

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ ♦ SCIENTIFIC REPORTS

Раздел 1 ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Section 1 GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

УДК 911

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ
ГРУНТОВЫХ ВОД: ПЕРВЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ БЛАГОВЕЩЕНСКОГО РАЙОНА
АЛТАЙСКОГО КРАЯ)**

Е.С. Орлова, И.Д. Рыбкина

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия, Барнаул,

E-mail: morana-11@mail.ru, irina.rybkina@mail.ru

Оценка природной защищенности грунтовых вод может использоваться как основа для планирования водохозяйственных мероприятий и хозяйственной деятельности, а в комплексе с данными по антропогенной нагрузке позволяет выявить очаги потенциального загрязнения. В статье описаны природные условия потенциальной защищенности грунтовых вод и дана краткая социально-экономическая оценка Благовещенского района Алтайского края. По результатам анализа этих двух составляющих были выделены очаги потенциального загрязнения, для которых актуально проводить количественную оценку загрязнения грунтовых вод.

Ключевые слова: защищенность грунтовых вод; Благовещенский район; антропогенная нагрузка.

DOI: 10.24412/2410-1192-2023-17001

Дата поступления: 1.03.2023. Принята к печати: 10.04.2023

На территориях, подверженных хозяйственно-питьевых целям, хотя и антропогенному воздействию, существует подвержены влиянию окружающей среды риск загрязнения подземных вод. (осадки, температурный режим и др.). Первым от поверхности постоянно. Именно в грунтовые воды поступает, существующим водоносным горизонтом выступают грунтовые воды. перерабатывается основное количество. Характерной их особенностью загрязняющих веществ. Возможность является то, что они не перекрыты загрязнения грунтовых вод от внешних водоупорами и сильно подвержены воздействию характеризуется степенью влиянию поверхностного стока. Дан- их естественной защищенности от ные воды сравнительно легкодоступны загрязнения. Под защищенностью по- и широко используются населением в нимаются способность зоны, отделяющей

водоносные горизонты от поверхностного воздействия, препятствовать проникновению загрязнений в грунтовые и подземные воды за счет ее природных характеристик [Белоусова и др., 2014].

Материалы и методы

Различают качественную и количественную оценку защищенности подземных вод [Гольдберг, Газда, 1984; Белоусова и др., 2014] или *intrinsic vulnerability* и *specific vulnerability* [Gogu, Dassargues, 2000; Ibe et al., 2001; Deepesh et al., 2008; Ducci et al., 2022]. Первая оценка заключается в определении природных условий залегания грунтовых вод, фильтрационных свойств пород защитной зоны, т.е. присущих территории исследования геологических, гидрологических и гидрогеологических характеристик, независимо от природы загрязняющих веществ (ЗВ).

В основе количественной оценки защищенности грунтовых вод лежит определение времени, за которое фильтрующиеся с поверхности земли загрязненные воды достигнут уровня (горизонта) грунтовых вод [Гольдберг, 1987]. При этой оценке учитываются физико-химические свойства загрязняющих веществ [Гольдберг, Газда, 1984; Gogu, 2000; Deepesh et al., 2008; Джамалов, 2017].

Все факторы, влияющие на защищенность подземных вод можно разделить на три группы: природные, техногенные, физико-химические. К основным природным факторам относятся мощность, глубина залегания, литология

и тип четвертичных отложений, а также фильтрационные и сорбционные свойства пород, которые перекрывают грунтовые воды. К техногенным факторам относятся условия нахождения ЗВ на поверхности земли и характер их проникновения в грунтовые воды. Физико-химические факторы определяются свойствами ЗВ – их миграционной способностью, устойчивостью в окружающей среде, сорбируемостью, временем распада, взаимодействием с породами и водой. В связи с этим, оценку защищенности логично проводить в два этапа: сначала изучаются природные факторы, определяющие потенциальную защищенность подземных вод в мелком масштабе (или качественная оценка); далее в более крупном масштабе необходимо учитывать техногенные факторы потенциальной защищенности грунтовых вод, гидрогеологические особенности изучаемой территории и физико-химические свойства загрязняющих веществ (т.е. количественная оценка) [Белоусова и др., 2011; Джамалов, 2017].

Качественная оценка выполнена нами ранее по методике А.П. Белоусовой [Белоусова и др., 2011; Белоусова и др., 2014; Белоусова, 2015; Белоусова и др., 2018], согласно которой оценка потенциала защитной зоны осуществляется на основе сопоставления категорий защищенности: глубина залегания первого от поверхности земли водоносного горизонта, гранулометрический состав и генетический тип почв, литологическая характеристика пород зоны аэрации. Каждая категория оценивалась инди-

видуальной суммой баллов (т.е. качественно), зависящей от величины показателя. Результаты этого этапа оценки представлены в промежуточном отчете по гранту РФФИ №21-55-75002 год и частично опубликованы [Орлова, 2018].

Следующий этап – проведение собственно количественной оценки, его представляется возможным разбить на две части. Первая часть работ связана с выделением ключевых участков, т.е. территорий, наиболее подверженных загрязнению. Для этого необходимо провести инвентаризацию источников загрязнения и соотнести их с природными особенностями, оказывающими влияние на естественную или потенциальную защищенность грунтовых вод. Такой анализ позволяет выявить очаги возможного загрязнения, определить виды и, хотя бы в первом приближении, понять свойства загрязняющих веществ. Вторая часть работ количественной оценки заключается в расчете времени, за которое отдельные загрязняющие вещества смогут достичь уровня грунтовых вод в конкретных природных условиях.

Результаты оценки основаны на литературных и картографических источниках, данных дистанционного зондирования, официальной статистической информации Росстата и муниципальных образований Алтайского края, а также на собственных материалах, полученных в ходе выполнения экспедиционных исследований.

Для достижения цели были также составлены карты-схемы уровня грунтовых вод, проницаемости почв и филь-

трационных свойств пород зоны аэрации, источников антропогенного загрязнения. Данные карты-схемы стали основой для выделения очагов потенциального загрязнения грунтовых вод.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время нами выполнена первая часть. Для этого среди всех основных природных и антропогенных факторов, влияющих на загрязнение грунтовых вод, были выделены и учтены составляющие: естественная (природная) защищенность, глубина залегания грунтовых вод, характеристики взаимосвязи и условий залегания грунтовых вод, наличие и мощность промышленных предприятий, в т.ч. горнодобывающих, наличие и крупность сельскохозяйственных организаций, расположение и характеристики объектов специального назначения.

Мелкомасштабная картографическая оценка защитного потенциала грунтовых вод [Орлова, 2018], стала основой для продолжения исследований и фактически позволила дать предварительную характеристику природной защищенности исследуемой территории. В целом почти 40% бессточной области Обь-Иртышского междуречья имеет категорию защитного потенциала «условно-защищенные» грунтовые воды. Около 30% территории средне- и слабозащищены. Незащищенные и защищенные грунтовые воды составляют 2.0 и 0.8% изучаемой территории соответственно. Результаты качественной оценки естественной защищенности грунтовых вод достаточно хорошо согласуются с

уровнем залегания (рис. 1), типом их питания, фильтрационными свойствами почво-грунтов.

Здесь следует пояснить, что глубины залегания грунтовых вод по существу определяются литологическим составом вмещающих пород и типом четвертичных отложений. Эти характеристики достаточно хорошо изучены. Поэтому далее в рамках проведения уже первой части работ по количественной оценке защищенности грунтовых и подземных вод нами рассматривались такие свойства, как проницаемость почв, их механический состав и фильтрационные особенности грунтов (рис. 2). Отметим, что при их анализе в отдельную группу выделены

участки, занятые интразональными почвами (в основном солонцы и солончаки), а также лесные массивы, которые практически не участвуют в сельскохозяйственной деятельности.

На изучаемой территории преобладают аллювиальные и аллювиально-озерные четвертичные отложения, представленные суглинками и супесями. По площади распространения лидируют на поверхности водораздельных участков лессовидные покровные суглинки и среднесуглинистые пылеватые грунты, в озерных котловинах – опесчаненные или легкие суглинки, а в речных долинах – эоловые пески. Коэффициенты фильтрации колеблются от 0.05 до 0.15 м/час.

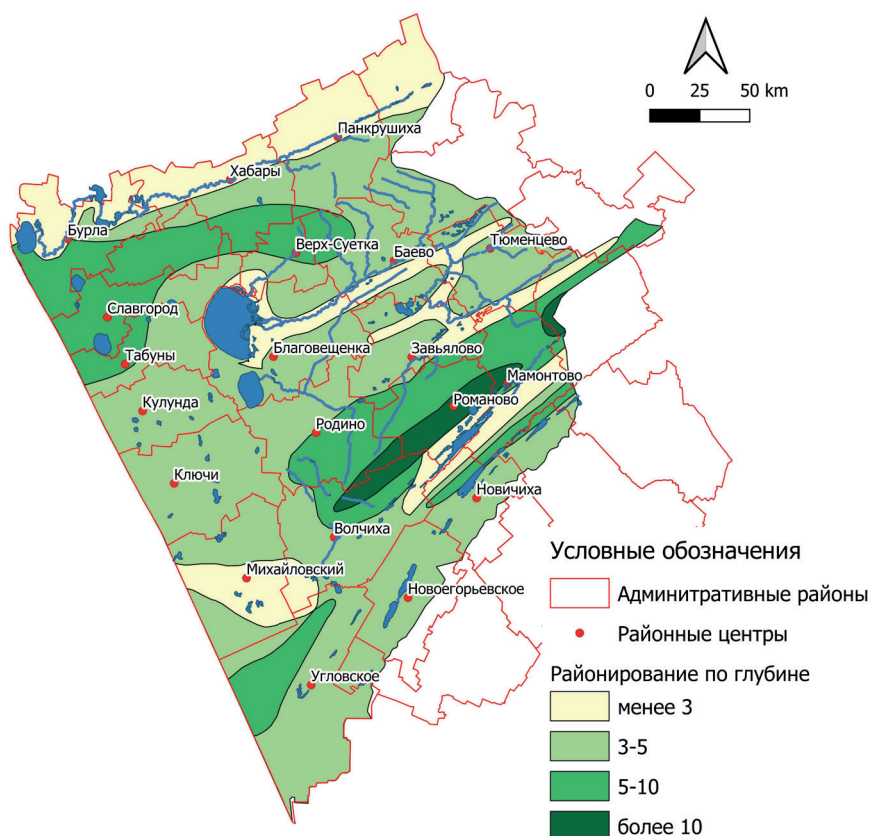


Рис.1. Глубина залегания грунтовых вод в пределах бессточной области Обь-Иртышского междуречья на территории Алтайского края [составлено по Акуленко, 1979]

Fig.1. The depth of groundwater within the drainless region of the Ob-Irtysh interfluve in the Altai Territory [compiled by Akulenko, 1979]

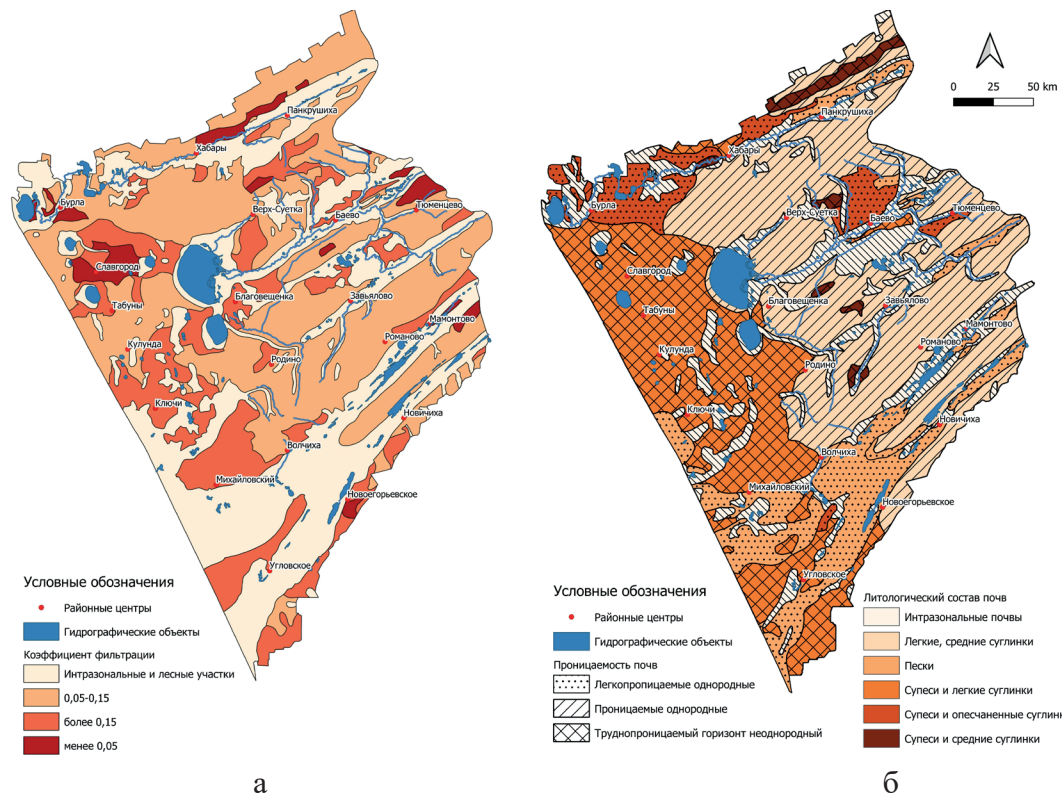


Рис. 2. Фильтрационные особенности грунтов (а) и проницаемость почв (б) бессточной области Алтайского края (оценка выполнена автором на основе [Алтайский край. Атлас, 1978])
 Fig. 2. Filtration features (a) and soil permeability (б) of soils of the drainless region of the Altai Territory (the assessment was made by the author on the basis of [Altai Territory. Atlas, 1978])

Перечисленные выше типы грунтов перекрыты частично проницаемыми однородными почвами, например, в бассейнах рек Кулунда, Бурла, Суетка, Касмала, Барнаул (исключая собственно долинные и пойменные участки), а также труднопроницаемыми неоднородными почвами – в пределах озерных бассейнов бессточной области Кулундинской низменности.

Территории с высоким коэффициентом фильтрации (более 0.15 м/час) приурочены в основном к южной и юго-западной частям бессточной области Алтайского края, хотя распространены небольшими площадями севернее и восточнее, по-видимому, там, где получили распространение легкосуглинистые песчаные грунты. Именно в этих типах грунтов создаются

наиболее благоприятные условия для быстрого проникновения ЗВ.

Анализ источников антропогенного загрязнения произведен по аналогии с методикой В.М. Гольдберга [Гольберг, 1987] с учетом следующих типов объектов: промышленные и сельскохозяйственные предприятия, вырабатывающие большие количества отходов; поверхностные приемники жидких и твердых отходов; автозаправочные (АЗС) и автомоечные станции; склады горючего, ядохимикатов и химических реагентов; автотранспорт и населенный пункт в целом.

Для выделения очагов потенциального влияния все источники загрязнения на примере Благовещенского муниципального района Алтайского края сгруппированы по пяти основным категориям:

- индустриальные: промышленные объекты, складские комплексы, территории ферм, зернохранилища, стоянки автотранспорта, заброшенные и неиспользуемые здания;
- сельскохозяйственные: пашни, сенокосы и пастбища;
- коммунальные объекты специального назначения – кладбища, поля фильтрации, скотомогильники, полигоны твердых коммунальных и промышленных отходов;
- транспортные: автомобильные и железнодорожные объекты, АЗС;
- селитебные: территории населенных пунктов и садоводств.

Для выполнения крупномасштабной количественной оценки защищенности грунтовых вод бессточной области Алтайского края Благовещенский район выбран неслучайно. Район активно развивается в последние десятилетия, главным образом за счет расположенного на его территории крупного предприятия химической промышленности («Кучук-сульфат»). По численности населения

среди сельских районов края является седьмым, а на территории бессточной области по этому показателю занимает второе место, уступая только Славгородскому городскому округу.

Район характеризуется высоко-развитым сельским хозяйством, представленным преимущественно товарным зерноводством, в том числе выращиванием элитных сортов зерновых культур. Отрасль представлена сельхозпредприятиями, средними и мелкими личными подсобными хозяйствами [Стратегия..., 2021]. Посевная площадь составляет более 110 тыс. га и каждый год колеблется то в сторону уменьшения, то в сторону – увеличения. Около 70% общей посевной площади занимают зерновые и зернобобовые культуры [База данных...].

В структуре земель района (табл. 1) значительную долю (83.2%) занимают сельхозугодия и водный фонд. Площадь пашни по данным за 2021 г. составила 129.2 тыс. га, сенокосов и пастбищ – 89.8 тыс. га, многолетних насаждений – 0.3 тыс. га, залежи – 2.0 тыс. га [Стратегия..., 2021].

Таблица 1

Структура земельного фонда Благовещенского района [Стратегия..., 2021]

Table 1

The structure of the land fund of the Blagoveshchensk district [Strategy..., 2021]

Категория земель	Занимаемая площадь, тыс. га	Доля в площади района, %
земли сельскохозяйственного назначения	253.4	68.6
земли промышленности и транспорта	46.8	12.7
земли водного фонда	54.0	14.6
земли населённых пунктов	7.1	1.9
земли запаса	1.7	0.5
земли лесного фонда	6.3	1.7
<i>Всего</i>	<i>369.3</i>	<i>100</i>

Водный фонд представлен реками (в основном Кулунда и Кучук), озерами, искусственными водными объектами, в том числе Кулундинским каналом. Озера Кулундинское и Кучукское полностью располагаются на территории Благовещенского района, а также имеется много мелких озер разного солевого состава, прудов-копаней, которые отнесены к неиспользуемым водным объектам. К сельскохозяйственным источникам загрязнения нами отнесены поля и пастбища.

Все складские комплексы, стоянки техники, капитальные строения ферм и примыкающие к ним территории, зернохранилища, а также неиспользуемые и заброшенные в настоящее время здания составили категорию промышленных источников загрязнения.

В районе действуют восемь АЗС и одна АГЗС. Протяженность автомобильных дорог общего пользования составляет 617,8 км, в том числе регионального или межмуниципального значения – 268,2 км (из них 251,0 км – дороги с твердым покрытием, 17,2 км – дороги с грунтовым покрытием), местного значения – 349 км (из них 174,0 – дороги с твердым покрытием) [Стратегия..., 2021]. Данные объекты отнесены к категории транспортных источников загрязнения.

Объекты специального назначения представлены кладбищами, скотомогильниками, полями фильтрации, полигонами ТКО и специализированными полигонами «Кучуксульфата». Кладбища имеются в каждом населенном пункте, а также в нескольких ликвидированных селах. Согласно Схеме территориального

планирования [Схема..., 2013], на территории района располагается 11 скотомогильников. Система канализации построена только в двух населенных пунктах – Благовещенка и Степное Озеро. В ведении обслуживающих предприятий находятся девять канализационно-насосных станций (КНС) и биологических очистных сооружений (БОС). Количество стоков, поступающих на очистные сооружения, колеблется в пределах 1,8–2,4 тыс. м³/сут. [Схема..., 2013; Стратегия..., 2021]. Согласно АИС «Комплексное управление отходами», на территории района действуют два полигона ТКО с проектной мощностью 6475 и 2500 т.

Территория, занятая домохозяйствами (в том числе заброшенными), общественно-деловыми объектами, садовыми участками, т.е. по существу населенных пунктов, выделена в категорию селитебных источников загрязнения. Численность постоянного населения Благовещенского района на 01.01.2021 г. составляла 27,4 тыс. человек. Здесь расположено 30 населенных пунктов, в том числе два поселка городского типа, в которых проживает свыше 63,6% населения. В рп. Благовещенка на 01.01.2021 г. проживало 11390 чел., в рп. Степное Озеро – 6163 человека. В структуре расселения преобладают сельские поселения с численностью населения от 500 до 1000 человек. В последние годы идет стабильная убыль населения района [Стратегия..., 2021; База данных...].

Природную защищенность грунтовых вод от загрязнения определяют природные условия территории района. В первую очередь, геоморфологические

особенности. Район характеризуется выровненным рельефом, преобладающие углы наклона не превышают 0.5° . Глубина расчленения рельефа варьируется от 20 до 50 м. Густота расчленения рельефа (среднее расстояние между соседними понижениями рельефа) слабая – более 2.5 км, за исключением юго-восточной части района и участков долины р. Кулунда, где она увеличивается до 1.2–1.0 км.

Выделяется ложбина древнего стока реки Кулунда. Она имеет плоский рельеф, но осложненный в ряде мест бугристо-грядовыми формами с большим количеством заболоченных понижений. Русла рек Кулунда, Кучук извилистые и формируют сравнительно широкую долину. К озерам Кулундинское и Кучукское примыкает приозерная терраса, которая является самой пониженной частью района [Орлова, 2014].

Данные территории также отнесены к неиспользуемым, за исключением населенных мест.

Грунтовые воды на территории бессточной области Обь-Иртышского междуречья встречаются повсеместно. Глубина залегания варьирует в среднем от 3 до 5 м [Алтайский край..., 1978]. В некоторых районах может превышать 10 м, в других составляет менее метра. В Благовещенском районе уровень колеблется от менее чем 3 до 10 м (рис. 3). Ближе всего к поверхности грунтовые воды подходят рядом с водными объектами: озерами и в поймах рек. Наибольшая глубина залегания (до 10 м) отмечается на небольшом участке на юго-западе района, где располагаются села Яготино и Орлеан. На основной территории района грунтовые воды располагаются на глубине 3–5 м.

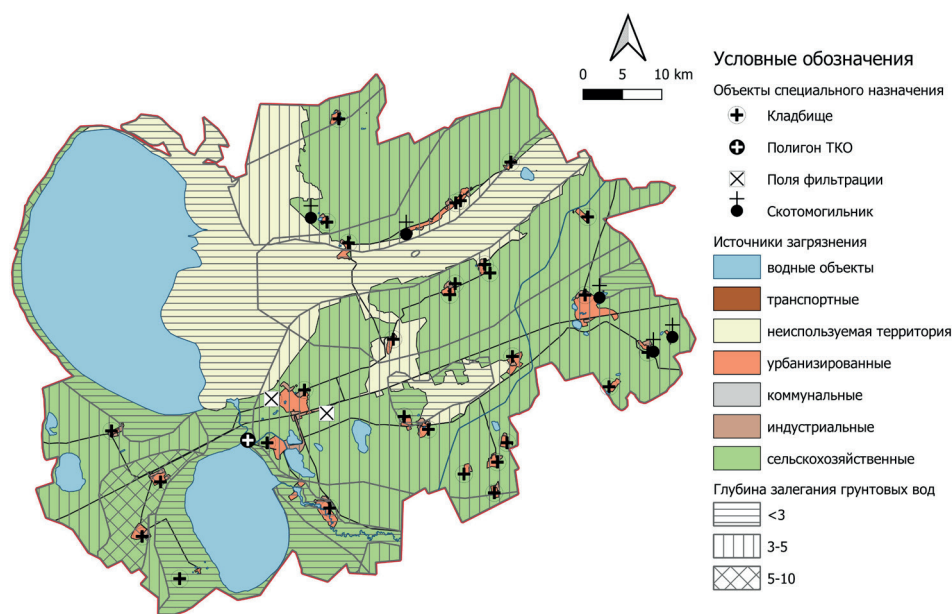


Рис. 3. Глубина залегания первого от поверхности земли водоносного горизонта на территории Благовещенского района

Fig. 3. Depth of occurrence of the first aquifer from the earth's surface on the territory of the Blagoveshchensk district

При всех прочих равных условиях
естественная защищенность грунтовых вод

Среди источников потенциального загрязнения следует выделить значительную долю сельскохозяйственных объектов и неиспользуемых земель. В категории неиспользуемых – почти 50% составляют водные объекты. Остальные площади потенциального загрязнения связаны с селитебными территориями, объектами промышленности и транспорта, а также специального назначения (рис. 5, табл. 2).

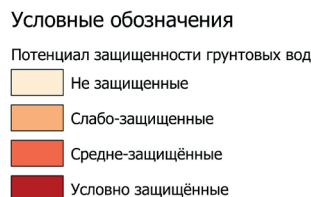


Fig. 4. Natural protective potential of ground waters of Blagoveshchensk district

Таблица 2

Категории источников потенциального загрязнения (в соответствии с рис. 5)

Table 2

Categories of sources of potential pollution (according to fig. 5)

Категория источников	Площадь, м ²	Доля от общей площади, %
индустриальные	18.82	0.63
сельскохозяйственные	2040	68.09
коммунальные	1.27	0.04
транспортные	13.37	0.45
урбанизированные (селитьба)	61.12	2.04
неиспользуемые земли:	861.5	28.75
в том числе водные объекты	791.6	26
<i>Всего</i>	<i>2996.08</i>	<i>100</i>

И все же на территории Благовещенского района сложились достаточно благоприятные природные условия, способствующие минимизации загрязнения грунтовых вод от хозяйственной деятельности. Исключение составляют долины рек и озер. Проанализировав природные и социально-экономические особенности Благовещенского района, нами были выделены объекты, которые могут выступить загрязнителями грунтовых вод при нарушениях их эксплуатации (рис. 6).

Самым крупным потенциальным загрязнителем является предприятие «Кучуксульфат». Производство основывается на добыче сырья из озера Кучукское, которое складывается в виде больших открытых терриконов вдоль берега. Развеиваемые соляные частицы засоряют окружающую территорию [Орлова, 2014]. Учитывая, что в данной местности уровень грунтовых вод очень низкий, существует реальная возможность просачивания с поверхности почвы загрязняющих веществ.

На северо-восточном берегу озера Кучукское находятся полигон ТКО и шламонакопитель. Данные объекты располагаются в непосредственной близости от озера, что может способствовать попаданию веществ как в поверхностные водные источники, так и в подземные воды. По потенциалу защищенности данная территория в целом характеризуется как «условно защищенная», но уровень грунтовых вод здесь низкий – менее 3 м. В зону риска попадают скотомогильники, размещенные у сел Михайловка и Долинка. Поля фильтрации находятся в районном центре Благовещенка. Природные условия в местах их расположения достаточно благоприятные, вместе с тем, необходимо строгое соблюдение правил эксплуатации.

Из населенных мест самым крупным очагом потенциального загрязнения является село Шимолино. Данный населенный пункт является четвертым по количеству населения, здесь располагается сельскохозяйственный производственный кооператив.

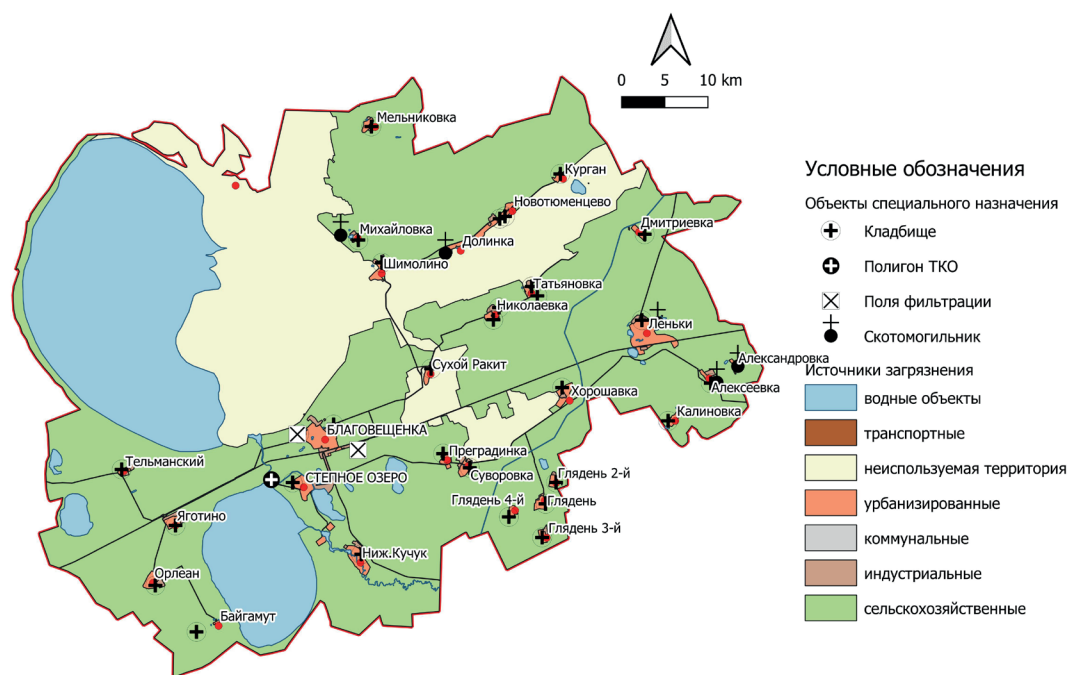


Рис. 5. Категории источников антропогенного загрязнения Благовещенского района
Fig. 5. Categories of sources of anthropogenic pollution of the Blagoveshchensk district

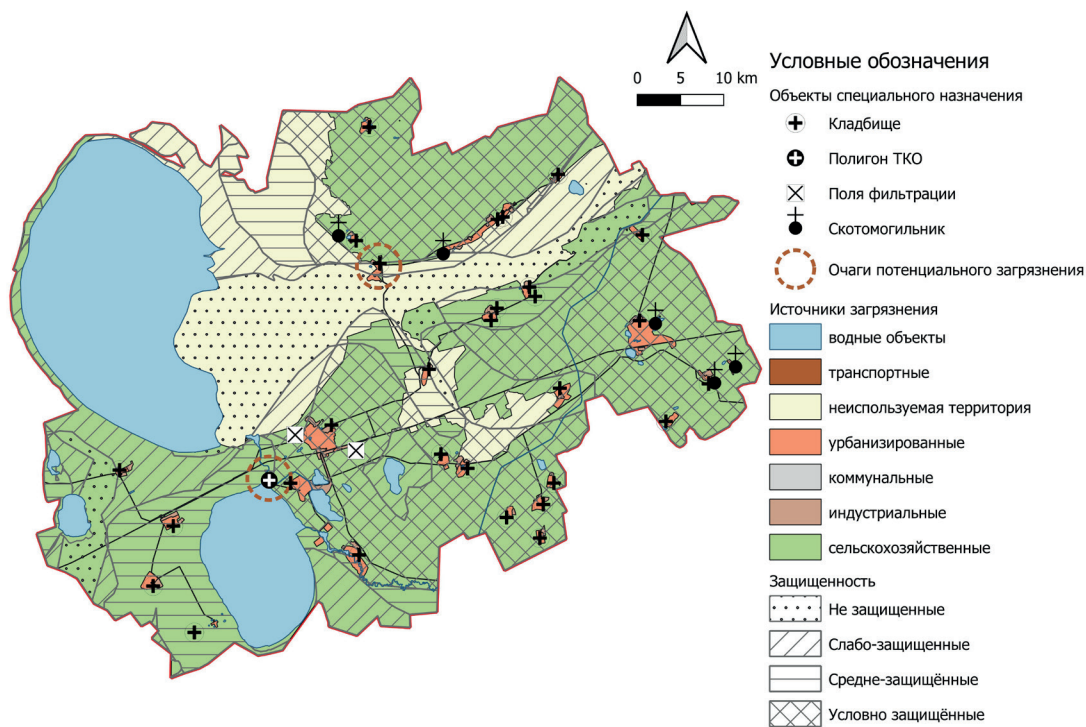


Рис. 6. Очаги потенциального загрязнения грунтовых вод
Fig. 6. Focus of potential groundwater pollution

Оно ближе всех располагается к долине реки Кулунда, которая, в свою очередь, характеризуется низкой защищенностью и небольшими глубинами залегания грунтовых вод. Также можно выделить населенные пункты Степное Озеро, Благовещенка, Нижний Кучук, Сухой Ракит, Преградинка, Хорошаевка, которые располагаются на слабозащищенных участках.

Выделенные объекты могут выступить в качестве источников загрязнения грунтовых вод при нарушениях правил эксплуатации или в случае чрезвычайной ситуации. Участки их размещения следует дополнительно изучить на наличие в объектах окружающей среды ЗВ. Наибольшую потенциальную опасность представляют территории размещения полигонов ТКО и специализированных отходов «Кучуксульфата», а также территория с. Шимолино.

Заключение

Первым этапом оценки защищенности грунтовых и подземных вод от потенциального загрязнения является изучение природных условий и факторов, способствующих или препятствующих фильтрации загрязняющих веществ, то есть качественная оценка. Второй этап – количественная оценка, которая направлена на установление времени просачивания ЗВ до уровня (горизонта) водных источников.

Количественная оценка может быть разделена на две части – изучение и анализ характеристик природных и техногенных факторов потенциального загрязнения с

определением источников антропогенного воздействия; и расчет времени, за которое отдельные загрязняющие вещества смогут достичь уровня грунтовых вод в конкретных природных условиях. При этом результатом первой части оценки становится определение очагов потенциального загрязнения, второй – расчет времени фильтрации ЗВ и оценка их опасности.

На примере бессточной области Алтайского края и Благовещенского района выполнены первый этап (качественная оценка) и первая часть количественной оценки защищенности грунтовых вод. При этом использованы данные литературных и статистических источников, дистанционного зондирования Земли, картографические материалы и результаты экспедиционных исследований. Выделены территории с разной степенью защищенности грунтовых вод по природным условиям и особенностям региона исследования: от незащищенных до средне- и условно-защищенных. На территории Благовещенского района определены источники и очаги потенциального загрязнения – полигоны ТКО и специализированных отходов «Кучуксульфата» в пгт Благовещенка и Степное Озеро, а также селитебная территория с. Шимолино. Для этих объектов будут продолжены детальные исследования по оценке времени и опасности поступления загрязняющих веществ в первый от поверхности горизонт подземных вод.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №21-55-75002.

Список литературы

АИС «Комплексное управление отходами» [Электронный ресурс]. URL: <http://193.105.235.98/terr-schema/map> (дата обращения 20.01.2023).

Акуленко Ю.Н. Основы мелиоративной гидрогеологии степного Алтая. // Природные особенности мелиорации в степном Алтае. Красноярск, 1979. С. 3–101.

Алтайский край. Атлас / Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР. Москва-Барнаул, 1978. Т.1. 235 с.

База данных муниципальных образований [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/> (дата обращения 10.12.2022).

Белоусова А.П., Проскурина И.В., Руденко Е.Э. Оценка защищенности подземных вод от загрязнения с целью их использования для водоснабжения юга России // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011. №5. С. 62–70.

Белоусова А.П., Агеева И.В., Руденко Е.Э. Оценка защищенности подземных вод юга Европейской части России // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 2. С. 131–141. doi: 10.7868/S0321059614020035

Белоусова А.П. Особенности мелкомасштабной оценки защищенности подземных вод от загрязнения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. №2. С. 68–84. doi: 10.35567/1999-4508-2015-2-6

Белоусова А.П., Руденко Е.Э., Миняева Ю.В. Опыт усовершенствования методики оценки защищенности подземных вод от загрязнения // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2018. №4. С. 42–56.

Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л., 1987. 247с.

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

Джамалов Р.Г. Инженерная геоэкология. Основы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии. Дубна: Гос. Ун-т «Дубна», 2017. 350 с.

Ежегодные экологические доклады «Об охране окружающей среды в Алтайском крае» / Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Алтайского края [Электронный ресурс]. URL: <https://minprirody.alregn.ru/doklady> (дата обращения 06.09.2022).

Орлова Е.С. Мелкомасштабная оценка потенциала защищенности грунтовых вод Алтайского края // Известия АО РГО. 2018. Т.49, №2. С. 11–17.

Орлова И.В. Ландшафтно-агроэкологическое планирование территории муниципального района. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 254 с.

Стратегия социально-экономического развития муниципального образования Благовещенский район Алтайского края до 2035 года. Благовещенка, 2021.

[Электронный ресурс]. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/> (дата обращения 06.09.2022).

Схема территориального планирования муниципального образования Благовещенский район Алтайского края. Барнаул, 2013. Т.1. Пояснительная записка. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/> (дата обращения 06.09.2022).

Deepesh M., Madan K. J., Vijay P. Singh, Chinchu M. Assessment and mapping of ground-water vulnerability to pollution: Current status and challenges // *Earth-Science Reviews*. 2018. No.185. P. 901–927. doi: 10.1016/j.earscirev.2018. 08.009

Ducci D., Sellerino M. A Modified AVI Model for Groundwater Vulnerability Mapping: Case Studies in Southern Italy // *Water*. 2022. No. 14 (2). P. 248. doi.org/10.3390/w14020248.

Gogu R., Dassargues A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods // *Environmental Geology*. 2000. No. 39. P. 549–559. doi.org/10.1007/s002540050466

Ibe K.M., Nwankwor G.I., Onyekuru S.O. Assessment of ground water vulnerability and its application to the development of protection strategy for the water supply aquifer in Owerri, Southeastern Nigeria // *Environmental monitoring and assessment*. 2001. No. 67. P. 323–360. doi.org/10.1023/A:1006358030562

References

AIS «Kompleksnoe upravlenie otkhodami» [AIS Integrated Waste Management]. URL: <http://193.105.235.98/terr-schema/map> (accessed: 20.01.2023).

Akulenko Yu.N. Osnovy meliorativnoi gidrogeologii stepnogo Altaya. [Fundamentals of reclamation hydrogeology of the steppe Altai] // *Prirodnye osobennosti melioratsii v stepnom Altae*. [Natural features of land reclamation in the Altai steppe]. Krasnoyarsk, 1979. P. 3–101. (in Russian).

Altaiskii krai. Atlas [Altai Krai. Atlas] / Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii pri sovetе ministrov SSSR [The Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR]. Moskva-Barnaul, 1978. Vol. 1. 235 p. (in Russian).

Baza dannykh munitsipal'nykh obrazovaniy [Database of municipalities]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/> (accessed: 10.12.2022).

Belousova A.P., Proskurina I.V., Rudenko E.E. Otsenka zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya s tsel'yu ikh ispol'zovaniya dlya vodosnabzheniya yuga Rossii [Assessment of groundwater protection from pollution for the purpose of their use for water supply in the South of Russia]// *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie* [Water treatment. Water treatment. Water supply]. 2011. No. 5. P. 62–70. (in Russian).

Belousova A.P., Ageeva I.V., Rudenko E.E. Otsenka zashchishchennosti podzemnykh vod yuga Evropeiskoi chasti Rossii [Assessment of groundwater protection in the south of the European part of Russia] // *Vodnye resursy* [Water resources]. 2014. Vol. 41, no. 2. P. 131–141. (in Russian).

Belousova A.P. Osobennosti melkomasshtabnoi otsenki zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya [Features of small-scale assessment of groundwater protection from pollution] // *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water management in Russia: problems, technologies, management]. 2015. No. 2. P. 68–84. (in Russian).

Belousova A.P., Rudenko E.E., Minyaeva Yu.V. Opyt usovershenstvovaniya metodiki otsenki zashchishchennosti podzemnykh vod ot zagryazneniya [Experience in improving the methodology for assessing the protection of groundwater from pollution] // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie [Water treatment. Water treatment. Water supply]. 2018. No. 4. P. 42–56. (in Russian).

Gol'dberg V.M. Vzaimosvyaz' zagryazneniya podzemnykh vod i prirodnoi sredy. [The relationship of groundwater pollution and the natural environment.]. L., 1987. 247 p. (in Russian).

Gol'dberg V.M., Gazda S. Gidrogeologicheskie osnovy okhrany podzemnykh vod ot zagryazneniya [Hydrogeological foundations of groundwater protection from pollution]. M.: Nedra, 1984. 262 p. (in Russian).

Dzhamalov R.G. Inzhenernaia geokologiya. Osnovy gidrogeologii, inzhenernoi geologii, geokriologii. [Engineering geoecology. Fundamentals of hydrogeology, engineering geology, geocryology.]. Dubna: Gos. Un-t «Dubna», 2017. 350 p. (in Russian).

Ezhegodnye ehkologicheskie doklady «Ob okhrane okruzhayushchei sredy v Altaiskom krae» [Annual environmental reports «On environmental protection in the Altai Territory»] / Ofitsial'nyi sait Ministerstva prirodnnykh resursov i ehkologii Altaiskogo kraia [Official website of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Altai Territory]. URL: <https://minprirody.alreg.ru/doklady> (accessed: 06.09.2022).

Orlova E.S. Melkomasshtabnaya otsenka potentsiala zashchishchennosti gruntovykh vod Altaiskogo kraia [Small-scale assessment of the potential of groundwater protection in the Altai Territory] // Izvestiya AO RGO. 2018. Vol. 49, no. 2. P. 11–17. (in Russian).

Orlova I.V. Landshaftno-agroekologicheskoe planirovanie territorii munitsipalnogo raiona. [Landscape and agroecological planning of the territory of the municipal district] Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2014. 254 p. (in Russian).

Strategiya sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya munitsipal'nogo obrazovaniya Blagoveshchenskii raion Altaiskogo kraia do 2035 goda. Blagoveshchenka, 2021 [Strategy of socio-economic development of the municipality of Blagoveshchensk district of the Altai Territory until 2035. Blagoveshchenka, 2021]. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/> (accessed: 06.09.2022).

Skhema territorial'nogo planirovaniya munitsipal'nogo obrazovaniya Blagoveshchenskii raion Altaiskogo kraia. T.1. Poyasnitel'naya zapiska. [The scheme of territorial planning of the municipality Blagoveshchensk district of the Altai Territory. Vol. 1. Explanatory note]. Barnaul, 2013. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/> (accessed: 06.09.2022).

Deepesh M., Madan K. J., Vijay P. Singh, Chinchu M. Assessment and mapping of groundwater vulnerability to pollution: Current status and challenges // Earth-Science Reviews. 2018. No.185. P. 901–927. doi: 10.1016/j.earscirev.2018. 08.009

Ducci D., Sellerino M. A Modified AVI Model for Groundwater Vulnerability Mapping: Case Studies in Southern Italy // Water. 2022. No. 14 (2). P. 248. doi.org/10.3390/w14020248.

Gogu R., Dassargues A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods // Environmental Geology. 2000. No. 39. P. 549–559. doi.org/10.1007/s002540050466

Ibe K.M., Nwankwor G.I., Onyekuru S.O. Assessment of ground water vulnerability and its application to the development of protection strategy for the water supply aquifer in Owerri, Southeastern Nigeria // Environmental monitoring and assessment. 2001. No. 67. P. 323–360. doi.org/10.1023/A:1006358030562

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF GROUNDWATER PROTECTIVENESS: THE FIRST STAGE OF THE STUDY (ON THE EXAMPLE OF THE BLAGOVESHCHENSK DISTRICT OF THE ALTAI TERRITORY)

E.S. Orlova, I.D. Rybkina

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: irina.rybkina@mail.ru; morana-11@mail.ru

The assessment of the natural protection of groundwater can be used as a basis for planning water management measures and economic activities. In combination with data on anthropogenic load, it allows to identify focus of potential pollution. The article describes the natural conditions of potential protection of groundwater and gives a brief socio-economic assessment of the Blagoveshchensk district of the Altai Territory. Based on the results of the analysis of these two components, foci of potential pollution were identified, for which it is important to carry out a quantitative assessment of groundwater pollution.

Keywords: groundwater protectiveness; Blagoveshchensk district; anthropogenic load.

Received March 1, 2023. Accepted: April 10, 2023

Сведения об авторах

Орлова Елена Сергеевна – младший научный сотрудник лаборатории водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0009-0004-0650-4055. E-mail: morana-11@mail.ru.

Рыбкина Ирина Дмитриевна – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией водных ресурсов и водопользования Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. ORCID: 0000-0002-0081-9652. E-mail: irina.rybkina@mail.ru.

Information about the authors

Orlova Elena Sergeevna – Junior Researcher at the Laboratory of Water Resources Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0009-0004-0650-4055. E-mail: morana-11@mail.ru.

Rybkina Irina Dmitrievna – Dr. Sc. in Geography, Leading Researcher and Head of the Laboratory of Water Resources Management of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS. 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. ORCID: 0000-0002-0081-9652. E-mail: irina.rybkina@mail.ru.