

УДК 551.464.5 (262.81)

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СОЛЕННОСТИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Н.А.Тимофеев

Сложившаяся в тридцатые годы климатическая обстановка привела к уменьшению стока рек бассейна Каспийского моря и увеличению испарения с его поверхности, что повлекло за собой резкое понижение уровня моря и значительное изменение физико-географического облика Северного Каспия и его гидрологического режима. Особенно сильные изменения произошли в режиме солености вод этой части моря [3, II, I3, I4].

Изменения в гидрологическом режиме и морфометрии Северного Каспия в свою очередь оказали существенное влияние на общий биологический режим водоема, на распределение и запасы рыб. Сократилась общая биомасса бентоса — основного корма большинства промысловых рыб Северного Каспия, изменился его качественный состав [1, 2, 7, I2, 25]. Значительно уменьшился запас основных проходных и полупроходных рыб, что привело к уменьшению уловов [23].

Анализируя причины снижения запасов основных промысловых рыб Северного Каспия, многие исследователи пришли к выводу о том, что главным фактором, так или иначе повлиявшим на биологический режим водоема и запас промысловых рыб, явилось повышение солености его вод [1, 2, 6, 7, 9, I0, I2, I7-20, 23-25]. При этом имелось в виду, что соленость может влиять на рыб как непосредственно (изменение условий нереста и нагула), так и косвенно (изменение биомассы, качественного состава и распределения кормовых объектов).

Мнение о том, что соленость — один из основных факторов, определяющих колебания биомассы беспозвоночных и запаса полупроходных рыб Северного Каспия, наиболее распространено и в настоящее время. Однако оно разделяется не всеми исследователями. Так, Н.И.Винецкая [5] утверждает, что главным фактором, лимитирующим и регулирующим развитие жизни в Северном Каспии, является вынос Волгой биогенных элементов, особенно минерального фосфора. Свой вывод она обосновывает довольно тесными эмпирическими связями между стоком фосфатов и биомассой первичной и конечной (уловы рыб) продукции.

Г.К.Ижевский [15, 16] также склонен считать, что основным фактором, влияющим на межгодовые колебания запасов кормовых организмов и рыб является не соленость, а обеспеченность их кормом на ранних стадиях развития, что, по мнению автора, зависит в первую очередь от величины стока Волги.

Примечательно, что и с той, и с другой стороны в качестве доказательства приводятся эмпирические связи между различными биологическими характеристиками (от биомассы и распределения планктона до уловов рыб) и тем фактором, который, по мнению исследователей, определяет их изменение.

На наш взгляд, оперируя числовыми характеристиками связей, полученными методом эмпирических сопоставлений, однозначно ответить на вопрос о том, какой из факторов среды является определяющим в изменениях различных характеристик биологического режима Северного Каспия, нельзя. Нам хотелось только отметить одну деталь, которая позволяет более обосновано использовать соленость при рассмотрении колебаний различных характеристик биологического режима. Когда исследователи связывают изменения тех или иных биологических характеристик непосредственно со стоком, полагая, что количество выносимых Волгой питательных солей оказывает основное влияние на эти изменения, они не в полной мере учитывают влияние этого фактора на всю акваторию Северного Каспия.

Дело в том, что один и тот же объем речных вод со всеми присущими им кормовыми ингредиентами при различной ветровой обстановке (ветровые течения являются основным фактором переноса вод в Северном Каспии) может или довольно быстро пройти

в Средний Каспий, оказав определенное влияние лишь на ограниченный район моря, или распространиться по всей акватории Северного Каспия и обеспечить благоприятные условия развития жизни на обширных площадях. В этом случае более показательной характеристикой, учитывающей как величину стока, так и распространение речных вод по акватории Северного Каспия, является соленость (ее средняя величина и распределение).

Связывая изменения тех или иных биологических характеристик с изменениями солености, мы можем учесть непосредственное влияние солености на организм и обеспеченность его кормом (чем меньше соленость, тем больше речной воды сюда поступило и тем больше питательных веществ она принесла).

Поэтому, видимо, следует искать возможности прогнозирования солености Северного Каспия как репрезентативного индикатора изменений биологической продуктивности этого района. В настоящей работе предлагается один из возможных вариантов прогнозирования средней годовой и средней месячной солености восточной части Северного Каспия.

Известно, что режим солености вод восточной части Северного Каспия определяется тремя основными факторами: речным стоком, испарением с поверхности моря и водообменом с западной частью [3, II, I3, I4, 2I, 22].

Если качественная сторона вопроса о влиянии этих факторов на соленость благодаря исследованиям приведенных выше авторов в настоящее время достаточно ясна, то имеющиеся количественные разработки еще недостаточны для того, чтобы руководствоваться ими при предсказании изменений солености. Поэтому мы попытались прежде всего уточнить численные выражения связи между изменениями солености и определяющими их факторами, применив для этого аппарат корреляционного анализа (в качестве характеристики водообмена использован ветер).

При рассмотрении межгодовых изменений солености мы сопоставляли ее среднегодовые значения со стоком Волги и Урада и повторяемостью ветра различных направлений в простых и множественных комбинациях. Расчеты показали, что лучшие характеристики в случае простых соотношений полу-

чены при сопоставлении солености со стоком Волги за 4 и 5 лет ($\gamma = -0,88$) и разностью повторяемостей ветра западного и юго-восточного направлений по четырехлетиям ($\gamma = -0,85$). При множественных соотношениях лучший результат ($\gamma = 0,94$) дало сопоставление этих же параметров.

Руководствуясь полученными характеристиками связей, мы составили следующие уравнения:

$$Y = -0,015x_4 + 22,07; \quad (1)$$

$$Y = -0,0094x_4 - 0,0064 (Z_1 - Z_2)_4 + 16,68, \quad (2)$$

где Y — среднегодовая соленость;

x_4 — сток Волги за последние четыре года;

$(Z_1 - Z_2)_4$ — разность повторяемостей ветра западного и юго-восточного направлений за последние четыре года (апрель— октябрь).

Пользоваться предлагаемыми уравнениями для прогноза среднегодовой солености восточной части Северного Каспия надлежит следующим образом.

В начале текущего года, зная прогнозируемую величину стока Волги на этот год (даваемую ГМЦ или рассчитанную по какой-либо другой из имеющихся методик), суммируем ее с величинами стока за предыдущие три года и подставляем полученную величину в уравнение (1). Заблаговременность прогноза солености в этом случае зависит от заблаговременности прогноза стока. Метод Ижевского [15, 16], в частности, позволяет предвычислить величину стока на текущий год уже в январе — феврале. Обеспеченность метода — 96%, квадратическое отклонение — 0,92.

Заблаговременность прогноза солености можно увеличить до двух лет, если, имея в начале текущего года прогнозируемую величину стока на этот год, для будущего года использовать среднюю многолетнюю (для взятого нами ряда — 234 км³). В этом случае связь, как этого и следовало ожидать, ухудшается ($\gamma = -0,83$ вместо $\gamma = -0,88$), однако остается прогностической. Обеспеченность метода в этом варианте уменьшается до 87%, а квадратическое отклонение увеличивается до 0,97.

Располагая данными по повторяемости ветра (по Гурьеву), можно пользоваться уравнением (2). Поскольку метода прогноза повторяемости ветра нет (нам не удалось его найти), мы снова вынуждены обращаться к средней многолетней (сумма повторяемостей ветра западного направления для апреля-октября за рассматриваемый ряд лет - 128, юго-восточного направления - 122). В этом случае заблаговременность прогноза будет около года ($R = 0,90$, обеспеченность - 92%, квадратическое отклонение - 0,77).

Для характеристики внутригодовых изменений солености восточной части Северного Каспия после различных вариантов расчета были отобраны три параметра: сток Волги ($\tau = -0,63$), сумма ветров западного и северо-западного направлений ($\tau = -0,36$) и сумма ветров восточного и юго-восточного направлений ($\tau = 0,56$). Для более полной характеристики деятельности ветра (и вызываемых им течений) мы пользовались не повторяемостью, а суммой скоростей за месяц.

Чтобы исключить влияние межгодовых и многолетних изменений при нахождении численной характеристики связи внутригодовых изменений солености с перечисленными факторами, значения солености, стока и ветра мы брали в отклонениях от средней месячной за конкретный год.

Влияние испарения на изменения солености исключалось по формуле

$$S = \frac{V S_{\text{факт}}}{V + V_{\text{исп}}},$$

- где S - соленость за данный месяц, исправленная на испарение;
- $S_{\text{факт}}$ - фактически наблюдаемая в данном месяце соленость;
- V - объем воды в восточной части Северного Каспия в данном месяце;
- $V_{\text{исп}}$ - объем воды, испарившейся с поверхности восточной части Северного Каспия за данный месяц.

Сопоставление полученного таким образом ряда значений солености (в отклонениях) с выбранными двумя параметрами показало, что связь в отдельных случаях улучшилась (со стоком Волги, например, $\tau = -0,70$). Различные варианты множественных сопоставлений показали, что наибольшей величиной ($\tau = 0,74$) характеризуется связь между соленостью, стоком Волги и ветром восточного и юго-восточного направлений.

Составленные в соответствии с выявленными связями уравнения

$$Y = -0,021x + 0,08 \quad \text{и} \quad (3)$$

$$Y = -0,015x + 0,002z + 0,38, \quad (4)$$

где Y — среднемесячная соленость;

X — сток Волги у Волгограда за данный месяц;

z — сумм. индексов ветра восточного и юго-восточного направлений за данный месяц,

имеют обеспеченность соответственно 80% и 82% и квадратические отклонения 0,39 и 0,37.

Уравнение (3) является прогностическим, поскольку сток Волги за данный месяц (по наблюдениям у Волгограда) оказывает влияние на соленость восточной части Северного Каспия в среднем через два месяца. Уравнение (4) может быть использовано только как расчетное.

При использовании полученных уравнений следует помнить, что они составлены в отклонениях от средней месячной за данный год. Для стока она получается простым делением его прогнозируемой величины на 12, а для солености ею будет среднегодовая величина, прогнозируемая одним из предложенных выше способов. Поправка солености на испарение учитывается по предложенной выше формуле (как правило, она не превышает 0,3 - 0,4‰).

Таким образом, руководствуясь выявленными связями и применяя предлагаемые уравнения, мы можем прогнозировать для восточной части Северного Каспия среднемесячную (с достоверностью 80%) и среднегодовую (с достоверностью от 87% до 96%) соленость с заблаговременностью соответственно два месяца и один - два года.

Л и т е р а т у р а

1. Бирштейн Я.А. Годовые изменения бентоса Северного Каспия. - "Зоол.журн.", т.24, вып.3, 1945.
2. Бирштейн Я.А. Вероятные изменения гидробиологического режима Каспийского моря. - Тр. Всес.гидробиол.об-ва, т.5, 1953.
3. Винецкая Н.И. Соленость вод Северного Каспия. - Тр. ВНИРО, т.38, вып.1, 1959.
4. Винецкая Н.И. Многолетние и сезонные изменения гидрохимического режима Северного Каспия до зарегулирования стока Волги. - Тр.КаспНИРО, т.18, 1962.
5. Винецкая Н.И. Зависимость уловов промысловых рыб и замедленного роста воблы от биогенного стока Волги и величины первичной продукции Северного Каспия. - Тр.ВНИРО, т.60, 1966.
6. Виноградов Л.Г. О месте *Nereis succinea* в бентосе Северного Каспия. - Бюлл. МОИП, т.60, вып.6, 1955.
7. Виноградов Л.Г. Многолетние изменения северокаспийского бентоса. - Тр.ВНИРО, т.38, 1959.
8. Виноградов Л.Г. Возможные изменения: кормовой базы каспийских рыб в условиях зарегулированного стока Волги. - Тр.Океанограф.комисс., т.5, 1959.
9. Виноградов Л.Г., Яблонская Е.А. Проблемы рыбохозяйственной мелиорации Каспийского моря. - Сб."Измен. биол.компл.Касп. моря за последн.десятилет" М., "Наука", 1965.
10. Виноградов Л.Г., Яблонская Е.А. Современное состояние Каспийского моря как рыбохозяйственного водоема и проблемы его мелиорации. - "Санитарн. и техн. гидробиол." М., "Наука", 1967.
11. Зайцев Г.Н. Возможные изменения гидрологического режима северной части Каспийского моря в связи с падением уровня моря. - Тр.ГОИН, вып.12, 1953.
12. Зайцев Г.Н., Кожин Н.И., Яблонская Е.А. Значение канала Волга-Урал для повышения рыбопродуктивности Северного Каспия. - "Рыбн.хоз-во", 1964, № 12.

13. Иванов К.И. Расчет изменений средней солености Каспийского моря в связи с изъятием части речного стока. - Тр.ГОИН, вып.12, 1953.
14. Иванов К.И. Расчет изменений солености Каспийского моря в связи с изъятием части речного стока. - Тр. ГОИН, вып.20, 1955.
15. Ижевский Г.К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. - М., Пищепром издат, изд. МГУ 1961.
16. Ижевский Г.К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. - М., 1964.
17. Карпевич А.Ф. Отношение некоторых видов Cardidae к солевому режиму. - ДАН СССР. Т.5, 1946, № 1.
18. Карпевич А.Ф. Влияние условий среды на изменение фауны Северного Каспия. - Докл.ВНИРО по биол., систем., питанию рыб, вып.1, М., Пищепромиздат, 1952.
19. Карпевич А.Ф. Состояние кормовой базы южных морей после зарегулирования стока их рек. - Тр.Всесоюзн. конф. по вопр.рыбн.хоз-ва. М., изд-во АН СССР,1953.
20. Кожин Н.И. Итоги и задачи научно-исследовательских работ по воспроизводству рыбных запасов в южных водоемах в связи с гидростроительством. - Тр.Всесоюзн. конф. по вопр.рыбн.хоз-ва. М., изд-во АН СССР,1953.
21. Норина А.М. О солености вод северной части Каспийского моря за период с 1935 по 1951 г. - Тр.ГОИН, вып.21, 1955.
22. Пахомова А.С., Затучная Б.М. Гидрохимия Каспийского моря. - М., Гидрометеиздат, 1966.
23. Танасийчук Н.П. Влияние изменений гидрологического режима Северного Каспия и понижения уровня моря на распределение и запасы полупроходных рыб. - "Рыбн. хоз-во", 1948, № 3.
24. Танасийчук Н.П. Влияние гидростроительства на запасы и распределение промысловых рыб. Сб."Колеб.уровня Касп. моря", т.2. М., изд-во АН СССР, 1954.
25. Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. - М., Пищепромиздат, 1952.

ON THE NECESSITY AND OPPORTUNITY OF FORECASTING
SALINITY IN THE NORTHEASTERN CASPIAN SEA

N.A.Timofeev

S u m m a r y

Salinity in the North Caspian Sea is, in a certain sense, a universal characteristic: besides its direct influence on the biologic regime of the water body it indicates the extent of fresh water distribution over the North Caspian area and, thus, the availability of nutrients and organic matter there. So, of practical importance is to predict salinity values.

The method suggests forecasts of mean annual and mean monthly values of salinity in the northeastern Caspian Sea using the values of Volga River runoff and wind. Forecasts may be advanced two months and one-two years ahead, respectively, with the confidence limit of over 80%.