

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ОНЗ РАН «ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СУШИ»  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ  
СЕКЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ НАУК НГК РФ

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**ВОДА И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ:**  
**СИСТЕМООБРАЗУЮЩИЕ ФУНКЦИИ**  
**В ПРИРОДЕ И ЭКОНОМИКЕ**

г. Цимлянск, 23–28 июля 2012 г.

**Сборник научных трудов**



Новочеркасск  
2012



УДК 556:502.51 (061.3)

ББК 26.22Я5

В62

Редакционная группа:

д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан,

д.г.н. Н.М. Новикова,

д.т.н. В.Г. Пряжинская – отв. редактор,

к.т.н. М.И. Степанова,

Р.И. Бедная,

И.И. Макаров

Вода и водные ресурсы: Системообразующие функции в природе и экономике : сб. науч. тр. / отв. ред В.Г. Пряжинская. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – 504 с.

ISBN 978-5-9997-0251-7

В настоящий сборник вошли доклады, представленные на Всероссийскую научную конференцию «Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике» (г. Цимлянск, 23–28 июля 2012 г.), проведенную Научным советом Отделения наук о Земле РАН «Водные ресурсы суши», Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН), Северо-Кавказским филиалом Федерального государственного унитарного предприятия Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов (СевКавНИИВХ) и Секцией гидрологических наук НГК РФ.

Организация конференции и издание сборника осуществлены при финансовой поддержке Российской академии наук, Федерального агентства водных ресурсов, Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 12-05-06046-г).

УДК 556:502.51 (061.3)

ББК 26.22Я5

ISBN 978-5-9997-0251-7

© Федеральное государственное учреждение науки  
Институт водных проблем Российской академии  
наук, 2012

© Северо-Кавказский филиал Федерального  
государственного унитарного предприятия  
Российский научно-исследовательский институт  
комплексного использования и охраны водных  
ресурсов, 2012

## К ОБОСНОВАНИЮ ГРАНИЦ КЛАССОВ В КЛАССИФИКАТОРАХ КАЧЕСТВА ВОД<sup>10</sup>

Левич А. П. \*\*, Н. Г. Булгаков \*\*, Д. В. Рисник \*\*, Э. С. Бикбулатов \*,  
Е. М. Бикбулатова \*, Ю. В. Ершов \*, И. В. Конюхов \*\*, А. С. Литвинов \*,  
В. А. Осипов \*\*, Н. Г. Отюкова \*, С. А. Поддубный \*, И. Л. Пырина \*,  
И. Э. Степанова \*, О. Л. Цельмович \*

\*Институт биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина РАН, п. Борок,

\*\*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва

[apl@chronos.msu.ru](mailto:apl@chronos.msu.ru)

**Введение.** Рассмотрен частный, но важный в прикладном отношении случай поиска взаимосвязей между биологическими и физико-химическими характеристиками – границ классов качества вод на основе установления экологических норм для биологических индикаторов состояния вод и факторов среды.

В существующих классификаторах качества экосистем (как по биологическим, так и по физико-химическим показателям) границы между значениями показателей из разных классов вводят, исходя из различных предпосылок: по экспертным оценкам [1, 2, 3, 4]), кратно нормативам ПДК [5], по особым точкам модельных математических функций, описывающих экологические данные [6, 7, 8]. Каждый из этих подходов сталкивается с трудностями: субъективность экспертных оценок; неэффективность нормативов ПДК, связанная с переносом на природные объекты результатов лабораторных испытаний [9, 10, 11]); ограниченность формальных аппроксимаций экологических зависимостей.

Сделана попытка по возможности преодолеть указанные трудности на пути анализа натурных, а не лабораторных данных без привлечения субъективных или модельных предпосылок.

Первичные данные, используемые для анализа, были получены в результате исследования биологических характеристик фитопланктона и физико-химических характеристик поверхностных и батометрических проб в различных районах Рыбинского водохранилища в июне-августе 2010 г. в ходе пяти рейсов научно-исследовательского судна "Академик Топчиев" Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН). Первичные данные и методы измерения опубликованы коллективом авторов [12]. Сотрудниками ИБВВ РАН получены следующие показатели:

1. содержание минеральных веществ ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , сумма ионов,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , общий азот,  $\text{PO}_4^{3-}$ , общий фосфор);
2. содержание органических веществ (органический углерод во взвеси, нефтепродукты);
3. показатели утилизации кислорода (БПК<sub>5</sub>, ХПК);
4. значения кислотности (рН) и щелочности;
5. физические характеристики (температура воды и воздуха, электропроводность, прозрачность, цветность);
6. содержание хлорофиллов "а", "b", "с", феопигментов и чистого хлорофилла "а" (с поправкой на феопигменты), соотношение хлорофилла и каротиноидов, установ-

<sup>10</sup> Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№10-04-00013 а, 11-04-00915 а).



ленное по отношению спектральных показателей  $E_{480}/E_{664}$ .

Сотрудниками биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова получены данные по флуоресценции проб.

Для поиска связей между качественными классами индикаторов и факторов использован метод установления локальных экологических норм (метод ЛЭН) [13], который предполагает выделение нескольких классов качества. Для биологического индикатора в простейшем случае – это классы «благополучных» и «неблагополучных» значений, указывающих, соответственно, на экологическое благополучие или неблагополучие биоты; для фактора – это классы «допустимых» и «недопустимых» значений.

Метод включает одновременный поиск двух границ:

1) границы, разделяющей «благополучные» и «неблагополучные» значения индикатора и

2) границы, разделяющей «допустимые» и «недопустимые» значения фактора. Эти границы названы границами нормы, соответственно индикатора и фактора (ГНФ) и задают искомые границы классов качества среды.

Метод ЛЭН позволяет производить поиск двух границ нормы фактора, когда к неблагополучию биоиндикатора приводят как «низкие», так и «высокие» значения фактора, допустимыми же являются его «средние» значения. Более подробно алгоритмы метода ЛЭН описаны в работе авторов А. П. Левич, Н. Г. Булгаков, Д. В. Риск, В. Н. Максимов входящей в настоящий сборник научных трудов.

**Результаты поиска границ классов качества вод.** В качестве биологических индикаторов исследовались пигменты фитопланктона – хлорофиллы "а", "b", "с", феофигменты, чистый хлорофилл "а" – с поправкой на феофигменты, соотношение хлорофилла и каротиноидов, а также показатели флуоресценции фитопланктона – величины  $F_0$  общее,  $F_m$  общее,  $F_0$  фильтрата,  $F_0$  фитопланктона =  $F_0$  общее –  $F_0$  фильтрата,  $F_m$  фитопланктона =  $F_m$  общее –  $F_m$  фильтрата, активность фитопланктона, соответствующую максимальной величине эффективности первичных стадий утилизации света в фотосистеме 2 и рассчитанную по формуле:

$$\alpha_{\text{фитопланктона}} = \frac{F_m \text{ фитопланктона} - F_0 \text{ фитопланктона}}{F_m \text{ фитопланктона}}$$

и общую активность 
$$\alpha_{\text{общее}} = \frac{F_m \text{ общее} - F_0 \text{ общее}}{F_m \text{ общее}}.$$

Существенно влияющие на биоиндикаторы факторы для каждого из испытанных индикаторов, ранжированные по критерию их вклада в степень экологического неблагополучия, приведены в табл. 1.

Верхнюю границу для фактора отыскивали в случаях, когда неблагополучны высокие значения этого фактора; нижнюю границу – в случаях неблагополучных низких значений. Нижнюю границу для индикатора отыскивали при неблагополучии его низких значений.

Для индикаторов со значимыми связями с существенными факторами среды в табл. 2 приведены усредненные по этим факторам границы между благополучными и неблагополучными значениями (т.е. границы классов качества вод по биологическим показателям).

Таблица 1. Границы классов качества по биоиндикаторам и физико-химическим факторам, существенным для неблагополучия этих биоиндикаторов.

| Индикатор                          | Фактор                        | Верхняя граница для фактора (в скобках нижн. граница) | Нижняя граница для индикатора | Критерий вклада фактора в неблагополучие | Колич-во наблюдений в выборке |
|------------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------------------------|
| 1                                  | 2                             | 3   | 4                             | 5  | 6                             |
| Хлорофилл "а", мкг/л               | Прозрачность                  | 150   | 14,8                          | 0,50                                     | 51                            |
|                                    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,06  | 17,6                          | 0,30                                     | 42                            |
|                                    | ХПК                           | (30)  | 20                            | 0,26                                     | 42                            |
| Чистый хлорофилл "а", мкг/л        | Температура воды              | 25,7 (18,6)   | 14,4                          | 0,47                                     | 52                            |
|                                    | Прозрачность                  | 150   | 16,1                          | 0,38                                     | 52                            |
|                                    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,06  | 12,8                          | 0,31                                     | 43                            |
|                                    | ХПК                           | (30)  | 17,9                          | 0,24                                     | 43                            |
| Хлорофилл "b", мкг/л               | Температура воды              | 24,8 (18,8)   | 0,6                           | 0,64                                     | 42                            |
|                                    | Электропроводность            | (162,7)   | 0,5                           | 0,47                                     | 39                            |
|                                    | БПК <sub>5</sub>              | (1,59)  | 0,6                           | 0,35                                     | 35                            |
|                                    | pH                            | 8,34 (7,9)  | 0,61                          | 0,26                                     | 35                            |
|                                    | P <sub>общ</sub>              | (0,053)   | 0,49                          | 0,23                                     | 35                            |
|                                    | Щелочность                    | (82,9)  | 0,61                          | 0,21                                     | 35                            |
| Хлорофилл "с", мкг/л               | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,04  | 3,1                           | 0,40                                     | 43                            |
|                                    | Температура воздуха           | 26,9  | 1,3                           | 0,33                                     | 30                            |
| Феопигменты, мкг/л                 | Прозрачность                  | 120   | 8,2                           | 0,62                                     | 55                            |
|                                    | Температура воды              | 25,9 (18,4)   | 5,7                           | 0,42                                     | 55                            |
|                                    | N <sub>общ</sub>              | (0,76)  | 5,8                           | 0,41                                     | 46                            |
|                                    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,06  | 5,8                           | 0,31                                     | 46                            |
|                                    | ХПК                           | (30)  | 6,0                           | 0,27                                     | 46                            |
| E <sub>480</sub> /E <sub>664</sub> | P <sub>общ</sub>              | 0,073   | 1,2                           | 0,52                                     | 44                            |
|                                    | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0,036   | 1,52                          | 0,22                                     | 44                            |
| F <sub>0</sub> общее               | Прозрачность                  | 120   | 0,93                          | 0,50                                     | 68                            |
|                                    | Электропроводность            | (170)   | 0,99                          | 0,48                                     | 63                            |
|                                    | P <sub>общ</sub>              | (0,073)   | 0,97                          | 0,44                                     | 56                            |
|                                    | БПК <sub>5</sub>              | 3,71 (1,55)   | 0,97                          | 0,36                                     | 56                            |
|                                    | ХПК                           | (34,5)  | 0,95                          | 0,34                                     | 56                            |
|                                    | Температура воды              | 25,7 (18,1)   | 0,95                          | 0,33                                     | 68                            |
|                                    | N <sub>общ</sub>              | (0,77)  | 0,97                          | 0,29                                     | 56                            |
|                                    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,06  | 0,99                          | 0,2                                      | 56                            |
|                                    | БПК <sub>5</sub>              | (1,82)  | 0,52                          | 0,38                                     | 56                            |
| F <sub>0</sub> фильтрата           | ХПК                           | (34,2)  | 0,47                          | 0,34                                     | 56                            |
|                                    | P <sub>общ</sub>              | 0,1 (0,058)   | 0,54                          | 0,34                                     | 56                            |
|                                    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,04  | 0,53                          | 0,31                                     | 56                            |
|                                    | pH                            | (8)   | 0,56                          | 0,27                                     | 56                            |
|                                    | Прозрачность                  | 150   | 0,53                          | 0,25                                     | 68                            |
|                                    | Температура воздуха           | (20,4)  | 0,50                          | 0,24                                     | 43                            |
|                                    | Температура воды              | (18,7)  | 0,56                          | 0,22                                     | 68                            |
|                                    | Электропроводность            | 186,7   | 0,56                          | 0,22                                     | 63                            |
|                                    | P <sub>общ</sub>              | (0,073)   | 0,42                          | 0,52                                     | 56                            |
| F <sub>0</sub> фитопланктона       | Прозрачность                  | 130   | 0,47                          | 0,49                                     | 68                            |
|                                    | БПК <sub>5</sub>              | 2,96 (1,55)   | 0,49                          | 0,45                                     | 56                            |
|                                    | ХПК                           | (33,5)  | 0,39                          | 0,37                                     | 56                            |
|                                    | Температура воды              | 25,7 (18,1)   | 0,49                          | 0,36                                     | 68                            |
|                                    |                               |   |                               |  |                               |

|                          |                            |             |      |      |    |
|--------------------------|----------------------------|-------------|------|------|----|
|                          | $N_{\text{общ}}$           | (0,77)      | 0,49 | 0,31 | 56 |
|                          | $C_{\text{орг}}$ во взвеси | 1,2 (0,7)   | 0,55 | 0,28 | 54 |
|                          | pH                         | 8,28        | 0,48 | 0,24 | 56 |
| $F_m$ общее              | $R_{\text{общ}}$           | (0,073)     | 1,66 | 0,49 | 56 |
|                          | Прозрачность               | 120         | 2,02 | 0,48 | 68 |
|                          | Температура воды           | 25,7 (18,1) | 2,02 | 0,33 | 68 |
|                          | XПК                        | (33,3)      | 1,64 | 0,32 | 56 |
|                          | БПК <sub>5</sub>           | 2,96 (1,05) | 1,98 | 0,30 | 56 |
|                          | $C_{\text{орг}}$ во взвеси | 1,3 (0,7)   | 1,74 | 0,27 | 54 |
|                          | pH                         | 8,28        | 1,66 | 0,25 | 56 |
| $F_m$ фитопланктона      | Электропроводность         | (178,2)     | 1,46 | 0,63 | 63 |
|                          | Прозрачность               | 130         | 1,41 | 0,47 | 68 |
|                          | $R_{\text{общ}}$           | (0,073)     | 1,46 | 0,46 | 56 |
|                          | БПК <sub>5</sub>           | 2,96 (1,55) | 1,46 | 0,44 | 56 |
|                          | $N_{\text{общ}}$           | (0,78)      | 1,46 | 0,39 | 56 |
|                          | Температура воды           | 25,7 (18,1) | 1,46 | 0,35 | 68 |
|                          | XПК                        | (33,5)      | 1,23 | 0,34 | 56 |
|                          | pH                         | 8,28        | 1,02 | 0,30 | 56 |
| Активность фитопланктона | БПК <sub>5</sub>           | 2,53        | 0,56 | 0,29 | 56 |
|                          | $R_{\text{общ}}$           | (0,062)     | 0,52 | 0,27 | 56 |
|                          | Щелочность                 | (85,4)      | 0,50 | 0,27 | 56 |
|                          | XПК                        | 44,7        | 0,56 | 0,19 | 56 |
| Активность общая         | $N_{\text{общ}}$           | 1,04        | 0,69 | 0,2  | 56 |
|                          | $PO_4^{3-}$                | (0,015)     | 0,7  | 0,19 | 56 |
|                          | Нефтепродукты              | 0,03        | 0,71 | 0,14 | 38 |

Обозначения: значимые по критерию  $\chi^2$  связи выделены жирным шрифтом, для остальных связей критерий  $\chi^2$  не применим в связи с недостаточным числом наблюдений.

Таблица 2. Границы классов качества вод по биоиндикаторам, усредненные по существенным и значимым связям индикатора с факторами.

| Индикатор                   | Нижняя граница между качественными классами по биоиндикатору | Доверительный интервал при уровне значимости 0,05 |
|-----------------------------|--|---|
| Хлорофилл "а", мкг/л        | 14,8   | —   |
| Чистый хлорофилл "а", мкг/л | 14,4   | —   |
| Феопигменты, мкг/л          | 6,9  | —   |
| $E_{480}/E_{664}$           | 1,18   | —   |
| $F_0$ общее                 | 0,96   | $\pm 0,02$  |
| $F_0$ фильтра               | 0,51   | $\pm 0,02$  |
| $F_0$ фитопланктона         | 0,45   | $\pm 0,04$  |
| $F_m$ общее                 | 1,8  | $\pm 0,4$   |
| $F_m$ фитопланктона         | 1,37   | $\pm 0,11$  |

**Сравнение границ классов качества для факторов среды.** В работе Э.С. Бикбулатова и И.Э. Степановой [8] проведено выделение границ для качественных классов некоторых характеристик. Границы проведены на основании предположения, что значения характеристики подчиняются нормальному закону распределения и общее число наблюдений достаточно велико, чтобы распределение Стьюдента «вырождалось» в распределение Гаусса (например, более 30-50 наблюдений). Если



предположение о типе распределения соблюдено, то выдвигается гипотеза, что верхняя и нижняя границы классов «плохо» и «удовлетворительно» (границ две, поскольку к неблагоприятию могут приводить, как высокие, так и низкие значения характеристики) на шкале желательности Харрингтона соответствует  $\bar{x} \pm \sigma$ , где  $\bar{x}$  – среднеарифметическое значение,  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, т.е. нижняя граница соответствует 15,85% квантилю распределения, верхняя граница – 84,15% квантилю распределения (между границами 68,3% от общего числа наблюдений). Границы между другими классами, например, «хорошо» и «очень хорошо», проводят согласно границам для функции желательности Харрингтона. При анализе результатов принималось, что «удовлетворительные» значения характеристики можно отнести к «допустимым», а «плохие» – к «недопустимым».

Сравнение установленных в данной работе ГНФ с границами, предложенными в работе Э.С.Бикбулатова с соавторами, показало (см. табл. 3), что верхняя ГНФ для ХПК более жестка в сравнении с его 84,15% квантилем, верхняя ГНФ для БПК<sub>5</sub> – менее жестка, нижние ГНФ для БПК<sub>5</sub>, ХПК, общего азота и общего фосфора более жестки в сравнении с их 15,85% квантилем.

Таблица 3. Сравнение значимых по критерию  $\chi^2$  границ классов качества для факторов с дифференциальными нормами для содержания биогенных элементов [8].

| Индикатор                    | Фактор                  | Верхняя (нижняя) граница между классами | Значения дифференциальных норм (границ функции желательности для границы плохого и удовлетворительного классов); верхние границы (в скобках – нижние) |                |                |                |                 |                |                |
|------------------------------|-------------------------|---|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                              |                         |   | Коприно   | Молога         | Наволоок       | Измай-<br>лово | Средний<br>Двор | Брейтово       | Средняя        |
| F <sub>m</sub> фитопланктона | БПК <sub>5</sub> , мг/л | 2,53<br>(0,93)                          | 1,80<br>(0,89)  | 2,42<br>(0,73) | 1,65<br>(0,85) | 1,80<br>(0,78) | 1,87<br>(0,71)  | 1,97<br>(0,94) | 1,92<br>(0,82) |
|                              | ХПК, мг/л               | 36,5<br>(33,5)                          | 37,4<br>(28,1)  | 38,9<br>(28,0) | 42,2<br>(31,5) | 42,0<br>(31,5) | 42,6<br>(30,7)  | 43,5<br>(31,8) | 41,1<br>(30,3) |
|                              | Общий азот, мг/л        | (0,71)                                  | (0,70)  | (0,59)         | (0,34)         | (0,54)         | (0,50)          | (0,66)         | (0,56)         |
|                              | Общий фосфор, мг/л      | (0,073)                                 | (0,030)   | (0,024)        | (0,029)        | (0,028)        | (0,024)         | (0,034)        | (0,028)        |

**Закключение.** В настоящее время существуют две независимые друг от друга и никак не согласованные системы оценки состояния окружающей среды на основании классов качества или по химическим, или по биологическим показателям. Предложенный в работе метод (современная модификация метода установления границ локальных экологических норм [13]) позволяет рассчитывать границы классов качества по биологическим и физико-химическим характеристикам одновременно и взаимосогласованно: значения биологического показателя из класса «благополучные» сопряжены со значениями факторов среды из класса «допустимые», а значения биологического показателя из класса «неблагополучные» сопряжены со значениями фактора из класса «недопустимые». Фактически этот метод – метод генерации объединенных по биологическим и физико-химическим показателям классификаторов качества среды, характеризующийся следующими особенностями.

Границы классов качества установлены не по экспертным оценкам, а путем расчетов, основанных на строго формальном методе анализа данных. Метод уста-

новления границ классов качества не опирается на нормативы ПДК. Фактически найденные границы могут быть использованы как альтернативные ПДК нормативы, установленные по натурным, а не лабораторным данным.

Метод не использует никакие модельные предпосылки. Расчеты границ основаны только на частоте встречаемости тех или других значений характеристик в предыстории экосистемы.

Рассчитанные границы не универсальны, а имеют региональный и даже локальный характер в той степени, в которой рассчитаны по данным региональных или локальных наблюдений.

Границы классов качества могут быть установлены не только для химических, но и других (физических, климатических, гидрологических и пр.) характеристик.

Метод позволяет устанавливать границу между допустимыми и недопустимыми значениями не только для «слишком высоких», но и для «слишком низких» уровней факторов.

Метод не требует, чтобы распределение исходных данных удовлетворяло какому-либо статистическим критериям (например, чтобы они были распределены по нормальному или пуассоновскому законам).

### Литература

1. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. Утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. №250–1163. М.: 1986. 5 с.

2. *Васильева Е.А., Виниченко В.Н., Гусева Т.В. и др.* Как организовать общественный экологический мониторинг / Под ред. Хотулевой М.В. М.: СоЭС – Методический центр "Эколайн", 1998.

3. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. РД 52.24.309-92. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 67 с.

4. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утверждено Приказом Минприроды РФ от 30 ноября 1992 г. 51 с.

5. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Федерального агентства по рыболовству. №20 от 18.01.2010.

6. *Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г.* Экологическое нормирование техногенных загрязнений. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.

7. *Яковлев А.С., Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шулакова Е.А.* Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества // Почвоведение. 2009. № 8. С. 984-995.

8. *Бикбулатов Э.С., Степанова И.Э.* Функции желательности Харрингтона для оценки качества природных вод / Экологическая химия. СПб.: Теза, 1995 – 2011. Т. 20 № 2. С. 94-104.

9. *Федоров В.Д.* К стратегии биологического мониторинга // Биол. науки. 1974. № 10. С. 7–17.



10. Абакумов В.А., Сущенко Л.М. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования // Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды межд. симп. Л.: Гидрометеиздат, 1991. С. 41–51.

11. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. М.: НИИ-Природа, 2004. 271 с.

12. Данные совместных измерений биологических и физико-химических характеристик экосистемы Рыбинского водохранилища / Бикбулатов Э.С., Бикбулатова Е.М., Булгаков Н.Г., Ершов Ю.В., Конюхов И.В., Копылов А.И., Корнева Л.Г., Лазарева В.И., Левич А.П., Литвинов А.С., Масленникова Т.С., Митропольская И.В., Осипов В.А., Отюкова Н.Г., Поддубный С.А., Поромов А.А., Пырина И.Л., Рисник Д.В., Соколова Е.А., Степанова И.Э., Цельмович О.Л. М.: МАКС Пресс, 2011. 67 с.

13. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н., Рисник Д.В. "In situ"-технология установления локальных экологических норм // Материалы объединенного пленума РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии "Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов". М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 30-55.

## МЕТОД УСТАНОВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ГРАНИЦ КЛАССОВ И КЛАССИФИКАТОРА КАЧЕСТВА ВОД<sup>11</sup>

Левич А. П., Булгаков Н. Г., Рисник Д. В., Максимов В. Н.  
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва  
apl@chronos.msu.ru

Для поиска связей между качественными классами индикаторов и факторов по таблицам сопряженности использован метод установления локальных экологических норм (метод ЛЭН), основанный на мерах связи из детерминационного анализа [1]. Анализ связей в таблицах сопряженности рассмотрен на примере выделения двух качественных классов для каждой из характеристик (табл. 1).

Таблица 1. Таблица сопряженности для характеристик X и Y с двумя классами значений каждой («высокие значения» и «низкие значения»).

|                                      | Низкие значения<br>характеристики X | Высокие значения<br>характеристики X | Итого       |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| Высокие значения<br>характеристики Y | na                                  | nb                                   | na+nb       |
| Низкие значения<br>характеристики Y  | nc                                  | nd                                   | nc+nd       |
| Итого                                | na+nc                               | nb+nd                                | na+nb+nc+nd |

Символы na, nb, nc и nd обозначают количества наблюдений в соответствующих ячейках таблицы

<sup>11</sup> Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №10-04-00013а и №12-07-00580а).