 568,65X_{17} + 3,07 X_2 - 0,13 X_8 - 1,41X_9 - 2,11X_{10} - 8,86 X_{17}^2 - 0,03 X_2^2 + 0,01X_8^2 + 0,02 X_9^2 + 0,06 X_{10}^2 R = 0,83$$

Где - X_{17} – уровень Каспийского моря по Бакинскому футштоку, средний за предшествующий год;

- X_2 – сумма дней повторяемости восточной формы циркуляции осенью предшествующего года;

- X_8 – сумма дней повторяемости меридиональной формы циркуляции осенью предшествующего года;

- X_9 – сумма дней повторяемости меридиональной формы циркуляции зимой настоящего года;

- X_{10} – сумма дней повторяемости меридиональной формы циркуляции весной настоящего года;

2) биомасса бентоса западной части Северного Каспия:

$$Y_2 = 20653,43 - 1,08 X_1 - 1838,34 X_{17} + 1228,04 X_{19} - 0,85 X_8 + 0,03 X_{10} + 0,01 X_1^2 + 32,94 X_{17}^2 + 73,84 X_{19}^2 + 0,01X_8^2 + 0,01X_{10}^2 R = 0,83$$

где X_1 – сумма дней повторяемости восточной формы циркуляции летом предшествующего года;

X_{19} – величина рН морской воды в западной мелководной части Северного Каспия;

3) биомасса бентоса восточной части Северного Каспия:

$$Y_3 = -1559,92 + 0,56 X_3 + 0,16 X_5 + 0,18 X_7 + 0,35 X_9 - 55,10 X_{17} - 0,15 X_4 R = 0,82$$

где X_3 – сумма дней повторяемости восточной формы циркуляции зимой настоящего года;

X_5 – сумма дней повторяемости западной формы циркуляции летом предшествующего года;

X_7 – сумма дней повторяемости меридиональной формы циркуляции летом предшествующего года;

X_4 – сумма дней повторяемости восточной формы циркуляции весной настоящего года.

Все полученные уравнения имеют большую достоверность, о чем говорят высокие коэффициенты корреляции (0,822-0,833).

Во всех трех уравнениях наибольшее влияние на изменение бентоса оказывает уровень моря в прошедшем году, что указывает на известную приемственность основной гидрологической характеристики Каспийского моря – его уровня в прошедшем году и биомассы бентоса – в последующий год. На тесноту этой связи указывают соответствующие главные коэффициенты корреляции уравнений, изменяющиеся в пределах 0,61-0,75. С падением уровня Каспийского моря биомасса бентоса Северного Каспия возрастает, что хорошо обосновывается в исследованиях В.Ф.Осадчих. Показано, что биомасса бентоса весной настоящего года определяется уровнем моря, наблюдавшимся в прошедшем году и наложившимися в дальнейшем изменениями климатических условий, о чем говорят отсутствие во всех уравнениях повторяемости различных форм атмосферной циркуляции за те или иные сезоны.

Установлено, что основное влияние на бентос Северного Каспия оказывают климатические условия, сложившиеся над бассейном осенью прошлого года. Если осень прошлого года характеризовалась хорошей антициклонической погодой с небольшим количеством осадков, малой относительной влажностью воздуха, значительным испарением, то создаются благоприятные условия для развития бентоса.

В тоже время увеличение осадков, уменьшение испарения, пасмурная, прохладная погода, которая наблюдается при меридиональной атмосферной циркуляции, действует угнетающе на развитие бентоса.

Если рассматривать Северный Каспий по районам, то для каждой из его частей климатические факторы, влияющие на бентос, несколько различны.



В западной части Северного Каспия количество бентоса, сложившегося в прошлом году, может уменьшиться при хорошей погоде летом предшествующего года, а также при большом количестве осадков осенью (меридиональная циркуляция). Большое влияние на бентос этой части Северного Каспия оказывает величина pH, характеризующая кислотность среды. При малых значениях pH количество бентоса увеличивается, а при больших уменьшается.

В восточной части Северного Каспия увеличению биомассы бентоса способствует хорошая ясная погода зимой того же года (восточная циркуляция), в тоже время как увеличение повторяемости меридиональной формы циркуляции с превышающими норму количеством осадков, частыми сильными ветрами способствует уменьшению биомассы бентоса.

Здесь же следует отметить, что хорошая погода, которой характеризуется восточная форма атмосферной циркуляции, не всегда оказывает положительное влияние на развитие бентоса. Если, летом года, предшествовавшего съемке, наблюдается хорошая погода, то это отрицательно сказывается на развитии бентоса западной части Северного Каспия, в тоже время меридиональная циркуляция летом предшествующего года способствует увеличению биомассы бентоса.

Этот факт указывает на то, что летом, когда происходит интенсивный рост молодежи, появившейся в этом году, должно быть достаточное количество дней с дождливой штормовой погодой. Сильные ветры благоприятствуют интенсивному перемешиванию верхних, богатым кислородом и фитопланктоном слоев моря с придонными водами и обогащению ими придонных вод, где обитает бентос.

Известно, что моллюски Северного Каспия дают наибольший вклад (по весовому составу) в биомассу донного населения. В среднем они составляют до 60-80 % от всей биомассы бентоса Северного Каспия. Поэтому колебания их численности оказывает значительное влияние на общую биомассу бентоса. Из всего разнообразия представителей моллюсков можно выделить 3 вида: *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata*, *Didacna trigonoides*, чей общий вес составляет значительную долю в общей биомассе моллюсков. Как показано нами ранее общим для них является то обстоятельство, что живут и размножаются они при солёности воды более 9 промиле. Известно, что такая солёность наблюдается при низких уровнях стояния моря или при активном подтоке в Северный Каспий среднекаспийских солёных вод.

Полученная в результате регрессионного анализа модель для расчета биомассы моллюсков Северного Каспия приведена ниже:

$$Y_4 = -1098,05 + 50,29X_{17} - 35,37 X_{19} + 0,07X_2 + 0,16 X_{12}$$

Где X_{12} – сумма дней повторяемости западной формы циркуляции за предшествующий год.

В этом уравнении основным также является уровень моря в предшествующем съемке году, т.е. условия внешней среды, в которой развивались моллюски- родители.

Величина pH отрицательно сказывается на биомассе моллюсков, т.е. с увеличением pH на акватории Северного Каспия наблюдается распространение речной пресной воды, которая отрицательно сказывается на солоноватоводных и морских видах моллюсков. Биомасса моллюсков увеличивается при хорошей погоде, обусловленной антициклонической деятельностью, осенью предшествующего года, а также при наличии достаточного количества осадков и штормовой погоды в целом за весь предшествующий год, что наблюдается при интенсивных процессах западного переноса.

Ракообразные обитающие в Северном Каспии, от солёности зависят не столь сильно, как моллюски, и поэтому в уравнение, полученное в результате регрессионного анализа, не входит в качестве предиктора, уровень моря.

$$Y_5 = -13,99 + 0,12X_{16} + 0,20 X_{18} + 0,08X_{14} - 0,13X_{15} - 0,0002X_{16}^2 - 0,005X_{18}^2 - 0,0002X_{14}^2 + 0,0007X_{15}^2 \quad R = 0,78$$

где X_{16} – максимальный уровень воды в р. Волге за период половодья;

X_{18} – количество взвешенного вещества, выносимых Волгой в период половодья;



X_{14} – объем стока р. Волги за год, предшествующей съемке;

X_{15} – объем стока Волги в период половодья.

Главным для ракообразных является количество взвешенных веществ, выносимых р. Волгой во время весеннего половодья, что связано с типом их питания.

Кроме того, значительное влияние на изменение биомассы ракообразных оказывают гидрологические характеристики р. Волга: годовой сток, сток воды во время половодья, максимальный уровень в реке во время половодья.

Связь биомассы червей с каким-либо гидрометеорологическим фактором обнаружить не удалось. По всей видимости, здесь влияют элементы режима, период которых отличается от выбранного нами (сезонные и межгодовые колебания). Но поскольку черви занимают в общей биомассе незначительное место (10-15%), то в процессе составления прогноза изменение биомассы всего бентоса их влияние на изменение биомассы можно принять равным 10%.

Таким образом на основании анализа данных по содержанию бентоса в Северном Каспии установлено, что биомасса бентоса подвержена значительным межгодовым колебаниям. Для выяснения причин, вызывающих изменения в биомассе бентоса, методами математической статистики были изучены множественные связи между важнейшими факторами абиотической среды и доминирующими (по биомассе) формами бентоса. При этом обнаружено, что из всех изученных переменных наиболее отчетливо изменение биомассы бентоса связано с колебаниями уровня моря. В отдельные периоды сезона с изменением биомассы различных групп бентоса в меньшей степени (чем уровень Северного Каспия) оказались связаны соленость, температура и режим весеннего половодья. Прямых связей между содержанием биогенных элементов и основными изученными группами бентоса обнаружено не было.

Качественный анализ видового состава бентоса показал, что общая биомасса бентоса определяется на 60-85% биомассой моллюсков, которая в свою очередь, на 50-90% представлена биомассой основных трех форм: *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata*, *Didacna trigonoides*. Поскольку все они относятся к солелюбивым формам (соленость окружающей среды 9 и более промилле), то и для общей биомассы бентоса Северного Каспия относительное возрастание солености оказывается благоприятным фактором. По этой причине для развития солелюбивого комплекса бентоса Северного Каспия благоприятно большое количество дней (больше нормы) с ясной солнечной погодой в осеннее-зимний период. Если же в это время наблюдается большое количество осадков при плохой погоде – следует ожидать снижения общей биомассы бентоса в июне. В тоже время для дальнейшего нормального развития молоди в летний период благоприятной оказывается меридиональная форма атмосферной циркуляции с большим количеством осадков и сильными ветрами.

В итоге исследования обоснована логическая последовательность (“от климатических условий, через изменение уровня моря к обеспечению кормовой базы бентосоядных рыб”) составляет стержень данной работы, которая может быть рассмотрена (на примере Северного Каспия) как опыт экологического прогноза конкретного региона водной системы.

Таким образом, представленные статистические модели указывают на возможность значительно улучшить ситуацию с прогнозом общего допустимого улова (ОДУ) для бентосоядных рыб. Из вышеизложенного следует и еще один принципиальный вывод. Для прогноза состояния бентосных сообществ Северного Каспия недостаточно материалов получаемых в период съемок по его гидролого-гидрохимическому режиму, следует привлекать дополнительные материалы, характеризующие глобальные климатические процессы, протекающие на его акватории.