

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВБЛИЗИ ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Клёцкина О.В.¹, Минькевич И.И.¹

ГОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия (614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15), e-mail: kl.oks22@mail.ru

Проведен анализ природных и техногенных факторов территориального расположения объектов размещения отходов и побочных продуктов от производства азотных минеральных удобрений. Всего рассмотрено 19 таких объектов. Для каждой из 19 территорий учитывались факторы, которые способствуют проникновению азотсодержащих загрязняющих веществ из объектов размещения отходов в подземные воды и обеспечивают их миграцию в подземной гидросфере. Среди техногенных факторов особое место отведено гидроизоляции объектов, фазовому и вещественному составу отходов, концентрации азотсодержащих веществ в объекте размещения отходов. Среди природных факторов анализировались геоморфологические условия, грунтовые воды и свойства водовмещающих пород (литология, мощность, коэффициент фильтрации, положение уровня грунтовых вод, минерализация, химический тип вод), литология и мощность водоупорных пород, тектонические и неотектонические условия, наличие карстующихся пород в разрезе. В результате проведенного анализа определены схожие природные и техногенные факторы, способствующие загрязнению подземных вод и обуславливающие типичность их миграции.

Ключевые слова: подземные воды, объекты размещения отходов, азотное загрязнение.

NATURAL AND MAN-MADE FACTORS OF CONTAMINATION OF GROUND WATERS IN THE VICINITY OF DISPOSAL FACILITIES FOR NITROGEN FERTILIZERS MANUFACTURING WASTE

Kletschina O.V.¹, Minkevich I.I.¹

State Educational Institution of Higher Professional Training "Perm State National Research University", Perm, Russia (15 Bukirev street, Perm, 614990), e-mail: kl.oks22@mail.ru

Analysis of natural and man-made factors of location of disposal facilities for waste and by-products of production of nitrogen-based chemical fertilizers has been made. A total of 19 facilities of such kind have been considered. For each of the 19 territories factors that contribute to penetration of nitrogen-containing contaminants from waste disposal facilities into ground waters and facilitate their migration in the underground hydrosphere have been taken into account. Among the man-made factors hydrofuge insulation of the facilities, phase and material composition of the waste, concentration of nitrogen-containing substances in a waste disposal facility hold a special place. Among natural factors geomorphic conditions, ground waters and properties of water-bearing materials (lithology, thickness, coefficient of permeability, ground waters level, mineralization, chemical type of water), lithology and thickness of water-resisting rocks, tectonic and neotectonic conditions, presence of karsting rocks in the section have been analyzed. As a result of the analysis made similar natural and man-made factors facilitating contamination of ground waters and conditioning generic character of their migration have been determined.

Keywords: ground waters, waste disposal facilities, nitrogen pollution.

Введение

Согласно статистическим данным Россия по производству удобрений за период с 1995 по 2010 г. поднялась с пятого на второе место в мире. Однако производимые азотные удобрения идут в основном на экспорт, в то время как на сельскохозяйственных угодьях страны отмечается недостаток внесения азотных удобрений в почву. В результате недостатка внесения удобрений вероятность загрязнения подземных вод азотсодержащими веществами

под сельхозугодиями снижена, и имеется возрастающая опасность загрязнения подземных вод в местах размещения отходов от производства азотных удобрений.

Целью данного исследования является изучение природных и техногенных факторов, обуславливающих загрязнение подземных вод азотсодержащими веществами вблизи объектов размещения отходов (ОРО).

Материал и методы исследования

Природные и техногенные факторы загрязнения подземных вод в местах размещения отходов от производства азотных удобрений изучались посредством анализа картографических материалов и опубликованных данных. Среди картографических материалов для изучения геоморфологических, геолого-гидрогеологических, тектонических и неотектонических условий и загрязнения азотными соединениями подземных вод использовались: 1) геологическая и гидрогеологическая карта СССР (серии: Московская (Л. N-37-XV), Средневолжская (Л. O-39-XIV, N-40-XX), Кузбасская (Л. N-45-III), Восточно-Саянская (Л. N-48-XXXII), Тихвинско-Онежская (Л. O-37-IX)) [4]; 2) государственная геологическая карта Российской Федерации (листы: N-(37), 38; N-(38), 39; N-(40), 41; O-(35), 36; O-(38), 39; L-(37), 38; M-(37), 38) [5]; 3) карта новейшей тектоники северной Евразии. М-б 1:5 000 000 (под ред. А.Ф. Грачева) [8]; 4) тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий. М-б 1:4 000 000 (сост. О.А. Мазарович и др.) [11]; 5) карта выявленных участков загрязнения подземных вод соединениями азота на территории Российской Федерации (сост. И.А. Коваленко) [7]. Техногенные факторы изучались посредством обзора опубликованных материалов [1; 2; 5; 8-10; 12-15].

С целью корректного анализа факторов посредством изучения картографических материалов был создан ГИС-проект.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучив структуру рынка удобрений [15], мы установили, что производство азотных удобрений в России сосредоточено в основном на 19 заводах минеральных удобрений (ЗМУ), первые 13 из которых производят 87% удобрений (рис. 1).

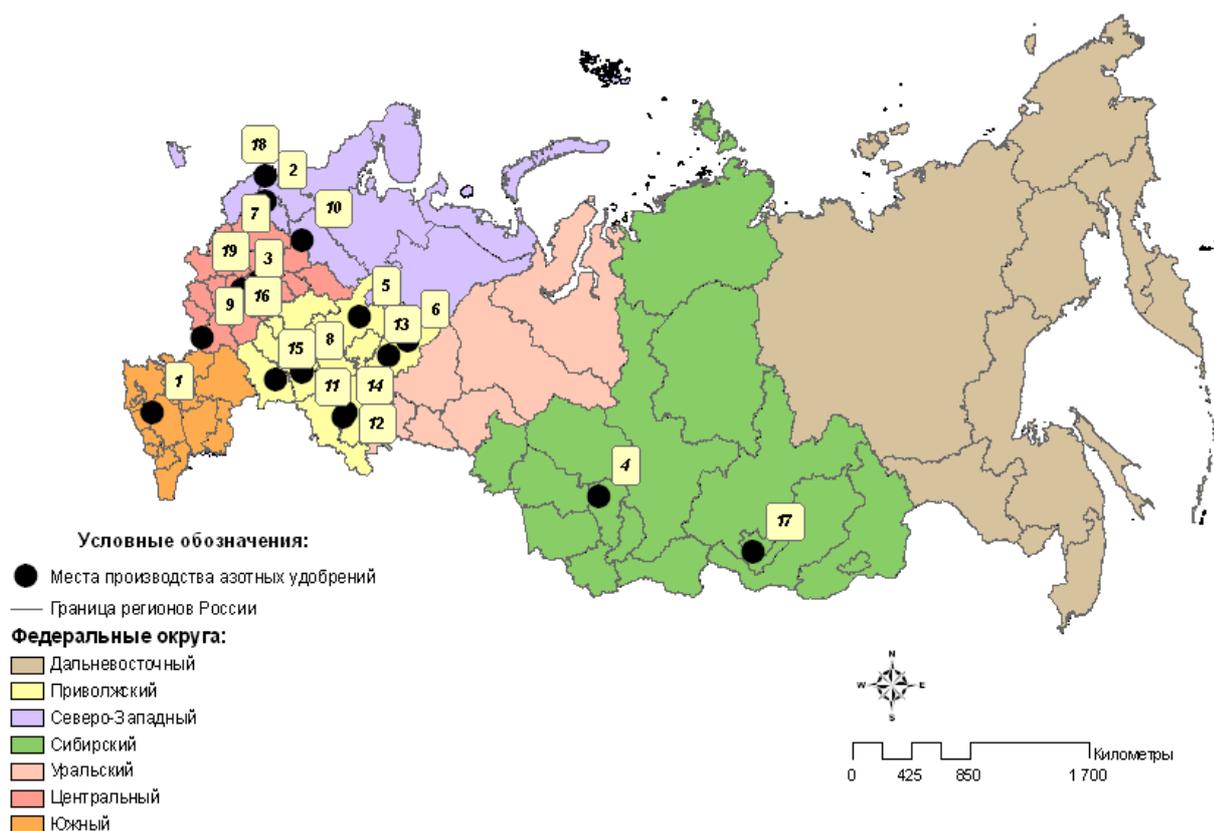


Рис. 1. Расположение производств азотных удобрений на территории России.
 Номер ЗМУ и его местоположение: 1 – г. Невинномысск; 2 – г. Великий Новгород; 3 – г. Новомосковск;
 4 – г. Кемерово; 5 – г. Кирово-Чепецк; 6 – г. Березники; 7 – пос. Верхнеднепровский; 8 – г. Тольятти;
 9 – г. Россошь; 10 – г. Череповец; 11 – г. Тольятти; 12 – г. Салават; 13 – г. Пермь; 14 – г. Мелеуз;
 15 – г. Балаково; 16 – г. Липецк; 17 – г. Ангарск; 18 – Кингисеппский р-н; 19 – г. Воскресенск.

В ГИС-проекте проанализировано положение ЗМУ. Установлено, что большая часть ЗМУ, производящих азотные удобрения, сосредоточена в Европейской части России – в Приволжском и Центральном федеральных округах.

Для каждого ЗМУ был проведен анализ природных факторов, оказывающих влияние на попадание загрязняющих веществ (ЗВ) из ОРО в подземные воды, а именно: 1) строение, фильтрационные и миграционные характеристики горизонта грунтовых вод (литология водовмещающих пород и пород зоны аэрации, мощность водоносного горизонта, коэффициент фильтрации, уровень грунтовых вод, минерализация и химический тип вод); 2) литология и мощность водоупорных пород для горизонта грунтовых вод; 3) геоморфологические условия расположения ЗМУ и ОРО; 4) тектонические и неотектонические условия; 5) наличие карстующихся пород в разрезе.

Анализ географического положения перечисленных выше ЗМУ показал, что они расположены в непосредственной близости от основных водных артерий регионов, что связано с большим водопотреблением. При этом расстояние от ОРО до реки составляет от 50 м до 2,6 км. В редких случаях, например ЗМУ в г. Перми, расстояние до крупного водоема

составляет около 16 км. Это связано, прежде всего, с технологическим процессом и историей развития производства.

Анализ природных факторов расположения ОРО ЗМУ, показал, что имеются как их сходства, так и различия. Очевидным сходством является приуроченность исследуемых объектов к пойменным и другим террасам рек. В связи с этим литология, генезис и фильтрационные свойства водовмещающих пород и режим грунтовых вод в основном схожи. Мощность горизонта грунтовых вод напрямую зависит от динамики потока реки и колеблется от 8 до 65 метров, достигая максимальных значений в долине р. Волги. Уровень грунтовых вод, как правило, располагается неглубоко, обычно не более 3,0 м. Минерализация грунтовых вод вне промышленных зон не превышает 1,0 г/дм³, за исключением ЗМУ 1 и ЗМУ 14, где повышенную минерализацию связывают с подтоком вод из нижележащих горизонтов. Гидрокарбонат-ион является преобладающим ионом в химическом составе грунтовых вод, в большинстве случаев это воды HCO₃-Ca. Водоупорными породами являются глинистые породы, но иногда выдержанный водоупор отсутствует и горизонт грунтовых вод имеет гидравлическую связь с нижележащим водоносным горизонтом, как, например, вблизи ЗМУ 9, где горизонт грунтовых вод (N-Q) имеет гидравлическую связь с нижележащим водоносным горизонтом (K₂t-k). Тектонические и неотектонические условия и наличие карстующихся пород в разрезе способствуют формированию сложных гидрогеологических условий. Так, например, в связи с активными тектоническими и карстовыми процессами в районе ЗМУ 6, 8, 11 отмечается повышенная водопроницаемость земной коры.

Сопоставление карты выявленных участков загрязнения подземных вод соединениями азота и мест расположения ЗМУ показало, что в 85% случаев вблизи ЗМУ выявлено загрязнение подземных вод азотсодержащими веществами. В этих местах интенсивность загрязнения составляет до 100 ПДК и более.

Состояние геологической среды вблизи ЗМУ, согласно данным государственных природоохранных и надзорных органов, является неудовлетворительным. Подобные данные имеются по ЗМУ 2, 4, 7, 9, 10. Как правило, оно проявляется в повышенном содержании аммония (NH₄⁺) и нитратов (NO₃⁻) в поверхностных водах.

Состояние подземных вод в пределах влияния на них ЗМУ в литературе освещено достаточно слабо. Имеются достоверные данные по трем ЗМУ – 5, 9 и 14.

На территории ЗМУ 5 отмечается минерализация грунтовых вод до 100 г/дм³ и более. Эта область «включает в себя территории, прилегающие к хвостохранилищу мела, трехсекционному шламонакопителю, а также значительные площади к западу от них» [2]. Преобладающими компонентами химического состава подземных вод в этой области

являются нитраты (NO_3^-), аммоний (NH_4^+), сульфаты (SO_4^{2+}), хлориды (Cl^-), нитриты (NO_2^-), стронций (Sr^{2+}) [2]. Некоторые исследователи считают нитрат аммония основным загрязнителем окружающей среды для данной территории.

В грунтовых водах отмечается высокое содержание нитрата аммония (NH_4NO_3). Источниками азотного загрязнения подземных вод признаются «высокоминерализованные воды хвостохранилища мела» [14]. Первоначально загрязнение имело преимущественно сульфатно-хлоридно-натриевый состав. На сегодняшний день состав ЗВ расширился за счёт поступления нитратов (до 57 г/дм^3) и аммония (до 14 г/дм^3) и стронция (до $1,5 \text{ г/дм}^3$) [14].

Отдельными авторами отмечается, что подземные воды разгружаются в пойменные водоемы и тем самым загрязняют их азотсодержащими веществами [2]. Концентрации нитратов в этих водоемах достигают 21 г/дм^3 , иона аммония – 13 г/дм^3 . В период прохождения весенних паводков начиная с 1996 г. отмечают загрязнение аммонийным азотом р. Вятка, основным источником которого в речных водах считают территории расположения загрязненных пойменных водоемов [13], «что негативным образом сказывается на системе питьевого водоснабжения нижерасположенных населенных пунктов, в том числе г. Кирова» [10]. Загрязнение азотсодержащими соединениями на территории ЗМУ вблизи ОРО характерно также для почв и донных отложений водоемов, для снегового покрова и для растительности.

На территории вблизи ЗМУ 9 отмечается загрязнение подземных вод азотсодержащими веществами. Нитраты, нитриты и аммоний являются основными загрязняющими веществами на территории ЗМУ 9. Наибольшая площадь загрязнения выделяется по аммонии – 8 км^2 . Содержание нитратов достигает $22\text{-}37 \text{ г/дм}^3$, нитритов – $0,2 \text{ г/дм}^3$, аммония – 15 г/дм^3 [5]. Минерализация подземных вод достигает 50 г/дм^3 . Преобладающими компонентами химического состава подземных вод под ЗМУ 9 являются нитраты, аммоний, иногда натрий [5]. Подземные воды глубоко метаморфизованные.

Также азотное загрязнение проявляется в водах р. Черная Калитва. Минерализация речных вод в некоторых случаях превышает 1 г/дм^3 . Кроме того, азотному загрязнению вблизи ЗМУ 9 подвержены грунты [5].

Согласно информации Главного Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды по Воронежской области под ЗМУ 9 главной причиной загрязнения подземных вод является неудовлетворительная гидроизоляция ОРО.

ЗМУ 14 является основным загрязнителем окружающей среды вблизи г. Мелеуз. Основные загрязняющие вещества (сульфаты, фосфаты, фториды, хлориды) поступают в подземные воды в результате нарушения гидроизоляции накопителя фосфогипса и испарителя пиритного огарка. Концентрации азотсодержащих веществ не превышают – $2,75$

мг/дм³ для нитритов, 12,6 мг/дм³ – для азота аммонийного, 103,2 мг/дм³ – для нитратов [12]. По нитратам отмечается превышение ПДК в 22 раза [1].

На территории ЗМУ 14 существует опасность разгрузки загрязненных вод в р. Белая в течение ближайших 5 лет [12], которая является основным источником водоснабжения предприятий и населения Республики Башкортостан [1; 12]. Р.Ф. Абдрахманов говорит о том, что «поверхностные и подземные воды региона нуждаются в защите, которая предполагает создание современной системы мониторинга, разработки высокопроизводительных и эффективных технологий очистки» [1].

Таким образом, на территории ЗМУ 14 азотное загрязнение проявляется в значительно меньшей степени, чем на ЗМУ 5 и 9, и носит второстепенный характер.

В результате анализа состояния геологической среды вблизи ЗМУ было установлено, что подземные воды под ЗМУ при наличии утечек из ОРО либо сильно загрязнены с содержанием ЗВ несколько десятков г/дм³, либо содержание азотных соединений в подземных водах не превышает нескольких мг/дм³. Вероятно, это связано с технологией производства, продукцией и соответствующими отходами. Основными отходами и побочными продуктами производства, образующимися на ЗМУ и складываемыми в ОРО, являются мел и фосфогипс с пиритным огарком. При этом территории, где хранится мел, отличаются значительными концентрациями азотсодержащих веществ в подземных водах и других компонентах окружающей среды.

Выводы

Итак, изучив природные и техногенные факторы размещения отходов и побочных продуктов производства азотных минеральных удобрений, мы установили некоторые особенности территорий расположения ЗМУ. К ним относится расположение ЗМУ и их ОРО в непосредственной близости от рек регионального значения на поймах и первых надпойменных террасах, приуроченность грунтовых вод к аллювиальным отложениям. Подземные воды на территориях, прилегающих к ЗМУ, чаще всего имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$) и минерализацию не более 1,0 г/дм³. Грунтовые воды, расположенные в зоне влияния ЗМУ, характеризуются повышенными концентрациями нитратов (NO_3^-), аммония (NH_4^+), нитритов (NO_2^-) и некоторых других компонентов. Основным техногенным фактором, способствующим загрязнению подземных вод, является недостаточная гидроизоляция ОРО. Установлено, что речные воды ниже ЗМУ в некоторых случаях используются в питьевом водоснабжении крупных населенных пунктов.

Список литературы

1. Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. – Уфа : Информреклама, 2005. - 344 с.
2. Ашихмина Т.Я., Дабах Е.В., Кантор Г.Я., Лемешко А.П., Скугорева С.Г., Адамович Т.А. Изучение состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. – 2010. – № 3. – С. 18–26.
3. Геологическая и гидрогеологическая карта СССР. Серии: Московская (Л. N-37-XV), Средневожская (Л. O-39-XIV, N-40-XX), Кузбасская (Л. N-45-III), Восточно-Саянская (Л. N-48-XXXII), Тихвинско-Онежская (Л. O-37-IX), 1959-1979.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации (Карта четвертичных образований. Карта дочетвертичных образований. Карта подземных вод. Объяснительная записка.) Листы: N-(37), 38- Нижний Новгород, N-(40), 41- Уфа, O-(38), 39- Киров, L-(37), 38- Ростов-на-Дону, N-(38), 39- Самара, M-(37), 38- Воронеж, O-(35), 36- Ленинград, 1988-2002.
5. Зинюков Ю.М. Техногенные изменения геологической среды и их контроль в условиях эксплуатации крупного предприятия химической промышленности. На примере АО «Минудобрения» г. Россошь Воронежской области : дис. ... к.т.н. 11.00.11 - Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. - Воронеж, 1998. - 234 с.
6. Карта выявленных участков загрязнения подземных вод соединениями азота на территории Российской Федерации / сост. И.А. Коваленко; ФГУП «Гидроспецгеология». - 2012.
7. Карта новейшей тектоники Северной Евразии. М-б 1:5000000 / гл. ред. А.Ф. Грачев; Минприроды России. РАН. - 1997.
8. Катаев В.Н., Щукова И.В. Подземные воды города Перми / ГОУ ВПО «Перм. гос. ун-т». - Пермь, 2006. - 142 с.
9. Коноплев А.В., Красильников П.А., Красильникова С.А., Клёцкина О.В. Картосемиотическая геоинформационная модель как основа для создания гидродинамической модели // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.
10. Лепихин А.П. Ляхин Ю.С. Влияние «отложенных» загрязнений на формирование гидрохимического режима водных объектов (на примере промышленного комплекса г. Кирово-Чепецк). - Водное хозяйство России. - 2011. - № 3. - С. 58-69.
11. Мазарович О.А., Милановский Е.Е., Костюченко С.Л. Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий. М-б 1:4000000 / МГУ им М.В. Ломоносова. – 2007. - 6 л.

12. Минигазимов И.Н. Защита окружающей среды от негативного воздействия отходов переработки горнорудного сырья (на примере ОАО «Минудобрения») : дис. ... к.г.-м.н.: 25.00.36 Геоэкология. - Уфа, 2002. - 190 с.
13. Мусихина Т.А., Клиндухова А.Д., Баскин З.Л. Прогноз качества воды реки Вятки в зоне санитарной охраны Кировского водозабора // Теоретическая и прикладная экология. – 2010. - № 4.
14. Отчет по гидрогеологическому доизучению на площади листов О-39-ХII, ХIIV (Котельнич, Киров), выполненному Котельничской ГГСП в 2005-2008 гг. (Книга 2) / отв. исполнитель И.В. Пшеничников. - Нижний Новгород, 2008. – 133 с.
15. Рынок минеральных удобрений, 2010. Аналитический обзор [Электронный ресурс] : сайт РБК Исследования рынков. – Режим доступа: [marketing.rbc.ru>research/562949978566316.shtml](http://marketing.rbc.ru/research/562949978566316.shtml) (дата обращения: 25.11.2013).

Рецензенты:

Осовецкий Б.М., д.г.-м.н., профессор, профессор кафедры минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.
Шенфельд Б.Е., д.т.н., профессор, директор ФГБУ УралНИИ «Экология», г. Пермь.