

О РОЛИ НЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА (НА ПРИМЕРЕ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ)

Д. В. Ильяш, В. В. Ильяш

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 29 февраля 2012 г.

Аннотация. Железо и марганец являются наиболее распространенными из загрязняющих веществ в подземных водах Липецкой области. Источники этих загрязнений могут быть как природные, так и техногенные. В восточной части по всей границе области ранее была выделена меридиональная аномальная зона с различным превышением ПДК. Она сформировалась в западной части Окско-Донской низменности на границе со Среднерусской возвышенностью и в геолого-структурном плане совпадает с Салтыковским и Кривоборским прогибами. Наиболее интенсивные аномалии у г. Липецка и Чаплыгина, где приурочены к местам поперечных нарушений этих прогибов с дифференцированными тектоническими движениями смежные блоков. В этих же местах широко распространены и выходы железных руд. Для юго-восточной части области установлена пространственная сопряженность всех обследованных аномалий с теми локальными неотектоническими поднятиями, водоразделами и водораздельными куполами, осевые зоны которых трассируются просадочными западинами (степными блюдцами). Сделан вывод о том, что в данном районе, благодаря сочетанию подходящих геологических и ландшафтных факторов существуют условия, способствующие формированию природных гидрогеохимических аномалий. В районе НЛМК аномалии наиболее интенсивные, что, скорее всего, является следствием дополнительного наложения техногенных факторов.

Ключевые слова: железо, марганец, гидрогеохимические аномалии, степные блюдца, карст, суффозия, неотектонические поднятия.

Abstract. Iron and manganese are the most widespread polluting elements in the aquifers of Lipetsk region. Sources of these pollution can be both natural, and technogenic. Around of region's boundary in eastern part the meridionally abnormal zone with various excess of maximum concentration limit has been early allocated. It was generated in western part of Okско-Don lowland near to Central Russian upland, and in respect of structural geology is coincides with the Saltykovsky and Krivoborsky deflections. The most intensive anomalies are located near to Lipetsk and Chaplygin, and abnormal zones coincide with those places where deflections are broken by various strong movements of adjacent blocks. In the same place exposures of iron minerals are located. For south-eastern part of region the spatial associativity of all studied anomalies with those local neotectonic raisings, watersheds and the water separate domes which axial zones are traced by lowered falls (steppe saucers) is established. The conclusion that in this area, thanks to a combination of suitable geological and landscape factors there are the conditions promoting formation of natural hydrogeochemical anomalies is drawn. In NLMK aria anomalies the most intensive that, most likely, is a consequence of additional imposing of technogenic factors.

Key words: iron, manganese, hydrogeochemical anomalies, steppe saucers, karst, water separate domes, neotectonic risings

Введение

Относительно источников загрязнения подземных и поверхностных вод Липецкого региона железом и марганцем существуют разные точки зрения, среди которых бытует и представление, о том, что источники в значительной мере техногенные и в частности обусловлены выбросами металлургического производства в Липецком промышленном районе. Основания для такого утверждения

кажутся довольно вескими. Липецк с давних времен был промышленным центром, специализирующимся на переработке железных руд, в том числе и собственных. Первые заводы по производству железа здесь были построены еще в XVII веке в селах Боринское, Романово и Кузьминка. В период бурного развития капитализма в России в конце XIX века в Липецке строится Сокольский металлургический завод, который работает на местном сырье до 60 годов прошлого века. Другой металлургический завод (на базе которого впоследствии

был создан Новолипетский Metallургический Комбинат) был заложен 25 февраля 1931 года. Сейчас НЛМК работает на привозном сырье (магнетитовый концентрат Стойленского ГОКа). И хотя разработка местных железных руд прекратилась, черная металлургия осталась базовой для экономики Липецкой области, а ее флагманом является Новолипетский металлургический комбинат, входящий в тройку самых мощных металлургических комбинатов России. Липецкое месторождение окисленных железных руд юрского возраста, расположенное, по большей части, на междуречье Дона и Воронежа, насчитывало 28 разведанных участков. Многие из них в основном выработаны, но широкое площадное развитие «рудного горизонта» обеспечивает резерв и повышенный фон железа в перекрывающих молодых отложениях и других, связанных с ними геохимических системах окружающей среды. Для всей Липецкой области, где имеется широкая сеть гидрогеологических скважин с аналитическим контролем содержания загрязняющих веществ (ЗВ), составлена карта-схема загрязнения подземных вод, в том числе железом и марганцем (Э.П. Прудовский, Т.Р. Вильданова, 2007 г.) Однако соотношение природных и техногенных факторов в формировании гидрогеохимических аномалий железа и марганца остается не изученным. Авторы данной статьи намерены показать значение некоторых геологических и геоморфологических особенностей востока Липецкой области, как природных факторов, способствующих возникновению и локализации здесь этих аномалий.

Геоморфологическая и геолого-структурная интерпретация аномалий

На территории области эксплуатируемыми водоносными комплексами являются неоген-четвертичный терригенный и верхнедевонский карбонатный [4]. Гидрогеохимические контрастные аномалии с превышением ПДК железа и марганца на востоке области проявлены в обоих комплексах и образуют практически единую меридиональной ориентировки зону левобережья р. Воронеж. (рис. 1) Разрыв в ней с обособлением на севере Чаплыгинских аномалий совпадает с восточным разворотом долины р. Воронеж у с. Ратчино. Аномальная зона неоднородная по интенсивности, в ней выделяются участки со значительным превышением ПДК. Наиболее интенсивный из них приурочен к гидроузлу Матырского водохранилища и территории рядом расположенного НЛМК. Такое пространственное наложение, на первый взгляд, не оставляет сомнений в техногенном происхождении

данного участка аномальной зоны. Интенсивность ее к северу по мере удаления от промышленной зоны снижается. Однако у с. Доброе, где нет никаких крупных производств, интенсивная аномалия обнаруживается почему-то не на левом, а на правом берегу р. Воронеж. Обследование местности данной территории обнаруживает особенности, некоторые из которых затем при обследовании других аномалий на юго-востоке области закономерно повторяются (рис. 2). Река здесь делает большой сильно меандрирующий изгиб, но в рельефе сохранилось старое русло.

Необычность ситуации в том, что последнее в отличие от нового русла было спрямленным, хотя известно, что механизм образования стариц обратный – река, стараясь выбрать более короткий путь, при достаточной динамике водного потока в половодье, прорывает шейку меандры, оставляя последнюю как старичное озеро. Между старым и новым руслом южнее жилой зоны в рельефе поймы у с. Доброе образовался локальный водораздельный купол, который и огибает река (рис. 2). В осевой зоне купола наблюдается цепочка заболоченных западин изометричной формы, относительно которых сформировались достаточно глубокие эрозионные врезы с центробежно направленными водотоками, как к старому так и новому руслу. Подобные же западины среди пашен обнаруживаются и к западу от села на водораздельном пространстве между балками, но уже в присклоновой части долины (рис. 3). Эти западины размером до 200 м в плане имеют сравнительно изометричную форму и четкое концентрически зональное строение, обусловленное распределением различных видов гидрофитов в зависимости от интенсивности увлажнения, которое возрастает от периферии к центру, где может быть и зеркало чистой воды.

В этих понижениях рельефа формируются болотные типы почв, сильно насыщенные водой, которые рассматриваются как неудобья, поэтому и остаются нераспаханными (см. рис. 2, 3).

Происхождение этих микроформ рельефа давно привлекало внимание географов и геологов. В. В. Докучаев называл их за оригинальную морфологию «тарелкообразными низинками» и отмечал, что на водоразделе Ворскла-Песёл они «пестрили» степь, «как оспа – лицо». Не менее густая сеть этих западин на Окско-Донском плоскогорье. Существует достаточно обширная литература, посвященная им [1]. Впервые описанные известным харьковским геологом И. Ф. Леваковским в 60-х годах девятнадцатого столетия, они привлекли внимание многих исследователей, занимавшихся изучением

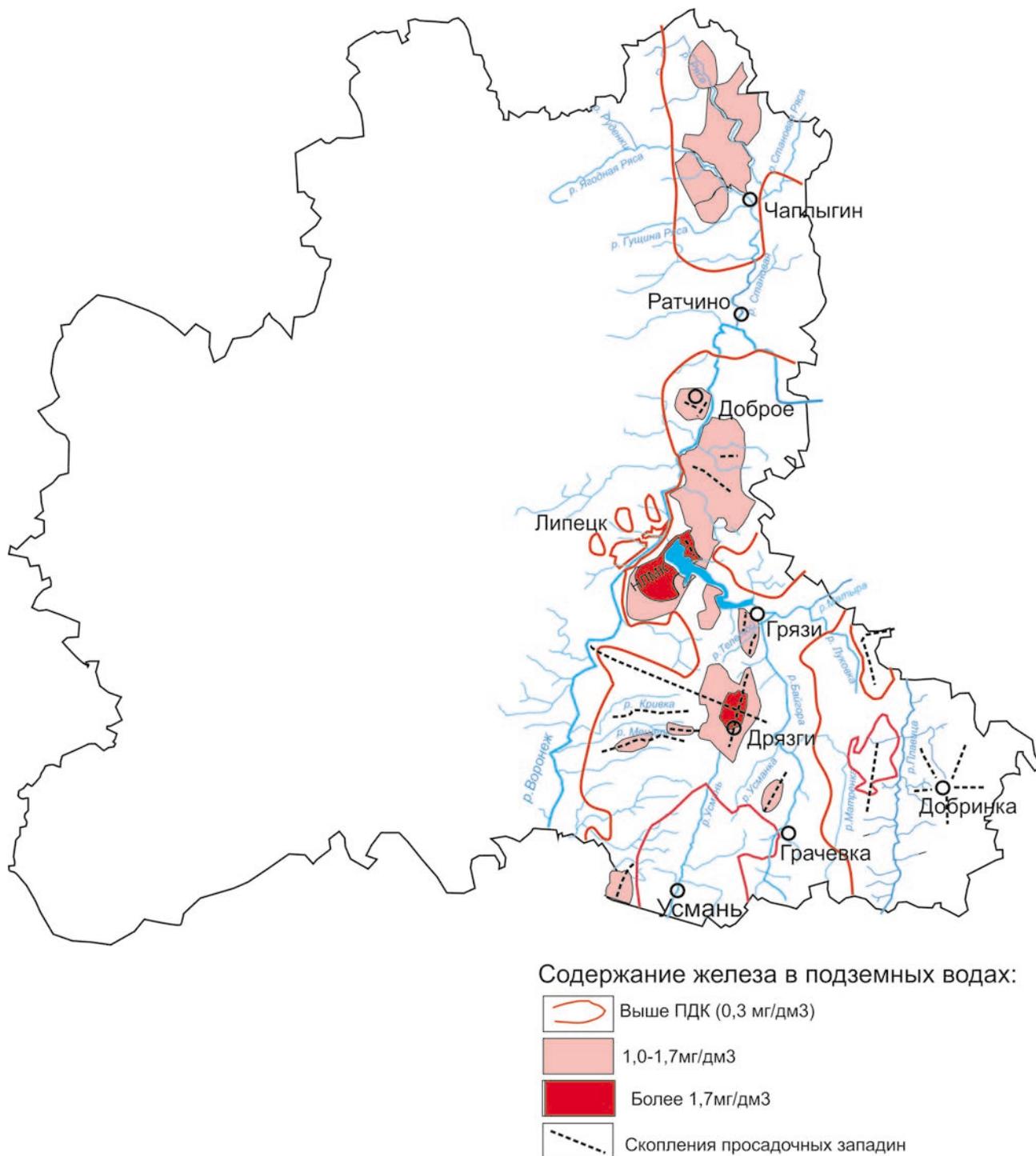


Рис. 1. Схема гидрогеохимических аномалий железа на востоке Липецкой области (с использованием карты-схемы Э.П. Прудовского и Т.Р. Вильдановой, 2007 г.)

лесостепного и степного юга Русской равнины, – В. В. Докучаева, А. А. Измаильского, А. Н. Краснова, П. А. Тутковского, Г. И. Танфильева.

Все высказывания о происхождении типичных западин можно свести к следующим гипотезам:

– последняя стадия замыкания в степях ложбин стока (Краснов, 1894);

– реликтовые котловины выдувания, образовавшиеся во время отложения лёсса эоловым путем (Тутковский, 1910);

– результат механического воздействия ледниковых вод на поверхность степей (Измаильский, 1893);

В настоящее время большинство исследователей склоняются к просадочному механизму обра-



Рис. 2. Рисунок гидросети и рельефа, обусловленный растущим локальным поднятием с просадочными котловинами-западинами в осевой зоне (с. Доброе) (космоснимок, масштаб 1 : 30 000)

зования этих форм [2, 3]. Просадка местности может происходить под воздействием карстовых или суффозионных процессов. Для их протекания необходимо совпадение трех благоприятствующих условий: 1) наличие подходящих пород; 2) наличие благоприятного рельефа, 3) наличие достаточного увлажнения. Подходящими могут быть легко карстующиеся породы: карбонатные, сульфатные, а также и терригенные, но с достаточным содержанием примеси карбонатов и галогенов, как, например, лёссы и лёссовидные суглинки, которые при набухании теряют свою структуру и уплотняются.

Роль рельефа более сложная и многогранная. Очевидно, что особенно массовыми скоплениями

таких западин отличаются обширные низменные равнины, да и то не везде. Так, в пределах Окско-Донской низменности их сгущения более всего характерны для Липецкой и Тамбовской областей. В Воронежской части Окско-Донской низменности они достаточно редки, за исключением лишь приграничной зоны с Липецкой областью, где их особенно много на междуречьях верховий рек Байгора, Матренка, Плавица. Не характерны они и для смежных территорий Среднерусской возвышенности. Такая пространственная приуроченность наводила исследователей на мысль о причастности степных блюд к материковым оледенениям и в частности к Донскому языку на территории Окско-Донской низменности, где широко распространены



Рис. 3. Концентрически зональное строение западин у с. Доброе (космоснимок, масштаб 1 : 3000)

просадочные плейстоценовые лёссовидные породы, как перигляциальные отложения, свойственные южному краю ледника. Низменная местность обеспечивает близкое залегание грунтовых вод, подтопление и даже заболачивание территории, что способствует просадочным явлениям на площадях распространения лёссов. Ледниковая гипотеза как-то объясняет роль крупных морфоструктур на региональном уровне, но на локальном уровне закономерности пространственного расположения западин не находят убедительного объяснения. Это такие детали как дискретность, кратероподобная форма, ограниченность в размерах, часто цепочечная концентрация западин в осевой зоне водоразделов разных рангов, зональное распределение по размерам относительно осевой линии, когда поперечные размеры западин статистически уменьшаются по мере удаления от нее (рис. 4).

Подобные закономерности более характерны для территорий распространения хрупких полускальных пород, таких как известняки, мела, где в зонах повышенной трещиноватости на пересечении трещин образуются карстовые или суффозионно-карстовые воронки. Зоны повышенной трещиноватости связываются с локальными неотектоническими поднятиями, где и могут быть созданы подходящие условия для образования на поверхности просадочных котловин-блюдец [2, 4]. В рыхлых ледниковых отложениях реализацию подобного процесса представить труднее, поэтому сторонники гляциальной гипотезы вынуждены придумывать иной механизм образования западин (на месте растаявших линз льда, водоупорные линзы глин среди проницаемых песчаных или лёссовых толщ и т.д.). Так как решение данной проблемы

не имело прикладного значения, то всерьез ею никто и не занимался. Эти образования больше привлекали внимание как экзотические, хотя и вполне вписывающиеся в ландшафтную типологию Окско-Донской низменности. Мы концентрируем на них внимание как к явлению, с которым могут ассоциироваться гипергенные процессы, ведущие к образованию природных геохимических аномалий.

Основанием для этого является тот факт, что все выделенные гидрогеохимические аномалии железа и марганца в юго-восточной части Липецкой области приурочены именно к местам, где имеются крупные скопления таких западин (водоразделы и водораздельные купола, рис. 4) и не

образуются в сходных ландшафтных условиях при отсутствии западин. Наиболее яркой иллюстрацией этого может быть пример двух железнодорожных станций – Дрязги и Усмани – окрестности которых подобны по ландшафтным условиям и характеру техногенной нагрузки окрестностей. Они расположены недалеко друг от друга (25 км), на одной железнодорожной ветке в узлах пересечения с автомобильными магистралями, что подталкивает к мысли рассматривать эти развязки как генерирующие техногенные загрязнения. Однако, если в районе ст. Дрязги сформировалась обширная и интенсивная гидрогеохимическая аномалия железа и марганца, вытянутая вдоль железной дороги, то в г. Усмани ее нет.



Рис. 4. Скопления западин в осевой зоне водораздела рек Матренка и Пластица (космоснимок, масштаб 1 : 10 000)

Хотя, если рассматривать происхождение аномалии с точки зрения техногенеза, ее появление более вероятно именно здесь – в крупном населенном пункте (районом центре) и железнодорожном узле, Единственное, что отличает ландшафты сравниваемых объектов, так это отсутствие западин в окрестностях г. Усмани и, наоборот, значительные их скопления вдоль железнодорожной ветки в районе ст. Дрязги.

Вдоль этой ветки в направлении г. Грязи западины появляются лишь через 15 км в верховьях р. Излегоща. Далее количество их возрастает, достигая максимальной плотности на водораздельном куполе в районе поселений Кривка и Верхний Телелюй, где сходятся верховья рек Усмани, Телелюя и многих мелких притоков р. Воронеж (Мещерка, Кривка, Двуречка). При этом именно на

водоразделе Двуречки и Кривки западины становятся наиболее крупными, достигая в поперечнике 500–700 м. Крупные западины образуют зону, протягивающуюся отсюда на северо-запад (в направлении на Боринское) до поймы р. Воронеж в 15 км ниже по течению НЛМК (Пады), где заполняют узкий выступ в крупном изгибе реки. На космоснимке хорошо проявлены также формы параллельной трансляции изгиба (оз. Длинное) к западу от растущего выступа (рис. 5). Севернее вдоль реки вплоть до территории НЛМК в пойме и на площади лесного массива западины не просматриваются. Однако к северу и востоку от Матырского водохранилища они являются характерным элементом ландшафтов этой части территории Липецкой и Тамбовской областей.

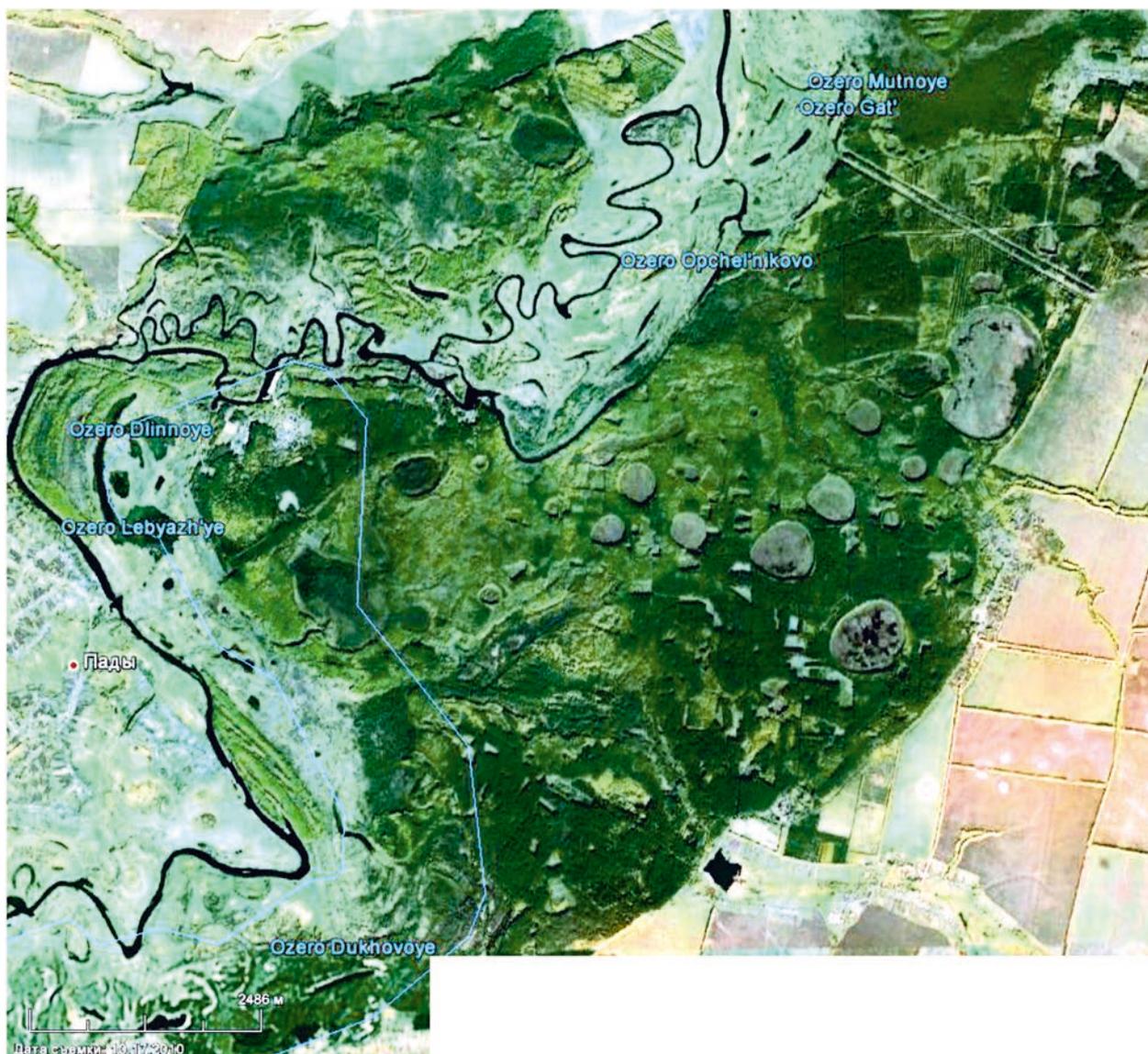


Рис. 5. Крупные западины в пойме р. Воронеж ниже НЛМК (космоснимок, масштаб 1 : 60 000)

Связь ландшафтных особенностей описанных участков и приуроченных к ним гидрогеохимических аномалий железа и марганца может быть не только пространственной, но и генетической. При этом западины могут иметь прямое отношение к формированию аномалий. Железо и марганец в силу своих геохимических особенностей могут вести себя по разному в зависимости от характера ландшафта – или накапливаться в твердой фазе (горных породах, почвах) на окислительных барьерах или концентрироваться в водных растворах, особенно в условиях кислой среды и низких значений Eh. Условия, благоприятные для выщелачивания железа из наиболее распространенных минералов показаны на диаграмме (рис. 6).

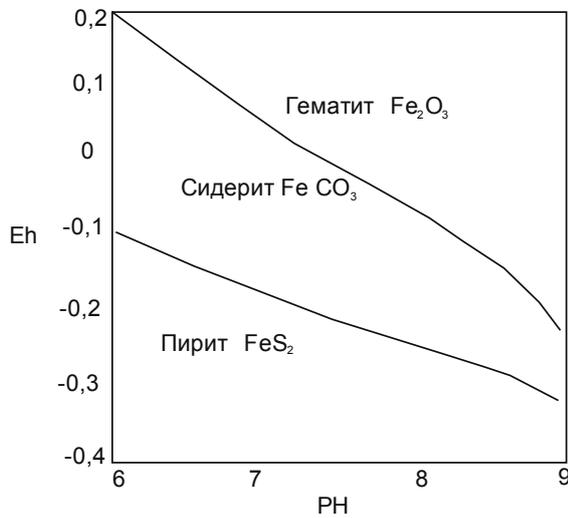


Рис. 6. Диаграмма устойчивости наиболее распространенных минералов железа

Железо и марганец, как металлы с переменной валентностью, способны образовывать химические соединения с различными анионами, имеющими разный ионный потенциал и способны давать соединения, как с серой, так и кислородом, соответственно в восстановительной или кислородной среде. Переход этих металлов в водный раствор и выпадение в осадок зависит от соотношения в ней кислотно-щелочного и окислительно-восстановительного потенциалов. При относительно низких температурах, свойственных условиям гипергенеза, соотношение этих показателей для железа и марганца разное, что приводит обычно к разделению их в бассейне седиментации. Разное поведение этих металлов в тех или иных геохимических обстановках было показано Г. Борхертом (1965).

Известно, что кислые условия способствуют переводу большей части металлов в раствор, в том числе железа и марганца. Однако поля устойчивос-

ти основных минералов железа при pH в диапазоне от 6 до 9 (наиболее характерные значения для зоны гипергенеза) зависят от значений Eh, при этом зависимость почти линейная, но обратная. Пирит устойчив в диапазоне Eh от $-0,4$ до $-0,1V$, сидерит – от $-0,1$ до $+0,2$, а гематит при значениях более $0,2$. Поэтому в поверхностных условиях, богатых свободным кислородом, железо в большей мере связано в оксидах (гематит, гетит, гидрогетит). Для глеевых условий характерны такие минеральные виды железа как фосфаты, карбонаты, ванадаты, а для восстановительных сероводородных – сульфиды железа.

Растворенное железо в природных водах представлено соединениями, находящимися в ионной форме, в виде гидроксокомплекса и комплексов с растворенными неорганическими и органическими веществами природных вод. В ионной форме мигрирует главным образом Fe(II), а Fe(III) в отсутствие комплексообразующих веществ не может в значительных количествах находиться в растворенном состоянии. Основной формой нахождения Fe(III) в водах являются комплексные соединения с растворенными неорганическими и органическими соединениями, главным образом гумусовыми веществами. При pH = 8.0 основной формой являются коллоиды железа Fe(OH) и комплексы с органическими веществами. Содержание железа в поверхностных водах суши составляет десятые доли миллиграмма, вблизи болот – единицы миллиграммов. Повышенное содержание железа наблюдается в болотных водах, в которых оно находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот – гуматами. Наибольшие концентрации железа (до нескольких десятков и сотен мг/дм³) наблюдаются в подземных водах с низкими значениями pH. Известно, что соединения железа и марганца в почвах с промывным режимом мигрируют в вертикальном направлении и образуют иллювиальные горизонты, обогащенные полуторными окислами. Многими исследователями доказано, что миграция полуторных окислов в условиях промывного типа водного режима происходит в виде высокодисперсных зелей, стабилизированных кислым гумусом.

При этом немаловажную роль играет создание анаэробной обстановки, обуславливающей образование соединений двухвалентного железа и марганца. Решающее значение имеют агрессивные фульвокислоты, разрушающие почвенные минералы и образующие с алюминием, железом и марганцем легкоподвижные комплексные соединения.

Соединения железа и марганца активно мигрируют также и с боковым внутрипочвенным стоком, образуя скопления конкреций по периферии болот, в луговых и глеевых почвах, мелководных озерах и лагунах. Это свидетельствует о способности этих соединений мигрировать на весьма большие расстояния. Осаждение железа в аккумулятивных ландшафтах происходит в виде карбонатов, окислов разной степени гидратированности, а также фосфатов и гуматов. В степях и пустынях в условиях щелочной среды эти элементы мигрируют слабо. Миграция железа и марганца возможна и в составе живого вещества. После отмирания организмов и их минерализации в почве часть этих элементов закрепляется в почве, другая же часть поступает в природные воды. Возвращаясь в почву, они начинают новый биогеохимический цикл.

В образовании «степных блюдец» и приуроченности к ним гидрогеохимических аномалий, на наш взгляд, нет ничего загадочного. Нет необходимости придумывать каких-то исключительных особен-

ностей в геологическом строении местности или связывать это явление с материковым оледенением и т.п. Механизм образования суффозионных воронок и приуроченность наиболее крупных из них именно в осевой линии водоразделов наиболее вероятен в силу того, что именно здесь максимальна разность гравитационных потенциалов (водораздел – пойма рек). Глубже по разрезу массива пород на водоразделе эта разность потенциалов снижается и равна нулю на абсолютной отметке местного базиса эрозии. Именно этой отметкой и определяется предельная глубина суффозионных воронок (для карстовых воронок она может быть и большей). Разность гравитационных потенциалов вызывает горизонтальную составляющую переноса вещества, вектор которой уменьшается с глубиной, чем и определяется уменьшение интенсивности процесса выноса и формирование конуса. Появление воронок может наблюдаться и ниже по склону, но они будут меньшего размера в связи с меньшей разностью потенциалов, что и наблюдается в действительности (рис. 7).

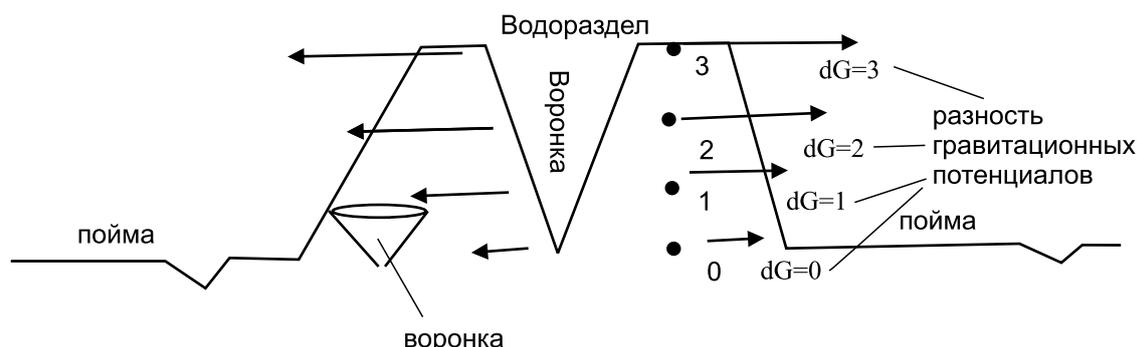


Рис. 7. Схема выноса частиц грунта в разных точка разреза (0–3) и формирования суффозионной воронки в связи с уменьшением разности гравитационных потенциалов

Суффозия наиболее вероятна в разжиженном и дисперсном грунте, поэтому «степные блюдца» более всего характерны для низменностей, с высоким уровнем стояния грунтовых вод. Она сопровождается обрушением стенок формирующейся воронки, скапливанием материала на дне, застыванием воды, развитием гидрофитов, накоплением органики, заилением и кольматацией стенок. В дальнейшем здесь и образуется верховое болото с низкими значениями pH и Eh, способствующими выщелачиванию железа и марганца из вмещающих пород.

Выводы

Из геохимии железа и марганца следует, что условия заболачивания и обилия органического

вещества, которые создаются в местах большого скопления просадочных блюдец, являются вполне подходящими для перевода железа из почв и горных пород в водные растворы, способные глубоко проникать по карстовым и суффозионным полостям в нижележащие водоносные горизонты. По данным разведочного бурения в районе верховий Мещерки на осевой зоне поднятия Дрязги-Пады верхнедевонские известняки залегают на глубине всего 35–37 м. Именно поэтому здесь в зоне наибольшего напряжения создаются условия для образования трещиноватости, карста и суффозии, которые на поверхности проявляются как наиболее крупные просадочные понижения – котловины. Карстовые и суффозионные воронки, скорее всего, связаны между собой по вертикали. Первые, обра-

зуюсь в известняках, инициируют суффозионные процессы в перекрывающей песчано-глинистой толще. Для размера котловин имеет значение и глубина залегания карстующихся пород. Например, в районе Добринки, где известняки залегают на глубине 80 м, местность буквально испещрена западинами, но они здесь не такие крупные как в районе Падов, где известняки ближе к поверхности. Геолого-структурная обусловленность и вызывает парадокс рельефа плоскоместья, который выражается в появлении болот не только в поймах, но и в местах относительно наиболее возвышенных, водораздельных, откуда и берут начало речки и водотоки низменных равнин. Такое можно наблюдать на многочисленных примерах юго-востока Липецкой области.

Предложенная модель образования природных геохимических аномалий в Липецкой области, скорее всего, не единственная, но она более всего вероятна именно для ее юго-восточной части. Малая распространенность заболоченных западин на Среднерусской возвышенности, где карстующиеся породы залегают ближе к поверхности, объясняется большим размахом рельефа и соответственно более глубоким залеганием грунтовых вод. Возможно поэтому на правобережье р. Воронеж в районе Липецка, несмотря на широкое распространение в разрезе железистых пород и руд гидрогеохимические аномалии не столь контрастные и обширные. Очень высокая интенсивность аномалии в районе гидроузла Матырского водохранилища и территории НЛМК может быть обусловлена наложением и техногенного фактора, усиливающего природные аномалии.

Анализ ландшафтных особенностей территории восточной части Липецкой области указывает на тесные взаимосвязи всех природных систем любого ранга, базовым звеном которых является геологическая структура. Протяженная аномальная зона высоких концентраций в подземных водах железа и марганца меридиональной ориентировки на востоке Липецкой области от Чаплыгина на севере и до Беляево-Пчельники на юге совпадает с региональными Салтыковским и Кривоборским прогибами, выработанными в девонских породах и выполненных толщей неоген-четвертичных отложений. Поперечные нарушения и перегибы этой структуры, такие как в районе Липецка, могли иметь унаследованный характер [6] и активизировать другие процессы, например рудообразование железа в юрское время. Они же проявляются и на неотектоническом этапе формированием ряда ло-

кальных поднятий, подобных Грачевскому или Двуреченскому, которые проявляются в рельефе локальными возвышенностями, определяющими рисунок современной гидросети. В их осевой зоне с максимальным гравитационным потенциалом и повышенной проницаемостью активизируются карстовые и суффозионные процессы, которые проецируются на поверхность в качестве просадочных котловин – «степных блюдец», служащих водосборными резервуарами для поверхностных вод. Создаются условия, благоприятные для пышного развития гидрофитов и подкисления верховодки и грунтовых вод органическими кислотами, образующихся в результате жизнедеятельности гидрофитов. Формируется среда, благоприятная для выщелачивания и выноса катионов, почвы вокруг котловин приближаются к подзолистым малоплодородным, что наряду с рельефом превращает их в сельскохозяйственные неудобья и они в большинстве случаев не распахиваются. Этим самым консервируется обстановка, благоприятная для закисления и осолонцевания почв, повышения в грунтовых и связанных с ними через суффозионные и карстовые воронки подземных водах содержания тяжелых металлов, в том числе железа и марганца. В качестве профилактических мероприятий следовало бы эти блюдца нивелировать и распахивать.

Возможны и иные условия образования гидрогеохимических аномалий, которые требуют дальнейшего изучения. Например, в районе г. Чаплыгина, где по результатам гидрогеохимических исследований, выполненных «Липецкгеомониторингом» (рис. 1), зафиксирована обширная и контрастная гидрогеохимическая аномалия, западины, подобные вышеописанным, не имеют развития. Однако, геологические и геоморфологические данные дают основание предполагать, что именно природные условия в первую очередь благоприятствуют образованию геохимических аномалий. Здесь, на сопряжении ряда структур и тектонических швов сформировался сложный тектонический узел, который имеет древнее заложение и активно проявляется на неотектоническом этапе. Он находит отражение в центростремительном рисунке гидросети у г. Чаплыгина, куда сбегаются водотоки нескольких рек. Здесь в воробьевских слоях при бурении глубокой скважины Ч-1 было установлено газовыделение [6], которое можно рассматривать как дегазацию недр, в результате которой меняются физико-химические параметры среды. Здесь близко к поверхности залегают закрстованные

карбонатные породы девонского и карбонового возраста, в ряде мест обнажаются юрские железные руды, которые и могут служить источниками металлов, попадающих в грунтовые и подземные воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мильков Ф. Н. Природные зоны СССР / Ф. Н. Мильков. – М. : Мысль, 1977. – 296 с.
2. Трегуб А. И. Неотектоника Воронежского кристаллического массива / А. И. Трегуб // Тр. НИИ Геологии Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж, 2002. – Вып. 9. – 220 с.
3. Корабельников Н. А. Особенности развития экзогенных процессов на стыке Окско-Донской низменности и Калачской возвышенности (на примере территории листа М-37-ХП) / Н. А. Корабельников, А. Э. Курилович // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2004. – Вып. 2. – С. 190–194.

*Воронежский государственный университет
Д. В. Ильяш, аспирант кафедры экологической геологии
Тел. 8-919-244-59-71
vvikii@mail.ru*

*В. В. Ильяш, доцент кафедры экологической геологии, кандидат геолого-минералогических наук
Тел. 8-910-249-54-67
vvirii@mail.ru*

4. Трегуб А. И. Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) / А. И. Трегуб // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2000. – Вып. (5) 10. – С. 7–15.

5. Смольянинов В. М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование: геология и подземные воды Воронежской области : монография / В. М. Смольянинов. – Воронеж : Изд-во Воронежского госагроуниверситета, 2003. – 250 с.

6. Раскатов Г. И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы / Г. И. Раскатов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1969. – 163 с.

7. Ильяш Д. В. Влияние геолого-структурного фактора на промышленную ценность карбонатного сырья (на примере Ситовского месторождения флюсовых известняков) / Д. В. Ильяш // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2011. – Вып. 2. – С. 20–27.

*Voronezh State University
D. V. Ilyash, post-graduate student of Ecological Geology
Tel. 8-919-244-59-71
vvikii@mail.ru*

*V. V. Ilyash, Associate professor of the Ecological Geology, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences
Tel. 8-910-249-54-67
vvirii@mail.ru*