

УДК 628.193

ОБОСНОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Г. Т. Фрумин¹⁾, Е. С. Негодина²⁾

¹⁾Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, набережная реки Мойки, 48, 191186, г. Санкт-Петербург, Россия, gfrumin@mail.ru;

²⁾Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга), набережная Макарова, 26, г. Санкт-Петербург, Россия, 10020092@rambler.ru

Приведены три методики расчета региональных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водных объектах: методика С.А. Патины, методика Д. Г. Замолотчикова и методика Е. В. Веницианова и соавторов. На основе принципа санитарного максимализма обоснован оптимальный метод расчета региональных предельно допустимых концентраций — метод, разработанный Е. В. Венициановым и соавторами. Установлена высокая теснота связи между региональными предельно допустимыми концентрациями металлов в водоемах и водотоках Север-Западного региона России и их кларками в земной коре.

Ключевые слова: водные объекты; металлы; экологическое нормирование; принцип санитарного максимализма; кларки.

ESTABLISHMENT OF REGIONAL MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATIONS OF POLLUTANTS IN WATER BODIES

G. T. Frumin¹⁾, E. S. Negodina²⁾

¹⁾Herzen State Pedagogical University of Russia, embankment of the Moika River, 48, 191186, St. Petersburg, Russia, gfrumin@mail.ru; ²⁾St. Petersburg branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (“GosNIORH” named after L.S. Berg), Makarova embankment, 26, St. Petersburg, Russia, 10020092@rambler.ru

Three methods for calculating regional maximum permissible concentrations of pollutants in water bodies are presented: the method of S.A. Patin, the method of D.G. Zamolodchikov and the method of E.V. Venitsianov and co-authors. Based on the principle of sanitary maximalism, the optimal method for calculating regional maximum permissible concentrations is substantiated - the method developed by E. V. Venitsianov and co-authors. A high close relationship has been established between the regional maximum permissible concentrations of metals in reservoirs and watercourses of the North-Western region of Russia and their clarkes in the earth's crust.

Keywords: water bodies; metals; environmental regulation; the principle of sanitary maximalism; clarks.

Примерно с 1990-х гг. система рыбохозяйственных ПДК (ПДК_{РХ}) подвергается аргументированной критике, подробно изложенной в ряде работ [1-5]. К примеру, федеральные ПДК_{РХ} не учитывают специфику функционирования водных экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность) и биогеохимических провинциях (естественные геохимические аномалии с различным уровнем содержания природных соединений).

Цель исследования заключалась в обосновании региональных предельно допустимых концентраций (ПДК_{РЕГ}) металлов (приоритетных загрязняющих веществ) в воде водных объектов (водоемов и водотоков) Северо-Западного региона России.

Для расчетов ПДК_{РЕГ} использованы три различных метода, разработанные С. А. Патиным [6], Д. Г. Замолотчиковым [7] и Е. В. Венициановым с соавторами [8] (табл. 1).

Таблица 1

Математические модели для расчетов региональных предельно допустимых концентраций

Авторы метода	Модель
С. А. Патин	$\text{ПДК}_{\text{РЕГ}} = C_{\text{CP}} + 2\sigma$, C_{CP} – средняя концентрация, мкг/дм ³ , σ – стандартное отклонение
Д. Г. Замолотчиков	$\text{ПДК}_{\text{РЕГ}} = \text{ВК} + 1,5(\text{ВК} - \text{НК})$, ВК и НК – верхний и нижний квартили распределения
Е. В. Веницианов и соавторы	$\text{ПДК}_{\text{РЕГ}} = \text{ВК} - 2,9\sigma/\sqrt{N}$, N – объем выборки

Математические модели, приведенные в табл. 1, были применены для расчетов ПДК_{РЕГ} в воде различных водных объектов. Для иллюстрации приводим табл. 2 [9].

Таблица 2

Региональные концентрации металлов (ПДК_{РЕГ}) в реке Большая Нева, мкг/л

Автор(ы) метода	Fe	Cu	Pb	Mn	Cd
Патин С. А.	510	12,9	9,6	87,8	1,2
Замолотчиков Д. Г.	350	12,1	9,5	27,9	1,1
Веницианов Е. В. и соавторы	150	6,2	4,1	9,1	0,6

Приведенные в табл. 2 результаты расчетов ПДК_{РЕГ} показывают существенные различия этих величин в зависимости от метода расчета. Как следует из табл. 2, наименьшие величины ПДК_{РЕГ} зафиксированы для каждого из пяти рассмотренных металлов при использовании метода Е. В. Веницианова с соавторами.

Здесь уместно напомнить о принципе санитарного максимализма, когда все неопределенности и неоднозначности трактуются в сторону снижения показателя [10]. Иными словами, в качестве оптимального метода расчетов ПДК_{РЕГ} следует рассматривать метод, разработанный Е. В. Венициановым с соавторами.

Соотношение между натуральными логарифмами ПДК_{РЕГ} и натуральными логарифмами кларков металлов (г/кг) в земной коре проиллюстрировано в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение между натуральными логарифмами региональных предельно допустимых концентраций металлов в воде водных объектов и натуральными логарифмами их кларков в земной коре

Водный объект	Модель	Теснота связи
Река Большая Нева	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=2,981+0,4\ln(\text{кларк})$ $n=5 \ r=0,98 \ r^2=0,50 \ \sigma_{Y(X)}=0,50 \ F_p/F_T=7,9$	Весьма высокая
Река Славянка	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=2,853+0,36\ln(\text{кларк})$ $n=9 \ r=0,89 \ r^2=0,80 \ \sigma_{Y(X)}=0,65 \ F_p/F_T=5,2$	Высокая
Река Плюсса	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=4,289+0,68\ln(\text{кларк})$ $n=6 \ r=0,99 \ r^2=0,99 \ \sigma_{Y(X)}=0,40 \ F_p/F_T=38,7$	Весьма высокая
Река Вуокса	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=2,391+0,49\ln(\text{кларк})$ $n=5 \ r=0,97 \ r^2=0,94 \ \sigma_{Y(X)}=0,66 \ F_p/F_T=6,4$	Весьма высокая
Река Луга	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=4,142+0,51\ln(\text{кларк})$ $n=5 \ r=0,99 \ r^2=0,98 \ \sigma_{Y(X)}=0,43 \ F_p/F_T=16,6$	Весьма высокая
Река Великая	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=3,522+0,45\ln(\text{кларк})$ $n=6 \ r=0,99 \ r^2=0,99 \ \sigma_{Y(X)}=0,13 \ F_p/F_T=152,4$	Весьма высокая
Озеро Ильмень	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=3,392+0,57\ln(\text{кларк})$ $n=7 \ r=0,96 \ r^2=0,92 \ \sigma_{Y(X)}=0,70 \ F_p/F_T=10,0$	Весьма высокая
Псковское озеро	$\ln(\text{ПДК}_{\text{РЕГ}})=3,419+0,47\ln(\text{кларк})$ $n=6 \ r=0,97 \ r^2=0,93 \ \sigma_{Y(X)}=0,61 \ F_p/F_T=8,2$	Весьма высокая

Здесь n – число металлов, r – коэффициент корреляции, r^2 – коэффициент детерминации, $\sigma_{Y(X)}$ – стандартная ошибка, F_p – расчетное значение критерия Фишера, F_T – табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 95 %.

Согласно шкале Чеддока, соотношение между величинами ПДК_{РЕГ} и кларками характеризуется «высокой» теснотой связи между переменными ($r=0,7-0,9$) для реки Славянка, для других рассмотренных водных объектов — как «весьма высокая» ($r=0,9-0,99$) [11].

Приведенные зависимости адекватны ($F_p > F_T$) и полезны для предсказания величин ПДК_{РЕГ} для других металлов ($F_p/F_T > 4$) [12].

Библиографические ссылки

1. Тимофеева Л. А., Фрумин Г. Т. Проблемы нормирования качества поверхностных вод // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2015. № 38. С.215-229.
2. Волков И. В., Заличева И. Н., Шустова Н. К., Ильмаст Т. Б. Есть ли экологический смысл у общефедеральных рыбохозяйственных ПДК? // Экология. 1996. № 5. С. 350-354.
3. Дмитриев В. В. Экологическое нормирование состояния и антропогенных воздействий на природные экосистемы // Вестник Санкт-Петербургского университета. 1994. Серия 7. Вып. 2. С. 60-70.
4. Левич А. П., Терехин А. Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на пресноводные экосистемы // Водные ресурсы. 1997. № 3. С. 328-335.
5. Гагарина О. В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы. Учебно-методическое пособие. Ижевск: Удмуртский университет. 2012. 199 с.
6. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. М.: Пищевая промышленность. 1979. 304 с.
7. Замолодчиков Д. Г. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. Т. 15. С. 214-233.
8. Веницианов Е. В., Мирошниченко С. А., Лепихин А. П., Губернаторова Т. Н. Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы // Водное хозяйство России. 2015. № 3. С. 50-64.
9. Фрумин Г. Т., Негодина Е. С. Методика расчета региональных предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах: методические рекомендации. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена. 2023. 24 с.
10. Возняк А. А., Лепихин А. П. Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример // Географический вестник. 2018. № 2(45). С. 103-114.
11. Макарова Н. В., Трофимец В. Я. Статистика в Excel. М.: Финансы и статистика. 2002. 368 с.
12. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика. 1986. 366 с.