

ВЛИЯНИЕ РАЗРЫВНОЙ ТЕКТониКИ НА ЕСТЕСТВЕННУЮ ЗАЩИЩЕННОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ КИЕВСКОЙ ОБЛАСТИ (УКРАИНА)

Н.П. Осокина

*Институт геологических наук НАН Украины
01601, ул. О. Гончара, 55-б, Киев, Украина
E-mail: N.Osokina@gmail.com*

Методом газовой хроматографии обследовано 89 и 80 проб воды четвертичного и эоценового водоносных горизонтов Киевской области (соответственно) на содержание стойких хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов, ГХЦГ и его изомеров, альдрин, гептахлор и фторсодержащий пестицид – трефлан). Σ ДДТ составляет 10^{-6} – 10^{-4} мг/л; ГХЦГ – 10^{-7} – 10^{-4} мг/л; альдрин, гептахлор не обнаружены; трефлан присутствует на уровне 10^{-8} – 10^{-6} мг/л. Результаты изучения влияния разломов на природную защищенность подземных вод на примере Киевской области (Украина) подтвердили существование такого влияния и показали недостаточность критериев оценки защищенности подземных вод от проникновения пестицидов, как, очевидно, и от других видов загрязнений. Зоны тектонических нарушений служат зонами быстрой фильтрации и миграции, в которых пестициды быстрее вымываются за счет большей скорости миграции. Накопление пестицидов происходит в местах с наиболее низкой тектонической раздробленностью.

Ключевые слова: пестициды, подземные воды, разрывная тектоника, зоны быстрой фильтрации и миграции.

Введение. На территории Киевской области нами было обследовано 89 и 80 проб воды четвертичного и эоценового водоносных горизонтов, соответственно (колодцы, скважины). Определено содержание длительноживущих и активно мигрирующих в природных условиях хлорорганических пестицидов: ДДТ и его метаболитов, ГХЦГ и его изомеров и фторсодержащего пестицида (трефлан).

Существующие методы прогноза загрязнения подземных вод основаны на сравнительной оценке мощности глинистых отложений, перекрывающих водоносные горизонты. Один из основных недостатков этих методов – то, что региональные водоупоры рассматриваются как однородные по фильтрационным параметрам в плане и разрезе, тогда как результаты многих исследований свидетельствуют об их существенной латеральной фильтрационной неоднородности, что прежде всего связано с наличием *трещинно-ослабленных зон в породах чехла, где миграция загрязнителей происходит более интенсивно. По нашему мнению, зоны тектонических нарушений служат зонами быстрой фильтрации и миграции (ЗБФМ).* ЗБФМ – это площади (в плане), участки (в разрезе) или объемы (в пространстве) геологической среды разного характера, размера и происхождения, характеризующиеся наличием путей быстрой фильтрации подземных вод и миграции

загрязнителей со скоростью, значительно превышающей фоновые значения в ненарушенной геологической среде вблизи данных зон [1].

Если геохимия изучает всю историю атомов (ионов) химических элементов Земли, то экологическая геохимия [7] рассматривает химический состав организмов и среды их существования, миграцию этих элементов в биосфере. На наш взгляд, составляющей экологической геохимии должна быть и геохимия техногенеза, предметом которой есть изучение антропогенного загрязнения разного рода загрязнителями (пестициды, тяжелые металлы, радионуклиды и др.) земной коры, водоемов и донных отложений того или иного региона. В данной работе на примере сельскохозяйственных загрязнителей, применяемых на полях Киевской области, показаны пути миграции пестицидов в подземные воды.

Цель работы: 1) определить содержание пестицидов в подземных водах; 2) выяснить закономерности миграции пестицидов в зависимости от разрывной тектоники; 3) выяснить влияние разрывной тектоники на естественную защищенность и уязвимость подземных вод.

Методы. Газохроматографический метод определения пестицидов в подземных водах и почве. Аэрокосмические методы исследований.

Результаты и их обсуждение. Для построения карт тектонической раздробленности [2, 6] Киевской области использованы материалы космиче-

ской съемки, несущие важную информацию о разрывных нарушениях, спектрозональные космические снимки масштаба 1 : 500 000, 1 : 200 000. Отдешифрированные линеаменты сопоставлены с картами геофизических полей, геологическими, современного рельефа земной поверхности, рельефа кристаллического фундамента, морфометрическими, отображающими современную тектоническую активность. По выделенным ведущим системам линеаментов были построены карты плотностей линеаментов (карты тектонической раздробленности). Просчитана плотность сети линеаментов на 1 км² (км/км²). Данные обработаны на компьютере с помощью табличного процессора EXCEL-5. Выполнен корреляционный анализ зависимости содержания пестицидов (ΣГХЦГ, ΣДДТ, трефлан) в водоносных горизонтах четвертичных и эоценовых отложений в зависимости от тектонической раздробленности. *Получена значимая отрицательная корреляция.* Значимые коэффициенты корреляции позволяют предположить наличие зависимости между тектонической раздробленностью и содержанием пестицидов в водоносных горизонтах. Чем выше степень тектонической раздробленности, тем меньше содержание ΣГХЦГ и его изомеров, особенно в воде четвертичного водоносного горизонта.

По нашему мнению, зоны тектонических нарушений служат зонами быстрой фильтрации и миграции, в которых пестициды быстрее вымываются за счет большей скорости миграции. Наличие значимых корреляционных связей для стойких хлорорганических пестицидов (ГХЦГ и ДДТ), свидетельствует о том, что *накопление пестицидов происходит в местах с наиболее низкой тектонической раздробленностью.* Результаты изучения влияния разломов на миграцию пестицидов в подземных водах подтвердили существование такого влияния и показали недостаточность критериев оценки защищенности подземных вод от проникновения пестицидов, как, очевидно, и от других видов загрязнений. При оценке защищенности подземных вод представляется необходимым учет фактора разломной тектоники.

Защищенностью подземных вод от загрязнения, поступающего с поверхности земли, оказывается перекрытие водоносного горизонта отложениями и прежде всего слабопроницаемыми, препятствующими проникновению в него загрязняющих веществ с поверхности земли. Защищенность подземных вод зависит от многих факторов, которые можно разбить на три группы – природные,

техногенные и физико-химические [3]. К основным природным факторам относятся: наличие в разрезе пород слабопроницаемых отложений; глубина залегания подземных вод; мощность; литология и фильтрационные свойства пород, перекрывающих водоносный горизонт; поглощающие (сорбирующие) свойства пород; соотношение уровней исследуемого и вышележащего водоносных горизонтов. К техногенным факторам относятся условия нахождения загрязняющих веществ на поверхности земли и определяемый этими условиями характер проникновения загрязняющих веществ в подземные воды. К физико-химическим факторам относятся специфические свойства загрязняющих веществ, их миграционная способность, сорбируемость, время распада, или химическая стойкость загрязняющих веществ, взаимодействие загрязняющих веществ с породами и подземными водами.

Грунтовые воды с точки зрения защищенности незащищены или характеризуются невысокой защищенностью, так как являются безнапорными и не перекрыты надежным водоупором. В общем случае защищенность оценивается на основе четырех показателей: глубины залегания уровня грунтовых вод; строения и свойств пород зоны аэрации, наличия слабопроницаемых отложений.

Наименее защищены грунтовые воды в условиях, когда зона аэрации сложена относительно хорошо проницаемыми отложениями и в разрезе зоны аэрации отсутствуют слои слабопроницаемых пород. Увеличение глубины уровня грунтовых вод улучшает защищенность грунтовых вод, но влияние этого фактора существенно меньше, чем наличие в разрезе слабопроницаемых отложений. Наиболее хорошо защищенными считают грунтовые воды с зоной аэрации мощностью 40 м и более и коэффициентом фильтрации 10⁻⁴ м/сут.

Абсолютные положительные категории защищенности (надежно защищенные и защищенные) могут быть выделены для напорного водоносного горизонта, перекрытого выдержанным по площади и без нарушения сплошности водоупором мощностью 10 м и более, коэффициентом фильтрации 10⁻⁴ м/сут и превышением пьезометрического уровня напорных вод над грунтовыми [3]. Соотношение уровней может меняться под воздействием техногенных факторов. Если уровни напорного водоносного горизонта первоначально были выше уровня грунтовых вод и напорный горизонт был защищен от поступления в него загрязненных грунтовых вод, то в дальней-

шем вследствие отбора подземных вод соотношение уровней может стать обратным, что создает предпосылки для перетекания грунтовых вод в напорный горизонт и защищенность последнего значительно ухудшается.

Территория Киевской области [4] по своим природным особенностям отличается на многих участках неблагоприятными условиями защищенности подземных вод: грунтовые воды повсеместно относятся к незащищенным, первые от поверхности межпластовые водоносные горизонты в пределах Украинского бассейна трещинных вод на большей площади относятся к условно защищенным, а на четвертой надпойменной террасе Днепра и некоторых участках Украинского бассейна трещинных вод – к незащищенным.

Водоносный горизонт четвертичных отложений представлен разнозернистыми песками и суглинками, мощность водовмещающих пород 0,5–60 м, глубина залегания 1–25 м. Зона аэрации грунтовых вод представлена в основном песками, иногда суглинками незначительной мощности. Это позволяет отнести грунтовые воды к категории незащищенных. Поверхностные воды взаимосвязаны с грунтовыми, о чем свидетельствует их уровень режим, а также химический анализ вод.

Водоносный горизонт эоценовых отложений представлен песками разнозернистыми, мощность водовмещающих отложений 10–60 м, глубина залегания 15–70 м. Водоносный горизонт перекрыт мергельно-глинистыми отложениями киевской свиты. Максимальная мощность этих отложений приурочена к моренно-зандровой равнине и уменьшается в долинах рек. Исходя из их мощности, эоценовый водоносный горизонт оценивается, как защищенный и условно защищенный.

Нами выполнена оценка естественной защищенности от пестицидов водоносных горизонтов четвертичных и эоценовых отложений Киевской области [5]. Установлено, что на участках *незащищенных* водоносного горизонта четвертичных отложений, а также на участках *условно защищенных* и *защищенных* водоносного горизонта эоценовых отложений обнаружены пестициды. Концентрация сельскохозяйственных загрязнителей на всех трех участках разной степени естественной защищенности подобная.

Водоносный горизонт четвертичных отложений и водоносный горизонт эоценовых отложений содержат стойкие хлорорганические пестициды: Σ ДДТ и Σ ГХЦГ практически на одном уровне 10^{-6} – 10^{-4} мг/дм³; альдрин и гептахлор не обнару-

жены; трефлан на уровне 10^{-8} – 10^{-6} мг/дм³. Это свидетельствует о длительной циркуляции пестицидов в подземной геосистеме, вертикальной и горизонтальной миграции пестицидов и *невысокой в целом естественной защищенности* от пестицидов подземных вод Киевской области.

Сопоставляя полученные результаты с существующими гигиеническими нормативами (ПДК, ОБУВ) вредных веществ водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, утвержденными Министерством здравоохранения, отмечаем отсутствие превышения ПДК: ХОП на 2–5, фторсодержащего пестицида трефлан на 2–4 порядка.

Однако, одновременное наличие в пробе воды нескольких пестицидов – производных разных классов химических соединений настораживает, т. к. суммарный эффект их действия на организм человека не изучен. В подземных водах водоносного горизонта четвертичных и водоносного горизонта эоценовых отложений не обнаружено превышение ПДК по загрязнению стойкими хлорорганическими пестицидами.

Но поскольку пестициды относятся к числу наиболее опасных загрязняющих веществ окружающей среды (по данным ВОЗ и др. отечественных и международных организаций), необходимо отнести их к одному из важных факторов, влияющих на качество подземных вод. Хлорорганические пестициды, поступающие в организм человека с питьевой водой в концентрации выше ПДК, на фоне радиоактивного и техногенного прессинга вызывают отрицательные последствия в виде различных заболеваний химической этиологии (интоксикация, канцерогенное, мутагенное и тератогенное действие).

По нашему мнению, пестициды потенцируют действие антропогенных загрязнителей (радионуклидов, тяжелых металлов и др.), которые в комплексе могут разрушать генетическую и иммунную системы человека. В дальнейшем нами будут изучены защищенность и уязвимость от пестицидов подземных вод основных водоносных горизонтов Киевской области и г. Киев с учетом зон быстрой фильтрации и миграции.

Выводы. 1. Водоносный горизонт четвертичных отложений и водоносный горизонт эоценовых отложений содержат стойкие хлорорганические пестициды ДДТ и ГХЦГ практически на одном уровне: 10^{-6} – 10^{-4} мг/дм³; альдрин и гептахлор не обнаружены; трефлан – 10^{-8} – 10^{-6} мг/дм³. Это свидетельствует о длительной циркуляции

пестицидов в подземной геосистеме, вертикальной и горизонтальной миграции пестицидов.

2. Водоносный горизонт четвертичных отложений отличается слабой защищенностью и соответственно наибольшей уязвимостью вследствие действия техногенных и природных факторов. Пестициды обнаруживаются как на участках *незащищенных* подземных вод водоносного горизонта четвертичных отложений, так и на участках *условно защищенных* и участках с достаточной естественной *защищенностью* водоносного горизонта эоценовых отложений. Это свидетельствует о невысокой естественной защищенности от пестицидов подземных вод Киевской области.

3. Результаты изучения влияния разломов на миграцию пестицидов в подземных водах подтвердили существование такого влияния и показали недостаточность критериев оценки защищенности подземных вод от проникновения пестицидов, как, очевидно, и от других видов загрязнений. При оценке защищенности подземных вод необходимо учитывать фактор разломной тектоники.

4. *Зоны тектонических нарушений служат зонами быстрой фильтрации и миграции*, в которых пестициды быстрее вымываются, за счет *большей скорости миграции*. Накопление пестицидов происходит в местах с наиболее низкой тектонической раздробленностью.

Список литературы

1. Шестопалов В.М., Богуславский А.С., Бублясь В.Н. Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции Научно-инженерный центр радиогидрогеоэкологических полигонных исследований / Институт геологических наук НАН Украины. Киев, 2007. 120 с.
2. Осокина Н.П., Янцевич А.А. Закономерности миграции пестицидов в зависимости от тектонической раздробленности. *First Practical Conference Sustainable Development: Environmental Pollution and Ecological Safety* (Dnepropetrovsk, Ukraine, December 4-8, 1995). Dnepropetrovsk State University, 1995. 187 p.
3. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. 247 с.
4. Карта естественной защищенности подземных вод Украинской ССР. Масштаб 1 : 200000 Киевская область. Киев: Мингео, 1989.
5. Осокина Н.П. Влияние антропогенных факторов на естественную защищенность водоносных горизонтов четвертичных и эоценовых отложений Киевской области (Украина). *Геология в школе и вузе. Геология и цивилизация: Материалы IX Международной конференции и летней школы / Под общ. ред. Е.М. Нестерова*. Санкт-Петербург: Изд-во РГПУ им. Герцена, 2015. 500 с.
6. Николаенко А.Б., Янцевич А.А., Ясинская Е.В., Осокина Н.П. Влияние разрывной тектоники на миграцию пестицидов в подземных водах. *Международная научно-практическая конференция: Экологические аспекты загрязнения окружающей среды*. Ч. I. Киев, 1996. С. 151–152.
7. Митропольский О.Ю., Наседкін Є.І., Осокіна Н.П. Екогеохімія Чорного моря. Київ: Академперіодика, 2006. 279 с.

References

1. V.M. Shestopalov, A.S. Bohuslavsky, V.N. Bublasy (2007), Otsenka zashchishchennosti i uyazvimosti podzemnykh vod s uchetom zon bystroj migratsii [Groundwater protectability and vulnerability assessment with account of fast migration zones]. Kiev: Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Russian].
2. N.P. Osokina, A.A. Yantsevich (1995), Zakonomernosti migratsii pestitsidov v zavisimosti ot tektonicheskoy razdroblennosti [The regularities of pesticides migration in groundwaters fault tectonics depending on] Pervaya prakticheskaya konferentsiya ustojchivoe razvitie: zagryaznenie okruzhayushchej sredy i shkologicheskaya bezopasnost Tezisy (Dec. 4-8, 1995). First Practical Conference Sustainable Development: Environmental Pollution and Ecological Safety Abstracts (187 p.) Dnepropetrovsk: DSU [in Russian].
3. V.M. Goldberg (1987) Vzaimosvyaz zagryazneniya podzemnykh vod i prirodnoj sredy [Correlation of groundwater pollution and environmental] (247 p.) Leningrad: Gidrometeizdat [in Russian].
4. Karta estestvennoj zashchishchennosti podzemnykh vod Ukrainkoj SSR (1987) Masshtab 1:200 000 Kievckaya oblact [The map of nature groundwater protectability of Ukraine Scale 1 : 200 000 Kyiv region] 56 p. Kiev: Mingeo [in Russian].
5. N.P. Osokina (2015) Vliyanie antropogennykh faktorov na estestvennyu zashchishchennost' vodonosnykh gorizontov chetvertichnykh i ehotsenovykh otlozhenij Kievskoj oblasti (Ukraina) [The influence of antropogenic factors on nature protectability Quaternary aquifer and Eocene aquifer Kyiv region (Ukraine)] 500 p. SPb: Publishing house of Herzen State Pedagogical University of Russia [in Russian].
6. A.B. Nikolaenko, A.A. Yantsevich, E.V. Yasinskaya, N.P. Osokina (1996) Vliyanie razryvnoj tektoniki na migratsiyu pestitsidov v podzemnykh vodakh [The influence of tectonic fault on pesticides migration in groundwaters] : Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaja konferentsia Ekologicheskie aspekty zahriaznenia okruzhayushchej sredy p.151-152. Part I. Kyev [in Russian].
7. Mitropol's'kij O.Yu., Nasedkin E.I., Osokina N.P. (2006) Ekogeokhimiya Chornogo moria [Ekogeochemistry of Black Sea] 279 p. Kyiv: Akadempriodyka [in Ukraine].

Osokina N.P.

N.Osokina@gmail.com

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

The influence of fault tectonics on groundwaters protectability (on example Kyiv region, Ukraine)

Using gas chromatography method we study the pesticides content in groundwater samples within the Kyiv region. Of this amount 89 samples were taken from dug wells (Quaternary aquifer) and 80 samples – from drilled wells (Eocene aquifer) were tested for content of stable chlororganic pesticides (DDT with its methabolites, HCCN – hexachlorocyclohexane with its isomers, aldrin, heptachlor and fluorine-containing pesticide – treflan). Σ DDT contained in the range of 10^{-6} – 10^{-4} mg/L; Σ HCCN ranged from 10^{-7} – 10^{-4} mg/L; aldrin, heptachlor not discovery; trephlane contained in the range of 10^{-8} – 10^{-6} mg/L. The results of study the influence of fault tectonics on groundwaters protectability on the example of Kiev region, Ukraine have confirmed the existence of such influence and revealed the lack of criteria of groundwaters protection valuation from pesticides penetration and maybe some other pollutions. The zones of fault tectonics appearance the zones of fast filtration and migration. We should take into account the fault tectonics factor while valuating underground waters protection.

Keywords: pesticides, groundwaters, fault tectonics, zones of fast filtration and migration.

Осокіна Н.П.

N.Osokina@gmail.com

Інститут геологічних наук НАН України

Вплив розломної тектоніки на природну захищеність підземних вод на прикладі Київської області (Україна)

Методом газової хроматографії нами було обстежено 89 і 80 (відповідно) проб води четвертинного й еоценового водоносних горизонтів Київської області на вміст стійких хлорорганічних пестицидів (ДДТ і його метаболіти, ГХЦГ і його ізомери, альдрин, гептахлор і фторвмісний пестицид – трєфлан). Σ ДДТ становить 10^{-6} – 10^{-4} мг/л; Σ ГХЦГ 10^{-7} – 10^{-4} мг/л; альдрин, гептахлор не визначені, трєфлан – 10^{-8} – 10^{-6} мг/л. Результати вивчення впливу розломів на природну захищеність підземних вод на прикладі Київської області (Україна) підтвердили існування такого впливу і показали недостатність критеріїв оцінки природної захищеності підземних вод від проникнення пестицидів, як, очевидно, і інших видів забруднень. Зони тектонічної роздробленості є зонами швидкої фільтрації та міграції, де пестициди швидше рухаються, за рахунок більшої швидкості міграції. Нагромадження пестицидів відбувається в місцях із найбільш низкою тектонічною роздробленістю.

Ключові слова: пестициди, підземні води, розривна тектоніка, зони швидкої фільтрації та міграції.

Поступила 15.02.2016