

УДК 550.424 (476)

## Геохимическая диагностика зон разломов: ассоциации элементов, уровень их накопления, индикаторы

Матвеев А. В., Бордон В. Е.

Институт проблем использования природных ресурсов  
и экологии НАН Беларуси, Минск

Институт геохимии и геофизики Минприроды РБ, Минск

Выделены геохимические ассоциации элементов, уровни их накопления, группа элементов-индикаторов, которые позволяют дифференцировать зоны глубинных разломов по их активности, т. е., по уровню влияния на экологические обстановки.

Кристаллический фундамент территории республики представляет собой сложно дислоцированный участок земной коры, состоящий из пород различного петрографического состава, разбитых системой разломов от суперрегиональных до локальных. Часть разломов с опережающими их трещинами прослеживаются в осадочном чехле [1]. В различные отрезки геологического времени, вплоть до сегодняшнего, они обладали тектонической активностью и выполняли роль основных проводников флюидов, отдельных ионов и атомов, обеспечивая усиление активности вертикальной миграции элементов.

Для изучения влияния глубинных разломов на распределение микроэлементов в верхних

горизонтах осадочного чехла, в частности, в покровных отложениях авторами было проведено литогеохимическое опробование в пределах 18 ключевых участков (рисунок).

На первом — Полоцком участке глубина залегания фундамента 0,55–0,6 км. Здесь преобладают ниже-верхнеархейские амфиболиты, биотитовые, амфибол-биотитовые и амфиболитовые гнейсы, кварциты. В чехле — породы среднедевонско-среднетриасового (герцинского) комплекса — песчаники, алевролиты, доломиты, мергели и глины. Суммарная мощность их до 300 м. С поверхности коренные породы представлены среднедевонскими песками, глинами и алевролитами, на небольших участках



Схема расположения  
ключевых участков:

- 1 — Полоцкий,
- 2 — Молодечненский,
- 3 — Заславский,
- 4 — Негорельский,
- 5 — Колосовский,
- 6 — Засульский,
- 7 — Узденский,
- 8 — Слуцкий,
- 9 — Солигорский,
- 10 — Ивацевичский,
- 11 — Березовский,
- 12 — Логшинский,
- 13 — Борисовский,
- 14 — Замосточский,
- 15 — Сосновоборский,
- 16 — Васильковский,
- 17 — Гомельский,
- 18 — Ислочский

встречаются верхнедевонские пески, песчаники, глины, алевролиты, доломиты. Мощность четвертичных отложений в связи с наличием глубоких врезов изменяется от 60 до 120 м. В разрезе чаще, чем в других регионах, встречаются озерно-ледниковые глины, тонкие супеси, алевролиты.

На **Молодечненском участке** глубина залегания пород фундамента около 0,42–0,45 км. Они представлены в верхней части щучинской серией нижнего архея (амфибол–двухпироксеновые и амфиболовые кристаллические сланцы, гранат–биотитовые гнейсы) и нижеархейским гранулитовым комплексом (глиноземистые гнейсы и кристаллические сланцы). Платформенный чехол сложен верхневендско–нижнекембрийским (верхнебайкальским) комплексом пород мощностью около 250 м (пестроцветная конгломерат–алевролит–песчаная и сероцветная песчано–алевролитовая формации). Непосредственно под четвертичными отложениями залегают среднедевонские доломиты, известняки, пески, песчаники и глины. Мощность четвертичных отложений в среднем 120–130 м.

На **Заславском участке** глубина залегания фундамента 0,42–0,45 км. Породы – нижеархейский эндревит–чарнокитовый комплекс. В чехле преобладает среднедевонско–среднетриасовый (герцинский) комплекс мощностью до 200 м (конгломераты, песчаники, алевролиты, доломиты, мергели и глины). В верхней части осадочного чехла представлены ниже–верхнемеловые пески, песчаники, алевролиты, мергели. Мощность четвертичных отложений 170–180 м.

**Негорельский участок.** Глубина залегания фундамента около 0,3 км. Его слагают нижеархейские глиноземистые гнейсы, кристаллические сланцы, ниже–верхнеархейские амфиболиты, гнейсы. В чехле преобладают породы верхневендско–нижнекембрийского (байкальского) комплекса мощностью до 150 м – конгломерат–алевролит–песчаная и песчано–алевролит–глинистая формации. Верхняя часть чехла сложена верхнемеловыми мелями и мергелями. Мощность четвертичных отложений – 100–120 м.

Расположенные рядом **Колосовский** и **Засульский** участки имеют сходное геологическое строение. Глубина залегания фундамента, представленного верхнеархейскими гнейсами, амфиболовыми сланцами, амфиболитами, кальцифирами, кварцитами, небольшими пятнами нижнепротерозойских гранитов и гнейсогранитов около 0,15 км. Мощность четвертичных отложений достигает 120–140 м. Непосредственно под ними залегают верхнемеловые меля и мергели.

**Узденский участок.** Глубина залегания фундамента около 0,3 км. Преобладают нижнепротерозойские граниты и гнейсы. В

платформенном чехле основным является верхневендско–нижнекембрийский (верхнебайкальский) комплекс – конгломерат–алевролит–песчаная и песчано–алевролит–глинистая формации. Мощность его около 150 м. В верхней части чехла распространены верхнемеловые меля и мергели. Мощность квартера – около 100 м.

**Слуцкий участок.** Глубина залегания пород фундамента около 1,5 км. Представлены архейско–протерозойские граниты и гранито–гнейсы, мигматиты. В чехле преобладает среднедевонско–среднетриасовый (герцинский) комплекс – песчаники, глины, алевролиты, мергели, доломиты, каменная соль, сульфатные породы. Верхняя часть чехла сложена палеогено–неогеновыми песками, алевролитами, с прослоями глин и бурого угля, верхнемеловыми мелями и мергелями. Мощность квартера – около 80 м.

**Солигорский участок.** Глубина залегания пород кристаллического фундамента около 2 км. Они представлены архейским амфиболито–гнейсовым комплексом. В платформенном чехле преобладает среднедевонско–среднетриасовый комплекс (известняки, доломиты, глины, мергели, песчаники, каменная и калийная соли). Верхняя часть чехла сложена палеогеновыми и неогеновыми песками, иногда с прослоями глин, алевролитами, мергелем, которые перекрыты четвертичными разнородными песками, валунными супесями и суглинками. Мощность четвертичных отложений в основном не превышает 80 м.

**Березовский** и **Ивацевичский** участки. Глубина залегания фундамента варьирует в интервале 0,2–0,4 км. Среди пород фундамента севернее г. Береза преобладают нижеархейские кристаллические сланцы и гнейсы, породы нерасчлененного архейского амфиболито–гнейсового комплекса, а в районе г. Ивацевичи вскрыты архейские граниты, архейский амфиболито–гнейсовый комплекс, нижнепротерозойские граниты и гранито–гнейсы, а также нижеархейские кристаллические сланцы и гнейсы. В платформенном чехле ведущим является верхневендско–нижнекембрийский комплекс (песчаники, алевролиты, глины, туфиты, туфы, базальты). В верхней части чехла залегают неогеновые пески, глины с прослоями бурого угля, которые перекрыты 60–80–метровой толщей четвертичных разнородных песков, алевролитов, валунных супесей и суглинков.

На **Логишинском участке** породы фундамента представлены в основном архейским амфиболито–гнейсовым комплексом, на значительно меньших площадях распространены нижнепротерозойские основные и ультраосновные породы. Мощность платформенного чехла 0,3–0,4 км. В его составе преобладает

Таблица 1  
Геохимические формулы покровных отложений  
верхнего уровня в пределах ключевых участков

Номера ключевых участков	Геохимическая формула
1	$\text{Nb} \frac{\text{Ni, Mn, Ti, Ga, Zn, Co}}{\text{Pb, B, Cr, V, Zr, Cu, P, Y, Yb}}$
2	$\text{Pb} \frac{\text{B, Zr, Ba}}{\text{Ni, Co, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Nb, Be, Y, Yb}}$
3	$\text{Pb} \frac{\text{B, Ni, Mn, Ti, Zr, Cu, Ba}}{\text{Co, Cr, V, Nb, Be, Y, Yb}}$
4	$\frac{\text{B, Zr, Ba, Nb, Y, Yb}}{\text{Pb, Ni, Cr, V, Mn, Ti, Cu}}$
5	$\text{Pb, Ni, Zr} \frac{\text{Ba, Nb}}{\text{B, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Y, Yb}}$
6	$\text{Ni} \frac{\text{B, Zr, Ba, Nb, Y}}{\text{Pb, Co, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb}}$
7	$\text{Pb, B, Ni} \frac{\text{Zr, Ba, Nb, Y}}{\text{Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb}}$
8	$\frac{\text{Pb, B, Ni, Mn, Ti, Cr, Zr, Ba, Nb, Y}}{\text{Co, Yb, Be, Zn, V, Cu}}$
9	$\text{Ni} \frac{\text{Zr}}{\text{Pb, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Y}}$
10	$\text{Cu, B, Ti} \frac{\text{Pb, Ni, Cr, P, V, Mn}}{\text{Zr, Zn, Nb, Ga}}$
11	$\text{Ni, V} \frac{\text{Nb, Pb, Cr, Mn, Ti, Cu, P}}{\text{B, Zr, Ga, Zn}}$
12	$\text{Ni, Ti} \frac{\text{Pb, Cr, Mn, Cu, Nb, P}}{\text{B, V, Zr, Ga, Zn}}$
13	$\text{Nb} \frac{\text{Nb, Pb, B, Ni, Zr, Ba}}{\text{Yb, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Y, Yb}}$
14	$\frac{\text{Y, Ba, V, Pb, Cr, Ni, Nb, Mn}}{\text{Yb, Co, Cu, Be, B, Ti, Zr}}$
15	$\text{Ti} \frac{\text{Nb, Pb, Zn, Ni, Cr, V, Mn, P, Cu}}{\text{B, Zr, Ga}}$
16	$\frac{\text{Nb, Pb, Ni, Cr, V, Mn, Cu, P}}{\text{B, Ti, Zr, Ga, Zn}}$
17	$\text{Cu} \frac{\text{P, Nb, Pb, Ni, Cr, V, Mn}}{\text{Ti, Zr, Cu, Ga, Zn, B}}$
18	$\frac{\text{B, Zr, Ba}}{\text{Pb, Ni, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Nb, Y, Yb}}$

среднерифейско – нижневендские алевролиты, пески, песчаники, глины. В верхней части чехла залегают верхнемеловые мела и мергели, палеогеновые пески и алевриты, которые подстилают четвертичные пески, алевриты и уступающие им по мощности валунные супеси и суглинки. Суммарная толща четвертичных отложений около 60 м.

Таблица 2  
Геохимические формулы покровных отложений  
нижнего уровня в пределах ключевых участков

Номера ключевых участков	Геохимическая формула
1	—
2	$\text{Nb} \frac{\text{B, Ni, Zr, Ba, Nb}}{\text{Yb, Be, Pb, Co, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Y}}$
3	$\text{Pb} \frac{\text{B, Ni, V, Mn, Ti, Zr, Ba, Nb, Y}}{\text{Co, Cr, Be, Cu, Yb}}$
4	$\text{Pb, B} \frac{\text{Ni, Zr, Ba, Nb, Y}}{\text{Co, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb}}$
5	$\text{B, Ni} \frac{\text{Pb, Ba, Nb}}{\text{Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Be, Y, Yb}}$
6	$\frac{\text{B, Ni, Zr, Ba, Nb, Y}}{\text{Pb, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb}}$
7	$\text{B, Ni} \frac{\text{Zr, Ba, Nb, Y}}{\text{Pb, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb}}$
8	$\text{Cr} \frac{\text{Y, Pb, B, Ni, Zn, Zr, Nb, Ba}}{\text{Co, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb}}$
9	—
10	$\text{Ni} \frac{\text{Cu, Pb, B, Cr, V, Nb}}{\text{Mn, Ti, Zr, Ga, Zn}}$
11	$\text{Ga} \frac{\text{Pb, B, Cr, V, Mn, Cu, Nb, Zn, P}}{\text{Ni, Ti, Zr}}$
12	$\frac{\text{Pb, B, Ni, Cr, V, Ti, Zr, Cu, Nb, P}}{\text{Mn, Ga, Zn}}$
13	$\text{Nb, Y, Ni} \frac{\text{Pb, B, Ba, Zr}}{\text{Yb, Be, Cu, Cr, V, Mn, Ti}}$
14	$\frac{\text{Y, B, Ni, Zr, Be, Nb}}{\text{Pb, Co, Cr, V, Yb, Mn, Ti, Cu, Be}}$
15	$\frac{\text{Cr, P}}{\text{Pb, B, Ni, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Nb, Sn, Zn}}$
16	$\frac{\text{Ni, Cr, V, Mn, P}}{\text{Pb, B, Ti, Zr, Cu, Nb, Ga, Zn}}$
17	$\frac{\text{P, Ni, Cr, Pb, V, Mn}}{\text{B, Ti, Zr, Cu, Nb, Ga, Zn}}$
18	$\text{Y, Nb, Ni} \frac{\text{Pb, B, Zr, Ba}}{\text{Cr, V, Mn, Ti, Cu, Yb}}$

**Борисовский участок.** Глубина залегания фундамента 0,65 – 0,7 км, в его составе преобладает ниже – верхнеархейский (амфиболито – гнейсовый) нерасчлененный комплекс. В чехле – породы среднедевонско – среднетриасового (герцинского) комплекса – песчаники, алевролиты, доломиты, известняки, мергели и глины, мощностью до 200 м. Верхняя часть

Уровни накопления элементов в нижней части разреза

Номера ключевых участков	Коэффициенты концентрации			
	< 1,0	1,0-1,4	1,4-1,8	> 1,8
1	Y, Yb, Zr, Pb, B, Cu, Cr, V, P	Ni, Nb	Mn, Ti, Ga, Zn, Co	
2	Pb, Co, Cr, Y, Yb, V, Mn, Ti, Cu, Be	Nb, Ni	B, Zr	Zn, Ba
3	Co, Cr, Cu, Be, Yb	Pb, V, Mn, Ti, Nb, Y	Ni	B, Zr, Ba
4	Co, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb	Pb, B, Ni, Zr, Nb	Y	Ba
5	Pb, Co, Cr, V, Mn, Ti, Zr, Cu, Be, Y, Yb	B, Ni, Nb	-	Ba
6	Pb, Cr, Yb, V, Mn, Ti, Cu, Be	B, Ni, Nb, Y	Zn	Ba
7	Pb, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Be, Yb	B, Ni, Zr, Y	Nb	Ba
8	Co, V, Mn, Ti, Cu, Yb, Be	Pb, B, Ni, Cr, Nb	Zr, Y	Ba, Zn
9	Pb, Cr, V, Mn, Ti, Cu, Y	Ni, Pb	Zr	-
10	Mn, Ti, Zr, Ga, Zn	Ni, V, Nb, P	Pb, B, Cu	Cr
11	Ni, Ti, Zr, Ga	V, Zn	B, Cu	Pb, Cr, Mn, Nb, P
12	Mn, Ga, Zn	Pb, B, Nb	V, Ti, Cu	Cr, Zr, P, Ni
13	Cu, Be, Cr, V, Mn, Ti, Yb	Ni, B, Pb, Nb, Y	B, Zr	Ba
14	Yb, Cu, Be, Pb, Co, Cr, V, Mn, Ti	B, Ni, Nb, Y	Zr	Ba
15	Pb, B, Ni, Ga, V, Mn, Ti, Zn, Zr, Cu, Nb	-	Cr	P
16	Pb, B, Ti, Zr, Cu, Nb, Ga, Zn	Ni, Cr, V	-	Mn, P
17	Zr, Cu, Nb, Ga, Zn, B	Pb, Ni, V, Ti	Cr, P	Mn
18	Cr, V, Mn, Ti, Cu, Yb, B	Pb, B, Ni, Nb, Y	-	Ba, Sn, Zr

коренных пород сложена преимущественно среднедевонскими мергелями, доломитами, известняками и глинами мощностью около 100 м.

На Замосточском участке фундамент залегает на глубине 0,7–0,75 км и представлен архейско–нижнепротерозойскими гранитами и гранитогнейсами, мигматитами. В чехле преобладает среднедевонско–среднетриасовый (герцинский) структурный комплекс мощностью до 200 м, но достаточно широко встречаются также отложения среднерифейско–нижневендского (нижнебайкальского) и верхневендско–нижнекембрийского (верхнебайкальского) комплексов – песчаники, алевролиты, глины, доломиты, тиллиты. Верхняя часть платформенного чехла сложена среднедевонскими мергелями, доломитами, известняками, глинами, реже встречаются гипсы, пески. Мощность квартера – 100–120 м.

Сосновоборский участок характеризуется глубинами залегания кровли кристаллических пород (архейского амфиболито–гнейсового комплекса, нижнепротерозойских гранитов, гранодиоритов) около 4 км. В платформенном чехле основным является среднедевонско–нижнетриасовый комплекс (глины, мергели, известняки, доломиты, каменная соль, пески, песчаники, алевролиты). Верхнюю часть чехла составляют палеогеновые пески, песчаники, алевролиты, на которых залегают четвертичные разномерные пески, валунные супеси и суглинки, мощностью около 40 м.

На Васильковском участке глубина залегания пород фундамента, которые представлены нижнепротерозойскими гранодиоритами, нижнеархейскими гнейсами, около 5 км. В платформенном чехле наибольший объем приходится на среднедевонско–нижнетриасовый комплекс (глины, мергели, известняки, доломиты, каменная соль, пески, песчаники, алевролиты). В верхней части чехла развиты палеогеновые пески и алевролиты и примерно 40–метровая толща четвертичных разномерных песков, валунных супесей и суглинков.

На Гомельском участке глубина залегания пород фундамента (преимущественно нижнеархейских гнейсов) около 4 км. В платформенном чехле наибольшее распространение имеют породы среднедевонско–нижнетриасового комплекса (глины, мергели, известняки, доломиты, каменная соль, пески, песчаники, алевролиты). В верхней части чехла залегают палеогеновые пески и алевролиты, которые подстилают 20–40–метровую толщу четвертичных разномерных песков, валунных супесей и суглинков.

На Исlochском участке фундамент представлен нижнеархейским комплексом пород (эндербит–чарнокитовым комплексом), залегающем на глубине около 0,5 км. В чехле преобладают породы герцинского комплекса (доломиты, песчаники, глины). Под четвертичными отложениями распространены верхнемеловые мергели, песчано–алевролитовые породы и девонские доломиты. Мощность квартера 160–180 м.

Таблица 4

Геохимические ассоциации элементов и уровни их накопления в покровных отложениях ключевых участков

Номера ключевых участков	Ведущая ассоциация элементов	Побочная ассоциация элементов
1	Литохалькофильная: Mn, Ti, Ga, Zn, Co Kk=1,4-1,8	Литосидерофильная: Ni, Nb
2	Литосидерофильная: Nb, Ni Kk=1,0-1,4	Литофильная: Zr, Ba, В Kk более 2
3	Литофильная: V, Mn, Ti, Nb, Y, Pb Kk=1,0-1,4	Литофильная: В, Zr, Ba Kk более 2
4	Литосидерофильная: Nb, Ni, Pb, Zr, D Kk=1,0-1,4	Ba, Y
5	Литосидерофильная: Nb, Ni, В Kk=1,0-1,4	Ba
6	Литосидерофильная: Nb, Ni, Y, В Kk=1,0-1,4	Ba, Zr
7	Литосидерофильная: В, Ni, Zr, Y Kk=1,0-1,4	Ba, Nb
8	Литосидерофильная: Nb, Ni, Cr, Pb, В Kk=1,0-1,4	Литохалькофильная: Ba, Zr, Y, Zn Kk=1,8-2,0
9	Литосидерофильная: Nb, Ni Kk=1,0-1,4	Zr
10	Литосидерофильная: Nb, Ni, V, P Kk=1,0-1,4	Литохалькофильная: Cr, Pb, В, Cu, Kk=1,4-2,0
11	Литохалькофильная: Mn, Cr, Nb, P, Pb Kk более 2	Литохалькофильная: V, В, Cu, Zn Kk=1,0-1,8
12	Литофильная: Cr, Zr, P, Ni Kk более 2	Литохалькофильная: V, Ti, В, Nb, Pb, Cu, Kk=1,4-1,8
13	Литосидерофильная: Nb, Ni, В, Y, Pb Kk=1,0-1,4	Литофильная: Ba, Zr, В Kk=1,4-1,8
14	Литосидерофильная: Nb, Ni, В, Y Kk=1,0-1,4	Ba, Zr
15	Нет	Cr, P
16	Литосидерофильная: Ni, Cr, V Kk=1,0-1,4	Mn, P
17	Литосидерофильная: Ni, V, Ti, Pb Kk=1,0-1,4	Литофильная: Mn, Cr, P Kk=1,4-2,0
18	Литосидерофильная: Nb, Ni, В, Y, Pb	Литохалькофильная: Ba, Sn, Zn Kk более 2

На всех перечисленных выше участках отбирались пробы из покровных отложений вкрест простиранию разрывных нарушений раздельно из двух слоев — на глубинах 0,1–0,2 м и 0,9–1,0 м. Систематизация и математическая обработка результатов приближенного количественного спектрального анализа проб на 15 элементов позволило составить геохимические формулы покровных отложений верхнего и нижнего уровня в пределах ключевых участков (табл. 1 и 2).

В числителе показаны элементы, содержания которых превышают кларк соответствующих генетических типов четвертичных отложений, в знаменателе — с нижекларковыми концентрациями; перед дробью вынесены элементы с околокларковыми содержаниями. Геохимическая формула участка дает практически исчерпывающую информацию о распределении элементов в нем и тенденции к накоплению или рассеиванию.

Практически на всех участках большее количество элементов с вышекларковыми содер-

Таблица 5

Величины коэффициента «В» в покровных отложениях ключевых участков

Номера ключевых участков	Коэффициент «В»			Номера ключевых участков	Коэффициент «В»		
	Ср.	В	Н		Ср.	В	Н
1	28	26,2	30,1	10	22	28,8	13,8
2	13,8	14,3	13,1	11	29	21,8	37,8
3	15,6	18,2	14,2	12	22,3	16,8	7,5
4	18,1	19,9	17	13	14,4	14,7	14,2
5	28,3	31,8	25,1	14	15,8	15	16,8
6	19,2	18,5	19,8	15	21,7	26,7	13,3
7	17,6	18,2	17,1	16	89,5	46,7	136,3
8	17	16,6	17,6	17	63,4	67,5	59
9	14			18	24,6	26,2	23,2

жаниями (коэффициент концентрации выше единицы) фиксируется в нижней части разреза. Исключение составляют участки Борисовский (№ 13), Сосновоборский (№ 15) и Васильковский (№ 16). Значительное количество элементов с повышенными содержаниями в нижней части разреза косвенно подтверждает наличие их вертикальной миграции, т.е. привнос из нижележащих горизонтов.

Повышенный уровень накопления в покровных отложениях таких элементов, как Ni, Mn, Ti, Ga, Zn, Co, Nb, V, Ba, Si, Pb и некоторые другие (табл. 1 и 2), с одной стороны, повышает степень экологической опасности участка, с другой позволяет выделить элементы-индикаторы зон глубинных разломов, с третьей — дифференцировать сами тектонические нарушения.

Анализ коэффициентов концентрации (Кк) всех изученных элементов в нижней части разреза позволил определить уровни их накопления на различных участках и выявить ведущие геохимические ассоциации.

Уровни накопления отдельных элементов и их ассоциаций определялись по средней величине Кк по всему профилю в пределах каждого участка. На отдельных отрезках литогеохимических профилей Кк значительно возрастает, что соответствует проекции наиболее активной части разломной зоны. При определении уровней концентрации нами приняты градации: низкий (менее 1,0), умеренный (1,0–1,4), повышенный (1,4–1,8) и высокий (более 1,8–2,0) (табл. 3).

На Березовском (№ 11) и Логишинском (№ 12) участках высокий уровень накопления (Кк более 2) фиксируется у Pb, Cr, Mn, Nb, P (№ 11) и Cr, Zr, Ni, P (№ 12). На Исlochском (№ 18) — у Ba, Sn, Zr. На большинстве участков выше двух коэффициентов концентрации у Ba, в отдельных случаях — у Zr (№ 3), Zn (№ 8), Cr (№ 10), P (№ 15 и 16), Mn (№ 16, 17). Повышенный уровень концентрации на всех участках, за исключением Полоцкого и Ивацевичского, лишь у отдельных элементов — V, Ni, Y, Yb, Zr, Pb, Cu, Zr, Ti, Cr (табл. 3). Умеренный и низкий уровень накопления — у ряда геохимических ассоциаций.

При выделении геохимических ассоциаций, характерных для различных участков, нами не учтен низкий уровень накопления элементов.

На большинстве изученных площадей уверенно выделяется литосидерофильная ассоциация с ведущими элементами Ni, Nb, а также V, Y, P, Cr и халькофильный свинец (табл. 4). На участках I (Полоцкий) и II (Березовский) выделяются литохалькофильные ассоциации Mn, Ti, Ga, Zn, Co (№ 1) и Mn, Cr, Nb, P, Pb (№ 11). Литофильные характерны для площадей № 3 (V, Mn, Ti, Nb, Y, Pb) и № 12 (Cr, Zr, P), литосидерофильные, но без Nb — для участков № 7 (Ni, V, Zr, Y), № 16 (Ni, Cr, V), № 17 (Ni, V, Ti, Pb). На Сосновоборском участке (№ 15) геохимической ассоциации элементов выделить не удалось. Здесь отмечается высокий уровень накопления лишь у двух элементов — Cr и P. Побочные ассоциации элементов и уровни их накопления показаны для каждого участка в табл. 4.

Анализ полученных данных позволил выделить в качестве элементов-индикаторов тектонически активных зон, в частности разломов, такие элементы, как Ba, Ni, Nb, Zr, Y, V, Pb, для отдельных структур — V, Cr, Zn, Sn, Mn.

На основе предложенного Н. М. Страховым [2] железо-марганцево-титанового модуля, определяющего уровень глубинных эксталяций, нами разработан коэффициент «В» (отношение содержания марганца к титану) в качестве показателя наличия в покровных отложениях более глубинного материала (эксталяций, флюидов, атомов, ионов и т.д.). Максимальная величина этого коэффициента (табл. 5) приурочена к зонам разломов на участках Полоцком, Колосовском, Березовском («В» выше 28,0) и особенно Васильковском (89,5) и Гомельском (63,4).

Выделенные геохимические ассоциации элементов, уровни их накопления, группа элементов-индикаторов, величины коэффициента «В» позволяют дифференцировать зоны глубинных разломов по их активности и, следовательно, по уровню влияния на экологические обстановки.

*Исследования проведены при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Х07К-044).*

1 Геологическая карта кристаллического фундамента Белоруссии и прилегающих территорий. М-6 1:1 000 000 / Под ред. А.М. Папа. Мн., 1990.

2 Страхов Н.М. Развитие литогенетических идей в России и СССР. М., 1971. — 622 с.

**Виділено геохімічні асоціації елементів, рівні їх накопичення, групу елементів-індикаторів, які дозволяють диференціювати зони глибинних розломів за їх активністю, тобто за рівнем впливу на екологічні об'єкти.**

**The geochemical associations of elements, levels of their accumulation, group of elements-indicators, which allow to differentiate areas of deep break a secret on their activity, on the level of influence on ecological of situation.**