УДК 561.44:622

А.Я.ГАЕВ, Е.А.ИКОННИКОВ
Пермский государственный университет
В.С.САМАРИНА
Горный институт Уральского отделения РАН

О МЕТОДИКЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Гидрохимическое картирование территорий, сложенных карстующимися породами, имеет ряд специфических особенностей. Предлагается методика гидрохимического картирования на примере некоторых регионов Урала (Уфимское плато), которая отражает химический тип воды, поля минерализации, преобладание микрокомпонентов, водоисточники с нарушениями санитарно-гигиенических норм.

Hydrochemical mapping of territories set by karsting rocks has some specific features. Methods of hydrochemical mapping are presumed by the example of some regions of the Urals (Ufa tableland). The methods show the chemical type of water, fields of mineralization, prevalence of microconstituents, water resources with sanitary standards violation.

Методика гидрогеохимического картирования для решения различных задач неоднократно освещалась в литературе. Для территорий, сложенных карстующимися породами, проявляется ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при картировании:

1. Крайняя неравномерность в обводненности карстующихся пород. Отдельные блоки, не затронутые новейшими глыбовыми подвижками, практически безводны. В то же время неотектонически обновленные трещинные зоны обеспечивают водопритоки в горные выработки в несколько тысяч кубометров в час (Красная шапочка, Кизел, Агаповка и др.). Зона активного водообмена распространяется на глубины до 800 м и более. По тектоническим нарушениям формируются зоны сосредоточения трещинно-карстовых вод, разгружающиеся в виде крупных родников: родник Кургазак у Башкирского Кара-Тау с дебитом 120 л/с и с температурой 22 °С, родник у д. Кодинка в районе Каменск-Уральского с температурой воды 18 °С и др.

2. Тесное сочетание в пространстве новейшей тектонической трещиноватости со спелеогенезом, стадии которого охарактеризованы Г.А.Максимовичем (1963). Именно спелеогенез обуславливает формирование крупных зон сосредоточения трещинно-карстовых вод в терминологии Н.Д.Буданова (1964).

3. Зоны сосредоточения подземных вод с современным карстогенезом и спелеогенезом контролируются цепочками поверхностных, переходных и подземных форм и суходолами. Это обеспечивает развитие зон инфлюации с переводом поверхностного стока в подземный.

4. Родники трещинно-карстовых вод по режиму делятся на устойчивые и неустойчивые во времени. Выходы неустойчивых родников приурочены к верхним участкам суходолов. В гидродинамическом отношении эти родники дренируют воды зоны сезонных и многолетних колебаний уровня трещинно-карстовых вод. Родники с устойчивым режимом дренируют воды зоны постоянной горизонтальной циркуляции. А.Я.Гаевым (1989) установлено, что именно к переходной гидродинамической зоне приурочена максимальная интенсивность подземной химической денудации с формированием основных объемов подземных карстовых полостей.

5. Массивы карстующихся пород для регионов Урала занимают гипсометрически

пониженное в рельефе положение. Это обусловлено, как показали Г.А.Максимович, Е.А.Лушников, А.И.Коротков, В.П.Зверев, Г.К.Михайлов и др., активной геологической деятельностью трещинно-карстовых вод, которая приводит к понижению земной поверхности над массивами их формирования.

При разработке методики гидрогеохимического картирования нами учитывались отмеченные геолого-гидрогеологические особенности карстующихся пород в регионах Урала. Наиболее яркие карстологические объекты расположены на Уфимском плато и в его периферийных зонах. Например, в Ирень-Сылвинском междуречье преобладают воды сульфатно-натриевого подтипа сульфатного типа (по классификации Н.С.Курнакова – М.Г.Валяшко). Прямая их метаморфизация на хлоридно-магниевый подтип охватывает относительно небольшую часть территории (не более 10 % по площади). Здесь гипсы и ангидриты, как правило, выходят на поверхность земли и подвергаются активному карсту. От верховий ручья Ясыл до Пономаревской пещеры происходит углубление уровня подземных вод и связанное с ним повышение минерализации воды за счет увеличения роли хлоридов в их составе. Растет также величина жесткости воды за счет хлоридов кальция и магния. При этом снижаются коэффициенты r SO_4/Cl и r Na/Cl. По анионному составу вода становится $SO_4 - HCO_3 - Cl$, а по мере дальнейшего углубления формируются сульфатные и хлоридно-сульфатные воды в лунежской пачке пород, сложенной гипсами и ангидритами. Например, ручей Ясыл, который появляется в виде родника, затем исчезает и вновь выходит на поверхность, исследован нами в процессе режимных наблюдений. Осредненные данные по водопроявлениям в верховьях Ясыла приведены за III, IV, V, VIII и X месяцы предыдущего полевого сезона. Обобщенная формула за этот период имеет следующий вид:

$$M_{1,7-3,1}\frac{SO_4(67-88)HCO_3(10-21)CL(1,7-16,1)}{Ca(73-90)Na(12-21)Mg(7-11)},$$

жесткость 19,7-37,3 мг-экв/л.

Как видно из формулы, при всех значениях минерализации вода является сульфатно-кальциевой с большим преобладанием ионов SO_4 и Ca. Однако сопоставление по отдельным водопроявлениям всех частей химического состава воды с учетом использованных показателей позволяет сделать выводы, характеризующие всю систему от истоков ручья Ясыл до Пономаревской пещеры.

Обратный тип метаморфизации с формированием содового типа вод (гидрокарбонатно-натриевых) характерен для участков, где карстующиеся породы перекрыты рыхлыми покровными образованиями значительной мощности. Так, в долине р. Сылвы у пос. Усть-Кишерть карстующиеся породы перекрыты мощной толщей покровных аллювиальных и элювиально-делювиальных отложений. Карстовые процессы здесь резко ослаблены, что четко фиксируется содовым типом вод. В одной из воронок, находящейся в Кишертском районе на левобережье р. Сылва, близ русла пересыхающего ручья, вода оказалась содовой, с минерализацией 0,4 г/л; размер воронки 24·25 м, глубина 2 м. Состав:

$$M_{0,4}\frac{HCO_3 88Cl11SO_4 1,5}{Ca55Mg16Na16},$$

жесткость 3,9 мг·экв/л; сода 16,2 экв%; r SO_4/r Cl = 0,1; r Na/r Cl = 1,5; NH_4 – 7,9 экв% (или 7,8 мг/л); Fe – 4,5 экв% (или 6,5 мг/л).

Данные показывают, что вода HCO_3-Ca-Mg (Na) по всем своим показателям похожа на воды из воронок северной части района, отличаясь не таким высоким содержанием аммония. Болота на пойме р. Сылва опробовали близ уреза воды и в удалении от реки на участке, где пойма врезана в террасу. Близ реки размеры болот 2·20 – 50·60 м, глубина 0,2 м. Состав воды характеризуется формулой:

$$M_{0,4-0,6}\frac{HCO_3(88-89)Cl(10-11)SO_4(1,5-1,9)}{Ca(54-75)Mg(9-30)Na15},$$

жесткость 4,6-5,9 мг·экв/л; сода 3,7-4,3 экв%; r SO_4/Cl = 0,1-0,2; r Na/rCl = 1,3-1,8.

В удалении от реки размеры болот 5×10–20 м, глубина 0,2-0,3 м, минерали-

зация более низкая и формула воды имеет вид:

$$M_{0,1}\frac{HCO_3(60-67)Cl(22-37)SO_4(4,2-7,2)}{Na(45-50)Ca(18-25)Mg(16-17)},$$

жесткость 0,7 мг·экв/л; сода 27,2-27,3 экв%; r SO_4/rCl = 0,3, r Na/rCl = 2,5.

Формулы свидетельствуют о том, что воды эти различны по составу: близ реки HCO_3-Ca-Mg, а при удалении от нее HCO_3-Cl-Na-Ca и характеризуются относительно более высоким содержанием соды. На одном из заболоченных участков обнаружено довольно много ионов аммония – до 7,7 экв% (2,4 мг/л) и железа – до 10,1 экв% (4,5 мг/л).

Второй гидрохимический уровень информации представлен полями минерализации, выделенными по частным миграционным кривым. С этих кривых снят химический состав вод по преобладающим компонентам (третий уровень информации). Отклонения показателей химического состава вод от санитарных норм в каждом конкретном водоисточнике показаны на карте в качестве четвертого уровня информации.

Таким образом, разработанная нами методика гидрогеохимического картирования обеспечивает картирование гидрогеохимических полей в зонах сосредоточения трещинно-карстовых вод с отражением: 1) химического типа вод; 2) полей минерализации; 3) гидрогеохимических полей, выделяемых по принципу преобладающих макрокомпонентов; 4) водоисточников с показателями химического состава вод, не соответствующими санитарно-гигиеническим нормам.

Работа выполнена частично при поддержке гранта Минобразования.