

ТЕОРИЯ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ И РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ НА ГРАНИЦЕ «ТВЕРДОЕ ТЕЛО–ЖИДКОСТЬ»

Оспанов Х.К.,

заведующий лабораторией физико-химических основ металлургических процессов
ДГП «ЦФХМА» РГП КазНУ им. аль-Фараби
г. Алматы, Республика Казахстан

Разработана теория управления физико-химическими процессами, протекающими на границе раздела фаз твердое тело-жидкость.

Данная теория состоит из 4 частей, на каждую часть получен диплом научного открытия от Международной ассоциации научных открытий в Москве:

- за открытие, связанное с введением уникальной новой термодинамической величины средней атомной энергии образования твердых веществ (кДж/моль·атом), позволяющей не только количественно прогнозировать и оценивать различия реакционной способности твердых веществ (без проведения эксперимента), но и прогнозировать скорости неизученных процессов. С использованием средней атомной энергии образования твердых веществ (минералов) создана впервые теория реакционных способностей твердых веществ;

- за открытие теории реакционной способности (закона) выбора эффективного действия растворителей для вскрытия (растворения) труднорастворимых минералов в условиях переработки минерального сырья (2009г.);

- за открытие эффекта гальванического действия между сульфидами на границе твердое тело-жидкость и разработку общего принципа регулирования действия гальванического эффекта между сульфидами в водной среде (2004г.) [2]; В данном открытии установлены основные закономерности возникновения и изменения интенсивности (скорости) эффекта гальванического действия между сульфидами в водной среде в зависимости от различных факторов.

- за экспериментальное открытие в установлении взаимосвязи между энтропией активации растворения и скорости процесса и нетрадиционными термодинамическими характеристиками, в частности, средней атомной энергии образования твердых веществ, нового химического сродства и стационарного потенциала системы минерал-электролит-электрод (2013г.).

Ключевые слова: средняя атомная энергия образования твердых веществ, приведенное значение нового химического сродства, удельная скорость, стационарный потенциал системы минерал-электролит-токоотвод, энтропия активации, гальванический эффект между сульфидами.

До настоящего времени в мировой науке были известны четыре мольные термодинамические функции такие как: энергия образования веществ ($\Delta_f G^0$), энтальпия образования $\Delta_f H^0$ и энтропия образования веществ $\Delta_f S^0$, а также общая энергия Гиббса химической реакции $\Delta_r G^0$ (классическое химическое сродство). Эти термодинамические функции играли важное значение для оценки знаний условий протекания химических реакций, что важно в разработке технологии различных промышленных производств. В значительной степени это касается в основном для процессов, протекающих в водной среде. Эти термодинамические характеристики $\Delta_f G^0$, $\Delta_f H^0$, $\Delta_f S^0$, $\Delta_r G^0$ выраженные в кДж/моль безусловно, содержат определенную информацию о характерах образующего соединения в ходе реакции применительно к гомогенной системе.

Однако необходимо констатировать, что традиционные подходы классической термодинамики и формальной кинетики для количественного описания реакций, протекающих на границе раздела твердое тело-жидкость фактически непригодны.

Так как, общая ситуация в области гидрохимического процесса, протекающего на границе раздела фаз (гидрометаллургия, обогащение руд, методы селективного растворения, геохимические процессы), такова, что до настоящего времени отсутствует количественная теория, способная предсказать скорость даже элементарной химической реакции, также отсутствует общий принцип выбора растворителей в гидрометаллургии и флотореагентов в условиях флотации. Кроме того, невозможно ответить на вопрос (без проведения эксперимента), почему в одном каком-то растворителе одно вещество растворяется лучше, а другое хуже.

Для ответа на вышеуказанные вопросы нами предложены две новые термодинамические функции: средняя атомная энергия образования твердых веществ $\Delta_f \overline{G^0}$ и приведенное значение нового химического сродства $\Delta_r \overline{G^0} / n$, которые привели к разработке теории управления физико-химическими процессами, протекающими на границе раздела фаз твердое тело-жидкость.

Данная теория состоит из 4 частей, на каждую часть получен диплом научного открытия от Международной ассоциации научных открытий в Москве.

Используя величину $\overline{\Delta_f G^0}$, рассчитанную на уровне атома, автором установлен новый закон, состоящий из четырех положений, имеющих большое теоретическое и практическое значение как для исследователей, так и для технологов, работающих в области изучения процессов на границе раздела фаз твердое тело-жидкость, т.е. в области переработки минерального сырья [1].

Впервые установлена ранее неизвестная взаимосвязь между средней атомной энергией образования твердых веществ $\overline{\Delta_f G^0}$ и различными кинетическими характеристиками.

На основе установленной взаимосвязи между $\overline{\Delta_f G^0}$ и кинетическими характеристиками нами впервые получен ряд новых эмпирических соотношений для процессов, протекающих на границе раздела твердое тело-жидкость (подтвержденные на практике): $\lg W = a\overline{\Delta_f G^0} + b$; $\lg K = a\overline{\Delta_f G^0} + b$; $E_a = a\overline{\Delta_f G^0} + b$; $\lg K = aE_{ct} + b$; $\overline{\Delta_f G^0} = a\Delta S^\ddagger + b$; $\overline{\Delta_f G^0} = aE_{ct} + b$;

Количественная оценка реакционной способности вышеуказанных минералов на основе $\overline{\Delta_f G^0}$ подтвердилась по величинам констант скорости (порядок реакции почти равен единице), удельной скорости, найденных в кинетическом режиме с учетом изменения поверхности в процессе их растворения с монодисперсными частицами крупностью $-0,104+0,074\text{мм}$.

Предыстория открытия такова – до сих пор по классической науке считалось, что термодинамика, имеющая дело с превращениями форм энергии, и кинетика – учение о химических скоростях между собой не коррелируются. Однако автору данной работы удалось впервые в мире выявить эту связь и экспериментально ее доказать для гетерогенных процессов, протекающих на границе раздела твердое тело – жидкость [1-3].

Показано, подтверждено и принято, что средняя атомная энергия образования минералов уже является одним из фундаментальных понятий, стоящих в одном ряду с другими термодинамическими характеристиками [1-3].

Но самое уникальное свойство $\overline{\Delta_f G^0}$, в отличие от других термодинамических величин, это то, что она хорошо коррелирует со скоростью процесса и позволяет определить скорость неизученных реакций. Как показано выше, в нашем случае именно отнесение энергии образования минералов к одному атому структурной единице, как оказалось эффективной, надежной величиной в реальных условиях, чем та же величина, отнесенная ко всей структурной единице или брутто - формуле. В последнем случае имеется в виду мольная термодинамическая функция $\Delta_f G^0$ (кДж/моль).

2. Приведенное новое химическое средство $\overline{\Delta_f G^0}/n$. Необходимо отметить, что, когда процесс протекает на границе раздела твердое тело-жидкость, т.е. между растворяющим реагентом и минералом, изменение термодинамических и кинетических характеристик связано в основном с изменением состояния растворителя и минерала, т.е. количественная характеристика структурных изменений связана с энергетическими затратами. Для данного процесса использование суммарного значения $\overline{\Delta_f G^0}$ не корректно, так как во многих случаях происходит незакономерное изменение в значениях $\overline{\Delta_f G^0}$ в зависимости от взаимодействующих компонентов, и оно указывает только направление процесса. Это связано с тем, что в процессе растворения твердого вещества (минерала) в данном растворяющем реагенте происходят два процесса:

1. разрушение кристаллической решетки минерала под действием растворяющего реагента;

2. связывание освобожденных свободных ионов металлов из твердой фазы минералов в раствор с анионами, с образованием солей, либо с лигандами, с образованием комплексных соединений, за счет уменьшения активности ионов металлов в растворе.

Эти два процесса автор охарактеризовал энергиями взаимодействия минералов с растворяющим реагентом. Таким образом, по мнению автора, суммарное изменение энергии взаимодействия твердого вещества с растворяющим реагентом $\overline{\Delta_f G^0}$ состоит из двух энергий:

- энергия разрушения кристаллической решетки минералов под действием растворяющего реагента $\Delta_f G^0_1$: $\overline{\Delta_f G^0} = \Delta_f G^0_1 + \Delta_f G^0_2$

$\Delta_f G^0_2$ - энергия связывания ионов, перешедших из твердой фазы в раствор.

Из этого соотношения вытекают четыре новых положения:

1) Соотношение $\overline{\Delta_f G^0} = \Delta_f G^0_1 + \Delta_f G^0_2$ указывает на перераспределение вышеуказанных энергий при взаимодействии минералов с растворяющими реагентами;

2) Суммарная энергия реакции ($\Delta_r G^0$) позволяет оценить неравноценность термодинамической энергии разрушения кристаллической решетки минерала под действием растворителя $\Delta_r G_1^0$ и энергии связывания свободных ионов металлов $\Delta_r G_{II}^0$, перешедших из твердой фазы в раствор с анионами и лигандами в виде солей или комплексов, соответственно;

3) Значение $\Delta_r G_1^0$ объясняет физический смысл необратимости термодинамического процесса, протекающего на границе раздела твердое тело – жидкость.

4) Значение $\Delta_r G_1^0$ фактически характеризует меру интенсивности затраты энергии для разрушения кристаллической решетки твердого вещества под действием растворителя в зависимости от природы минерала и растворителя. Второй энергией $\Delta_r G_{II}^0$ можно пренебречь, поскольку нашей основной задачей является прогноз эффективно действующих реагентов для вскрытия труднорастворимых минералов при переработке минерального сырья.

В этом случае, если использовать приведенное значение нового химического средства $\Delta_r G_1^0 = \Delta_r G^0/n$, то можно ожидать закономерное изменение энергии в условиях растворения (окисления) минералов в различных растворяющих реагентах (окислителях), если рассматриваемые реакции однотипны по химизму изучаемого процесса.

Придавая новое качество (свойство) химическому средству, т.е. изменению энергии Гиббса химической реакции ($\Delta_r G^0$), автором предложена приведенная величина нового химического средства $\Delta_r G^0/n$ с целью прогноза выбора эффективно действующих реагентов для вскрытия труднорастворимых минералов, а также для прогноза последовательности прохождения конкурирующих реакций, протекающих на границе раздела твердое тело – жидкость.

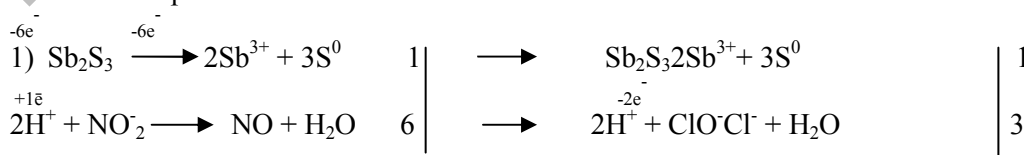
Как осуществить такой прогноз? Такой прогноз возможен только в том случае, если используется не суммарное значение $\Delta_r G^0$, а величина энергии разрушения кристаллической решетки взаимодействия сульфидов с окислителями $\Delta_r G_1^0$ в сочетании с комплексообразующими реагентами, или отдельно комплексообразующих реагентов [5-6].

Методология нахождения значения $\Delta_r G_1^0 = \Delta_r G^0/n$ для прогноза эффективно действующего реагента при вскрытии труднорастворимых природных сульфидов (минералов) в условиях переработки минерального сырья заключается в том, что берется один минерал и множество различных растворяющих реагентов (окислители и лиганды) и затем рассчитывается изменение суммарной энергии Гиббса химической реакции взаимодействия одного данного минерала с различными реагентами $\Delta_r G^0$.

Затем для прогноза эффективно действующих окислителей в сочетании с лигандом составляется уравнение по ионно-электронному методу с учетом общего числа окисляющихся и восстанавливаемых атомов, входящих в формулу данного минерала (сульфида). Определяются нужные количества электронов, эквивалентных расходу окислителя в молях для разрушения одного моля сульфида, исходя из электронного баланса. После этого рассчитываются энергии разрушения кристаллической решетки минерала под действием растворителя $\Delta_r G_1^0$, делением значения суммарной энергии химической реакции $\Delta_r G^0$ на нужные количества электронов, эквивалентных расходу окислителя в молях исходя из электронного баланса, для разрушения одного моля минерала (сульфида) $\Delta_r G_1^0 = \Delta_r G^0/n$. На основании сравнения приведенного значения нового химического средства $\Delta_r G^0/n$ реакции взаимодействия минералов (сульфидов) с окислителями или лигандами составляется термодинамический ряд растворителей (“силы” окислителей или активности лигандов). Чем более отрицательные значения будут принимать $\Delta_r G^0/n$, тем, соответственно, выше активность действующих реагентов.

В качестве примера рассмотрим окисление антимонита – (Sb_2S_3) окислителями $NaNO_2$, $NaOCl$

Баланс электронного обмена таков:



Как видно из выше приведенного окислительно-восстановительного процесса антимонита в растворах нитрита натрия и хлорноватой кислоты для полного окисления одного моля Sb_2S_3 требуется 6 молекул нитрита натрия и 3 молекулы хлорноватой кислоты. Данный прогноз эффективности действия растворяющих реагентов при вскрытии труднорастворимых минералов

на основе теоретического расчета $\Delta_r G^0/n$ подтвержден в начале по экспериментальным значениям стационарного потенциала системы «окислитель-электролит-электрод» и затем кинетическими данными, полученными опытным путем [4-6].

В случае осуществления прогноза последовательного прохождения конкурирующих реакций, исследуются только **взаимодействия уже различных минералов по отношению только к одному растворяющему реагенту**. Если судить по величинам $\Delta_r G^0/n$, например для сульфидов меди наиболее эффективными окислителями являются $\text{NaNO}_2 < \text{KClO}_3 < \text{NaOCl} < \text{Ca(OCl)}_2$. В этом случае изменение энергии разрушения кристаллической решетки минерала зависит не только от природы минералов, но и окислителей, характеризующих интенсивность силы окислителей.

Очень интересно то, что составленная на основе сопоставления удельной скорости последовательность окисления сульфида меди в растворе окислителей в вертикальном положении согласуется с ходом изменения величины $\Delta_r G^0/n$, а также с ходом изменения величины $\Delta_f \bar{G}^0$, в то время как сопоставление в горизонтальном положении удельной скорости окисления и приведенной величины нового химического средства подтверждается “силой окислителей”, составленной на основе стационарного потенциала в ряду:

$\text{Ca(OCl)}_2 > \text{NaNO}_2 > \text{FeCl}_3$. Таких примеров много для других классов соединений [4-6].

Таблица 1 - Сравнительные значения приведенного химического средства ($\Delta_r G^0/n$) и удельных скоростей окисления сульфидов меди окислителями (крупность частиц 150 + 200 меш, число опытов -6, $\alpha=6$, температура $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$, продолжительность опыта 120-240 с

Сульфиды	$-\Delta_f \bar{G}^0$ кДж/ моль *атом	Окислители					
		FeCl_3		NaNO_2		Ca(OCl)_2	
		$-\Delta_r G^0/n$ кДж / моль	W, моль·/(м ² ·с)	$-\Delta_r G^0/n$ кДж / моль	W, моль·/м ² ·с	$-\Delta_r G^0/n$ кДж / моль	W, моль·/м ² ·с
Cu_2S	26,4	53,2	$8,5 \cdot 10^{-10}$	87,6	$1,42 \cdot 10^{-9}$	487	$25,3 \cdot 10^{-4}$
Cu_5FeS_4	32,2	19,6	$5,4 \cdot 10^{-11}$	49,8	$0,57 \cdot 10^{-10}$	469	$15,2 \cdot 10^{-4}$
Cu_3FeS_3	37,7	18,5	$5,0 \cdot 10^{-11}$	27,4	$0,42 \cdot 10^{-10}$	457	$13,5 \cdot 10^{-4}$
CuS	38,6	16,7	$4,7 \cdot 10^{-12}$	18,8	$0,19 \cdot 10^{-11}$	377	$10,1 \cdot 10^{-4}$
CuFeS_2	44,7	3,6	$3,3 \cdot 10^{-13}$	5,8	$0,09 \cdot 10^{-12}$	80,5	$7,90 \cdot 10^{-4}$

Показано, что с увеличением скорости окисления сульфидов меди окислителями ряда Ca(OCl)_2 - NaNO_2 - FeCl_3 закономерно уменьшаются отрицательные величины приведенного значения нового химического средства $-\Delta_r G^0/n$. Такое интересное соответствие термодинамических и кинетических характеристик позволяет получить новое полуэмпирическое соотношение:

$\lg W = a - \Delta_r G^0/n + b$, где наблюдается симбатное изменение значения как $\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ с изменением скорости процесса.

Из вышесказанного, следует заключить, что $-\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ всегда будут иметь тот же последовательность, что и скорость процесса, иначе говоря, последовательность изменения $-\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ будет совпадать с последовательностью изменения скорости процесса.

Следовательно, количественную реакционную способность твердых веществ (минералов) в данном растворителе можно прогнозировать по изменениям величины $\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ даже не определяя скорость процесса в тех случаях, когда это затруднительно из-за сложности процессов, протекающих на границе раздела твердое тело-жидкость, или из-за отсутствия мономинеральных образцов. Тем более из эмпирических соотношений, полученных нами $\lg \frac{W_2}{W_1} = a(\Delta_r G_2^0/n - \Delta_r G_1^0/n)$

и $\Delta_f \bar{G}_2^0 - \Delta_f \bar{G}_1^0$ видно, что различия в скоростях растворения двух

выбранных минералов определяются разностью их среднеатомных энергий образования $\Delta_f \bar{G}^0$ и их приведенных значений нового химического сродства $\Delta_r G^0/n$.

Таким образом, термодинамический анализ на примере процесса окисления вышеуказанных сульфидов меди в изученных окислителях $\text{Ca}(\text{OCl})_2 > \text{NaNO}_2 > \text{FeCl}_3$ в солянокислой среде показал, что по величине $\Delta_r G^0/n$ пересчете на 1 моль сульфида удается осуществить количественный прогноз эффективности пригодности тех или других окислителей для вскрытия вышеперечисленных термодинамически устойчивых сульфидов с наименьшими затратами времени.

Таким образом, введение $\Delta_r G^0/n$ позволило обнаружить четкую закономерность изменения энергетических затрат, связанных с изменением реакционной способности минералов и растворителей в условиях их взаимодействия на границе раздела твердое тело – жидкость. Следовательно, величина $\Delta_r G^0/n$ – очень важный фактор, позволяющий осуществить прогноз не только различия реакционной способности минералов по отношению к данному реагенту, но и прогноз эффективно действующих реагентов и последовательности прохождения конкурирующих реакций, протекающих на границе раздела твердое тело-жидкость [4-6].

Показано, что ход изменения $\Delta_f \bar{G}^0$ и ход изменения приведенного значения нового химического сродства $\Delta_r G^0/n$ совпадают.

Наблюдаемый интересный необнаруженный до сих пор факт соответствия только между $\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ на многочисленных примерах процессов растворения (окисления) минералов **Be, Cu, Zn, Pb, Sb, Bi, Ag, Se, Te, W, Mo, Re, U**, в различных реагентах указывает на правомерность сопоставимости термодинамических процессов образования и растворения (окисления) в пределах однотипных реакций и имеет важное прикладное значение для предсказания последовательности протекания конкурирующих процессов. Таким образом, введение новой энергии разрушения кристаллической решетки твердого вещества (минерал) под действием растворяющих реагентов (окислителей, лигандов) $\Delta_r G^0/n$ позволило обнаружить отчетливую закономерность изменения энергетических затрат, связанных с изменением реакционной способности минералов и растворителей в условиях взаимодействия на границе раздела твердое тело-жидкость. Из вышеизложенного следует, что эффективность действия растворяющего реагента и последовательность прохождения конкурирующих реакций, протекающих на границе раздела твердое тело-жидкость закономерно меняется в зависимости от $\Delta_r G^0/n$.

Практическое значение заключается в том, что оно дает возможность научно обоснованно вести поиск эффективно действующих реагентов для вскрытия труднорастворимых минералов из минерального сырья и оптимальных условий избирательного растворения минералов в тех или других растворителях, что весьма важно для нужд производства. Без таких прогнозов значительно затруднено осуществление переработки минерального сырья, особенно бедного и сложного по вещественному составу и находить пути целенаправленного изменения свойств минералов (твердых веществ) с наименьшими затратами времени.

Положительная оценка для четырех открытий дана многими ведущими учеными мира: лауреатом Нобелевской премии И. Пригожиным (Бельгия, директором Международного Института по физической химии), проф. Fathi Habashi (Канада); проф. G.J. Leigh (Англия); заслуженным проф. Gelbert Mains (США), иностранным членом АН СССР О. Фиговским (Израиль). Так О. Фиговский (Израиль), а также и другими ведущими академиками АН СССР.

Вышеприведенный подход использования $\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ для прогноза различия реакционной способности и эффективно-действующих растворителей использован для создания научной основы переработки минералов **Be, Cu, Zn, Pb, Sb, Bi, Ag, Se, Te, W, Mo, Re, U** и при разработке новой технологии гидрохимическим методом в условиях переработки минерального сырья. Из вышесказанного можно определить место, роль рассчитанного значения энергии разрушения кристаллической решетки твердого вещества (минерала) для оценки эффективности действующих реагентов для вскрытия труднорастворимых минералов при изучении гетерогенных процессов.

Необходимо отметить, что $\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ рассматриваются на уровне атомов и электронов, поэтому имеют важное значение для изучения закономерностей формирования наноструктур, их свойств и полужункциональной активности, т.е. в нанотехнологиях. Нами также успешно

использован $\Delta_f \bar{G}^0$ и $\Delta_r G^0/n$ при синтезе новых полупроводниковых материалов и при выборе флотореагентов в условиях коллективно-селективной флотации.

Новизна и оригинальность данного исследования заключается в том, что к настоящему времени в мире не существует таких общих научных принципов управления физико-химическими процессами, протекающими на границе раздела твердое тело– жидкость.

С использованием теоретической концепции автора разработаны и внедрены в промышленность эффективные технологии со значительным экономическим эффектом на предприятиях цветной металлургии СССР и РК, а так же на предприятиях военно-промышленного комплекса.

Литература:

1. Оспанов Х.К. Физико-химические основы избирательного растворения минералов. М.: «Недра», 1993 г. 175 с.
2. OspanovKh.K. Physical and Chemical foundations for selective dissolution of minerals. FLINT RIVER, LONDON. 175 p.
3. OspanovKh.K. Theory of controlling. A physico-chemical process- taking place at the interface solid-liquid. FLINTRIVER, LONDON. 130 p., 2004.
4. Оспанов Х.К. Научные основы вскрытия золота из золотосодержащего сырья различными растворяющими реагентами нетрадиционным термодинамическим и кинетическим методами в условиях гидрохимического процесса. Журнал «ВестникКазНУ2, серия химическая №1(61) 2011г.с 256-268.
5. Оспанов Х.К. Общие принципы прогнозирования различия реакционной способности минералов и «растворителей» в условиях переработки минерального сырья (по материалам трех международных научных открытий).-Алматы. ТОО «BTSpaper», 2011.-с.368.
6. Оспанов Х.К. Прогнозирование последовательности растворения сульфидов, оксидов, силикатов на основе корреляций между термодинамическими и кинетическими характеристиками //Журн. неорганической химии. - 1982. - Т. 27, вып. 11. - С.2902-2906.

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕКТАУАТА

Пудов А.М., ведущий специалист лаборатории «ЛИП ФХМИ»
Карагандинский государственный университет им. академика Е.А.Букетова
г. Караганда, Республика Казахстан

В статье приводятся данные по ландшафтно-экологическому обследованию территории Бектауата с иллюстрациями и пояснениями, определением видов ландшафтов и привязкой к растительным экосистемам

Ключевые слова: гранитный массив, ландшафт, рельеф, гора, степь, долина, экосистема

Бектау-Ата — Бектауатинский государственный заказник расположенный в 60-70-ти километрах на север от города Балхаш.

Гористая местность посреди степи, с радиусом примерно 5-7 км, овальной формы, с небольшими колками леса (рисунок 1). Резко отличается своей флорой и фауной от окружающей её степи. Это место называют и урочищем (микроклимат здесь действительно отличается от степного), и плутоном (на языке геологов – не успевший извергнуться вулкан), просто горой, и загадочным, мистическим местом (рисунок 2). Для гранитных массивов характерны крутые скалистые склоны, каменистые россыпи, разнообразные формы выветривания, наличие скально-глыбовых останцев. Среди скальных обнажений мелкозем как таковой отсутствует, у их подножья почвообразующим субстратом служит дресва-продукт разрушения гранитов. Долины, как и горы, вымощены в основном гранитными плитами с продуктом разрушения гранитов (дресвой). Почвенный покров даже в долинах маломощный представлен неполноразвитыми и щебнистыми почвами, горно-лесные слабооподзоленные почвы встречаются в осиновых колках [1].

На участке характерны разнообразные сообщества щебнисто-каменистых степей с тонковатопольно-типчаково-тырсовыми комплексными степями. Заросли кустарников, луга и травяные болота на границах родниковых участков, отличающиеся высокой флористической насыщенностью с участием редких и исчезающих видов растений и животных несомненно подлежат