

Н.П. КАРПЕНКО, М.А. ШИРЯЕВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕЗИРОВАННЫХ КАРТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД

Цель исследований состоит в обосновании размещения техногенной нагрузки конкретных территорий (водосборных бассейнов, ландшафтов, водораздельных территорий и т.д.) на основе построения специальных синтезированных карт естественной защищенности грунтовых вод. В статье выполнен анализ методов оценки естественной защищенности грунтовых вод и рассчитаны результирующие показатели (баллы) качественной оценки с различной категорией защищенности по муниципальным образованиям Раменского района Московской области. Проведена оценка природных условий района исследования и составлены тематические карты для построения синтезированных карт защищенности грунтовых вод с учетом размещения техногенной нагрузки Раменского района Московской области. Для построения синтезированных карт защищенности грунтовых вод использовался Drastic-метод, который заключался в обобщающей оценке по следующим параметрам: глубины залегания грунтовых вод, мощности пород зоны аэрации, почвенного покрова и зоны полного насыщения. Для изучаемой территории выполнена качественная оценка защищенности грунтовых вод, которая позволила провести районирование территории по зонам степени природной защищенности. Выявлены наиболее благоприятные участки, к которым можно отнести поймы рек Донинка, Гжелка, Хрипань и Куниловка и др. Установлены основные очаги напряженности Раменского района, которые расположены вблизи крупных населенных пунктов, где сосредоточено наибольшее количество техногенных объектов: промышленных зон, гаражей, крупных автомагистралей, очистных сооружений (вблизи таких гидрографических объектов, как р. Москва, р. Дорка, р. Вьюнка, р. Велинка).

Техногенная нагрузка, негативные последствия, естественная защищенность подземных вод, методы оценки защищенности грунтовых вод, ГИС-технологии, экологическая безопасность.

Введение. В настоящее время вопросы снижения экологической безопасности окружающей среды и пути ее повышения приобретают все большую актуальность. Высокие техногенные нагрузки на окружающую среду приводят, как правило, к возникновению негативных последствий практически во всех компонентах природной среды. Существенный вклад в ухудшении геоэкологических условий вносит и масштабная урбанизация, которая способствует загрязнению геологической среды и нарушает устойчивость природных компонентов, в том числе подземной гидросферы. Подземные воды по сравнению

с поверхностными водами в целом лучше защищены от загрязнения, так как водоносные горизонты, как правило, перекрыты мощной толщей слабопроницаемых пород. Однако, если перекрывающая толща водопроницаема и имеет небольшую мощность, то инфильтрующиеся с поверхности загрязненные воды довольно быстро проникают в водоносный горизонт и загрязняют его. Грунтовые воды, не перекрытые водоупорными породами, защищены значительно меньше, чем нижележащие горизонты напорных подземных вод, и, как правило, именно в грунтовые воды и попадает основная часть инфильтрующихся

с поверхности загрязнений через литологические окна, за счет вертикальных перетоков, по стволу дефектных скважин и т.д. [1, 2].

Цель исследований состоит в обосновании размещения техногенной нагрузки конкретных территорий (водосборных бассейнов, водораздельных пространств, ландшафтов и т.д.) на основе построения специальных синтезированных карт защищенности грунтовых вод. Методология составления подобных карт позволит научно разработать и предложить варианты проектирования и размещения различных промышленных и производственных объектов, полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), полей фильтрации и т.д. с учетом снижения загрязнения окружающей среды, в том числе подземных вод. Решение такой задачи является в современных условиях весьма актуальной проблемой для любого региона в целом.

Материал и методы исследований.

Разработка методологии построения синтезированных карт защищенности грунтовых вод базируется на применении комплексирования карт геологического и литологического строения зоны аэрации и водоносной зоны, гидрогеологической карты, синтез которых проводился с использованием ГИС-технологий, на которые накладывается техногенная нагрузка. Следует сказать, что под защищенностью подземных вод от поверхностного загрязнения понимается перекрытость водоносного горизонта слабопроницаемыми, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды отложениями [3, 4]. Степень естественной защищенности подземных вод зависит от природных, техногенных и физико-химических факторов [5, 6].

Основными природными факторами, которые способствуют загрязнению подземных вод, являются: геолого-гидрогеологические условия, минерализованные подземные и поверхностные воды, тесная взаимосвязь подземных вод с поверхностными, уровень загрязнения окружающей природной среды (поверхностных вод, атмосферы и атмосферных осадков, почвы), геоморфологические условия, растительный покров и др. К природным факторам, влияющим на миграцию загрязняющих веществ в подземные воды и их естественную защищенность, можно отнести [7, 8, 9, 10]:

- литологическое строение и свойства пород зоны;
- строение водоносного горизонта подземных вод и его геофильтрационные и геомиграционные параметры;

- наличие и строение перекрывающих слабопроницаемых пород и их характеристики;

- соотношение уровней горизонта грунтовых вод и нижележащих водоносных горизонтов;

- взаимосвязь водоносных горизонтов.

К основным техногенным факторам загрязнения подземных вод следует отнести:

- источники загрязнения и приуроченные к ним загрязняющие вещества;

- условия нахождения загрязняющих веществ на поверхности земли;

- вид и химический состав загрязнений, интенсивность и характер их поступления в водоносные горизонты;

- характер строительных работ.

Объектом исследований являлась территория Раменского района Московской области, где рассматривалась схема территориального планирования (СТП) района. Для выбранной территории проводилось гидрогеоэкологическое обоснование размещения техногенной нагрузки, позволяющее не только повысить качественный критерий планирования территории, но и улучшить геоэкологические условия. Гидрогеоэкологическое обоснование СТП Раменского района, в свою очередь, должно основываться на оценке степени защищенности подземных вод, и этот аспект необходимо учитывать, так как в этом районе есть ряд предпосылок для неблагоприятной ситуации, которые включают образование гидрогеологических окон под техногенными застройками, понижение напора вод в водоносных горизонтах и т.д.

В научной литературе существуют различные методы оценки защищенности подземных вод, так, например, для того, чтобы оценить степень защиты безнапорных грунтовых вод, следует учитывать мощность, проницаемость, а также петрографический состав горных пород в зоне аэрации [3].

Используемый метод основан на расчете времени фильтрации загрязняющих веществ отдельно для напорных и безнапорных горизонтов. Определяется тем, что чем больше времени затрачивается на фильтрацию, тем будет выше защищенность вод. Оценку защищенности грунтовых вод проводят на качественном и количественном уровнях. Качественная оценка проводится исходя из суммы баллов, которыми оценивается уровень грунтовых вод, литологические особенности пород зоны аэрации и их мощности (табл. 1).

Качественная оценка защищенности безнапорных водоносных горизонтов [3]

Параметр	Диапазон изменения	Балл		
Глубина залегания УГВ, м	< 10	1		
	10-20	2		
	20-30	3		
	30-40	4		
	> 40	5		
Мощность слабопроницаемых пород, м	Группа отложений			
		A	B	C
	< 2	1	1	2
	2-4	2	3	4
	4-6	3	4	6
	6-8	4	6	8
	8-10	5	7	10
	10-12	6	9	12
	12-14	7	10	14
	14-16	8	12	16
	16-18	9	13	18
	18-20	10	15	20
	> 20	12	18	25

Количественная оценка проводится с учетом времени достижения загрязнителей уровня грунтовых вод. Для безнапорных вод время, за которое загрязненные воды с поверхности земли достигнут уровня грунтовых вод, определяется зависимостью [11]:

$$t = \frac{n_1 T}{k_1 w} \ln \left[1 + \frac{k_1 m_1}{k_2 m_2} \right]$$

где k_1 , n_1 , m_1 – коэффициент фильтрации, активная пористость и мощность верхнего слоя; k_2 , m_2 – коэффициент фильтрации и мощность нижнего слоя; T – суммарная проводимость пласта, w – интенсивность инфильтрационного питания.

Результаты исследований и их обсуждение. На основе литературного обзора материалов исследований и анализа природно-хозяйственных условий была составлена карта территориального районирования Раменского района по защищенности грунтовых вод. Для оценки защищенности грунтовых вод от поверхностного загрязнения и составления синтезированной карты были детально изучены геологические, гидрологические и гидрогеологические условия изучаемой территории. Исследуемый объект находится на правом берегу реки Москвы и относится к Окско-Москворецкой низменности, которая представляет собой слабо расчлененную равнину со средними абсолютными высотами от 150 до 180 м. Значительная часть территории сложена аллювиальным комплексом древних четвертичных и современных отложений речных террас (рис. 1).

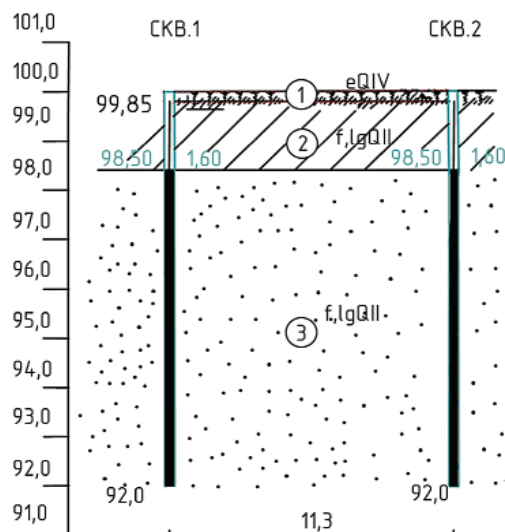


Рис. 1. Схематический геолого-литологический разрез в районе города Раменское

По всем муниципальным образованиям Раменского района были получены данные о литологических группах, мощностях, коэффициентах фильтрации и пористости, которые в дальнейшем использовались для расчетов результирующих показателей природной защищенности и построения синтезированной карты защищенности грунтовых вод. Для качественной оценки защищенности грунтовых вод по всем параметрам проводилось суммирование баллов, и общая сумма баллов определяла категории защищенности грунтовых вод (балльная оценка). Результирующие данные по составлению природной защищенности представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сводный качественный анализ природной защищённости грунтовых вод

Суммарный балл	Степень защищённости	Категория защищённости	Цвет
2...5	низкая	I	
6...10	средняя	II	
15...19	высокая	III	

В результате балльных расчетов оценки естественной защищенности грунтовых вод для отдельных районов территории Раменского

района были построены результирующие показатели по осредненным баллам и выявлены категории защищенности грунтовых вод (табл. 3).

Таблица 3

Результирующие показатели (баллы) качественной оценки по муниципальным образованиям Раменского района Московской области

Район	Осреднённый балл по качественной оценке	Категория защищенности
Вялковское	3	I
Родники	8	II
Быково	12	III
Удельная	15	III
Верейское	16	III
Островецкое	14	III
Чулковское	11	III
Софьинское	3	I
Константиновское	2	I
Ганусовское	14	III
Никоновское	14	III
Ульянинское	5	I
Рыболовское	5	I
Заболотьевское	4	I
Кузнецовское	10	II
Сафоновское	3	I
Новохаритоновское	18	III
Гжельское	12	III
Кратово	2	II
Раменское	6	II
Ильинский	7	II

Количественная оценка даёт наиболее точную картину о степени защищённости грунтовых вод, а при проведении расчётов необходимо соблюдение следующих критериев [12]:

– разделяющая толща однородная, не трещиноватая или слабо трещиноватая, имеет постоянный коэффициент фильтрации (как правило, имеет одни литологические и фильтрационные свойства в пределах области);

– водоупорные, а также водовмещающие породы обладают низкой поглощающей способностью;

– расчет проводился без учета защитных свойств почвенного покрова.

В ходе работы были выделены такие зоны защищённости: защищенная, условно защищенная и незащищенная.

Для расчетов был использован параметр t , который зависит от времени, а также от возможности грунтовых вод препятствовать загрязнению. При проведении расчетов был получен параметр $t = 15-25$ лет (5475-9125 суток). Такой параметр t будут иметь области только с хорошей защищенностью грунтовых вод. Параметры 15 и 25 лет – важные показатели, так как за этот срок можно предусмотреть целую систему природоохранных мероприятий по защите и охране грунтовых вод от загрязнения. Так, например, большая часть органических веществ разлагается за 15 лет, а также за этот срок происходит полураспад трития, 25 лет – теоретический срок работы водозабора грунтовых вод.

Что касается условно защищенных территорий, то в нашем случае параметр

$t = 3-15$ лет (1000-5475 суток). За это время возможно принять меры по защите грунтовых вод, которые необходимы в первую очередь. Так, например, как было выше уже сказано большинство органических веществ разлагается за 15 лет, а за 3 года способны разложиться нефтепродукты, которые часто оказывают негативное воздействие на грунтовые воды на рассматриваемой территории.

К незащищенным территориям относятся те территории, в которых параметр t составляет менее трех лет, а если брать диапазон, то от нескольких дней до 1000 суток. К сожалению, за этот период практически невозможно принять даже превентивные меры по защите грунтовых вод. Согласно нормативному документу СанПиН 2.1.4.111002 рассчитывается пояс зон санитарной охраны (ЗСО) за период времени

в 400 суток. Это временной промежуток выбран исходя из срока жизни вредных микроорганизмов в грунтовых водах [13].

Следует отметить, что моренные отложения окско-днепровского оледенения, развитые на территории Раменского района, – это защитный водоупорный горизонт для надъюрского водоносного горизонта. Защитную роль играет несколько литологических слоев, поэтому необходимо рассчитать t для всех отложений отдельно, а затем суммировать окончательные значения для расчета времени достижения загрязненных вод исследуемого водоносного горизонта, сложившееся из расчета просачивания этих вод через зону аэрации.

В результате расчетов по качественной и количественной оценке были составлены две карты защищенности грунтовых вод (рис. 2).

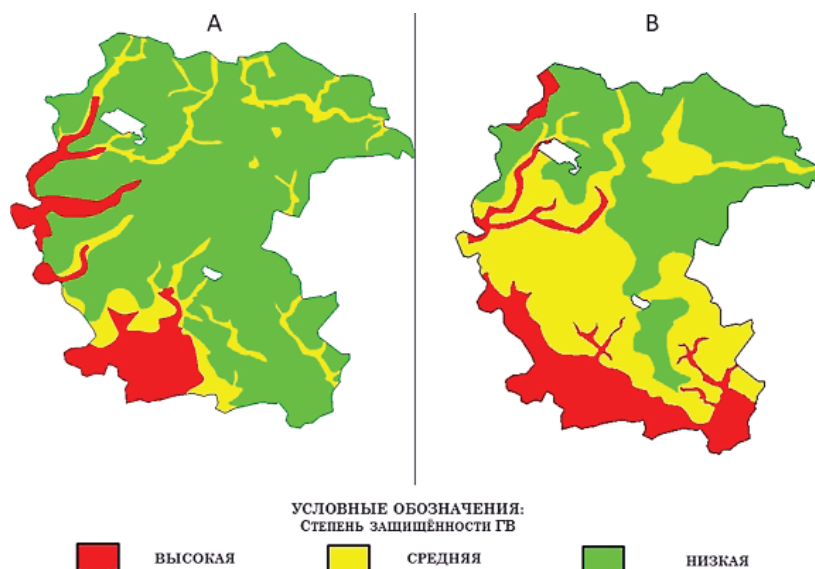


Рис. 2. Карты защищенности грунтовых вод района исследования:

А – по качественной оценке, В – по количественной оценке

Для построения синтезированных карт защищенности грунтовых вод использовался Drastic-метод, который заключался в обобщающей оценке по следующим параметрам: глубине залегания грунтовых вод, мощности пород зоны аэрации, почвенного покрова и влияния зоны полного насыщения. При этом каждому параметру был присвоен определенный весовой критерий, измеряемый в балльной системе, после чего суммировались параметры, а конечное число характеризовало защищенность грунтовых вод. Конечный результат носит название «Drastic-индекс». Затем использовалась схема дешифрования МАКС, в которой

для исследуемых участков фиксировалась определенная глубина залегания грунтовых вод.

Далее в программе ArcMap с помощью инструмента ArcToolBox трансформировались данные в точечный Shape-файл для получения атрибутивных данных в табличном виде. Атрибутивная таблица переводилась в Excel 11 версии, где происходило вычитание отметок глубин залегания грунтовых вод. Для этого использовался метод Triangulation with Linear Interpolation, заключающийся в экспортировании готового Shape-файла через функцию ExportContours. Затем файл обрабатывался

в среде ArcGis и проводились дальнейшие корректировочные работы по схематизации осложнённой карты, внесении цветовых составляющих, удалении лишних линейных объектов и т.д.

Для оценки степени техногенной нагрузки необходимо было получить данные о территориальном планировании Раменского района, о состоянии поверхностных вод, включая данные об организованном и неорганизованном сбросе сточных вод, о стихийных свалках. По всем собранным данным были построены соответствующие карты, в том числе карта неорганизованного сброса сточных вод в районе исследований. Анализ показал, что основными источниками и факторами загрязнения природных вод на территории Раменского района являются:

- поступление загрязняющих веществ с территории г. Москвы, Люберецкого, Подольского, Домодедовского района Подмосковья, которые поступают с водами рек Москвы, Пахры, Пехорки, Северки, Гнилуши,
- сбросы недостаточно очищенных сточных вод через очистные сооружения

г. Раменского и Раменского района, городов Жуковский и Бронницы,

- поступление неочищенных поверхностных (дождевых и талых) вод с территории городов, посёлков, деревень, предприятий, мостов, дорог,
- сброс сточных вод (промышленных и бытовых) с площадок сельскохозяйственных и промышленных предприятий, расположенных в долинах рек,
- сброс бытовых сточных вод от жилых домов не канализованных посёлков, деревень, коттеджей, дач,
- сброс поверхностных вод с площадей несанкционированных свалок отходов, расположенных в долинах рек.

Основные вещества, загрязняющие грунтовые воды: промышленные отходы, нефть и нефтепродукты, бытовые отходы, воды шахтного и рудничного водоотлива, отходы сельского хозяйства, природные некондиционные воды.

Анализ техногенной нагрузки на территории Раменского района позволил выявлены зоны с неблагоприятной экологической обстановкой (табл. 2).

Таблица 2

Особенности выявленных негативных зон Раменского района

Местоположение зоны		Основная причина формирования зоны
Населённые пункты	Природные объекты	
пос. им. Тельмана, с. Софьино, с. Рыболово	Пойма р. Москвы	Высокая степень, загрязнения почв и неорганизованный сброс сточных вод, высокая степень техногенной нагрузки
с. Речницы, пос. Электроизолятор, пос. Дубовая роща	Пойма р. Дорка	Стихийные свалки, загрязнение почв
д. Осеченки	Пойма р. Вьюнка	Загрязнение почв
д. Верея, пгт. Быково	Пойма р. Быковка	Низкий балл по качественной оценке грунтовых вод, неорганизованный сброс сточных вод
с. Константиново, пос. Рылеево	Пойма р. Велинка	Средняя степень защищённости грунтовых вод, стихийные свалки

Так, на территории Раменского района было выявлено 161 несанкционированная свалка. В морфологическом составе преобладают два типа отходов: строительные и бытовые. При анализе местоположения свалок была обнаружена их наивысшая приуроченность к лесным массивам (90%), к берегам водоемов (15%).

На последнем этапе исследований тематические карты совмещались друг с другом для получения общей картины с учетом территориального планирования и размещения особо загрязнённых участков исследуемого

района с выделением зон наиболее высокой техногенной нагрузки методом суммирования растровых тематических карт (рис. 3).

Таким образом полученная схематическая синтезированная карта гидрогеоэкологического обоснования размещения техногенной нагрузки с использованием карт естественной защищённости грунтовых вод от поверхностного загрязнения позволяет не только рационально планировать варианты антропогенной нагрузки, но и повысить экологическую безопасность в районе исследования.

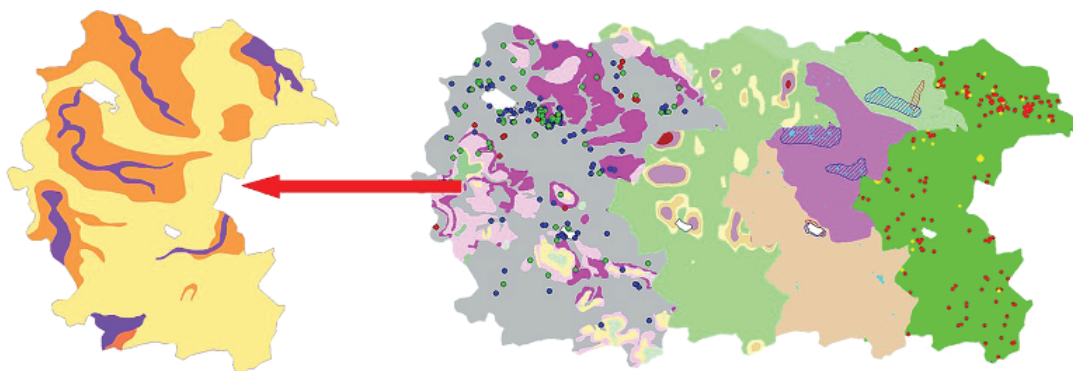


Рис. 3. Пример получения схематической карты методом наложения: цветные категории: фиолетовый – высокая степень техногенной нагрузки, оранжевый – средняя, жёлтый – низкая

Выводы

В результате выполненных исследований было проведено гидрогеоэкологическое обоснование размещения техногенной нагрузки по муниципальным образованиям Раменского района Московской области с использованием синтезированных карт защищённости грунтовых вод. Для построения карт использовался Drastic-метод, суть которого заключалась в обобщающей оценке по следующим параметрам: глубины залегания грунтовых вод, мощности пород зоны аэрации, почвенного покрова и зоны полного насыщения. Для изучаемого района проведена качественная оценка естественной защищённости грунтовых вод, которая позволила районировать территорию по зонам степени защищённости. Выявлены наиболее благоприятные участки, к которым можно отнести поймы рек Донинка, Гжелка, Хрипань и Куниловка и др. Проведена количественная оценка защищённости грунтовых вод, которая дала наиболее точные результаты и при которой заметно сократилась площадь благоприятных территорий и наиболее четко вырисовались границы средней и низкой степени защищённости. Установлены основные очаги напряжённости вблизи крупных населённых пунктов, где сосредоточено наибольшее количество техногенных объектов: промышленных зон, гаражей, крупных автомагистралей, очистных сооружений, т.е. вблизи таких гидрографических объектов, как р. Москва, р. Дорка, р. Вьюнка, р. Велинка.

Библиографический список

1. Гольдберг В.М. Взаимосвязь изменения загрязнения подземных вод и природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 248 с.
2. Экологическая гидрогеология: учебник для вузов. / Белоусова А.П., Гавич И.К.,

Лисенков А.Б. и др. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 397 с.

3. Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. – М.: Недра, 1984. – 262 с.

4. Злобина В.Л., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Трансформация состава и свойств подземных вод при изменении окружающей среды. – М.: Изд-во «Мир науки», 2017. – 191 с.

5. Карпенко Н.П., Манукьян Д.А. Геоэкология: учеб. пособие (по специальности 280100 «Природообустройство и водопользование»). – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2012. – 120 с.

6. Карпенко Н.П. Аналитический подход в вопросах изучения экологических проблем на водосборных бассейнах / Труды XXII междунар. конф. «Проблемы управления безопасностью сложных систем», декабрь 2014 г. – М.: РГГУ, 2014. – С. 196-198.

7. Карпенко Н.П. Анализ защитных свойств пород зоны аэрации и оценка защищённости грунтовых вод в зоне сброса загрязняющих стоков // Природообустройство. – 2014. – № 2. – С. 70-74.

8. Карпенко Н.П. Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков // Природообустройство. – 2018. – № 2. – С. 15-22.

9. Карпенко Н.П. Оценка взаимосвязи поверхностных и подземных вод малых рек Московской области для решения проблем экологической реабилитации водных объектов / Материалы междунар. научного форума «Проблемы управления водными и земельными ресурсами». Ч 1. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – С. 3-12.

10. Карпенко Н.П., Ломакин И.М., Дроздов В.С. Вопросы управления геоэкологическими рисками при оценке качества

подземных вод на урбанизированных территориях // Природообустройство. – 2019. – № 5. – С. 106-111.

11. **Шестаков В.М.** Гидрогеодинамика: учебник. 3-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 368 с.

12. **Миняева Ю.В.** Влияние техногенеза на геоэкологические условия Тульского промышленного района// Геоэкология. – 2011. – № 5. – С. 42-49.

13. СанПиН 2.1.4.1110-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. <http://docs.cntd.ru/document/901816579>

Материал поступил в редакцию 17.05.2020 г.

Сведения об авторах

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, Прянишникова, 19; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Ширяева Маргарита Александровна, студентка ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: margaretshiryeva@gmail.com

N.P. KARPENKO, M.A. SHIRYAEVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

HYDROGEOECOLOGICAL JUSTIFICATION OF TECHNOGENIC LOAD PLACEMENT USING SYNTHESIZED MAPS OF GROUND WATER NATURAL PROTECTION

The purpose of the research is to justify the placement of anthropogenic load on specific territories (catchment basins, landscapes, watersheds, etc.) based on the construction of special synthesized maps of the natural protection of ground water. The article analyzes methods for assessing the natural protection of ground water and calculates the resulting indicators (balls) of qualitative assessment with different protection categories for municipalities of the Ramenskoye district of the Moscow region. There was carried out an estimation of the natural conditions of the studied area and made thematic maps for building synthesized maps of groundwater protection taking into consideration the anthropogenic load of the Ramensky district of the Moscow region. To build synthesized maps of groundwater protection there was used the Drastic-method which was to give a general assessment of the following parameters: depth of groundwater occurrence, rock thickness of the aeration zone, soil cover and zone of full saturation. For the studied territory, a qualitative assessment of the ground water protection was performed which allowed zoning of the territory according to the zones of the degree of natural protection. The most favorable areas were identified which include the floodplains of the Doninka, Gzhelka, Khripan and Kunilovka rivers, etc. The main sources of tension of the Ramensky district which are located close to major settlements with the biggest number of anthropogenic objects are concentrated: industrial areas, garages, highways, sewage treatment plants (nearby such hydrographic objects as the rivers Moskva, Dorca, Vjunka, Velinka).

Anthropogenic load, negative consequences, natural protection of ground water, assessment methods of ground water protection, GIS technologies, environmental safety.

References

1. **Goldberg V.M.** Vzaimosvyaz izmeneniya zagryazneniya podzemnyh vod i prirodnoj. – L.: Hydrometeoizdat, – 1987. – 248 s.

2. **Ecologicheskaya hidrogeologiya.** Uchebnik dlya vuzov. / Belousova A.P., Gavich I.K., Lysenkov A.B. i dr. – М.: ICTS «Akademkniga», – 2006. – 397 s.

3. **Goldberg V.M., Gazda S.** Hydrogeologicheskie osnovy ohrany podzemnyh vod ot zagryazneniya. – М.: Nedra, 1984. – 262 s.

4. **Zlobina V.L., Medovar Yu.A., Yushmanov I.O.** Transformatsiya sostava i svoystv podzemnyh vod pri izmennii okruzhayushchej sredy. – М.: Izd-vo «Mir nauki», 2017. – 191 s.

5. **Karpenko N.P., Manukyan D.A.** Geoecology. Uchebnoe posobie (po spetsialnosti 280100 «Prirodobustrojstvo i vodopolzovanie»). – М.: FGBOU VPO MGUP, 2012. – 120 s.

6. **Karpenko N.P.** Analytichesky podhod v voprosah izucheniya ekologicheskikh problem na vodosbornykh bassejnakh /

Trudy XXII mezhdun. konf. «Problemy upravleniya bezopasnost'yu slozhnyh sistem», decabr 2014 g. – M.: RGGU, 2014. – S. 196-198.

7. **Karpenko N.P.** Analiz zashchitnyh svoystv porod zony aeratsii i otsenka zashchishchennosti gruntovyh vod v zone sbrosa zagryaznyayushchih stokov // Prirodoobustroystvo. – 2014. – No. 2. – S. 70-74.

8. **Karpenko N.P.** Otsenka geocologicheskoy situatsiii rechnyh bassejnov na osnove atributivnyh pokazatelej i obobshchennyh geocologicheskikh riskov // Prirodoobustroystvo. – 2018. – № 2. – S. 15-22.

9. **Karpenko N.P.** Otsenka vzaimosvyazi poverhnostnyh i podzemnyh vod malyh rek Moskovskoj oblasti dlya resheniya problem ekologicheskoy reabilitatsii vodnyh objektov / Materialy mezhdun. nauchnogo foruma «Problemy upravleniya vodnymii zemelnymi resursami», Ch. 1. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. – S. 3-12.

10. **Karpenko N.P., Lomakin I.M., Drozdov V.S.** Voprosy upravleniya geocologicheskimi riskami pri otsenke kachestva podzemnuh vod na urbanizirovannyh territoriyah // Prirodoobustroystvo. – 2019. – № 5. – S. 106-111.

11. **Shestakov V.M.** Gidrogeodynamica: uchebnyk. 3-e izd. – M.: Izd-vo MGU, 1995. – 368 s.

12. **Minyaeva Yu.V.** Vliyanie tehnogenez na geocologicheskije usloviya Tulsckogo promyshlennogo rajona // Geocologiya. – 2011. – No. 5. – S. 42-49.

13. SanPiN 2.1.4.1110-02. Zony sanitarnoj ohrany istochnikov vodosnabzheniya i vodoprovodov pitjevogo naznacheniya. – Minzdrav Rossii. – M. – 2002.

The material was received at the editorial office
17.05.2020

Information about the authors

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, associate professor, head of the Department of hydrology, hydrogeology and flow regulation, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 19, Pryanishnikova str., Moscow, 127550; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Shiryaeva Margarita Alexandrovna, student of FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 49, Timiryazevskaya str., Moscow, 127550; e-mail: margaretshiryaeva@gmail.com

УДК 502/504:551.435.13

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-122-129

В.Б. ЖЕЗМЕР

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА БЕЗОПАСНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ БЛИЗОСТИ ОТ УРЕЗА ВОДЫ

Передвижные насосные станции дешевле стационарных станций и, что немаловажно в современных условиях, не нуждаются в постоянной охране. Для установки насосов необходимо наличие фундамента из бетонных плит. С целью соблюдения мер безопасности, в том числе мер экологической безопасности, а также рационального использования финансовых ресурсов расчетный срок эксплуатации фундамента должен составлять 10 лет. Следовательно, передвижные насосные станции должны размещаться в местах, где влияние береговых процессов минимально. Для обоснования безопасности строительства сооружений в береговой зоне рек необходимо составление прогноза деформации берегов. При разработке расчетных методов особые сложности возникают в процессе расчета параметров движения потоков на повороте русел. Причиной является недостаточность наших знаний о механизме движения потоков не только на сложном изгибе, но и на одиночном. Методы расчетов гидравлических сопротивлений на изгибе русла при движении потоков в нем нельзя признать совершенными, так как они, как правило, основаны на эмпирических формулах. Следовательно, прогнозирование размыва берегов в течение расчетного периода эксплуатации связано со значительными трудностями. Для корректировки расчетов в каждом конкретном случае необходимо проводить