



Борисова Д.С.^{1,2}, Еремин Г.Б.¹, Никуленков А.М.³, Мозжухина Н.А.²

Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы)

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Санкт-Петербург, Россия;

³Санкт-Петербургское отделение ФГБУН «Институт геоэкологии имени Е.М. Сергеева Российской академии наук», 199004, Санкт-Петербург, Россия

Необходимость охраны подземных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения диктуется рядом причин, в число которых входят климатические изменения, рост антропогенной нагрузки, увеличение потребности в питьевой воде. Пионером в области охраны питьевых вод в мире являлся СССР, в котором уже в 1956 г. была введена в действие инструкция по установлению зон санитарной охраны (ЗСО). Первые шаги в решении данного вопроса предприняты в США спустя лишь 7 лет. Наряду с советскими разработками руководства США и Германии до сих пор являются фундаментальными и содержат основополагающие рекомендации по защите подземных вод.

Требования, связанные с охраной водозаборов, в законодательных актах различных государств реализованы на международном уровне (Директива 2000/60/ЕС, Директива 2006/118/ЕС), на национальном (Австралийская национальная стратегия, закон США о безопасной питьевой воде, закон КНР о предотвращении и контроле загрязнения питьевой воды) и местном уровнях (руководство по установлению ЗСО штата Нью-Джерси). К числу общих черт относится выделение в ЗСО поясов с различным режимом разрешённого использования территории: 1-й пояс (строгий режим) – 10–50 м, 2-й пояс 50 дней – 10 лет, 3-й пояс – вся зона водосбора.

Заключение. Несмотря на то что в каждой стране используются разные подходы к защите подземных вод, в целом наблюдается сходство в установлении и организации ЗСО подземных водозаборов, в которых запрещены или ограничены некоторые виды деятельности.

В Российской Федерации представляется важной формализация результатов научных исследований и существующего опыта по охране подземных источников питьевого водоснабжения в виде руководств, позволяющих обеспечить оптимальное управление питьевыми водными ресурсами и сохранение качества питьевой воды, гарантировать их доступность в будущем.

Ключевые слова: подземные источники питьевого водоснабжения; антропогенное загрязнение подземных источников питьевого водоснабжения; зоны санитарной охраны

Для цитирования: Борисова Д.С., Еремин Г.Б., Никуленков А.М., Мозжухина Н.А. Анализ международного законодательства в области обеспечения защиты подземных источников водоснабжения (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (8): 797–802. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-797-802>

Для корреспонденции: Еремин Геннадий Борисович, канд. мед. наук, руководитель отд. анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: yeremin45@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: Борисова Д.С. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста; Еремин Г.Б. – концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Никуленков А.М. – написание текста; Мозжухина Н.А. – написание текста, редактирование.

Поступила 30.03.2021 / Принята к печати 09.07.2021 / Опубликована 31.08.2021

Daria S. Borisova^{1,2}, Gennadiy B. Yeremin¹, Anton M. Nikulenkov³, Natalya A. Mozhukhina²

Foreign legislation in the field of drinking groundwater protection (literature review)

¹North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, 191015, Russian Federation;

³E.M. Sergeev Institute of Environmental Geoscience Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 199004, Russian Federation

The need to protect underground sources of drinking and household water supply. Many reasons, including climatic changes, an increase in anthropogenic pressure, and an increase in the need for drinking water, dictate the need to protect underground sources of drinking and domestic water supply. The USSR was the pioneer in the field of drinking water protection in the world. Already in 1956, USSR put an instruction on the establishment of sanitary protection zones (SPZ) into effect. The United States took the first steps in resolving this issue only seven years later. Along with Soviet developments, the USA and German guidelines are still fundamental and contain fundamental recommendations for groundwater protection.

The requirements related to the protection of water intakes in the legislative acts of various states have been implemented at the international level (Directive 2000/60/EU, Directive 2006/118/EU), nationally (Australian National Strategy, USA Safe Drinking Water Law, PRC Law on Drinking Water Pollution Prevention and Control) and Local Levels (New Jersey safeguard zone (SGZ) Guidelines). Among the standard features is the allocation of belts in the S with different permitted use regimes: belt I (strict regime) - 10-50 m, belt II - 50 days - 10 years, belt III - the entire catchment area.

Conclusions. Despite the fact that each country uses different approaches to protecting groundwater, in general, there is a similarity in the establishment and organization of SGZ for groundwater intakes, in which certain activities are prohibited or restricted.

In the Russian Federation, it seems important to formalize the results of scientific research and existing experience in the protection of underground sources of drinking water supply in the form of Guidelines to allow ensuring optimal management of drinking water resources and preserve the quality of drinking water, to guarantee their availability in the future.

Keywords: *underground sources of drinking water supply; anthropogenic pollution of underground sources of drinking water supply; sanitary protection zones*

For citation: Borisova D.S., Yeregin G.B., Nikulenkov A.M., Mozzhukhina N.A. Foreign legislation in the field of drinking groundwater protection (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100 (8): 797–802. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-797-802> (In Russ.)

For correspondence: Gennady B. Yeregin, MD, PhD, Head of the Department of health risk analysis of the North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: yeregin45@yandex.ru

Information about the authors:

Borisova D.S., <https://orcid.org/0000-0002-0694-5334>
Nikulenkov A.M., <https://orcid.org/0000-0001-5498-076X>

Yeregin G.B., <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>
Mozzhukhina N.A., <https://orcid.org/0000-0002-8051-097X>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Borisova D.S. – the concept and design of the study, the collection and processing of the material, writing a text; Yeregin G.B. – the concept and design of the study, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Nikulenkov A.M. – writing a text; Mozzhukhina N.A. – writing a text, editing.

Received: March 30, 2021 / Accepted: July 9, 2021 / Published: August 31, 2021

Подземные воды составляют примерно треть всех запасов пресной воды [1–5]. В большинстве стран мира подземные воды используются в качестве основного источника питьевого водоснабжения. Например, в Европе использование подземных вод в качестве приоритетного источника питьевого водоснабжения колеблется от 13% (в Норвегии) до 100% (в Дании, Литве, Австрии, Словении) [6–14]. В Германии около 70% питьевой воды происходит из водоносных горизонтов [15]. В США средняя доля подземных вод, используемых в качестве источника питьевой воды, составляет около 65% [14, 16].

Высокий процент грунтовых вод, используемых в качестве источников питьевой воды, отмечается в европейских странах: Австрии, Беларуси, Болгарии, Хорватии, Эстонии, Германии, Венгрии, Литве, Нидерландах, Португалии, Словацкой Республике, Словении, Швейцарии, Украине [17–20].

Отмечается, что в связи с изменением климата, увеличением глобального спроса на воду, связанного с экономическим ростом, ростом населения и урбанизацией, эксплуатация подземных водных объектов значительно возрастёт [21–27].

Загрязнение, чрезмерное использование подземных вод вызывают их прогрессирующее качественное ухудшение и количественное снижение объёмов [28–36]. Необходимо регулярно контролировать загрязнение грунтовых вод и находить средства для их защиты, чтобы гарантировать доступность и качество водных ресурсов для будущих поколений [30].

Специальные мероприятия по локализации или устранению загрязнения подземных вод являются сложными и дорогостоящими, кроме того, в случае больших площадей загрязнения и значительной мощности водоносных пород их применение, как правило, не даёт удовлетворительных результатов [13, 37].

Пассивные меры, включающие организацию зон санитарной охраны (ЗСО) источников водоснабжения, по мнению ряда учёных [13], являются наиболее важными и широко используемыми механизмами по защите подземных вод от загрязнения.

Многие страны придерживаются политики по предотвращению загрязнения подземных вод, разработав и внедрив специальные программы, включающие регулирующий контроль деятельности, в результате которой образуются или используются загрязняющие материалы, и/или контроль попадания потенциальных загрязнений в поверхностные и подземные воды [38]. Однако подход, подразумевающий установление ЗСО, несмотря на признание их желательности, применяется не во всех странах [39]. Это может быть связано с рядом факторов, включающих отсутствие достаточно подробной информации о гидрогеологических условиях [39, 40] или о существующих видах землепользования, которые препятствуют установлению ЗСО. Кроме того, бедность, неопределённость владения территориями и ограниченные возможности по предоставлению компенсационных выплат

предполагают, что такой подход может быть трудным с точки зрения его реализации, особенно в развивающихся странах [38]. В наиболее развитых странах разработаны и приняты специальные директивы в целях стимулирования действий, направленных на охрану водных ресурсов, используемых для питьевого водоснабжения.

Пионером в области охраны питьевых вод в мире являлся СССР. Так, уже в 1956 г. была введена в действие инструкция по установлению зон санитарной охраны. В 1967 г. вышла монография Е.Л. Минкина по гидрогеологическим расчётам для выделения ЗСО водозаборов подземных вод. Первые шаги в решении данного вопроса предприняты в США спустя лишь 7 лет [53]. Наряду с советскими разработками руководства США и Германии [41–43] до сих пор являются фундаментальными и содержат основополагающие рекомендации по защите подземных вод. Сравнение границ ЗСО в разных странах [38] представлено в таблице.

В европейских странах Директивой 2000/60/ЕС от 23 октября 2000 г. Европейский парламент и Совет Европейского союза [20, 44] установили общие действия сообщества в области водной политики (Водная Рамочная Директива), в соответствии с которыми охрана водных ресурсов является основной задачей [45].

Например, согласно данной директиве, для водных объектов, которые используются для питьевого водоснабжения, должны быть определены охраняемые территории [46, 47]. Для последних государства – члены ЕС должны обеспечить необходимую защиту и могут предусмотреть создание ЗСО (SGZ).

Государства – члены ЕС подошли к решению вопроса организации ЗСО (см. рисунок) с помощью национального законодательства, в котором, хотя и с некоторыми отличиями, выделяются три основные зоны (пояса) [12, 45, 48]:

- внутренняя зона (пояс I – область, непосредственно окружающая подземный водозабор);
- промежуточная зона (пояс II – область, окружающая предыдущую, определяется на основе времени продвижения загрязнения с потоком подземных вод к водозабору);
- внешняя зона (пояс III – территория вокруг источника, в пределах зоны водосбора).

В некоторых случаях может быть предусмотрено разделение основных поясов на подзоны. Так, в Германии пояс III можно разделить на две подзоны, если его протяжённость превышает 2 км [3]. В Бельгии [49] и Италии [50] дополнительно на две подзоны может быть разделён пояс II, где границы данных подзон зависят от времени продвижения загрязнения (микробного и химического) с потоком подземных вод к водозабору. Кроме того, в некоторых странах, например, во Франции и Великобритании [48], в соответствии с конкретными гидрогеологическими особенностями или условиями уязвимости того или иного источника водоснабжения может быть добавлен ещё один пояс (зона IV).

Границы ЗСО в разных странах

Wellhead protection zones in different countries

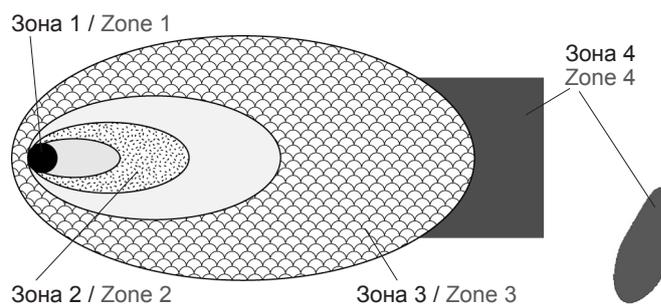
Страна Country		Время продвижения загрязнения с потоком подземных вод к водозабору и/или радиус зоны The time of movement of pollution with the flow of groundwater to the water intake and/or the radius of the zone		
		I пояс ЗСО или внутренняя зона Belt I of SGZ or inner zone	II пояс ЗСО или средняя зона Belt II of SGZ or middle zone	III пояс ЗСО или внешняя зона Belt III of SGZ or outer zone
Австралия	Australia	50 м (m)	10 лет (years)	Весь водосбор / The entire catchment
Австрия	Austria	< 10 м (m)	60 дней (days)	Весь водосбор / The entire catchment
Дания	Denmark	10 м (m)	60 дней или 300 м / 60 days or 300 m	10–20 лет (years)
Германия	Germany	10–30 м (m)	50 дней (days)	Весь водосбор / The entire catchment
Гана	Ghana	10–20 м (m)	50 дней (days)	Весь водосбор / The entire catchment
Индонезия	Indonesia	10–15 м (m)	50 дней (days)	Весь водосбор / The entire catchment
Ирландия	Ireland	100 дней или 300 м 100 days or 300 m	—	Весь водосбор или 1000 м The entire catchment or 1000 m
Оман	Oman	365 дней 365 days	10 лет (years)	Весь водосбор / The entire catchment
Швейцария	Switzerland	10 м (m)	Устанавливается индивидуально Set individually	Двойной размер ЗСО Double size of SGZ
Великобритания	United Kingdom	50 дней и 50 м минимум 50 days and 50 m minimum	400 дней 400 days	Весь водосбор / The entire catchment

Директива 2006/118/ЕС Европейского Парламента и Совета от 12 декабря 2006 г. по охране подземных вод от загрязнения и ухудшения их состояния [51] устанавливает режим, касающийся стандартов качества подземных вод, и описывает мероприятия по предотвращению или ограничению попадания загрязняющих веществ в подземные воды [46]. Директива представляет пропорциональный и научно обоснованный ответ на требования Водной Рамочной Директивы в отношении оценки химического загрязнения подземных вод, определения и предотвращения значительных негативных тенденций в концентрациях загрязняющих веществ в них [46]. Государства – члены ЕС обязаны разработать соответствующие национальные стандарты с учётом местных или региональных условий.

В США защита питьевой воды – главный приоритет в деятельности Агентства по защите окружающей среды США (US EPA) [52]. Основным федеральным законом, обеспечивающим качество питьевой воды на территории Соединённых Штатов Америки, является закон о безопасной питьевой воде (*Safe Drinking Water Act*), принятый в 1974 г. Конгрессом [53]. Данный федеральный закон требует принятия множества мер для защиты питьевой воды и её источников. В 1986 г. в закон внесены поправки, требующие от штатов разработки программ по защите водозаборов [54]. В соответствии с принятыми поправками каждый штат должен обеспечить установление ЗСО (WHPA), которые определяются как «поверхностные и подземные области, окружающие скважину или область нескольких скважин, через которые загрязняющие вещества с разумной вероятностью могут попадать в данную скважину».

После внесения поправок 1986 г. в закон о безопасной питьевой воде [55] Агентство по охране окружающей среды США столкнулось с гидрогеологическими аспектами защиты подземных вод, в связи с чем было разработано «Руководство по разграничению зон санитарной охраны подземных водозаборов» [41]. В данном руководстве описываются основные возможные способы разграничения ЗСО с учётом различных гидрогеологических условий, приводятся критерии и методы, которые могут быть приняты для определения границ ЗСО.

Однако в зависимости от конкретных гидрогеологических и экологических условий каждый штат может разрабатывать свои программы по установлению границ ЗСО [56]. Так, при установлении границ ЗСО в Нью-Джерси ЗСО разграничивается на три пояса: пояс I (2-летнее время продви-



Общая схема деления ЗСО в европейских странах. Светло-серым выделены дополнительные подзоны.

General scheme of safeguard zones (SGZ) subdivision in European countries. In grey, optional subzones.

жения загрязнения с потоком подземных вод к водозабору), пояс II (5-летнее время продвижения) и пояс III (12-летнее время продвижения) [56].

Австралийская национальная стратегия управления качеством воды является совместным проектом по улучшению качества воды в Австралии и Новой Зеландии. В рамках данной стратегии были разработаны документы, касающиеся охраны в том числе подземных вод. Так, Советом по сельскому хозяйству и управлению ресурсами Австралии и Новой Зеландии в 1995 в 1996 гг. разработаны Руководства [57–59], обеспечивающие согласованный подход во всех юрисдикциях, соответствующий местным или региональным масштабам, поддерживающий как охрану окружающей среды, так и экономическое развитие регионов. Также в данных руководствах [57–59] отмечается, что мероприятия по ЗСО считаются одним из основных инструментов сохранения ресурсов подземных вод. В Руководстве 1995 г. [57] описан упрощённый подход установления защитных зон вокруг водозабора. Выделяют три защитных пояса с разными запретами или ограничениями в отношении землепользования, хозяйственной или иной деятельности [59, 60]: пояс I (охватывает территорию водного хозяйства вокруг скважины, радиус зоны составляет 50 м; применяются самые строгие контрольные мероприятия); пояс 2 (границы условны и определяются на основании максимального расстояния

распространения загрязняющих веществ (микробного загрязнения) за 10 лет); пояс III (соответствует водосборной площади, где время движения химического загрязнения к водозабору составит более 10 лет).

Кроме того, рост городских поселений поставил под угрозу и обеспечение населения водой гарантированного качества. Поэтому для некоторых территорий разработаны программы, предусматривающие охранные мероприятия в пределах определённых водосборных площадей (бассейнов) общественных источников питьевой воды (PDWSA) [59, 61]. Политика их защиты включает [38]:

1. Определение приоритетных защитных областей (P1, P2, P3) [38]:

- Область P1 – определена, чтобы гарантировать отсутствие ухудшения качества воды, используемой для коммунального водоснабжения. Включает земли, где обеспечение населения питьевой водой самого высокого качества является основным приоритетом (например, государственные земли, на которых нет застройки или использование земель ограничено лесным хозяйством или лесоводством).
- Область P2 – контроль хозяйственной деятельности осуществляется, чтобы гарантировать отсутствие повышенного риска загрязнения подземных вод. Включает земли, на которых уже существует малоинтенсивная застройка (например, сельские районы). Обеспечение коммунального водоснабжения в этих областях имеет высокое значение, но может наблюдаться некоторое ухудшение качества воды.
- Область P3 – включает земли, где потребности в водоснабжении сосуществуют с другими видами землепользования, такими как жилые, коммерческие и лёгкие промышленные застройки. Защита качества подземных вод в данной области достигается за счёт руководящих принципов управления рисками, а не ограничением землепользования.

2. Установление границ зон, обеспечивающих ЗСО [61]:

- ЗСО охватывают источники питьевой воды и обычно имеют круглую форму с радиусом 500 или 300 м для водоисточников, находящихся в зонах P1 или P2.

Распределение водных ресурсов в Китае крайне неравномерно, что отрицательно сказывается на социальном и экономическом росте в некоторых регионах [62]. По оценкам Министерства водных ресурсов [63], в 2005 г. около 300 млн человек в Китае имели ограничение доступа к питьевой воде как с точки зрения качества, так и количества. Несмотря на то что водной политикой предусматривается создание системы ЗСО [64, 65], установление границ ЗСО для источников подземных вод всё ещё находится на начальной стадии [4], а в местах, где данная процедура выполнена, практические защитные мероприятия отсутствуют [66].

Согласно законодательству [67], источники питьевой воды подразделяются на 2 класса. Кроме того, на периферии резерва источника питьевой воды можно выделить ещё одну область – квазизапас (квазирезерв). В ЗСО водоисточника I класса запрещены строительство или любая деятельность, не связанная с объектами водоснабжения, их управлением и охраной. В ЗСО водоисточника II класса и квазирезервной зоне запрещено строительство, реконструкция или расширение любых строительных объектов, выбрасывающих загрязняющие вещества и сильно загрязняющих воду. Регламент не устанавливает технических критериев для определения границ ЗСО.

В различных научных исследованиях, посвящённых подземным источникам водоснабжения в Китае, сообщается о различных способах определения границ ЗСО. Для водоисточников I и II класса при установлении ЗСО обычно учитывается время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору. Так, в исследованиях [68] предложено для защиты водозабора водоисточника I класса использовать значение данного показателя 100 дней [68] и 60 дней [4], а для водозабора

II класса – 1000 дней [68] и 10 лет [4] соответственно. ЗСО квазирезервной зоны в основном относится ко всему водосбору.

Многие африканские страны сталкиваются с проблемами как нехватки воды, так и с недостатками её качества [69]. Для стран Ближнего Востока и Северной Африки [70, 71], территории которых характеризуются засушливыми и полувлажными климатическими условиями, грунтовые воды являются основным источником водоснабжения, что делает защиту подземных вод незаменимой [69, 72].

По мнению экспертов ВОЗ, наиболее эффективным средством непрерывного обеспечения безопасности питьевого водоснабжения является использование метода интегральной оценки риска и управления риском, который охватывает все этапы водоснабжения от водосбора до потребления воды [73, 74].

Такой подход отражён в Планах по обеспечению безопасного водоснабжения [75]. В странах Африки Агентство по охране окружающей среды США содействует разработке и внедрению таких планов в целях обеспечения населения безопасной питьевой водой на устойчивой основе [75, 76].

В Северной Африке в результате сотрудничества между арабскими странами и Германией разработаны программы [77, 78], описывающие проблемы управления, защиты и устойчивого использования подземных вод. В 2003 г. разработано Руководство по определению границ ЗСО подземных вод [78], в котором представлена типовая схема с тремя поясами ЗСО (отражающими разные уровни риска, окружающими точку водозабора).

В рамках индонезийско-германского сотрудничества по надзору за качеством питьевой воды разработан комплексный подход по обеспечению надлежащего качества питьевой воды в городских центрах Индонезии [23]. Данный подход включает в себя определение границ ЗСО в целях охраны и поддержания водных ресурсов в их первоначальном состоянии. Выделяют три пояса ЗСО:

I пояс – установление границ основано на фиксированных расстояниях. Включает территорию вокруг водоисточника в радиусе 10–15 м, огороженную забором, на которой запрещается любой вид деятельности, не связанный с объектами водоснабжения, их управлением и охраной;

II пояс – установление границ основано на времени продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору с использованием гидрогеологического картирования (с целью определения границ для каждого водоисточника) и составляет 50 дней. Запрещены все возможные действия, вызывающие микробное заражение;

III пояс – включает всю территорию водосбора, основанную на топографических границах, где ограничивается применение различных химических агентов, опасных для воды. Также возможно объединение нескольких водоисточников в одну зону водосбора.

Заключение

Несмотря на то что в каждой стране используются разные подходы к защите подземных вод, в целом наблюдается сходство в установлении и организации ЗСО подземных водозаборов, в которых запрещены или ограничены некоторые виды деятельности. В большинстве стран третий пояс (зона) ЗСО включает всю зону водосбора.

По мнению экспертов ВОЗ, наиболее эффективным средством непрерывного обеспечения безопасности питьевого водоснабжения является использование метода интегральной оценки риска и управления риском, который охватывает все этапы водоснабжения от водосбора до потребления воды. Надо отметить, что этот подход реализован на законодательном уровне в ряде стран, где имеются густонаселённые территории с ограниченными ресурсами подземных вод. При этом акцент сделан именно на управлении рисками, а не только на ограничении землепользования.

Интересен пример Австралии и Новой Зеландии, где наиболее жёсткие меры применены для сбережения подземных водных ресурсов, которые могут быть использованы в будущем.

На примере развития водного законодательства США видно, что ужесточение федерального закона о безопасной питьевой воде потребовало разработки Руководства по установлению ЗСО с учётом различных гидрогеологических условий, критериев и методов установления ЗСО. Отсутствие в

Регламенте КНР технических критериев установления ЗСО является одной из причин слишком медленного внедрения защитных мероприятий.

Представляется важной формализация результатов научных исследований в виде руководств, позволяющих реализовать положения законодательных актов, обеспечить оптимальное управление и сохранение водного ресурса, гарантировать его доступность в будущем.

Литература

(п.п. 1–20, 22–27, 29–36, 38–45, 47–73, 75–78 см. References)

21. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». М.; 2018.
28. Башкетова Н.С., Выучейская Д.С., Сладкова Ю.Н., Еремин Г.Б., Фридман К.Б. Регулирование качества питьевой воды. Сравнение национальных и международных стандартов. В кн.: *Материалы XIII ежегодной всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. Том 13, выпуск 3»*. СПб.; 2018: 1136–48.
37. Всеволоцкий В.А. *Основы гидрогеологии: учебник*. М.; 2007.
46. Ярошевич А. Заключительный отчет по гармонизации законодательства Республики Беларусь в сфере управления водными ресурсами с законодательством Европейского союза. Киев; 2012. Available at: https://old.greenlogic.by/content/files/WASSER/Final/03_Trebvaniya_vodnogo_zakonodatelstva_ES_A_YAroshevich.pdf
74. Выучейская Д.С., Еремин Г.Б., Фридман К.Б. Возможности применения нефелометрии в качестве экспресс-метода вирусного загрязнения питьевой воды. Опыт зарубежных стран. В кн.: *Материалы XIII ежегодной всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. Том 13, выпуск 3»*. СПб.; 2018: 1136–48.

References

1. UNESCO. Shiklomanov I.A., Rodda J.C., ed. *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge; 2004.
2. Hiscock K.M. Groundwater in the 21st century – meeting the challenges. In: Jones J.A.A., ed. *Sustaining Groundwater Resources: a Critical Element in the Global Water Crisis*. Heidelberg: Springer, 2011: 207–25. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3426-7_13
3. Zhu Y., Balke K.D. Groundwater protection: what can we learn from Germany? *J. Zhejiang Univ. Sci. B*. 2008; 9(3): 227–31. <https://doi.org/10.1631/jzus.b0710639>
4. Baoxiang Z., Fanhai M. Delineation methods and application of groundwater source protection zone. In: *(IEEE Conference Publications). ISWREP 2011: International Symposium on Water Resource and Environmental Protection, Xi'an, China, 20–22 May 2011*. Xi'an; 2011: 66–9. <https://doi.org/10.1109/ISWREP.2011.5892945>
5. Danielopol D.L., Griebler C., Gunatilaka A., Notenboom J. Present state and future prospects for groundwater ecosystems. *Environ. Conserv.* 2003; 30(2): 104–30. <https://doi.org/10.1017/S0376892903000109>
6. European Environment Agency. Groundwater Quality and Quantity in Europe: Data and basic information: Environmental Assessment Report. Copenhagen; 1999; (3): 112.
7. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment: Guidelines on monitoring of transboundary groundwaters. In: Almásy E., Buzás Zs. *Supporting Technical Documents: in 4 volumes. Volume 1: Inventory of Transboundary Groundwaters*. Lelystad; 1999.
8. Ashbolt N.J. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*. 2004; 198(1–3): 229–38. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2004.01.030>
9. World Health Organization. Schmoll O., Howard G., Chilton J., Chorus I., ed. *Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking Water Sources*. Geneva; London: IWA Publishing; 2006.
10. Die Grundwasservorkommen in Deutschland. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); 2007. Available at: https://www.bgr.bund.de/nn_322854/DE/Themen/Wasser/grundwasser_deutschland.html
11. Schima J. *Role of Ecosystems, Forests and Wetlands as Water Suppliers in Austria: National report: Seminar on the Role of Ecosystems as Water Suppliers (Geneva, 13–14 Dec. 2004)*. Geneva; 2004.
12. Navarrete C.M., Olmedo J.G., Valsero J.D., Gómez J.G., Espinar J.L., De la Orden Gomez J.A. Groundwater protection in Mediterranean countries after the European water framework directive. *Environ. Geology*. 2008; 54: 537–49. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0856-x>
13. Brencic M., Prestor J., Kompare B., Matoz H., Kranjc S. Integrated approach to delineation of drinking water protection zones. *Geologija*. 2009; 52(2): 175–82. <https://doi.org/10.5474/geologija.2009.017>
14. Dellapenna J.W., Gupta J., eds. *The Evolution of the Law and Politics of Water*. Dordrecht: Springer Science; Business Media B.V.; 2009.
15. Machida I., Rumohr S., Hartwig C., Orth K., Scheytt T. Groundwater management in Hessen, Germany. *J. Groundwater Hydrol.* 2015; 57(3): 307–15. <https://doi.org/10.5917/jagh.57.307>
16. Krauss S., Griebler C. *Pathogenic microorganisms and viruses in groundwater: Acatech Materialien Nr. 6: Diskussionspapier für die acatech Projektgruppe «Georesource Wasser – Herausforderung Globaler Wandel»*. München: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; 2011.
17. Homer-Dixon T.F. Environmental scarcities and violent conflict: evidence from cases. *Int. Security*. 1994; 19(1): 5–40. <https://doi.org/10.2307/2539147>
18. Raleigh C., Urdal H. Climate change, environmental degradation and armed conflict. *Polit. Geogr.* 2007; 26(6): 74–694. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2007.06.005>
19. Almásy E., Busás Zs. *Guidelines on Transboundary Groundwater Monitoring. Vol. 1: Inventory of Transboundary Groundwaters. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment*. Lelystad; 1999.
20. Eckstein G. A hydrogeological perspective of the status of ground water resources under the UN Watercourse Convention. *Columbia J. Environ. Law*. 2005; 30: 525–64.
21. State report "On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2017" // Ministry of Natural Resources». Moscow; 2018. (in Russian)
22. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Facts and trends – water: Version 2; 2009. Available at: https://wbcsdserver.org/wbcsdpublications/cd_files/datas/business-solutions/water_leadership/pdf/WaterFactsAndTrends-Update.pdf
23. Scozzari A., Dotsika E., eds. Threats to the Quality of Groundwater Resources: Prevention and Control. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2016. https://doi.org/10.1007/698_2015_421
24. Siebert S., Burke J., Faures J.M., Frenken K., Hoogeveen J., Doell P., et al. Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2010; 14(10): 1863–80. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1863-2010>
25. Rosegrant M.W., Cai X., Cline S.A. *World Water and Food to 2025: dealing with scarcity*. Washington: International Food Policy Research Institute; 2002.
26. Nwanosike A.A. Effects of urbanization on groundwater quality: A case study of Port-Harcourt, Southern Nigeria. *Nat. Appl. Sci. J.* 2010; 11(2): 143–52.
27. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship, Australia. Smerdon B.D., Ransley T.R., Radke B.M., Kellett J.R. *Water resource assessment for the great artesian basin. A report to the Australian Government from the CSIRO Great Artesian Basin Water Resource Assessment*. Australia: CSIRO; 2012. <https://doi.org/10.4225/08/584c45a39e1b5>
28. Bashketova N.S., Vyucheykaya D.S., Sladkova Yu.N., Eremin G.B., Fridman K.B. Regulation of drinking water quality. Comparison of national and international standards. In: *Materials of the XIII Annual All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Health is the Basis of Human Potential: Problems and Ways to Solve Them» [Materialy XIII ezhgodnoy vseroziyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya. Tom 13, vypusk 3»]*. St. Petersburg; 2018: 1136–48. (in Russian)
29. WHO. *International Standards for Drinking Water*. Geneva; 2003: 346–85.
30. Nwanosike A.A., Olasehinde P.I., Yisa J., Okosun E.A., Nwankwoala H.O., Alkali Y.B. Geostatistical assessment of groundwater quality from coastal aquifers of Eastern Niger Delta, Nigeria. *J. Geosci.* 2012; 2(3): 51–9. <https://doi.org/10.5923/j.geo.20120203.03>
31. Custodio E. Coastal aquifers as important natural hydrogeological structures. In: Bocanegra E., Martines D., Massone H., eds. *Groundwater and Human Development*. Bremerhaven; 2002: 1905–18. <https://doi.org/10.1201/9781439833599.ch3>
32. Amadi U.M.P., Amadi P.A. Saltwater migration in the coastal aquifers of southern Nigeria. *J. Mining Geology*. 1990; 26(2): 35–44.
33. Karro E., Marandi A., Vaikmae R. The origin of increased salinity in the CambriamVendian aquifer system on the Kopli Peninsula, Northern Estonia. *Hydrogeol. J.* 2004; 12(4): 424–35. <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0339-z>
34. Faye S., Maloszewski P., Stichler W., Trimboun P., Cissé Faye S., Bécaye Gaye C. Groundwater salinization in the Saloum (Senegal) delta aquifer using minor elements and isotopic indicators. *Sci. Total Environ.* 2005; 343(1–3): 243–59. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.001>

35. Zhang Q., Volkes R.E., Lockington D.A. Numerical investigation of seawater intrusion at Gooburrum Bundaberg, Queensland Australia. *Hydrogeol. J.* 2004; 12(6): 674–87. <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0333-5>
36. Vives L., Varni M., Usunoff E. Behaviour of the freshwater and saltwater phases in an urban area in Western Buenos Aires Province, Argentina. *Hydrogeol. J.* 2005; (13): 426–35.
37. Vsevolozhskiy V.A. *Fundamentals of Hydrogeology: Textbook [Osnovy gidrogeologii: uchebnik]*. Moscow; 2007. (in Russian)
38. Chave P., Howard G., Schijven J., Appleyard S., Fladerer F., Schimon W. Chapter 17: Groundwater protection zones. In: World Health Organization, Schmoll O., Howard G., Chilton J., Chorus I., eds. *Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking Water Sources*. IWA Publishing; 2006: 465–92.
39. Bannerman R.R. Conflict of technologies for water and sanitation in developing countries. In: Chorus I., Ringelband U., Schlag G., Schmoll O., eds. *Water, Sanitation and Health*. London: IWA; 2000: 167–70.
40. Taylor R., Barrett M. Urban groundwater development in sub-Saharan Africa. In: *Proceedings of 25th WEDC Conference*. Addis Ababa, Ethiopia: WEDC, Loughborough University; 1999: 203–7.
41. U.S. EPA. Guidelines for delineation of wellhead protection areas: Office of Groundwater Protection. Washington: EPA; 1987.
42. DVGW. Guidelines on drinking water protection areas. Part 1: groundwater protection areas. Code of practice W 101. Bonn: DVGW; 1995. (in German)
43. USGS. Estimating areas contributing recharge to wells. US Geological Survey Circular 1174. Denver; 1998. Available at: <https://water.usgs.gov/ogw/pubs/Circ1174/>
44. European Communities. Directive 2000/60/CE of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Luxembourg; 2000. Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF
45. Brenic M., Prestor J., Kompare B., Helena M., Stojan K. Integrated approach to delineation of drinking water protection zones. *Geologija*. 2009; 52(2). <https://doi.org/10.5474/geologija.2009.017>
46. Yaroshevich A. *Final Report on Harmonization of the Legislation of the Republic of Belarus in the Field of Water Resources Management with the Legislation of the European Union [Zaklyuchitel'nyy otechet po garmonizatsii zakonodatel'stva Respubliki Belarus' v sfere upravleniya vodnymi resursami s zakonodatel'stvom Evropeyskogo soyuza]*. Kiev; 2012. Available at: https://old.greenlogic.by/content/files/WASSER/Final/03_Trebovaniya_vodnogo_zakonodatelstva_ES_A_Yaroshevich.pdf (in Russian)
47. European Communities. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 16. Guidance on Groundwater in Drinking Water Protected Areas. Luxembourg; 2007. Available at: <https://circabc.europa.eu/sd/a/ae48d98-7715-4828-a7ee-df82a6d-f4afb/Guidance%20No%2016%20-%20Groundwater%20in%20DWPA.pdf>
48. Garcia-Garcia A., Martinez-Navarrete C. Protection of groundwater intended for human consumption in the water framework directive: strategies and regulations applied in some European countries. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.* 2005; (18): 28–32. Available at: <https://www.pgi.gov.pl/en/docman-tree-all/publikacje-2/special-papers/79-garcia/file.html>
49. Derouane J., Dassargues A. Delineation of groundwater protection zones based on tracer tests and transport modeling in alluvial sediments. *Environ. Geol.* 1998; 36(1–2): 27–36. <https://doi.org/10.1007/s002540050317>
50. Norme in materia ambientale: Legislative Decree D. Lgs. 152/2006. Italian State Regions agreement signed on 12th of December 2006. Available at: https://www.conou.it/wp-content/uploads/2015/11/Dlgs-152_2006-Norme-in-materia-ambientale.pdf
51. Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0019:0031:EN:PDF>
52. Official website of the United States Environmental Protection Agency. United States Environmental Protection Agency (EPA). Available at: <https://www.epa.gov/sdwa>
53. Tiemann M. Safe Drinking Water Act (SDWA): A summary of the act and its major requirements: congressional research service report; 2017. Available at: <https://fas.org/sgp/crs/misc/RL31243.pdf>
54. United States Environmental Protection Agency. Wellhead Protection Program. Region 1: EPA New England. Available at: https://www3.epa.gov/region1/eco/drinkwater/pc_wellhead_protection.html
55. Safe Drinking Water Act Amendments of 1986. Public Law 99-339. Available at: <https://fas.org/sgp/crs/misc/RL31243.pdf>
56. Guidelines for delineation of well head protection areas in New Jersey. New Jersey Department of Environmental Protection. New Jersey geological survey open-file report OFR 03-1; 2003. Available at: <https://www.state.nj.us/dep/njgs/whpaguide.pdf>
57. ARMCANZ. Guidelines for groundwater protection in Australia: National Water Quality Management Strategy. Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. Canberra: ARMCANZ; 1995. Available at: https://www.water.wa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0020/4925/8728.pdf
58. Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Standing Committee on Agriculture and Resource Management. Allocation and use of groundwater: a national framework for improved groundwater management in Australia. Occasional Paper Number 2. Canberra: ARMCANZ; 1996.
59. Water Quality Australia. Guidelines for groundwater quality protection in Australia: National Water Quality Management Strategy. Australian Government, Department of Agriculture and Water Resources. Canberra; 2013. Available at: <https://www.waterquality.gov.au/sites/default/files/documents/guidelines-groundwater-quality-protection.pdf>
60. World Health Organization. Schmoll O., Howard G., Chilton J., Chorus I., eds. *Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources*. London: IWA Publishing; 2006.
61. Do E. Land use compatibility in public drinking water source areas. Water Quality Protection Note, July 2004, Government of Western Australia-Department of Environment; 2004. Available at: <https://www.environment.wa.gov.au>
62. Nitikin D., Shen C., Wang Q.J., Zou H. Water service delivery reform in China: safeguarding the interests of the Poor. *Ann. Econ. Finance*. 2012; 13(2): 463–87.
63. MWRC. Safe drinking water webpage of the Ministry of Water Resources of China; 2014. Available at: <http://www.mwr.gov.cn/english/sdw.html>
64. Water Law of the People's Republic of China: Decree No. 74 of the President of the People's Republic of China; 2002. Available at: <https://www.mwr.gov.cn/english/laws.html>
65. Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Water Pollution (1984): L1984/11/01. *Chinese Law Gov.* 2004; 37(3): 80–7. <https://doi.org/10.1080/00094609.2004.11036407>
66. Wang H., Yu X. A review of the protection of sources of drinking water in China. *Nat. Resour. Forum*. 2014; 38: 99–108. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12036>
67. Law of the People's Republic of China on the prevention and control of water pollution as revised on June 1st, 2008: 2008/06/01 (2008). Available at: <https://www.faox.org/docs/texts/chn23549.doc>
68. Wenjuan X., Jing J., Jinling Z. Preliminary partition of groundwater protection zones by empirical formula method. *Int. J. Geomat. Geosci.* 2011; 2(2): 589–94.
69. Gaye C.B., Tindimugaya C. Review: Challenges and opportunities for sustainable groundwater management in Africa. *Hydrogeol. J.* 2018; 27: 1099–110. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1892-1>
70. *Worldbank.org*. UNICEF. World Bank Definition: MENA. Middle East and North Africa. unicef.org Available at: <https://www.worldbank.org/en/region/mena>
71. Abbass R.A., Kumar P., El-Gendy A. An overview of monitoring and reduction strategies for health and climate change related emissions in the Middle East and North Africa region. *Atmos. Environ.* 2018; 175: 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.11.061>
72. Scozzari A., El Mansouri B., eds. Water security in the Mediterranean region: an international evaluation of management, control, and governance approaches. In: *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*. Springer; 2011. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1623-0_1
73. WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva; 2017. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/
74. Vyucheskaya D.S., Eremin G.B., Fridman K.B. Possibilities of using nephelometry as an express method for viral contamination of drinking water. Experience of foreign countries In: *Materials of the XIII Annual All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Health is the Basis of Human Potential. Problems and Ways to Solve Them» [Materialy XIII ezhegodnoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya. Tom 13, vypusk 3»]*. St. Petersburg; 2018: 785–95. (in Russian)
75. WHO. Water safety in distribution systems. Geneva; 2014. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/water-safety-in-distribution-system/en/
76. U.S. EPA. EPA efforts in Sub-Saharan Africa; 2014. Available at: <http://www2.epa.gov/internationalcooperation/epa-efforts-sub-saharan-africa#water>
77. Schelkes K., Hobler M., Schmidt G., Steinbach V. Management, protection and sustainable use of groundwater – results of long-term technical cooperation in the Middle East. In: Fathi Z., Wolfgang J., eds. *Water in the Middle East and in North Africa*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag; 2004: 129–43.
78. Margane A. Guideline for delineation of groundwater protection zones. *Management, Protection and Sustainable Use of Groundwater and Soil Resources in the Arab Region*. 2003; 5: 329.