

# Тема 6. Геохимическая классификация элементов В.М.Гольдшмидта.

Классификация объектов исследования – один из важнейших компонентов инфраструктуры любой науки.

Эффективность классификаций определяется, в числе прочего, объективностью и однородностью критериев классифицирования и прогностическими возможностями классификаций. Это получается в тех случаях, когда под классификационными критериями лежат глубинные законы природы.

Геохимическая классификация элементов

В.М.Гольдшмидта разработана на эмпирической основе –  
распределении элементов между фазами метеоритов.

# Геохимическая классификация элементов В.М.Гольдшмидта.

| Литофильные   | Сидерофильные  | Халькофильные  | Атмофильные                                 | Биофильные                 |
|---|--|--|---|----------------------------|
| O, Mg, Si, Fe,<br>Li, Na, K, Rb, Cs,<br>Be, Ca, Sr, Ba,<br>B, Al, Sc, Y,<br>La, Ce, Pr, Nd, Sm,<br>Eu, Gd, Tb, Dy, Ho,<br>Er, Tm, Yb, Lu,<br>Ti, Zr, Hf, Th,<br>V, Nb, Ta,<br>Cr, W, U,<br>Mn, F, | Fe,<br>Ni, Co,<br>Ru, Rh, Pd,<br>Os, Ir, Pt,<br>Au,<br>C, Ge, Sn,<br>P, Mo | Fe, S,<br>Se, Te,<br>Cu, Ag,<br>Zn, Cd, Hg,<br>Ga, In, Tl,<br>As, Sb, Bi | H, N,<br>Cl, Br, I<br>He, Ne, Ar,<br>Kr, Xe | (C), (H), (O),<br>(N), (P) |

# Геохимическая классификация элементов В.М.Гольдшмидта.

| Литофильные   | Сидерофильные  | Халькофильные  | Атмофильные                                 | Биофильные                 |
|---|--|--|---|----------------------------|
| O, Mg, Si, <b>Fe</b> ,<br>Li, Na, K, Rb, Cs,<br>Be, Ca, Sr, Ba,<br>B, Al, Sc, Y,<br>La, Ce, Pr, Nd, Sm,<br>Eu, Gd, Tb, Dy, Ho,<br>Er, Tm, Yb, Lu,<br>Ti, Zr, Hf, Th,<br>V, Nb, Ta,<br>Cr, W, U,<br>Mn, F, | <b>Fe</b> ,<br>Ni, Co,<br>Ru, Rh, Pd,<br>Os, Ir, Pt,<br>Au,<br>C, Ge, Sn,<br>P, Mo | <b>Fe</b> , S,<br>Se, Te,<br>Cu, Ag,<br>Zn, Cd, Hg,<br>Ga, In, Tl,<br>As, Sb, Bi | H, N,<br>Cl, Br, I<br>He, Ne, Ar,<br>Kr, Xe | (C), (H), (O),<br>(N), (P) |

Физико-химическая основа классификации – энергии обменных реакций:



Реакции экзотермические, т.е. могут протекать самопроизвольно.

Все литофильные элементы способны «отобрать» кислород у оксида Fe.

Все халькофильные элементы способны «отобрать» серу у сульфида Fe.

Геохимическая основа классификации –  
соотношения распространенности элементов:

В Солнечной системе кислорода хватило на то, чтобы окислить все литофильные элементы и часть железа:

$$\Sigma(\text{лит. без Fe}) < \text{кислород} < \Sigma(\text{лит. + Fe})$$

Серы хватило на то, чтобы связать в сульфиды все халькофильные элементы и часть железа:

$$\Sigma(\text{хальк. без Fe}) < \text{сера} < \Sigma(\text{хальк. + Fe})$$

Т.о., классификация Гольдшмидта «привязана» к составу Солнечной системы.

## Гольшмидтовская классификация в периодической системе элементов

|                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                   | <u>1</u>               |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | <u>18</u>              |                        |
| <u>1</u>          | <u>1</u><br><u>H</u>   | <u>2</u>               |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | <u>13</u>              | <u>14</u>              | <u>15</u>              | <u>16</u>              | <u>17</u>              | <u>2</u><br><u>He</u>  |                        |
| <u>2</u>          | <u>3</u><br><u>Li</u>  | <u>4</u><br><u>Be</u>  |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        | <u>5</u><br><u>B</u>   | <u>6</u><br><u>C</u>   | <u>7</u><br><u>N</u>   | <u>8</u><br><u>O</u>   | <u>9</u><br><u>F</u>   | <u>10</u><br><u>Ne</u> |                        |
| <u>3</u>          | <u>11</u><br><u>Na</u> | <u>12</u><br><u>Mg</u> | <u>3</u>               | <u>4</u>               | <u>5</u>               | <u>6</u>               | <u>7</u>               | <u>8</u>               | <u>9</u>               | <u>10</u>              | <u>11</u>              | <u>12</u>              | <u>13</u><br><u>Al</u> | <u>14</u><br><u>Si</u> | <u>15</u><br><u>P</u>  | <u>16</u><br><u>S</u>  | <u>17</u><br><u>Cl</u> | <u>18</u><br><u>Ar</u> |
| <u>4</u>          | <u>19</u><br><u>K</u>  | <u>20</u><br><u>Ca</u> | <u>21</u><br><u>Sc</u> | <u>22</u><br><u>Ti</u> | <u>23</u><br><u>V</u>  | <u>24</u><br><u>Cr</u> | <u>25</u><br><u>Mn</u> | <u>26</u><br><u>Fe</u> | <u>27</u><br><u>Co</u> | <u>28</u><br><u>Ni</u> | <u>29</u><br><u>Cu</u> | <u>30</u><br><u>Zn</u> | <u>31</u><br><u>Ga</u> | <u>32</u><br><u>Ge</u> | <u>33</u><br><u>As</u> | <u>34</u><br><u>Se</u> | <u>35</u><br><u>Br</u> | <u>36</u><br><u>Kr</u> |
| <u>5</u>          | <u>37</u><br><u>Rb</u> | <u>38</u><br><u>Sr</u> | <u>39</u><br><u>Y</u>  | <u>40</u><br><u>Zr</u> | <u>41</u><br><u>Nb</u> | <u>42</u><br><u>Mo</u> | (43)<br><u>Tc</u>      | <u>44</u><br><u>Ru</u> | <u>45</u><br><u>Rh</u> | <u>46</u><br><u>Pd</u> | <u>47</u><br><u>Ag</u> | <u>48</u><br><u>Cd</u> | <u>49</u><br><u>In</u> | <u>50</u><br><u>Sn</u> | <u>51</u><br><u>Sb</u> | <u>52</u><br><u>Te</u> | <u>53</u><br><u>I</u>  | <u>54</u><br><u>Xe</u> |
| <u>6</u>          | <u>55</u><br><u>Cs</u> | <u>56</u><br><u>Ba</u> | 57-71<br><u>Lan</u>    | <u>72</u><br><u>Hf</u> | <u>73</u><br><u>Ta</u> | <u>74</u><br><u>W</u>  | <u>75</u><br><u>Re</u> | <u>76</u><br><u>Os</u> | <u>77</u><br><u>Ir</u> | <u>78</u><br><u>Pt</u> | <u>79</u><br><u>Au</u> | <u>80</u><br><u>Hg</u> | <u>81</u><br><u>Tl</u> | <u>82</u><br><u>Pb</u> | <u>83</u><br><u>Bi</u> | <u>84</u><br><u>Po</u> | <u>85</u><br><u>At</u> | <u>86</u><br><u>Rn</u> |
| <u>7</u>          | <u>87</u><br><u>Fr</u> | <u>88</u><br><u>Ra</u> | 89-103<br><u>Act</u>   | (104)<br><u>Rf</u>     | (105)<br><u>Db</u>     | (106)<br><u>Sg</u>     | (107)<br><u>Bh</u>     | (108)<br><u>Hs</u>     | (109)<br><u>Mt</u>     | (110)<br><u>Ds</u>     | (111)<br><u>Rg</u>     | (112)<br><u>Cn</u>     | (113)<br><u>Uut</u>    | (114)<br><u>Fl</u>     | (115)<br><u>Uup</u>    | (116)<br><u>Lv</u>     | (117)<br><u>Uus</u>    | (118)<br><u>Uuo</u>    |
| <u>Лантаноиды</u> |                        |                        | <u>57</u><br><u>La</u> | <u>58</u><br><u>Ce</u> | <u>59</u><br><u>Pr</u> | <u>60</u><br><u>Nd</u> | (61)<br><u>Pm</u>      | <u>62</u><br><u>Sm</u> | <u>63</u><br><u>Eu</u> | <u>64</u><br><u>Gd</u> | <u>65</u><br><u>Tb</u> | <u>66</u><br><u>Dy</u> | <u>67</u><br><u>Ho</u> | <u>68</u><br><u>Er</u> | <u>69</u><br><u>Tm</u> | <u>70</u><br><u>Yb</u> | <u>71</u><br><u>Lu</u> |                        |
| <u>Актиноиды</u>  |                        |                        | <u>89</u><br><u>Ac</u> | <u>90</u><br><u>Th</u> | <u>91</u><br><u>Pa</u> | <u>92</u><br><u>U</u>  | (93)<br><u>Np</u>      | (94)<br><u>Pu</u>      | (95)<br><u>Am</u>      | (96)<br><u>Cm</u>      | (97)<br><u>Bk</u>      | (98)<br><u>Cf</u>      | (99)<br><u>Es</u>      | (100)<br><u>Fm</u>     | (101)<br><u>Md</u>     | (102)<br><u>No</u>     | (103)<br><u>Lr</u>     |                        |

### Обозначения:

|             |               |             |               |                                  |
|-------------|---------------|-------------|---------------|----------------------------------|
| Атмофильные | Халькофильные | Литофильные | Сидерофильные | редкие и отсутствующие в природе |
|-------------|---------------|-------------|---------------|----------------------------------|



# Классификация Гольдшмидта применительно к Земной коре.

| Литофильные  | Сидерофильные  | Халькофильные   | Атмофильные                                 | Биофильные                 |
|--|--|---|---|----------------------------|
| O, Mg, Si, Fe,<br>Li, Na, K, Rb, Cs,<br>Be, Ca, Sr, Ba,<br>B, Al, Sc, Y,<br>La, Ce, Pr, Nd, Sm,<br>Eu, Gd, Tb, Dy, Ho,<br>Er, Tm, Yb, Lu,<br>Ti, Zr, Hf, Th,<br>V, Nb, Ta,<br>Cr, W, U,<br>Mn, F | <b>Fe,</b><br><b>Ni, Co,</b><br>Ru, Rh, Pd,<br>Os, Ir, Pt,<br>Au,<br><b>C, Ge, Sn,</b><br><b>P, Mo</b> | Fe, S,<br>Se, Te,<br>Cu, Ag,<br>Zn, Cd, Hg,<br><b>Ga, In, Tl,</b><br>As, Sb, Bi | H, N,<br>Cl, Br, I<br>He, Ne, Ar,<br>Kr, Xe | (C), (H), (O),<br>(N), (P) |

Зеленым цветом показаны элементы, которые в Земной коре преимущественно проявляют себя, как литофилы.  
 Желтым цветом показан Mo, который в Земной коре преимущественно проявляет себя, как халькофил.

Классификация Гольдшмидта отражает главную тенденцию в геохимическом поведении элемента.

