

УДК 551.493:549.75

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Канцерогенный риск загрязнения нитратами водных экосистем

Р. В. Галиулин,
Р. А. Галиулина,
Институт фундаментальных
проблем биологии РАН,
Московская область, г. Пущино
В. Н. Башкин,
ФГБУ науки Институт физико-
химических и биологических
проблем почвоведения РАН,
Московская область, г. Пущино

Аннотация

Оценено загрязнение нитратами водных экосистем г. Челябинска и его окрестностей путем анализа содержания данных веществ в подземной, поверхностной и дождевой воде, гидрофитах и донных отложениях. Содержание нитратов в подземной воде (из колодца и скважин) по сравнению с поверхностной водой (из р. Миасс, озер Первое и Смолино) было выше предельно допустимой концентрации (в 1,7—4,0 раза). Отмечено возрастание содержания нитратов в р. Миасс по ходу ее течения. Гидрофиты в зависимости от вида и места их обитания характеризовались различным содержанием нитратов.

Ключевые слова: водные экосистемы, нитраты, вода, гидрофиты, донные отложения, канцерогенный риск.

Содержание

Введение

1. Материалы и методы исследования

2. Результаты и их обсуждение

Заключение

Литература

Введение

К числу значимых источников поступления нитратов в водные экосистемы на урбанизированных территориях относятся промышленные и коммунально-бытовые сточные воды, а также аммиачно-нитратные и нитратные удобрения и навоз, используемые на прилегающих к этим территориям садово-огородных участках и сельскохозяйственных угодьях с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур [1, 2]. Другим источником поступления нитратов в водные экосистемы являются атмосферные осадки, загрязненные данными веществами в результате фотохимической трансформации окислов азота, поступающих в воздушную среду техногенными выбросами.

Риск негативного действия нитратов на человека определяется их способностью образовывать непосредственно в его организме канцерогенные N-нитрозамины (N-нитрозоамины) в результате реакции нитрозирования аминов, содержащихся в продуктах питания [1, 3—6]. Этот процесс в организме человека происходит после восстановления нитратов в нитриты, которые непосредственно участвуют в реакции нитрозирования. N-нитрозамины обладают широким спектром канцерогенного действия. Они могут способствовать возникновению злокачественных опухолей пищевода, желудка, печени, почек и мочевого пузыря через продукты метаболической активации данных соединений, протекающей под действием различных ферментов, расположенных в мембранах клетки.

Поэтому оказалось неслучайным установление положительной корреляции между загрязнением пахотных земель нитратными удобрениями и смертностью людей, например, от рака желудка [5, 6]. Данное обстоятельство можно объяснить хроническим поступлением нитратов через экологическую цепь почва — питьевая вода в организм человека с последующим их восстановлением в нитриты, взаимодействующих с аминами и приводящих к образованию канцерогенных N-нитрозаминов.

Проблема загрязнения нитратами водных экосистем особенно актуальна для Челябинска, характеризующегося высокой концентрацией промышленных и энергетических предприятий в пределах границ города. Известно, что в состав одной группы водных экосистем Челябинска входит р. Миасс с проточным Шершневским водохранилищем как источником питьевого и промышленного водоснабжения, а участок реки ниже города является приемником промышленных и коммунально-бытовых сточных вод (рисунок) [7, 8]. Другая группа водных экосистем Челябинска представлена озерами, расположенными в городской черте и также подверженными техногенному загрязнению, так как в некоторые из них поступают сточные воды промышленных и энергетических предприятий города. Подземные водоисточники представлены родниками, колодцами и скважинами, расположенными главным образом в окрестностях города, на прилегающих садово-огородных участках и сельскохозяйственных угодьях.

Цель работы заключалась в оценке загрязнения нитратами водных экосистем Челябинска и его окрестностей путем анализа их содержания в подземной, поверхностной и дождевой воде, гидрофитах (водных растениях) и донных отложениях.

1. Материалы и методы исследования

Для исследования загрязнения нитратами водных экосистем Челябинска и его окрестностей отобрали 5 проб воды из колодца и скважин, 2 — из родников, а также 13 проб воды, 4 образца донных отложений и 14 образцов гидрофитов из р. Миасс, озер Первое и Смолино. В районе оз. Первое отобрали также 1 пробу дождевой воды. В числе исследуемых образцов высших гидрофитов были тростник обыкновенный (*Phragmites communis*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), рдест гребенчатый

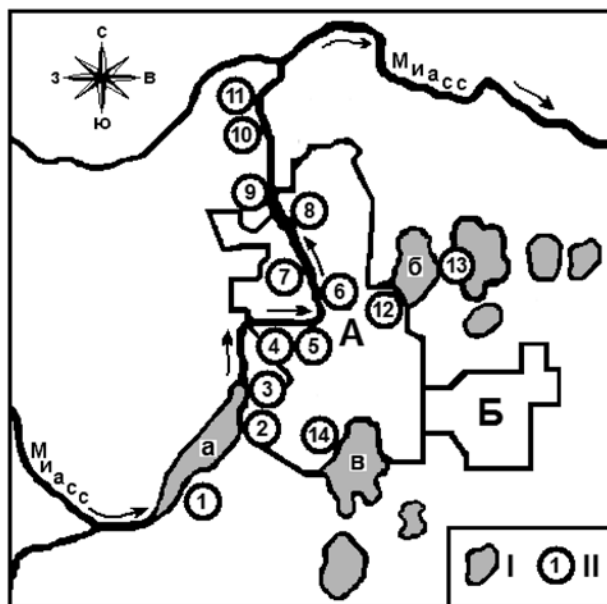


Рисунок. Карта-схема исследуемой территории [7]: А — г. Челябинск; Б — г. Копейск; I — водоемы: Шершневское водохранилище (а), озеро Первое (б), озеро Смолино (в) и другие озера; II — участки отбора: проб подземной воды (1, 4, 11), поверхностной воды (2, 3, 5—14) и дождевой воды (12), образцов гидрофитов (2, 3, 5, 6, 9—12) и донных отложений (5, 8, 9, 12)

(*Potamogeton pectinatus*), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*), элодея канадская (*Elodea canadensis*), а из низших гидрофитов — нитчатая водоросль спирогира (*Spirogyra*).

Перед анализом образцы гидрофитов и донных отложений высушивали при комнатной температуре, размалывали и просеивали. Содержание нитратов, выражаемых в виде нитратного азота (N-NO_3^-), в пробах воды, образцах гидрофитов и донных отложений определяли по методике, описанной в работе [9]. Согласно данной методике первоначально анализировали содержание аммонийного азота фенолят-гипохлоритным методом, затем определяли сумму аммонийного и нитратного азота в присутствии цинковой пыли и раствора сульфата меди, используемых для восстановления нитратного азота в аммонийный азот. Содержание искомого нитратного азота вычисляли по разнице между суммой аммонийного и нитратного азота и аммонийного азота, которые определяли в соответствующих растворах спектрофотометрическим методом при длине волны 670 нм.

2. Результаты и их обсуждение

Анализ содержания нитратов в подземной воде показали, что во всех 5 водоисточниках наблюдалось превышение их предельно допустимой концентрации (ПДК) по нитратному азоту (10 мг/л) в пределах 1,7—4,0 раза (таблица). Следует отметить, что данный гигиенический норматив установлен по так называемому санитарно-токсикологическому показателю вредности, характеризующему эффект негативного действия нитратов на организм человека при их поступлении с питьевой водой. В воде родников содержание нитратов было ниже ПДК, однако по ходу течения р. Миасс наблюдалось их увеличение с 0,2 до 5,6 мг/л, т. е. в 28 раз.

Об актуальности контроля содержания нитратов в подземных водоисточниках свидетельствует факт проведения недавних аналогичных исследований в Иркутской области, где было установлено превышение ПДК нитратов в 5 раз, а в Республике Дагестан — в 3,7 раза [10, 11].

Между тем анализ содержания нитратов в воде р. Миасс показал, что здесь отмечается четко выраженная тенденция возрастания их содержания по ходу течения реки с 0,2 до 7,2 мг/л, т. е. в 36 раз, что согласуется с возрастанием количества данных веществ в воде родников. Содержание нитратов в гидрофитах, произрастающих в реке, зависело от места их обитания и вида растений. Среди гидрофитов максимальное количество нитратов (1370 мг/кг) обнаружено в спирогири из Шершневого водохранилища, что связано с особенностями развития этого вида низших гидрофитов. Так, если высшие гидрофиты начинают вегетировать с началом прогрева воды, то спирогира не вегетирует только при полном отсутствии света, что позволяет ей развиваться гораздо дольше, а сле-

довательно, продолжительнее накапливать нитраты, чем высшие гидрофиты. Однако за пределами Шершневого водохранилища, непосредственно в р. Миасс, содержание нитратов в спирогири среди других гидрофитов оказалось минимальным (24 мг/кг), т. е. происходило снижение накопления данных веществ в спирогири в 57 раз, что позволяет предположить о чувствительности этого низшего гидрофита к антропогенной нагрузке, усиливающейся по ходу течения реки. Аналогичное можно сказать о тростнике обыкновенном, содержание нитратов в котором по ходу течения р. Миасс снижалось от 228 до 76 мг/кг, т. е. в 3 раза. Содержание нитратов в донных отложениях на всем протяжении р. Миасс было практически одинаковым. При этом не исключается десорбция данных веществ, приводящая к вторичному загрязнению водной массы вследствие взмучивания донных отложений из-за ветрового воздействия, увеличения скорости потока, драгирования (при дноуглубительных работах), повышения pH или температуры воды под действием сточных вод промышленных или энергетических предприятий.

В целом содержание нитратов в гидрофитах было в 213 раз больше, чем в речной воде, что указывает на определенное участие некоторых видов растений в очищении воды и донных отложений от данных веществ. Так, по ходу течения реки содержание нитратов в рдесте гребенчатом и элодее канадской как в укорененных растениях с вегетативными органами, погруженными в воду, возрастало соответственно от 312 до 708 мг/кг (в 2,3 раза) и от 140 до 540 мг/кг (в 3,9 раза).

Содержание нитратов в воде озер Первое и Смолино и гидрофитах, произрастающих в оз. Первое, было соответственно в среднем в 4 и 8 раз ниже, чем в р. Миасс, но выше в донных отложениях в 2 раза. Содержание нитратов в различных гидрофитах (рдест гребенчатый, элодея канадская, тростник обыкновенный) оз. Первое с одной стороны было одного порядка, с другой стороны — в 105 раз выше, чем в самой озерной воде, что свидетельствует об участии данных гидрофитов в очищении воды от нитратов, так же как и в реке. Об определенном вкладе атмосферных осадков в загрязнение нитратами водных объектов свидетельствует содержание данных веществ в дождевой воде. Как оказалось, количество нитратов в дождевой воде совпадало со средним количеством нитратов в озерной воде.

Содержание нитратного азота ($N-NO_3^-$) в различных природных компонентах Таблица

Компоненты	$N-NO_3^-$
Подземная вода (колодец, скважины)	25,0 (17,2—39,8) мг/л
Подземная вода (родники)	2,9 (0,2—5,6) мг/л
Вода р. Миасс	1,6 (0,2—7,2) мг/л
Гидрофиты р. Миасс	341 (24—1370) мг/кг
Донные отложения р. Миасс	2,3 (2,2—2,4) мг/кг
Вода озер Первое и Смолино	0,4 (0,1—0,8) мг/л
Гидрофиты оз. Первое	42 (24—56) мг/кг
Донные отложения оз. Первое	5,2 мг/кг
Дождевая вода в районе оз. Первое	0,4 мг/л

Заключение

Таким образом, антропогенная нагрузка на водные экосистемы Челябинска и его окрестностей как следствие попадания в них промышленных и коммунально-бытовых сточных вод и атмосферных осадков, а также использования аммиачно-нитратных и нитратных удобрений и навоза на садово-огородных участках и сельскохозяйственных угодьях приводит к загрязнению нитратами подземной воды в количествах выше ПДК, а также возрастанию содержания данных веществ в р. Миасс по ходу ее течения. Важной профилактической мерой по уменьшению риска негативного действия нитратов на человека через образование канцерогенных N-нитрозаминов является осуществление систематического контроля содержания нитратов в питьевой воде в условиях использования источников децентрализованного водоснабжения в виде колодцев и скважин. В случае превышения ПДК данных веществ в питьевой воде необходимо подвергать ее очистке широко распространенными способами, например основанными на явлениях обратного осмоса или ионного обмена.

Литература

1. Соколов О.А., Семенов В.М., Агаев В.А. Нитраты в окружающей среде. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. 317 с.
2. Murphy E.A. Nitrate in drinking water wells in Burlington and Mercer Counties, New Jersey // *Journal of Soil and Water Conservation*. 1992. V. 47. No 2. P. 183—187.
3. Башкин В.Н. Агрогеохимия азота. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1987. 270 с.
4. Костюковский Я.Л., Меламед Д.Б. Канцерогенные N-нитрозамины. Образование, свойства, анализ // *Успехи химии*. 1988. Т. LVII. Вып. 4. С. 625—655.
5. Zaldivar R., Wetterstrand W.H. Nitrate nitrogen levels in drinking water of urban areas with high- and low-risk populations for stomach cancer: an environmental epidemiology study // *Zeitschrift fur Krebsforschung und Klinische Onkologie*. 1978. V. 92. P. 227—234.
6. Zaldivar R. Nitrate fertilizers as environmental pollutants: positive correlations between nitrates (NaNO_3 and KNO_3) used per unit area and stomach cancer mortality rates // *Experientia*. 1977. V. 33. No 2. P. 264—265.
7. Кононов А.Н., Нестеренко В.С., Мочалова С.А. О комплексном экологическом мониторинге г. Челябинска // *Проблемы экологии Южного Урала*. 1998. № 4. С. 8—20.
8. Шадрина Л.Ф. Мониторинг загрязнения поверхностных вод // *ИНФОР*. Челябинск: Издательство Татьяны Лурье, 1999. № 3. С. 43—62.
9. Бочкарев А.Н., Кудяров В.Н. Определение нитратов в почве, воде и растениях // *Химия в сельском хозяйстве*. 1982. Т. XX. № 4. С. 49—51.
10. Безгодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // *Гигиена и санитария*. 2015. Т. 94. № 2. С. 15—19.
11. Абдурахманов Г.М., Гасангаджиева А.Г., Даудова М.Г., Гаджиев А.А. Эколого-географическая оценка заболеваемости злокачественными новообразованиями детского населения Республики Дагестан // *Экология человека*. 2015. № 8. С. 16—25.

Сведения об авторах

Галиулин Рауф Валиевич: доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 421

Область научных интересов: геоэкология

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: galiulin-rauf@rambler.ru

Галиulina Роза Адхамовна: научный сотрудник Института фундаментальных проблем биологии РАН (ИФПБ РАН)

Число публикаций: 250

Область научных интересов: геоэкология

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 33-14-53

E-mail: rosa_g@rambler.ru

Башкин Владимир Николаевич: доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН)

Число публикаций: более 300

Область научных интересов: биогеохимия и геоэкология

Контактная информация:

Адрес: 142290, Московская область, г. Пушино, ул. Институтская, д. 2

Тел.: +7 (4967) 73-02-81

E-mail: vladimir.bashkin@rambler.ru