

2. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утв. Приказом МПР России от 12.12.2007 г. № 328. Зарегистр. в Минюст РФ от 23.01.2008 г. № 10974. – М.: МПР России, 2008. – 34 с.
3. Проект разведочно-эксплуатационных работ в пределах участка недр «Новобачатский» Каменского месторождения с целью уточнения геологического строения и качества углей, 2006. – 23 с.
4. Проект «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования нормирования в области охраны окружающей среды и введения мер экономического стимулирования хозяйствующих субъектов для внедрения наилучших технологий»
5. Экологическое нормирование: методы расчета допустимых сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты суши. Часть I / О.Г. Савичев, К.И. Кузеванов, А.А. Хвощевская, В.В. Янковский. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 108 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ГРУНТОВЫХ ВОДАХ БАСЕЙНА ОЗЕРА ПОЯНХУ (КИТАЙ)

Е.А. Солдатова

Научные руководители доцент Н.В.Гусева, профессор С.Л. Шварцев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Формирование химического состав подземных вод сельскохозяйственных районов помимо природных обуславливают такие антропогенные факторы как применение удобрений, заводнение обширных территорий, складирование кормов и отходов животноводства. В подобных условиях зачастую сложно оценить масштабы влияния отдельных факторов на формирование химического состава. Одной из эффективных методик, позволяющих произвести такую оценку, является компьютерное физико-химическое моделирование.

Целью данной работы является оценка степени влияния применения органических удобрений на формирование восстановительных условий и связанного с ними аммонийного загрязнения грунтовых вод сельскохозяйственных территорий посредством физико-химического моделирования (на примере бассейна оз. Поянху).

Территория бассейна оз. Поянху является весьма благоприятной для ведения сельскохозяйственной деятельности. Равнины в долине озера заняты рисовыми и рапсовыми полями, фруктовыми садами и другими культурами. Широкое распространение здесь получили также животноводческие хозяйства и пруды для выращивания водных культур и рыбы. Одной из особенностей грунтовых вод бассейна оз. Поянху является повышенные концентрации соединений азота. Основной формой азота здесь является нитрат-ион. Однако присутствуют участки, где происходит снижение окислительно-восстановительного потенциала и увеличение концентрации иона аммония в подземных водах. Изучение формирования подобных зон с пониженными значениями Eh представляет особый интерес, поскольку восстановительные условия в данном случае ведут к смещению баланса форм азот в сторону более токсичных восстановленных соединений и могут быть как результатом влияния природных факторов, так и свидетельствовать об избыточном применении органических удобрений [2].

Зоны грунтовых вод с пониженными значениями Eh встречаются, главным образом, в низовьях рек Ганьцзян и Сюшуй, впадающих в озеро Поянху с запада, реже в бассейне р. Фухэ к юго-западу от озера. Здесь развиты сильноводообильные пористые четвертичные отложения. Район характеризуется наиболее низкими абсолютными отметками в пределах бассейна, что обуславливает взаимосвязь грунтовых вод с водами оз. Поянху, а также периодическое затопление территории. Таким образом, формирование восстановительных условий на данной территории может являться результатом влияния природных факторов.

Химический состав наиболее типичных точек опробования грунтовых вод приведен в таблице. Подземные воды с низкими значениями окислительно-восстановительного потенциала характеризуются, главным образом, нейтральными значениями pH. Их минерализация изменяется в широких пределах, среднее значение порядка 200 мг/л. Средняя концентрация NH_4^+ превышает фоновое значение для подземных вод бассейна оз. Поянху (0,098 мг/л) и составляет 1,16 мг/л.

Для того чтобы определить вероятность формирования грунтовых вод с пониженными значениями Eh и повышенными концентрациями NH_4^+ за счет антропогенного воздействия в программном комплексе «Селектор-С» было осуществлено физико-химическое моделирование процессов, происходящих в системе «вода–порода–атмосфера–удобрение». В основу моделирования положен принцип минимизации свободной энергии Гиббса [1]. В состав модели включены следующие независимые компоненты: $Al - Na - K - Mg - Fe - Ca - N - H - O - Si - C - Cl - S - e$, где e – электрон. В число вероятных соединений включено порядка 300 зависимых компонентов, из них 235 – компоненты водного раствора, 17 – газы, 27 – твердых фаз минеральных веществ. Модель включает в себя два резервуара, первый из которых представляет начальные этапы взаимодействия в системе «вода–порода–атмосфера», система открыта к атмосфере, степень взаимодействия воды с породой низкая. Образующийся раствор поступает в следующий резервуар, представленный нижерасположенными породами. Степень взаимодействия воды с горной породой во втором резервуаре увеличивается. Кроме того, во второй резервуар, помимо водного раствора, из внешней среды поступает удобрение, таким образом, моделируется система «вода–порода–удобрение».

Таблица 1

Химический состав типичных подземных вод с низким значением Eh в бассейнах рр. Ганьцзян и Сюшуй, мг/л

Номер пробы	pH	Eh	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	SiO ₂	Сумма
P2	6.30	-73	100	0.67	17.3	<0.02	0.22	<0.05	15.2	5.09	8.75	1.54	2.90	41.2	190
P14	6.40	-68	165	0.75	1.67	<0.02	0.22	<0.05	26.2	4.95	8.36	1.32	3.40	24.2	232
P15	6.50	-78	54.9	6.10	16.6	<0.02	0.20	0.09	10.3	2.86	10.7	4.43	1.95	37.2	143
P16	7.05	-91	146	0.94	3.70	<0.02	0.24	<0.05	21.8	7.58	8.30	1.65	6.40	22.6	213

В качестве удобрения в модель включены следующие вещества: навоз (куриный и гусиный помет, свиной навоз) и мочевина. Выбор видов удобрений обусловлен особенностями хозяйственной деятельности на изучаемой территории, а также результатами исследования источников поступления нитратов в подземные воды бассейна по данным анализа изотопов $\delta^{18}\text{O}(\text{NO}_3^-)$ и $\delta^{15}\text{N}(\text{NO}_3^-)$ [3].

Результаты моделирования показали, что на первых этапах взаимодействия в системе «вода–порода–атмосфера» (резервуар 1) происходит насыщение подземных вод к гиббситу. Значения Eh природного раствора сильно положительные, преобладающими соединениями азота в растворе являются N_2^0 , NO_3^- .

Моделирование с включением в модель различных видов навоза, в качестве удобрения, дало схожие результаты. После добавления определенной дозы удобрения (от 400 мг до 1 г, в зависимости от вида) Eh раствора резко снижалась до значений ниже -0,3 В, происходил переход существовавших ранее окисленных соединений азота (NO_2^- , NO_3^-) в NH_3 и NH_4^+ , при этом основной формой являлся аммиак. Потери азота аммонийных удобрений из-за улетучивания аммиака являются распространенным явлением в сельском хозяйстве [4], однако резкое снижение pH раствора, которое не соответствует наблюдаемым природным условиям, показывает неадекватность выбранной модели. Наиболее вероятными причинами являются неточности в определении химического состава удобрения, отсутствие знаний о стехиометрии, входящих в его состав соединений, а также недоучет микробиологических и химических процессов, происходящих в веществе удобрения при его подготовке к внесению. В связи с этим было осуществлено моделирование с добавлением мочевины ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) в качестве удобрения, поскольку мочевина – это один из основных компонентов навоза, образующихся при его подготовке к внесению. Кроме того мочевина является самостоятельным видом удобрения, которое согласно исследованиям [3] может использоваться на изучаемой территории.

При включении в состав модели мочевины снижение Eh раствора начинается при достижении накопленного количества удобрения порядка 12 мг/л, концентрация NH_4^+ при этом составляет 0,08 мг/л. Рост концентрации NH_4^+ с увеличением дозы вносимого удобрения имеет тренд близкий к линейному. При добавлении мочевины в количестве 20 мг/л содержание NH_4^+ достигает 4,89 мг/л, Eh составляет -0,189 В. Динамика изменения значения Eh и концентрации NH_4^+ показаны на рис. 2. Сравнение наблюдаемых в подземных водах концентрации NH_4^+ с полученными в результате моделирования показало, что формирование аммонийного загрязнения в природных условиях происходит при более высоких Eh по сравнению с модельными значениями. Вероятно, понижение Eh в природных водах компенсируется добавлением новых порций раствора с высокими значениями Eh в результате питания подземных вод. Переход иона аммония в окисленные соединения азота при этом не происходит благодаря торможению процессов нитрификации, вызванному переувлажнением почвы, а также, вероятно, ввиду ее повышенной кислотности [4].

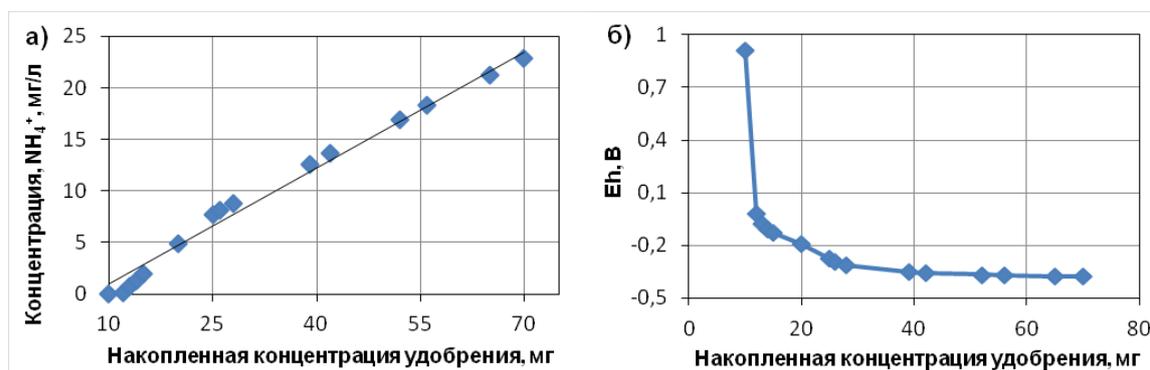


Рис. 2. Динамика изменения концентрации NH_4^+ (а) и значения Eh (б) в зависимости от количества внесенного удобрения (на примере мочевины)

Следует также отметить, что помимо увеличения дозы удобрения, во втором резервуаре увеличивается степень взаимодействия в системе вода–порода, что приводит к формированию глинистых минералов – каолинита и монтмориллонита. Этому способствует также подщелачивание раствора, происходящее в результате внесения удобрения.

Согласно результатам моделирования, восстановительные условия в грунтовых водах района исследований могут формироваться исключительно под влиянием антропогенного фактора, а именно использования органических удобрений. Однако, ввиду того что подобные условия складываются лишь на ограниченной территории бассейна оз. Поянху, где сельскохозяйственная деятельность с применением удобрений и заводнения развита повсеместно, очевидно, что помимо антропогенного воздействия, для формирования зон грунтовых вод с Eh меньше или около 0 В необходимы и соответствующие природные условия – взаимосвязь подземных и поверхностных вод, низкие абсолютные отметки рельефа, водообильные хорошо проницаемые отложения в верхней части гидрогеологического разреза.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-05-31267), Гос. задания «Наука» № 5.1931.2014/ и Фонда Михаила Прохорова (проект «Академическая мобильность»).

Литература

1. Карпов И.К., Чудненко К.В., Бычинский В.А., Кулик Д.А., Павлов А.Л., Третьяков Г.А, Кашик С.А. Минимизация свободной энергии Гиббса при расчете гетерогенных равновесий // Геология и геофизика. – Нлвсибирск, 1995. – Т.36. – № 4. – С. 3–21.
2. Крайнов С.Р., Соломин Г.А., Закутин В.П. Окислительно-восстановительные условия трансформации соединений азота в подземных водах (в связи с решением геохимико-экологических проблем) // Геохимия. – М.: 1991. – №6. – С. 822 – 831.
3. Солдатова Е.А. Гусева Н.В. Источники нитратов в грунтовых водах бассейна озера Поянху, Китай // Геологическая эволюция взаимодействия вод с горными породами: Материалы II Всероссийской конференции (принята к печати).
4. Удобрения, их свойства и способы использования / Под ред. Д.А. Коренькова. – М.: Колос, 1982. – 415 с.

ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

А.С. Симакин, В.А. Чуркин

Научный руководитель профессор А.И. Гавришин

Южно-Российский государственный политехнический университет, г. Новочеркасск, Россия

Многие десятилетия состояние окружающей среды и условия жизнеобитания в Восточном Донбассе зависят от деятельности предприятий угледобывающего и углеперерабатывающего комплексов. Указанные факторы формируют мощные потоки загрязнения воздушной, водной и геологической сред; техногенную трещиноватость горных пород; оседание земной поверхности; засоление почв; деформацию зданий, сооружений и коммуникаций; заиливание водотоков и многие другие негативные последствия.

В данной работе использованы анализы химического состава грунтовых вод региона за 50-летний период (с 1950-60 по 2010 гг.). Анализ информации выполнен с привлечением широкого комплекса математико-статистических методов. Как главный способ анализа гидрогеохимических закономерностей использован оригинальный G-метод классификации многомерных наблюдений (выделения однородных совокупностей-таксонов), основанный на критерии Z-квадрат (Гавришина). G-метод реализован в виде компьютерной технологии AGAT, позволяющий автоматически строить классификации многомерных наблюдений различного уровня детальности, и успешно применён для изучения природных и природно-антропогенных систем на Земле, Луне, Марсе, кометах, астероидах и в дальнем космосе по астрофизическим, космохимическим, дистанционным, гидрогеохимическим, геоэнвирологическим, геологическим, гидрогеологическим и другим видам данных. Сопоставлением, выделенных автоматически на компьютере однородных таксонов, обнаружены и количественно описаны закономерности формирования химического состава грунтовых вод региона. Необходимо отметить, что в настоящее время сформировалось новое научное направление, которое в зарубежной литературе получило название Environmental Science (наука об окружающей среде). Автор предложил в отечественной терминологии называть её «Энвирологией» (environment - окружение, среда, logos – наука). Выделены следующие главные компоненты окружающей среды: космическая, воздушная, водная, геологическая, биологическая, техническая и социальная. В соответствии с этим, выделены научные дисциплины, составляющие энвирологию: космоэнвирология, атмоэнвирология, гидроэнвирология, геоэнвирология, биоэнвирология, техноэнвирология и социоэнвирология. В данной работе рассмотрены проблемы геоэнвирологии и формирования водных потоков загрязнения грунтовых вод при массовой ликвидации угольных шахт в Восточном Донбассе. Средний химический состав грунтовых вод Восточного Донбасса приведён в таблице 1, в которой видны существенные изменения за обследованный период с 1950-60 годов до 2010 года.