

УДК 551.464.7 : 581.526.323(262.81)223—

О ВЛИЯНИИ СТОКА ВОЛГИ НА ЕЖЕГОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Н. А. Тимофеев

Для численной характеристики влияния стока Волги и различных элементов ее паводка на ежегодные изменения первичной продуктивности Северного Каспия были сопоставлены тенденции отклонений двух исследуемых характеристик от предыдущего года. Теснота связи оценивалась вероятностью совпадения или несовпадения этих тенденций (см. таблицу).

Этому методу отдано предпочтение в связи с тем, что выделить ежегодные колебания строгими математическими методами нет возможности из-за пропусков в наблюдениях за некоторые годы. Метод же выражения фактического ряда данных в отношениях к предыдущему году не вполне освобождает вновь полученный ряд от колебаний с более низкой частотой и требует исследований по поводу формы связи в каждом конкретном случае (Тимофеев, 1972).

Величины вероятностей, характеризующие возможные в пределах данного массива связи, и матричная форма их записи позволили получить некоторые полезные статистические характеристики. Так, подсчитанные по вертикали средние абсолютные величины вероятностей могут говорить о степени влияния того или иного параметра стока на изменения характеристик первичной продукции; число случаев связей с положительными и отрицательными знаками ($n+$ и $n-$), суммы вероятностей ($\Sigma P+$ и $\Sigma P-$) и средние величины вероятностей ($\bar{P}+$ и $\bar{P}-$) позволяют судить о преобладании положительного или отрицательного влияния того или иного параметра стока, а отношение сумм положительных и отрицательных вероятностей — о степени этого преобладания.

Те же величины, подсчитанные по горизонтали, характеризуют степень и направленность влияния всех рассмотренных параметров стока на конкретную характеристику первичной продукции.

Исходные данные и основные сведения относительно изменчивости величин первичной продукции взяты из работ Н. И. Винецкой (1965, 1968).

Анализ результатов расчета показал, что ежегодные изменения величины первичной продукции в западной глубоководной зоне в июне наилучшим образом определяются временем начала половодья (положительно) и скоростью спада паводковой волны (отрицательно), а в августе — стоком минерального фосфора и жидким стоком в половодье. В западной мелководной зоне в июне наиболее явно проявляется отрицательное влияние величины стока в половодье, а в августе — величины пика паводковой волны и скорости ее подъема.

В восточной глубоководной зоне в июне величина первичной продукции с вероятностью 73% увеличивается с увеличением пика поло-

Вероятности совпадения характеристик стока

| Район | Время | Сток | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|----------|--------|-------|----------|----------|------|
| | | за год | величина | начало | конец | продолж. | пик | |
| | | | | | | | величина | дата |
| Запад | | | | | | | | |
| глубоководная часть | Июнь | +69 | +67 | +81 | | | -57 | +52 |
| | Август | +54 | +69 | +62 | -52 | +53 | -57 | -68 |
| мелководная часть | Июнь | -54 | -69 | -58 | | | -57 | -58 |
| | Август | 50 | +54 | -65 | 50 | -55 | -75 | -55 |
| Восток | | | | | | | | |
| глубоководная часть | Июнь | -54 | 50 | +53 | | | +73 | -78 |
| | Август | +62 | +69 | +78 | +71 | +76 | +66 | 50 |
| мелководная часть | Июнь | +67 | +67 | +60 | | | +53 | +53 |
| | Август | +78 | -61 | -56 | -61 | -61 | 50 | 50 |
| мелководная часть | Июнь | +89 | +56 | +61 | +61 | +61 | +61 | -56 |
| глубоководная часть | Август | -63 | +63 | +75 | +63 | +69 | -63 | -63 |
| мелководная часть | Июнь | +61 | -67 | -61 | -56 | -56 | -56 | +56 |
| глубоководная часть | Август | -60 | +80 | +73 | +73 | +73 | +53 | -53 |
| Северный | Июнь | +71 | +71 | +71 | +71 | +71 | +59 | -53 |
| Каспий | Август | +56 | +63 | -63 | +69 | +69 | +63 | -56 |
| мелководная часть | Июнь | +82 | -59 | -59 | +53 | +53 | +53 | -59 |
| глубоководная часть | Август | -60 | +80 | +70 | +80 | +73 | +53 | -73 |
| $ P_{1-8}$ | | 61,0 | 62,6 | 64,6 | 58,5 | 61,2 | 61,0 | 58,0 |
| n_+ | | 5 | 5 | 5 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| n_- | | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| ΣP_+ | | 330 | 321 | 334 | 71 | 129 | 192 | 105 |
| \overline{P}_+ | | 66,0 | 64,2 | 66,8 | 71,0 | 64,5 | 64,0 | 52,5 |
| ΣP_- | | 108 | 130 | 183 | 113 | 116 | 246 | 259 |
| \overline{P}_- | | 54,0 | 65,0 | 61,0 | 56,5 | 58,0 | 61,5 | 64,8 |
| $\Sigma P_{\pm} / \Sigma P_{\mp}$ | | +3,0 | +2,5 | +1,8 | -1,6 | +1,1 | -1,3 | -2,5 |

P_+ — положительная связь;

P_- — отрицательная связь;

n_+ — число случаев с положительной связью;

n_- — число случаев с отрицательной связью.

водья и с вероятностью 75% уменьшается в связи с запаздыванием на ступеня этого пика. В августе, помимо скорости спада паводковой волны, все другие параметры стока оказывают положительное влияние на величину первичной продукции восточной глубоководной зоны, а наибольшее — начало и продолжительность половодья.

В восточной мелководной части Северного Каспия в июне большинство связей первичной продукции с элементами стока Волги отрицательны и выражены слабо. В августе положительная и наиболее тесная связь наблюдается с годовым стоком Волги.

Рассмотрим действие каждого элемента стока на весь комплекс исследуемых характеристик первичной продукции.

Сток Волги за год может характеризовать в данном случае совокупное влияние ранневесеннего стока и стока в половодье на величину первичной продукции в июне и в августе, включая сюда положительное влияние выноса биогенов в море и их распределение и отрицательное влияние стокового течения во время половодья на развитие фитопланктона в предустьевой зоне (Винецкая, 1965). Это относится и к величине стока в половодье.

Время начала половодья связано с накоплением биогенных элемен-

Волги и изменения первичной продуктивности

| Волги | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|----|----|-----|------|-----|------|-------|--|--|--|
| воде | | | | | | | | | | | | | | | | |
| подъем | | спад | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| +53 | -57 | +67 | -77 | 50 | +57 | 62,8 | 8 | 4 | 508 | 63,5 | 258 | 64,5 | +2,0 | | | |
| -52 | -52 | -52 | -62 | +81 | +53 | 58,1 | 7 | 8 | 425 | 60,7 | 447 | 55,9 | -1,2 | | | |
| +53 | -57 | +53 | +53 | +65 | -57 | 57,6 | 4 | 9 | 222 | 55,5 | 527 | 58,6 | -2,4 | | | |
| 50 | -70 | -55 | -60 | 50 | -70 | 57,9 | 1 | 10 | 54 | 54,0 | 615 | 61,5 | -11,4 | | | |
| +58 | -52 | +63 | -67 | +54 | +58 | 59,7 | 8 | 4 | 475 | 59,4 | 251 | 62,8 | +1,4 | | | |
| +71 | 50 | +71 | -78 | +62 | +61 | 67,1 | 11 | 2 | 769 | 69,8 | 137 | 68,5 | +5,6 | | | |
| +67 | -60 | +67 | -67 | -79 | +59 | 63,0 | 10 | 3 | 613 | 61,3 | 206 | 68,7 | +3,0 | | | |
| +56 | -56 | -56 | +67 | -53 | -56 | 58,2 | 3 | 10 | 201 | 67,0 | 572 | 57,2 | -2,8 | | | |
| +72 | -61 | +61 | -61 | -65 | 50 | | | | | | | | | | | |
| +63 | -63 | +63 | -63 | +53 | +60 | | | | | | | | | | | |
| -61 | 50 | -61 | 50 | +61 | -82 | | | | | | | | | | | |
| +67 | -60 | +73 | -93 | +60 | +73 | | | | | | | | | | | |
| +71 | -53 | +71 | +71 | -69 | +63 | | | | | | | | | | | |
| +56 | -56 | +56 | -69 | +75 | +53 | | | | | | | | | | | |
| +53 | -71 | +53 | -53 | -53 | -71 | | | | | | | | | | | |
| +67 | -73 | +80 | -80 | +60 | +73 | | | | | | | | | | | |
| 57,5 | 56,8 | 60,5 | 65,5 | 61,8 | 58,9 | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0 | 5 | 2 | 3 | 5 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 7 | 3 | 6 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | |
| 358 | 0 | 321 | 120 | 197 | 288 | | | | | | | | | | | |
| 59,7 | 0 | 64,2 | 60,0 | 65,7 | 57,6 | | | | | | | | | | | |
| 52 | 404 | 163 | 404 | 197 | 183 | | | | | | | | | | | |
| 52,0 | 57,7 | 54,3 | 67,3 | 65,7 | 61,0 | | | | | | | | | | | |
| +6,9 | -∞ | +2,0 | -3,4 | +1,0 | +1,6 | | | | | | | | | | | |

тов, выносимых с волжскими водами в море ко времени наблюдения (т. е. к июню и августу). Отсюда закономерно, что положительное влияние раннего паводка на развитие фитопланктона четко проявляется в глубоководной зоне и не проявляется в мелководной, где чем меньше стоковое течение, тем лучше для развития фитопланктона. Время начала половодья наилучшим образом (по сравнению с другими элементами паводка) определяет ежегодные изменения первичной продукции западной глубоководной зоны в июне.

Конец и продолжительность паводка, естественно, могут влиять на величину первичной продукции только в августе. Выяснилось, что продолжительность и поздний конец половодья оказывают положительное влияние на величину первичной продукции в восточной глубоководной зоне.

Поскольку изменения величины пика половодья тесно связаны с величиной половодья, можно было ожидать одинаковых знаков связей этих параметров с величинами первичной продукции. Однако это предположение не подтвердилось. Видимо, можно говорить о самостоятельном влиянии величины пика половодья на интенсивность развития фитопланктона. На западе во всех случаях это влияние отрицательное, а

на востоке — положительное. Видимо, с величиной пика связана скорость прохождения волжских вод в Средний Каспий на западе и их повышенное поступление через восточные протоки на восток. Величина пика оказалась характеристикой, наиболее тесно связанной с изменениями первичной продукции на западном мелководье. Чем раньше наступает пик половодья, тем, в общем, меньше величины первичной продукции, что особенно относится к восточной глубоководной части моря в июне. Этот факт объяснить трудно, поскольку непосредственное влияние времени наступления пика паводка на изменение первичной продукции представляется незначительным. Тем не менее этот параметр наилучшим образом определяет ежегодные изменения первичной продукции восточной глубоководной части моря в июне.

В большинстве случаев увеличение скорости подъема и спада паводка отрицательно влияют на развитие фитопланктона Северного Каспия, но ни разу эти параметры не оказались основными среди других элементов стока.

Сток минерального фосфора оказывает наибольшее положительное влияние на развитие фитопланктона в западной глубоководной зоне в августе, в то время как Н. И. Винецкая (1965) отмечала, что это влияние лучшим образом проявилось в июне. Естественно, что сток минерального фосфора следует рассматривать как индикатор.

Сток взвешенных веществ может служить индикатором величины и интенсивности половодья, но, как следует из таблицы, не характеризует сколько-нибудь надежно изменения величин первичной продукции.

По величине влияния на ежегодные изменения величин первичной продукции стоят скорость спада паводковой волны, время начала и величина половодья, сток минерального фосфора; по силе положительного влияния — время начала и конца половодья, годовой сток и сток минерального фосфора; по силе отрицательного влияния — скорость спада половодья и раннее наступление максимального уровня половодья; по преобладанию отрицательного влияния — скорость подъема и спада паводковой волны, а положительного — время подъема паводковой волны и величина стока (за год или в половодье).

Если рассмотреть влияние всех элементов стока на каждую характеристику первичной продукции, то можно видеть, что в наибольшей мере влияние этих элементов проявляется в июне на восточном мелководье и в восточной и западной глубоководных зонах; наибольшее положительное влияние сказывается в восточных глубоководной и мелководной зонах в августе и западной глубоководной зоне в июне; отрицательное — в тех же зонах, но на восточном мелководье в июне; по преобладанию положительного влияния на первых местах стоят восточная глубоководная часть в августе и восточная мелководная часть в июне, а отрицательного — западное и восточное мелководья в августе.

При обобщении данных первичной продукции по временным или пространственным признакам довольно четко проявляется положительное влияние величины стока в половодье на величину первичной продукции в глубоководной зоне Северного Каспия и отрицательное — в мелководной зоне, особенно в августе; то же можно сказать о времени начала, конца и продолжительности половодья, высокий пик половодья в основном оказывает положительное влияние, а раннее его наступление — отрицательное; влияние продолжительности и скорости подъема и спада паводковой волны для объединенных групп величин первичной продукции проявляется, как и для конкретных характеристик; влияние стока $P-PO_4$ в глубоководной зоне положительно, а сток взвешенных веществ в некоторых случаях может быть использован как индикатор величины и интенсивности половодья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характеристики связей показали, что увеличение стока Волги в паводке положительно влияет на развитие северокаспийского фитопланктона в глубоководной зоне и отрицательно — в мелководной. Почти во всех случаях быстрые и интенсивные подъем и спад паводка отрицательно влияют на интенсивность продуцирования органического вещества фитопланктоном Северного Каспия. Видимо, эти характеристики показывают степень распространения волжских вод по акватории Северного Каспия или интенсивность транзита их в Средний Каспий. Вододелитель, способствуя более равномерному распределению волжских вод по акватории Северного Каспия, окажет благоприятное влияние на развитие северокаспийских форм фитопланктона.

Представленная таблица величин вероятностей, характеризующих связи ежегодных изменений величин первичной продукции и элементов паводка Волги, позволяет предсказать знак тенденции в изменении величин первичной продукции данного года относительно предыдущего по какой-либо характеристике паводка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Винецкая Н. И. Первичная продукция Северного Каспия. — «Труды КаспНИРО», 1965, т. XX, с. 52—59.

Винецкая Н. И. Гидрохимический режим Северного Каспия после зарегулирования стока Волги. — «Труды КаспНИРХ», 1968, т. 24, с. 78—99.

Тимофеев Н. А. Влияние абиотических условий на многолетние изменения фитопланктона Северного Каспия. — «Труды ВНИРО», 1972, т. XXXVI, с. 26—40.

To the study of Volga flood effect on annual fluctuations in primary production in the North Caspian Sea

N. A. Timofeev

SUMMARY

A quantitative method of investigations of the relationship between primary production in the North Caspian Sea and flood elements in the Volga River, is suggested. The table showing values of probabilities characteristic for the relationship allows for forecasting trends in fluctuations in primary production in a given year proceeding from some or other flood indices of the previous year.