

ISSN 2500-316X (Online)

<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-2-23-32>



УДК 628.1, 504.064.2, 504.064.36

## Эффективность мониторинга как необходимое условие принятия корректных решений в сфере техносферной безопасности

**В.М. Михайлов**

*МИРЭА – Российский технологический университет, Москва 119454, Россия*

*@Автор для переписки, e-mail: mihajlov@mirea.ru*

В статье рассматриваются вопросы обеспечения эффективности мониторинга для корректных оценок параметров проявлений (времени начала, интенсивности и уровня опасности) катастрофических природных (землетрясения, наводнения и др.) и техногенных (водных и воздушных загрязнений) процессов. Организационная структура мониторинга с обоснованным временным и адресным режимом измерений, учитывающая основные особенности и этапы формирования контролируемых природных и техногенных процессов, должна обеспечить получение необходимых данных для дальнейших расчетов времени начала землетрясений, территориального распространения и уровней водных или воздушных загрязнений и др. Также обозначены требования к обеспечению соответствующей квалификации привлеченного персонала, обладающего способностью корректно интерпретировать получаемые результаты мониторинговых измерений и осуществлять необходимые расчеты многочисленных параметров, например, в случае оценки загрязнений. В совокупности это позволяет обеспечить в итоге соответствие получаемых оценок с реальным состоянием контролируемого объекта, что и составляет основу для принятия взвешенных дальнейших решений по комплексу мероприятий обеспечения техносферной безопасности. Наряду с этим, предлагаемый подход организации мониторинга позволяет оптимизировать состав его измерительной базы для достижения необходимой эффективности при оценке состояния контролируемых объектов и её компоновке на основе учета особенностей строения и их свойств, специфики техногенных воздействий и природных процессов на объекты техносферы.

**Ключевые слова:** техносферная безопасность, техногенные воздействия, природные катаклизмы, структура процессов, параметры состояния, мониторинг среды, средства мониторинга, корректность интерпретации.

**Для цитирования:** Михайлов В.М. Эффективность мониторинга как необходимое условие принятия корректных решений в сфере техносферной безопасности. *Российский технологический журнал*. 2020;8(2):23-32. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-2-23-32>

## The effectiveness of monitoring as a necessary condition for the adoption of correct decisions on the security of technosphere

Valery M. Mikhailov

MIREA – Russian Technological University, Moscow 119454, Russia

@Corresponding author, e-mail: mihajlov@mirea.ru

This article discusses the issues of ensuring the effectiveness of monitoring for correct estimates of parameter manifestations (start time, intensity and severity) of catastrophic natural (earthquakes, floods and others) and man-made (water and air pollution) processes. Organizational structure of monitoring with reasonable time and address of the measurement mode taking into account the main features and stages of forming controlled natural and technogenic processes should ensure the acquisition of data needed for further calculations of the start time of earthquakes, territorial distribution and levels of water or air pollution, etc. Besides, the article outlines requirements for the relevant qualification of engaged staff capable of correctly interpreting the results of monitoring measurements and performing the necessary calculations of numerous parameters, for example, in the case of pollution evaluation. As a result, all this allows to ensure the compliance of obtained assessments with the real condition of monitored object, which is the basis for informed decisions on a set of actions to further ensure technosphere security. Along with this, the proposed monitoring approach allows to optimize the measuring base in order to achieve the necessary efficiency in assessing the status of controlled objects and the layout of the base in terms of the characteristics of buildings and their intrinsic properties, as well as the specificity of technogenic impact and natural processes on technosphere objects.

**Keywords:** security of technosphere, technological impact, natural disasters, structure of hazardous processes, state parameters, media monitoring, monitoring tools, interpretation correctness.

**For citation:** Mikhailov V.M. The effectiveness of monitoring as a necessary condition for the adoption of correct decisions on the security of technosphere. *Rossiiskii tekhnologicheskii zhurnal* = *Russian Technological Journal*. 2020;8(2):23-32 (in Russ.). <https://doi.org/10.32362/2500316X-2020-8-2-23-32>

### Введение

К наиболее значимым дестабилизирующим факторам техносферной безопасности, наряду с природными катаклизмами, следует относить возрастающие уровень и сложность воздействий на природную среду расширяющегося комплекса антропогенной деятельности. Это стало очевидным в XX веке под влиянием гипервсплеска численности населения планеты в 5 раз и необходимости удовлетворения его потребностей за счет почти 20-ти кратного роста мирового валового продукта и более значительного увеличения потребления природного сырья, а также масштабного загрязнения биосферы. Также отмечается развитие и значительная динамика ряда неблагоприятных процессов и в природной среде, связанных, например, с колебанием солнечной активности, которые в свою очередь вызывают значительное изменение условий её устойчивости. В совокупности все эти факторы стали причиной существенной разбалансировки некоторых процессов

саморегуляции и самоорганизации биосферы, что сказалось на развитии и росте числа неблагоприятных откликов природной среды с увеличением масштабов их проявлений и размеров ущербов. Поэтому очевидна необходимость организации системы эффективного контроля за опасными процессами на основе анализа всесторонней и репрезентативной исходной информации об их особенностях.

### Основная часть

Список примеров значительного расширения географии природных катаклизмов и чрезвычайных ситуаций техногенного характера, а также сопутствующих опасных последствий, является достаточно внушительным. Так, фактором опасного нарастания напряженности в биосфере является потепление климата. При росте средней температуры на планете в пределах только 1 °C зафиксированы значительные материальные затраты на преодоление неблагоприятных последствий и компенсацию ущербов. Подобное изменение климата усилило нестабильность в атмосфере, изменив ранее сложившиеся условия её устойчивости и осложнив также прогнозирование её процессов. Увеличение атмосферной энергии способствовало существенному расширению сферы деятельности атмосферных вихрей, торнадо и ураганов с прибрежных территорий на континенты, расширению засух и пустынь в одних регионах и возрастанию осадков и наводнений в других. Общее количество природных катастроф, связанных с изменением климата, за последние полвека и особенно в последние 20÷30 лет значительно возросло. И по оценкам экспертов ООН сегодняшнее потепление климата эквивалентно ущербу в 300 миллиардов долларов в год [1].

Ещё более удручающая ситуация связана с ростом числа и масштаба техногенных катаклизмов. До середины XX века техносфера не обладала способностью инициировать крупномасштабные аварии и катастрофы, соизмеримые со стихийными бедствиями. Появление же ядерных объектов и высокая концентрация химических и других потенциально опасных производств, сделали возможными разрушительные воздействия на экосистемы практически всех уровней биосферы. За прошедшее столетие более половины крупных аварий произошло в последние 20 лет, причем почти половина жертв погибла. Число жертв этих аварий составило 40% от пострадавших в катастрофах и стихийных бедствиях XX века. Подобная тенденция роста концентраций чрезвычайных ситуаций (ЧС) в последние 20–30 лет характерна и для России, где в среднем за год происходит более 160 техногенных происшествий, а их опасности и угрозы носят, как правило, комплексный характер. Отмечается, что их воздействие распространяется на природную, экономическую и социальную сферы [2].

Эта ситуация обусловлена тем, что на территории России действуют около 45 тысяч потенциально опасных производств. К примеру, более 3,5 тысяч объектов располагают значительными запасами таких веществ, как хлор и аммиак, отличающихся высокой токсичностью, а более 500 тысяч тонн хлора ежегодно перевозится по железным дорогам. Вызывает озабоченность и состояние самих объектов. Так, около 200 водохранилищ, в том числе и ряд особо крупных, эксплуатируется более 50 лет без требуемых реконструкции и ремонта. В наиболее ответственных отраслях потенциально опасные производства имеют выработку ресурса оборудования на уровне 75–90%. Годовой экономический

ущерб от ЧС различного характера может достигать 1,5–2% валового внутреннего продукта – от 675 до 900 миллиардов рублей. На территориях возможного воздействия поражающих факторов при авариях на критически важных и потенциально опасных объектах проживают свыше 60% населения страны. Поэтому злободневным является вопрос организации и осуществления эффективного мониторинга состояния и функционирования техногенной инфраструктуры [2].

В этой связи необходимы как репрезентативный контроль всех видов, областей пространства и динамических характеристик опасных процессов в любой конкретный момент, так и сведения об особенностях временного режима их проявлений. Например, на тектонических картах должны быть выделены все районы потенциально опасных сейсмоактивных зон с характеристикой возможных процессов и повторяемостью. На гидрологических картах необходимо показывать зоны возможных катастрофических наводнений различной статистической обеспеченности. На метеорологических – территориальные особенности атмосферной циркуляции, области распространения разрушительных вихрей и ураганов, источники и области возможного распространения воздушных загрязнений в разные сезоны и при различных типах погоды.

Актуальны и исходные данные по состоянию природных объектов для оперативного прогноза начала опасных явлений. Отсутствие таковых во много раз увеличивает размеры ущербов, что можно проиллюстрировать на ряде примеров. Так, отсутствуют надежные способы краткосрочного прогноза дат начала землетрясений, а это можно выявить лишь по данным анализа инфразвуковых излучений в сейсмоактивной зоне, уровень которых устойчиво повышается в эпицентрах за 4–6 часов на суше и за 1–2 суток в водной среде до своего разрушительного проявления. Это подтверждается данными многочисленных источников, а также и непосредственными наблюдениями. С указанной заблаговременностью проявляется реакция массового и резкого исхода животных от эпицентра приближающегося землетрясения. Объясняется это тем, что все они, в отличие от человека, чувствительны к возрастанию инфразвукового фона от начальной вибрации в зоне тектонического напряжения, что в итоге и определяет такую безусловную реакцию с понятной разницей в реакции в водной среде и на суше. Техническое решение данной проблемы в отношении точности краткосрочного прогноза начала землетрясений пока не найдено, хотя детерминированность такой реакции у животных очевидна. Поэтому использование контроля инфразвукового излучения в сейсмоактивных районах и разработка соответствующей измерительной системы являются актуальнейшими вопросами кардинального повышения точности краткосрочных прогнозов землетрясений.

Необходимость обеспечения информационной репрезентативности функционирования мониторинговых сетей является обязательным требованием. Так, например, оценку факторов формирования и степени затопления водосборной площади в конкретной ситуации возможно определить на основе комплексных оценок количества снегозапасов, прогноза радиационного баланса деятельной поверхности в период снеготаяния, а также динамики снеговых линий и размеров зон водоотдачи. Это касается и прогноза распространений воздушных загрязнений. Данные об их уровнях от источника с оценкой превышения значений концентраций предельно допустимых выбросов (ПДВ) при прогнозе их распространения должны соотноситься с направлением и скоростью ветра, а также наличием атмосферных осадков и т.д.

Игнорирование условий возникновения воздушного загрязнения и ветрового переноса при выборе места завода компании «Юнион Карбайд» в г. Бхопал (Индия) в сочетании с нарушениями в системе обеспечения безопасности при катастрофической утечке около 42 тонн метилизоцианата повлекло в 1984 г. гибель более 18 тысяч человек. Кроме этого, получили инвалидность и обратились за медицинской помощью ещё около 500 тысяч человек. Предприятие занималось опасным производством пестицидов с использованием и хранением смертельно ядовитого вещества метилизоцианата в непосредственной близости от мест проживания людей. При этом вокруг завода не была выделена стандартная для подобного уровня потенциальной опасности санитарно-защитная зона (СЗЗ), и в момент аварии в ночь на 3 декабря 1984 г. все ближайшее население города было застигнуто врасплох.

Очевидно, что в рассмотренном случае были нарушены условия безопасности технологического функционирования предприятия в целостном виде и не обеспечены мероприятия по их организации на производстве. Это существенно снизило эффективность анализа по возникающим нарушениям. Для сравнения можно отметить, что на аналогичном заводе данной компании в США (штат Южная Вирджиния) подобных ситуаций до настоящего времени не отмечалось.

Задача оценки воздушных загрязнений является актуальной и для России. В первую очередь это относится к выявлению зон распространения, оценке их уровней, а также прогнозу возможных последствий вокруг многочисленных и постоянно действующих источников. Это химические, металлургические, нефтехимические и другие предприятия. Мониторинг данного процесса должен включать все перечисленные стадии. Так, например, использование данных регулярных аэрокосмических съёмок в системе дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в весенний период по аномалиям снеготаяния позволяет выявить территорию и относительный уровень загрязнения. Объясняется это тем, что наличие загрязняющих веществ на снежном покрове существенно снижает отражательную способность (альбедо) его поверхности, что ускоряет его таяние и сход по сравнению даже с более «тёплым» югом. Так, в Урало-Сибирском регионе в порядке убывания размеров загрязнённых площадей четко обозначились пятна загрязнений территорий вокруг Магнитогорска, Челябинска, Норильска, Нижнего Тагила, Новотроицка и др. На основе таких или аналогичных данных возможно уже дальнейшее адресное уточнение вида, концентрации и специфики воздействия загрязнителей и оценки последствий их воздействия на природную среду и условия проживания людей.

Не менее важным и более сложным является определение влияния загрязнений на качество водной среды и, особенно в районах крупных мегаполисов, например, г. Москвы [3, 4]. Отмечается тенденция его устойчивого ухудшения, как в фоновом отношении, так и с учетом участвовавших случаев залповых загрязнений. И если контроль точечных источников загрязнений достаточно эффективен, то оценка загрязнения от рассредоточенных источников, «поставляющих» до 60% от общей массы, сопряжена со значительными трудностями. Это объясняется следующими причинами [1]:

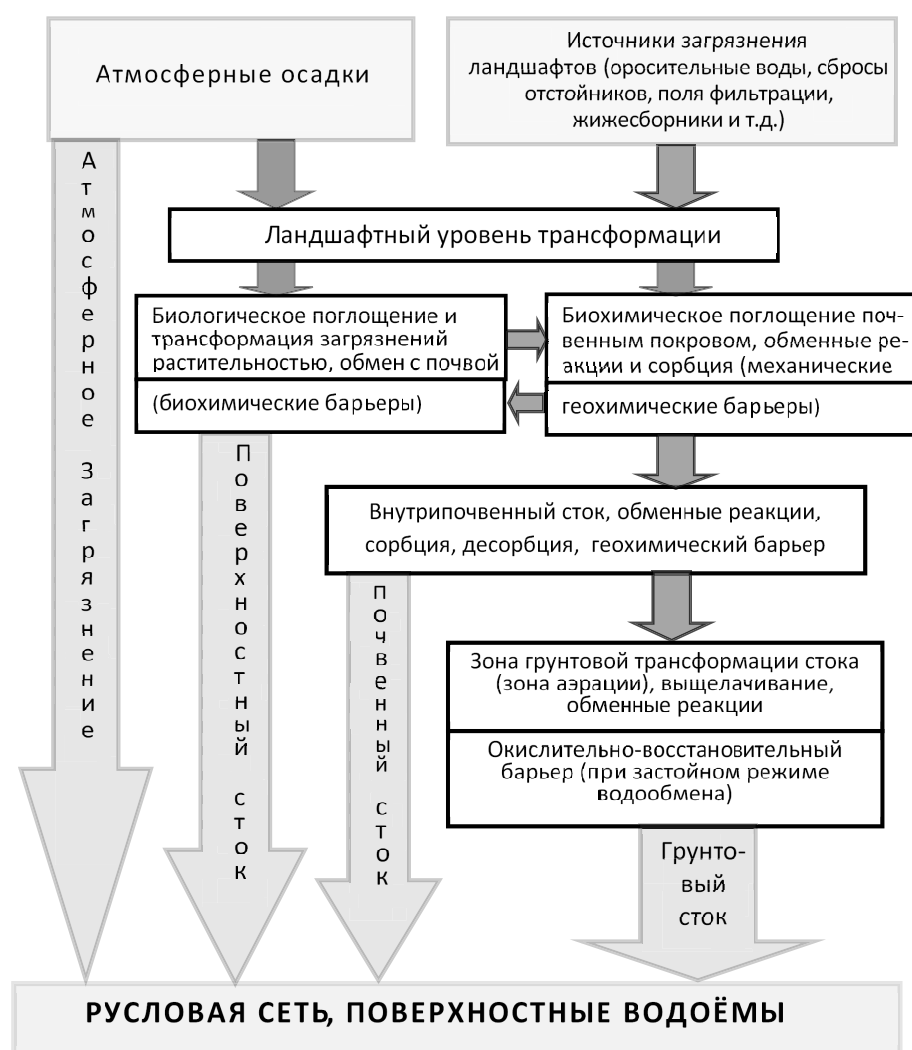
- значительный объем и широкий спектр видового состава загрязнений природных вод при их недостаточном учете в сфере агропроизводства и на бытовом уровне;
- условия формирования, смыва, миграции и трансформации загрязненных вод в настоящее время изучены недостаточно детально для репрезентативной оценки как поверхностной, так и подземной составляющих их стока;



- отсутствие систем эффективного контроля процесса формирования их качества;
- недостаточный технический уровень утилизации хозяйственных стоков.

Корректный учет влияния перечисленных факторов в формировании водных загрязнений невозможен также без представлений о генезисе речного стока, поскольку это среда, как их распространения, так и условий трансформации. Приведенная структурная схема показывает его основные стадии и связанные с ними процессы, территориально-временная идентификация которых позволяет выявлять адреса измерений, картину распространения и динамику характеристик загрязнителей на водосборе (см. рисунок). Это в свою очередь позволяет определить состав эффективного информационного обеспечения, как для оценки параметров качества воды, так и для определения мероприятий по ожидаемому по особенностям загрязнений предотвращению неблагоприятного развития ситуаций.

Кроме этого следует учитывать и сложность внутренних процессов формирования качества водоемов. Так, для репрезентативной оценки только эвтрофирования без учета загрязнений потребуются мониторинг значительного числа характеристик их состояния (таблица).



Структурная схема формирования речного стока [1].

В случае же учета и техногенных загрязнений список контролируемых параметров даже после его оптимизации существенно расширяется [5–7]. И только в этом варианте можно говорить об осуществлении реального контроля за формированием процесса загрязнения водной среды. Аналогичный структурно-генетический подход при оценке техносферной безопасности актуален для большинства видов загрязнений.

Реализация подобного подхода важна, как для учета системности, так и для обеспечения качества оценки техносферных опасностей. И начальным этапом в решении этой задачи является вопрос организации и обеспечения эффективного мониторинга контролируемых объектов на основе обоснованного выбора и корректного формирования измерительной системы. Это позволит получать исчерпывающее информационное обеспечение для принятия решений в сфере техносферной безопасности. Для этого потребуется выполнение ряда условий.

Прежде всего, становится актуальным создание геоинформационных систем (ГИС) по потенциальным опасностям в окружающей среде, как природного, так и техногенного характера с территориально-временной привязкой. Они должны включать необходимые картографические и описательные материалы на все виды возможных нарушений нормативного состояния окружающей среды, с характеристикой видов, источников и особенностей их проявлений. Это дает возможность накапливать, системно анализировать и эффективно работать со всей необходимой пространственно-временной информацией о контролируемых процессах, оперативно реагировать на их динамику, выявляя характерные особенности и отображая их в воспринимаемом виде в онлайн-режиме.

Использование ГИС при рассмотрении вопросов техносферной безопасности и комплексной оценки состояния природных объектов позволяет контролировать их параметры, моделировать развитие складывающихся ситуаций в зависимости от изменения

Обязательные и дополнительные показатели состояния водных экосистем, рекомендуемые при мониторинге эвтрофирования водоемов [8]

№ п/п	Класс показателей	Мониторинг
Обязательные показатели при мониторинге		
1	Физические и химические показатели	Содержание растворенного кислорода
2		Содержание хлорофилла <i>a</i>
3		pH
4		Прозрачность воды по диску Секки
5		Мутность воды
6		Вертикальное зондирование температуры воды
7		Содержание общего и минерального фосфора
8		Содержание органического вещества по ХПК и БПК5
1	Гидробиологические показатели	Численность, биомасса и видовой состав фитопланктона
2		Численность, биомасса и видовой состав зоопланктона
Дополнительные показатели при мониторинге		
1	Физические и химические показатели	Минеральные формы азота и общий азот
2		Электропроводность воды
3		Содержание органического углерода
4		Вертикальное зондирование растворенного кислорода

гидроклиматических условий, характеристик источников загрязнений, значений фоновых концентраций их выбросов и динамики, получать комплексную оценку состояния объектов окружающей природной среды на основе разнородных данных. И поэтому мониторинг должен встраиваться в соответствующие ГИС-технологии в качестве их функционального элемента.

Необходима подготовка специалистов по структурно ориентированным программам обучения, позволяющим учесть вышеперечисленные требования. Примером подобной подготовки является программа обучения по специальности «Гидрология суши» на Географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, ориентированная на изучение всего комплекса закономерностей процессов, происходящих в водах суши на всех этапах их трансформации и формирования качества [9]. В ней подробно и на структурной основе рассматриваются вопросы генетического состава вод суши в речной сети, озерах и водохранилищах и их динамики. Значительное внимание уделяется взаимосвязи поверхностных и подземных вод, природной и антропогенной трансформации водных масс, а также техногенному регулированию речного стока и устойчивости гидротехнических сооружений. Отдельное внимание уделяется изучению вопросов оценки и моделирования изменений качества природных вод в результате сбросов хозяйственных стоков, смыва загрязненных вод в зонах сельхозпроизводства на основе учета функциональных структур изучаемых процессов [4, 5]. Аналогичные подходы и приоритеты в освоении учебного материала должны быть выдержаны при подготовке специалистов по всем направлениям оценки причин потенциально опасных проявлений природных процессов, истощения ресурсов и ухудшения условий окружающей среды вследствие техногенных воздействий.

Отмеченные особенности актуальны и для подготовки специалистов по оценке объемов, видового состава, свойств, режимов выбросов и сбросов всего спектра загрязняющих веществ промышленности, сельскохозяйственного производства и степени их опасности. Здесь требования по выявлению качества воды сосредоточены на необходимости формировании знаний о химических, биологических, радиоактивных, а также смешанных типов загрязнений, а также и представлений об особенностях их трансформации в водной среде, атмосфере, в почвенном покрове и в литосфере в целом [10].

И, наконец, на заключительном этапе мониторинга наряду с расчетами параметров состояния контролируемого объекта необходимо выявить территориально-временные аспекты распространения загрязнений с перспективой отражения их в воспринимаемом виде в итоговых документах.

Реализация всего спектра перечисленных мероприятий требует формирования эффективной системы информационного обеспечения управления техносферной безопасностью. Это позволит осуществить решение сложного комплекса задач по разработке соответствующих технологий. И в этой связи наиболее важна работа по следующим направлениям:

- составление перечня наиболее значимых опасных проявлений техносферных региональных и планетных опасностей, касающихся России, и сведение его в единую систематизированную базу по всем актуальным направлениям контроля;
- разработка технических средств контактных измерений и дистанционного контроля параметров состояния контролируемых объектов;



- разработка методов обработки данных мониторинга техносферной безопасности и программного обеспечения для используемых технических средств;
- разработка систем глобального и регионального мониторинга техносферной безопасности.

### Заключение

Таким образом, для решения задачи создания эффективной многоуровневой системы мониторинга требуется:

- а) разработка региональных концепций на основе анализа потенциальных опасных воздействий, особенностей и приоритетов возникающих при этом неблагоприятных процессов;
- б) разработка измерительных систем для оценки состояния и уровня воздействий природных и техногенных объектов на окружающую среду, включая данные контактных и дистанционных измерений;
- в) формирование систем сбора и обработки исходных данных о наблюдаемых объектах;
- г) подготовка специалистов, способных корректно обрабатывать и анализировать мониторинговую информацию.

В совокупности подобная схема организации мониторинга позволит учесть требования по обеспечению необходимого качества оценок потенциальных или складывающихся опасных ситуаций и прогноза их изменений. В первую очередь это достигается репрезентативностью исходной информации о свойствах и особенностях контролируемых процессов.

Последнее объясняется необходимостью учета характера, территориально-временных и технологических особенностей проявления многочисленных природных и социальных процессов, а также деятельности многочисленных хозяйственных объектов, которые являются системными с наличием широкого спектра функционирующих многоуровневых структур. Поэтому, для обеспечения корректности их оценок требуются соответствующие исходные данные обо всех без исключения значимых параметрах, как техногенной деятельности, так и обратной реакции природных объектов по всем видам и значимым уровням их проявлений. Также необходимы исчерпывающие исходные данные о территориальной приуроченности и закономерностях формирования опасных природных процессов.

Только всесторонний учет особенностей формирования опасных техносферных процессов при организации их мониторинга закладывает основу создания единой и репрезентативной геоинформационной системы (ГИС) эффективного обеспечения техносферной безопасности.

### Литература:

1. Михайлов В.М. Принципы мониторинга рассредоточенных источников агропромышленного загрязнения в водоохранных зонах мегаполисов. В кн.: Сб. статей IX Международной научно-практической конференции «Состояние биосферы и здоровье людей». Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2009. С. 90-96.
2. Калайдов А.Н., Заворотный А.Г., Кошечкина Е.И., Круглов А.В., Лысенко И.А., Седых Н.И., Скачков О.Н., Подставков В.П. Основы гражданской защиты: учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 294 с.
3. Поклонов В.А. Последствия загрязнения водных объектов тяжелыми (цветными) металлами. *Вестник МНЭПУ*. 2015;7:47-53.

4. Бабаев А.В., Замана Г.Т., Пуклаков В.В. Модельный прогноз характеристик качества воды в Можайском водохранилище в условиях аномальной жары. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2017;9:11-16.
5. Пуклаков В.В. Гидрологическая модель водохранилища. Руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.
6. Лекомцева Е.С., Санников П.Ю. Антропогенное воздействие на поверхностные воды. *Антропогенная трансформация природной среды*. 2018;4:166-170.
7. Борисова О.Н. Классификации сточных вод по разным критериям и методы их очистки. *Водоочистка*. 2019;3:57-61.
8. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 252 с. ISBN 5-89118-365-9
9. Эдельштейн К.К. Структурная гидрология суши. М.: ГЕОС, 2005. 316 с. ISBN 5-89118-398-6
10. Алексеевский Н.И., Заславская М.Б., Гончаров А.В. Методические подходы к изучению и параметризации качества воды. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2016;2:13-21.

### References:

1. Mikhailov V.M. Monitoring of dispersed sources of agroindustrial pollution in water protection zones. In: Proc. IX Int. Scientific Conf. "The State of the biosphere and health people". Penza: MNITs PGSKhA; 2009. P. 90-96 (in Russ.).
2. Kalaidov A.N., Zavorotnyi A.G., Koshevaya E.I., Kruglov A.V., Lysenko I.A., Sedykh N.I., Skachkov O.N., Podstavkov V.P. *Osnovy grazhdanskoi zashchity: uchebnoe posobie* (The basics civil protection training). Moscow: Akademiya GPS MCHS; 2015. 305 p. (in Russ.).
3. Poklonov W.A. Effects of pollution of water objects with heavy (color) metals. *Vestnik MNEPU*. 2015;7:47-53 (in Russ.).
4. Babaev A.V., Samana G.T., Puklakov V.V. Model prediction of water quality patterns in the Mozhaiskoe water reservoir under the heat wave conditions. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 2017;9:11-16 (in Russ.).
5. Puklakov V.V. *Gidrologicheskaya model' vodokhranilishcha. Rukovodstvo dlya pol'zovatelei* (Hydrological reservoir model. User guide). Moscow: GEOS; 1999. 96 p. (in Russ.).
6. Lekomtseva E.S., Sannikov P.Y. Anthropogenic impact on surface waters. *Antropogennaya transformatsiya prirodnoi sredy = Anthropogenic transformation of environment*. 2018;4:166-170 (in Russ.).
7. Borisova O.N. Classification sewage according to different criteria and methods of their treatment. *Vodoochistka*. 2019;3:57-61 (in Russ.).
8. Datsenko Yu.S. *Evtrofirovaniye vodokhranilishch. Gidrologo-gidrokhimicheskie aspekty* (Eutrophication of reservoirs. Hydrological and hydrochemical aspects). Moscow: GEOS; 2007. 252 p. (in Russ.). ISBN 5-89118-365-9
9. Edel'shtein K.K. *Strukturnaya gidrologiya sushi* (Structural hydrology). Moscow: GEOS; 2005. 316 p. (in Russ.). ISBN 5-89118-398-6
10. Alexeyevsky N.I., Zaslavskaya M.B., Goncharov A.V. Methodical approaches to water quality investigation and parametrization. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografija = Moscow University Vestnik. Series 5. Geography*. 2016;2:13-21 (in Russ.).

### Об авторе:

**Михайлов Валерий Михайлович**, кандидат географических наук, доцент кафедры инженерной экологии техносферы Института радиотехнических и телекоммуникационных систем «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78).

### About the author:

**Valery M. Mikhailov**, Cand. Sci. (Geography), Associate Professor of the Department of Environmental Engineering Institute of Radio Engineering and Telecommunication Systems, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow 119454, Russia).