

ния качества углей и экономически обоснована перспектива начальной стадии отработки участка.

Итак, скважины с представительным опробованием и исследованием проб углей пластов на классификационные показатели для установления марки и технологической группы в местах пластопересечений позволяют в разведочной сети создать отдельный каркас из замеренных данных, которые являются *опорными точками с установленной доказанной результативностью*.

Отметим, что согласно Закону о недрах ст. 23.1: «*государственное регулирование отношений недропользования и решение задач развития минерально-сырьевой базы осуществляется с использованием геолого-экономической и стоимостной оценок месторождений полезных ископаемых*». Это возможно только при изменении типизации запасов, о чем подробно изложено в статье [1]. В этом случае предложенный метод *опорных точек для выделения марочных блоков и границ технологических групп углей* позволяет реализовать важную цель начала освоения участка — определить экономически оправданную стратегию развития карьерного поля с использованием всего потенциала имеющихся запасов по качеству полезного ископаемого.

Данный подход направлен на исключение формализма при определении марок углей оцениваемых участков и обеспечивает получение более точных данных перспективы ресурсной базы участка и степени разведанности по количеству и качеству углей, что должно обеспечить более полную достоверную информацию об объекте и полезном ископаемом.

Авторы предлагают применять данную методику для контроля и повышения достоверности запасов, что расширяет набор традиционных методов доразведки, которые не всегда оправдывают затраченные на них значительные капиталовложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, В.П. Промышленно-энергетическая классификация углей для типизации запасов / В.П. Иванов // Недропользование XXI век. — 2015. — № 5. — С. 116–123.
2. Иванов, В.П. Промышленно-энергетическая классификация для оценки рационального использования углей / В.П. Иванов // Известия вузов. Физика. — 2015. — № 7. — С. 104–111.
3. Иванов, В.П. Особенности выделения технологических групп в марках при подсчете запасов углей / В.П. Иванов, К.В. Охотников // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 6. — С. 42–48.
4. Иванов, В.П. Основные направления использования каменных углей и типизация запасов / В.П. Иванов, К.В. Охотников // Рациональное освоение недр. — 2017. — № 3. — С. 60–64.
5. Иванов, В.П. Методологические подходы определения причинно-следственных связей, обуславливающих свойства углей. Ч. 4. Использование комплексных показателей для оценки влияния минеральных примесей на органическую массу углей / В.П. Иванов, Е.Р. Исаева, Н.А. Чегодаева, Н.И. Подчицаева, И.В. Суровцева / Кокс и химия. — 2017. — № 9. — С. 1–10.
6. Иванов, В.П. Переоценка остатка запасов угля в контуре лицензии КЕМ 01733 ТЭ участка Отвальный Южный № 2 Глубокий по состоянию на 01.01.2014 г. / В.П. Иванов, К.В. Охотников. — Новокузнецк: Росгеолфонд, ФГУ ТФИ по Кемеровской области, 2014. — 153 с.
7. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых горючих ископаемых. Угли и горючие сланцы [Электронный ресурс] — Доступ из информ. — правовой системы «Консультант Плюс».
8. Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических модулей месторождения угля его истинному состоянию [Электронный ресурс] — Доступ из информ. — правовой системы «Консультант Плюс».
9. Методика поисков и разведки угольных месторождений Печорского бассейна: / Под. ред. И.И. Молчанова. — М.: Недра, 1981. — 260 с.
10. Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна. Коллектив авторов. — М.: Недра, 1972. — 340 с.
11. Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна: / Под. ред. Э. М. Сендерзон, А.З. Юзвического. — Кемерово: Книжное издательство, 1978. — 235 с.
12. Современный толковый словарь. — М.: Большая советская энциклопедия, 1997. — 6110 с.

© Охотников К.В., Иванов В.П., 2018

Охотников Константин Владимирович // ohotnikow@mail.ru
Иванов Владимир Петрович // ivp2005@mail.ru

ГЕОФИЗИКА

УДК 550.41

Штокаленко М.Б.¹, Алексеев С.Г.², Ворошилов Н.А.¹, Сенчина Н.П.², Шаткевич С.Ю.¹ (1 — АО «Геологоразведка», 2 — Санкт-Петербургский горный университет)

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Обоснованием геоэлектрохимических методов поисков является восходящая струйная миграция подвижных форм химических элементов. Рассмотрены три механизма струйной миграции с количественными оценками скорости массопереноса: природная ионная флотация, диффузия и перекрестная диффузия, естественный ионный электри-

ческий ток. Приведены примеры применения геоэлектрохимических методов при поисках рудных месторождений различных типов в разных природных и геологических условиях. **Ключевые слова:** геоэлектрохимические методы поисков рудных и углеводородных месторождений, струйная миграция, наложенные ореолы рассеяния.

Shtokalenko M.B.¹, Alekseev S.G.², Voroshilov N.A.¹, Senchina N.P.², Shatkevich S.Yu.¹ (1 — Geologorazvedka, 2 — Saint Petersburg Mining University)

JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF GEOELECTROCHEMICAL METHODS IN THE PROSPECTING FOR DEEP-SEATED ORE DEPOSITS

The justification of geoelectrochemical prospecting methods is the ascending jet migration of mobile forms of chemical elements. Three mechanisms of jet migration with quantitative

estimates of the mass transfer rate are considered: natural ion flotation, diffusion and cross diffusion, natural ionic electric current. Examples of the application of geoelectrochemical methods in the prospecting for ore deposits of various types in different natural and geological conditions are given. Keywords: geoelectrochemical methods of prospecting for ore and hydrocarbon deposits, jet migration, superimposed haloes.

Геоэлектрохимические методы поисков выявляют наложенные ореолы рассеяния химических элементов-индикаторов рудных и углеводородных месторождений, залегающих на глубинах до нескольких километров. Наложённые ореолы формируются благодаря струйной миграции и фиксируются путем опробования почвы с определением содержаний в пробах подвижных и вторично-закрепленных форм химических элементов [9]. В качестве элементов-индикаторов месторождений полезных ископаемых, как правило, рассматриваются микроэлементы, содержания которых в горных породах и в почвах составляют малые доли процента. Теория струйной миграции, разработанная О.Ф. Путиковым [8], предполагает наличие вертикального конвективного переноса растворенного вещества со скоростью v , которая характеризуется параметром струйности k :

$$k = \frac{v}{2D} \quad (1)$$

где D — коэффициент диффузии мигрирующего вещества в водном растворе, величина порядка $n \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$. По данным математического моделирования наблюдаемых струйных ореолов над известными источниками установлено, что величина параметра струйности составляет от 0,001 до 0,1 м^{-1} . Например, для Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в среднем $k = 0,08 \text{ м}^{-1}$. До настоящего времени считается, что вертикальный конвективный перенос обусловлен природной ионной флотацией, т.е. миграцией элементов-индикаторов на поверхности всплывающих газовых пузырьков. Указанный механизм струйной миграции нельзя признать универсальным, поскольку подземные воды не всегда насыщены газами [6, 7], т.е. пузырьки должны растворяться. Кроме того, даже на локальных газонасыщенных участках над газовыми залежами пузырьки будут прилипать к стенкам пор, и для всплывания пузырьков необходимы периодические подземные толчки.

1. Диффузия и перекрестная диффузия

Известно, что всей геологической истории недостаточно, чтобы диффузионный ореол от рудного тела, залегающего на глубине порядка сотни метров, достиг дневной поверхности. При этом речь идет о нестационарной диффузии радиально во всех направлениях от сосредоточенного источника. Совсем иная ситуация имеет место при стационарной диффузии в виде плоского одномерного восходящего потока, например, вертикальный градиент концентрации метана, растворенного в подземных водах, создает стационарный диффузионный поток метана со средним расходом

2 $\text{м}^3/\text{год}$ с одного квадратного километра территории [10]. Проверим, не может ли вертикальный перенос вызываться восходящим диффузионным потоком растворенных в подземных водах макрокомпонентов. Гидрохимическими макрокомпонентами являются катионы Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , анионы HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{-2} . Соотношения содержаний макрокомпонентов могут быть различными. Сумму содержаний макрокомпонентов с небольшой долей примесей называют минерализацией подземных вод.

Диффузию, как и давление, объясняют столкновениями хаотически движущихся частиц. Для данной модели очевидно, что частицы сталкиваются не только с частицами своего вида, а со всеми подряд, поэтому макрокомпоненты диффундируют вместе со своими примесями. Описываемый процесс можно представить, как нисходящую диффузию воды из атмосферных осадков, а навстречу воде, по правилу Онзагера, диффундируют растворенные вещества.

Рассмотрим типовую ситуацию, когда минерализация увеличивается с глубиной на 10 г/л на каждый км:

$$\text{grad}C = 10 \frac{\text{г}}{\text{л км}} = 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^4}$$

Здесь C — минерализация подземных вод; г/л = $\text{кг}/\text{м}^3$. Тогда до глубины 100 м подземные воды будут пресными — с минерализацией < 1 г/л; в интервале глубин от 100 до 300 м — солоноватыми, с минерализацией от 1 до 3 г/л; и глубже — солеными, достигая средней солености Мирового океана на глубине 3,5 км. Рост минерализации с глубиной происходит в результате выщелачивания компонентов из горных пород. Растворение увеличивается с увеличением агрессивности растворов и с повышением температуры.

До настоящего времени струйную миграцию связывали, как правило, с восходящим движением газов в горных породах. Какова же доля газов, представленных с глубины 250 м преимущественно метаном? Среднее содержание метана, растворенного в подземных водах на глубине 1 км, составляет 500 $\text{см}^3/\text{л}$ или 0,36 г/л, т.е. всего 3,6 % от средней общей минерализации подземных вод. Полученное соотношение говорит о том, что для объяснения явления струйной миграции нужно обратить внимание и на другие растворенные компоненты, а не только на газы. Коэффициент диффузии D компонентов в водном растворе — величина порядка $n \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$. Перемножая по закону Фика коэффициент диффузии с градиентом концентрации, в нашем случае, минерализации, получим диффузионный поток (J):

$$J = -D \text{ grad}C = -n \cdot 10^{-11} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \text{с}}$$

т.е. за 1 с через 1 м^2 сечения потока перемещается порядка 10^{-11} кг диффундирующего вещества. Знак минус означает движение против направления вертикальной координатной оси, которая, в данном случае, направлена вниз. Чтобы перейти от удельного расхода потока к скорости движения мигрирующих частиц,

разделим абсолютную величину потока на минерализацию, т.е. на содержание растворенных веществ в объеме воды.

На глубине 5 м, в соответствии с принятым расчетным градиентом, минерализация составит:

$$C_5 = 0,05 \frac{г}{л} = 0,05 \frac{кг}{м^3}.$$

Разделив $|J|$ на C_5 , получим скорость

$$v = 2 \cdot 10^{-10} \frac{м}{с}.$$

Подставив полученную величину в формулу коэффициента струйности (1), получим $k = 0,1 м^{-1}$. Для глубины 50 м $v = 2 \cdot 10^{-11} м/с$, $k = 0,01 м^{-1}$. Таким образом, в самой верхней части разреза восходящий диффузионный поток вполне удовлетворяет критерию формирования струйных ореолов. Заметим, что $v = 2 \cdot 10^{-10} м/с = 6,3 мм/год$, т.е. представляет собой достаточно заметную для геологических процессов скорость. Наличие восходящего потока макрокомпонентов подтверждается формированием иллювиального горизонта почв, обогащенного примесями.

2. Природная ионная флотация

Как было установлено в предыдущем разделе, с увеличением глубины и минерализации подземных вод скорость движения диффундирующих частиц замедляется. Более того, как показали работы в Калининградской области, струйные ореолы способны преодолевать пласты каменной соли, что явно противоречит рассмотренному здесь диффузионному механизму миграции. Следовательно, диффузия и перекрестная диффузия — не единственный механизм струйной миграции.

Для объяснения струйной миграции природной ионной флотацией, т.е. переносом на поверхности всплывающих газовых пузырьков, основным препятствием была растворимость метана в воде, которая растет с глубиной [10]. Метан преобладает в газовом составе подземных вод ниже зоны окисления, т.е. глубже 250 м. Остается предположить, что рост растворимости метана сдерживается увеличением минерализации, и в соленых подземных водах могут появляться пузырьки и осуществлять природную ионную флотацию. Дело в том, что имеющиеся оценки растворимости метана получены для чистой воды без учета минерализации подземных вод. К сожалению, расчет растворимостей в концентрированном многокомпонентном растворе представляет собой сложную специальную задачу, что не позволяет привести конкретные значения минерализации, достаточной для появления газовых пузырьков.

В подтверждение сказанного приведем выдержку из учебного пособия по общей химии [3]: «Если растворитель содержит примеси, то растворимость веществ в нем уменьшается. Особенно сильно это заметно, когда в роли такого постороннего соединения выступает электролит, а растворяемым веществом является газ. Например, в $1 см^3 H_2O$ при $20 °C$ растворяется около

$3 см^3$ газообразного Cl_2 , а в $1 см^3$ насыщенного раствора $NaCl$ растворяется всего $0,3 см^3$ хлора. Русский ученый—физиолог И.М. Сеченов установил количественную зависимость между растворимостью газа и концентрацией электролита в растворе (закон Сеченова):

$$S = S_0 e^{-kC},$$

где S — растворимость газа в растворе электролита; S_0 — растворимость газа в растворителе; C — молярная концентрация электролита в растворе; k — константа, зависящая от природы газа, электролита и температуры.»

3. Естественный ионный электрический ток

Проверим еще одну гипотезу, претендующую на объяснение загадки струйной миграции, а именно, выясним, может ли вертикальный конвективный перенос осуществляться естественным электрическим током, создаваемым геотермическим градиентом? Средний геотермический градиент в континентальных условиях составляет $30 град/км$ близи дневной поверхности. С глубиной геотермический градиент нелинейно убывает. На глубинах, доступных для разработки полезных ископаемых, будем считать геотермический градиент постоянным. Струйная миграция происходит в водонасыщенной проницаемой толще горных пород, при этом подземные воды минерализованы, т.е. содержат растворенные вещества. В разбавленных водных растворах ионных соединений величина термоЭДС (ЭДС — электродвижущая сила) при температурах $20–60 °C$ достигает значений $0,6–1,8 мВ/град$ и слабо зависит от концентрации растворов и температуры [5]. Опираясь на приведенные здесь оценки, будем считать термоЭДС водонасыщенной толщи пород величиной порядка $1 мВ/град$. Заметим, что размерность термоЭДС не содержит расстояния, а только разность температур в градусах $°K$ или $°C$.

Величина и знак термоЭДС растворов существенным образом определяются соотношением подвижностей ионов противоположных знаков [4]. В подземных водах катионы обладают меньшими размерами и, как следствие, большей подвижностью, в результате чего формируется восходящий катионный ток из теплой нижней части разреза к холодной верхней части. По сути дела, речь идет о термодиффузии катионов. Умножив геотермический градиент на термоЭДС водонасыщенных пород, получим напряженность естественного электрического поля:

$$gradU \cong \frac{\partial U}{\partial z} = 30 \frac{мВ}{км} = 3 \cdot 10^{-5} \frac{В}{м},$$

где U — потенциал электрического поля, z — вертикальная координата.

Удельное электрическое сопротивление обводненных пород (ρ) — величина порядка $1000 Ом \cdot м$. Плотность тока:

$$j = \rho \frac{\partial U}{\partial z} = 3 \cdot 10^{-8} \frac{А}{м^2}.$$

Аномалии содержания подвижных и вторично закрепленных форм нахождения химических элементов в почвах над глубокозалегающими рудными месторождениями

Число изученных объектов	Тип месторождений	Районы геоэлектрохимических работ	Глубина рудных тел, м	Элементы с аномальными содержаниями
5	полиметаллические	Казахстан, Рудный Алтай, Австралия, Канада	50–350	Cu, Pb, Zn, Ag, Mo, Cd, Fe
1	колчеданно-полиметаллические	Австралия, Мак-Артур-Ривер	100–150	Zn, Pb, Ag, As, Sb, Fe, Cr, Ni, Co, Cu и др.
3	медно-никелевые	Россия, Кольский п-ов, Норильский р-н, Воронежский массив	20–1000	Ni, Cu, Co, Pb, Zn
1	медно-колчеданные	Казахстан	200	Cu, Zn, Pb
1	медно-колчеданные с золотом	Австралия, Маунт Айз	50	Cu, Ni, Co, Ag
1	сульфидно-касситеритовые	Россия, Комсомольский р-н	10	Sn, Pb, As, Ag, Sb
1	оловорудные	Россия, Приморский край, Арсеньевское	400	Sn, Pb
4	золоторудные	Узбекистан, Якутия, Канада	40–300	Au, Ag, Cu, Pb, Zn
1	золото-серебряные	Россия, Северо-Восток, Дукаат	100	Ag, As, Cu, Mo, Pb, Zn
3	россыпи золота и олова	Россия, Забайкалье, Хабаровский и Приморский край	10–30	Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn, Sn
1	хромиты	Россия, Полярный Урал, Войкаро-Сыньинский массив	5	Cr
3	алмазonoзные кимберлиты	Россия, Якутия, Архангельская область	1,5–100	Zn, Cu, Ni, Cr, Ti, Mg, Sr, Zr

Для сравнения: плотность тока проводимости в атмосфере составляет $2,9 \cdot 10^{-12}$ А/м², токи осадков в атмосфере — порядка 10^{-8} А/м², токи в море — порядка 10^{-2} А/м² [2]. В верхних слоях разреза, представленных рыхлыми четвертичными отложениями, удельное электрическое сопротивление, как правило, меньше 1000 Ом·м, соответственно увеличивается плотность тока. Разделив плотность тока на заряд электрона, получим расход катионов с зарядом +1, перемещаемых за 1 с через единичное сечение тока:

$$N \approx 2 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1} \text{ м}^{-2}.$$

Доля микроэлементов составляет порядка 10^{-3} от общей минерализации подземных вод (минерализация n г/л, концентрация микроэлементов — n мг/л), следовательно, расход двухвалентных катионов микрокомпонентов:

$$N_{\text{micro}}^{+2} \approx 10^8 \text{ с}^{-1} \text{ м}^{-2} \approx 3 \cdot 10^{15} \text{ год}^{-1} \text{ м}^{-2}.$$

Для элемента-индикатора с атомной массой около 60 (Ni 58,7; Cu 63,546) плотность потока составит примерно $2 \cdot 10^{17}$ а.е.м./((год м²) или $3 \cdot 10^{-10}$ кг/((год м²), где а.е.м. — атомная единица массы. Отметим, что никель обладает наименьшим ионным радиусом по сравнению с соседями по таблице Менделеева. Отметим, что доля ионов водорода в соленых и солоноватых подземных водах невелика по отношению к общему количе-

ству катионов, поскольку степень диссоциации растворенных солей близка к единице.

Скорость струйной миграции микроэлементов-индикаторов, характеризуемую величиной 3 мг за 10 тыс. лет на 1 м², можно считать достаточной для формирования аномалий концентрации с амплитудой n мг/кг (ppm), доступных изучению путем опробования почв. При этом нужно учесть, что возраст струйных ореолов, равный возрасту месторождений — источников миграции, составляет десятки и сотни миллионов лет.

Работа по подъему катионов в поле силы тяжести компенсируется уменьшением потенциальной энергии за счет опускания анионов, составляя при этом только часть от полной мощности естественного тока.

В теплое время года вследствие прогрева почвы солнечными лучами температурный минимум погружается на глубину порядка 0,5 м, где формируется обогащенный примесями иллювиальный слой. Естественный термоэлектрический ионный ток подводит к иллювиальному слою как снизу, так и сверху. Авторы [4] наблюдали аномалии содержания подвижных и вторично закрепленных форм нахождения химических элементов в почвах над глубокозалегающими рудными месторождениями различного состава в разных геологических и ландшафтных условиях (таблица), что подтверждает возможность восходящей струйной миграции на дальние расстояния и эффективность применения геоэлектрохимических методов поисков. Количество объектов, на которых были успешно проведены поисковые работы геоэлектрохимическими методами, гораздо больше приведенного в таблице. Кроме рудных месторождений объектами прогноза и поисков были также месторождения углеводородов [1].

Выводы

1. В верхней части разреза (мощность первые десятки метров) струйную миграцию можно объяснить восходящим диффузионным потоком растворенных веществ, перекрестным по правилу Онзагера нисходящему потоку воды, диффундирующей из атмосферных осадков.
2. В нижней части разреза увеличение минерализации подземных вод снижает рост растворимости га-

зов, что способствует появлению пузырьков и возможности конвективного переноса на поверхности всплывающих пузырьков, как и принято объяснять струйную миграцию. Представление о ненасыщенности подземных вод газами, по-видимому, вызвано отсутствием учета влияния минерализации воды на растворимость газов, поскольку расчет растворимостей в концентрированном многокомпонентном растворе представляет собой достаточно сложную специальную задачу.

3. Наряду с диффузией растворенных в подземных водах веществ и природной ионной флотацией на всплывающих газовых пузырьках, струйная миграция в ионной форме может вызываться также естественным вертикальным ионным электрическим током, который создается геотермическим градиентом, благодаря высокой термоЭДС водных растворов, пропитывающих горные породы (порядка 1 мВ/град).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, С.Г. Прогноз и поиски разноранговых углеводородных объектов с использованием новых геофизических и геохимических методов / С.Г. Алексеев, Н.А. Ворошилов, С.А. Вешев, Д.Ф. Калинин, Е.Г. Маргович, М.Б. Штокаленко // Российский геофизический журнал. — 2011. — № 49–50. — С. 70–95.
2. Большая Советская Энциклопедия, 1957. — Т. 48. — С. 501–502.
3. Болтромаеюк, В.В. Общая химия: Учебное пособие / В.В. Болтромаеюк. — Минск: Выш. шк., 2012. — 624 с.

4. Ворошилов, Н.А. Поиски рудных месторождений по наложенным ореолам рассеяния / Н.А. Ворошилов, С.Г. Алексеев, М.Б. Штокаленко // Российский геофизический журнал. — 2016. — № 55–56. — С. 10–38.
5. Грабов, В.М. Термоэлектрические и термоэлектрокинетические явления в водных растворах ионных соединений / В.М. Грабов, А.А. Зайцев, Д.В. Кузнецов // Термоэлектричество (Институт термоэлектричества Национальной академии наук и Министерства образования и науки Украины, Черновцы). — 2010. — № 1. — С. 43–52.
6. Зорькин, Л.М. Геохимия газов пластовых вод нефтегазоносных бассейнов / Л.М. Зорькин. — М.: Недра, 1973. — 224 с.
7. Карцев, А.А. Основы геохимии нефти и газа / А.А. Карцев. — М.: Недра, 1978. — 279 с.
8. Путиков, О.Ф. Струйные ореолы рассеяния тяжелых металлов нефтегазовых месторождений и их использование при оценке параметров залежей / О.Ф. Путиков, С.А. Вешев, Н.А. Ворошилов, С.Г. Алексеев, Вэн Байхун, Чжоу Цзыюн // ДАН. — 2000. — Т. 370. — № 5. — С. 668–671.
9. Путиков, О.Ф. Геоэлектрохимические методы при поисках нефтегазовых и рудных месторождений / О.Ф. Путиков, Е.Г. Маргович, С.А. Вешев, Н.А. Ворошилов, С.Г. Алексеев, М.Б. Штокаленко // Записки Горного института. — 2005. — Т. 162. — С. 50–54.
10. Штокаленко, М.Б. Физико-химические условия миграции метана в обводненных породах / М.Б. Штокаленко, Н.А. Ворошилов, О.Ф. Путиков // Российский геофизический журнал. — 2004. — № 33–34. — С. 12–19.

© Коллектив авторов, 2018

Штокаленко Михаил Бранкович // mikhelshtokalenko@rambler.ru
Алексеев Сергей Георгиевич // sga49@mail.ru
Ворошилов Николай Александрович
Сенчина Наталия Петровна // n_senchina@inbox.ru
Шаткевич Станислав Юльянович // s.shatkevich@geolraz.com

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 555.3.06

Корнева Р.Г. (ГИН РАН)

БАРОМЕТРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПОДТОПЛЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ БЕЗНАПОРНЫМИ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ

*Подтопление сооружений — актуальная задача гидро- и инженерно-геологических исследований, имеющая важное народно-хозяйственное значение. В статье рассматривается барометрический аспект его формирования, не рассматривавшийся ранее, тем не менее позволяющий по-новому подойти к более полному пониманию причин формирования урovenной поверхности безнапорных подземных вод, причем не только в нарушенных, но и в естественных условиях. Сделанные наблюдения и выводы заставляют пересмотреть теоретические основы динамики подземных вод, подойти к другим модельным представлениям о формировании их урovenной поверхности и ее трансформации в нарушенных условиях и взаимоотношениях с напорными водоносными горизонтами. **Ключевые слова:** подтопление сооружений, безнапорные подземные воды, капиллярная кайма, атмосферное давление, зона аэрации, избыточное питание.*

Korneva R.G. (Geological Institute of RAS)
BAROMETRIC ASPECT OF FLOODING OF CONSTRUCTIONS OF NON-PRESSURE UNDERGROUND WATERS

*Flooding of buildings is an ongoing challenge hydro-geological and engineering-geological studies, an important economic value. The article is not formation aspect of his barometric observed earlier, however, allows for a new approach to a better understanding of the causes of urovennoj surface of pressurized groundwater, not only in disturbed, but also in vivo. Made observations and conclusions are forced to review the theoretical basis of groundwater dynamics, create new model ideas about shaping their urovennoj surface and its transformation in disturbed environments and relationships with pressure aquifers. **Keywords:** flooding of constructions, non-pressure groundwater, capillary fringe, atmospheric pressure, the zone of aeration, over-nutrition.*

Процессы подтопления сооружений известны повсеместно. В числе основных причин этого явления было принято дополнительное питание грунтовых вод за счет хозяйственной деятельности. В 1980-е годы в процессе строительства Атоммаша и Ростовской АЭС в г. Волгодонск было выявлено, что утечки из коммуникационных сетей, поливы и другие по-