

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРЕЛЫХ ПОРОД КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА¹⁾

З. А. МЫШКО

(Представлено научным семинаром кафедры геофизических методов разведки
полезных ископаемых)

При поисках и разведке углей в Кузбассе применяется магнитная съемка, с помощью которой выявляются и оконтуриваются зоны выгорания угольных пластов. Выявление зон выгорания необходимо для правильного выбора участков под открытые горные работы, для оценки запасов каменного угля и для учета гидрогеологических условий месторождения.

При выгорании угольных пластов происходит обжиг вмещающих пород, преимущественно кровли, в результате чего образуются обожженные породы — горельники, обладающие заметными магнитными свойствами. На фоне спокойного нормального магнитного поля, соответствующего осадочным породам Кузбасса, горельники создают четкие магнитные аномалии. Простирание аномальных зон совпадает с простиранием выгоревших пластов, а нулевая изогамма дает представление о контуре зоны горелых пород в плане. Размеры аномальных зон изменяются от 100×20 м до 2000×100 м. Глубина выгорания крутопадающих пластов иногда достигает 270 м, а пологопадающих — 100 м. Магнитные аномалии встречаются различного знака с интенсивностью от $\pm 200 \gamma$ до $\pm 9000 \gamma$.

Выгорание пластов угля в Кузбассе было отмечено еще в 1733 г. экспедицией Гмелина и позднее, в 1763 г., — Фаальком [2].

В 1932 г. проф. В. И. Яворским [7] на основании накопившегося фактического материала отмечено выгорание большого количества пластов угля нижнепермского возраста, происходившее, по его мнению в разное время, не позднее постплиоцена, с образованием мощных зон горелых пород. В. И. Яворский указывает на значительное распространение горелых пород в Кузбассе и дает описание их свойств. В обожженных породах кровли пласта IV Внутреннего на месторождении Тайба II им были найдены образцы своеобразной железной руды, сложенной гематитом и магнетитом с незначительным содержанием нерудных минералов.

В 1933 г. Б. П. Беликовым [1] проводились детальные петрографические исследования состава обожженных пород Кемеровского района

¹⁾ Материалы по данной статье были сообщены автором в докладе на научно-техническом совещании по методам и результатам изучения физических свойств горных пород Сибири в мае 1958 г. в г. Новосибирске.

Кузбасса. В выходах горельников им была отмечена следующая зональность в изменении пород:

1. Слабо измененные породы — покраснение без изменения текстуры и структуры.
2. Более измененные породы, сохраняющие первоначальный облик, но имеющие новообразования.
3. Сильно измененные, переплавленные в шлаковидную массу породы.

Изучение шлифов иммерсионным методом позволило Б. П. Беликову установить в породах 3 и частично 2 типа наличие следующих минералов: стекла, кварца, муллита, тридимита, кордиерита, зеленой шпинели, магнетита и в единичных случаях кристобалита, нефелина и карнегента. В статье также приводятся данные химического анализа горелых пород.

В 1943 г. инженером-геофизиком И. С. Михельсоном на месторождении Тайба II была впервые опробована магнитная съемка с целью выделения выгоревших пластов угля. Эта съемка дала положительные результаты, и магниторазведка, в основном с 1947 г., стала успешно применяться в Кузбассе с целью оконтуривания зон выгорания угольных пластов.

В 1948 г. К. В. Гладкий в своей статье [3] приводит результаты определений магнитной восприимчивости некоторых образцов пород Сибиргинского месторождения Кузбасса, выполненных в лаборатории Свердловского горного института: горельники показали $\chi = 140—1140 \cdot 10^{-6}$ CGSM (5 образцов); диабазы $\chi = 20—63 \cdot 10^{-6}$ CGSM (3 образца); песчаники $\chi = 0—60 \cdot 10^{-6}$ CGSM (4 образца); сферосидерит $\chi = 170 \cdot 10^{-6}$ CGSM (1 образец). В шлифах горельника обнаружены магнетит и кристобалит.

В 1953—1955 гг. магниторазведочной партией Кузбасской геофизической экспедиции под руководством автора, наряду с магнитной съемкой, проводилось изучение магнитных свойств горельников в большом объеме на следующих месторождениях бассейна: Кийзакском, Дальних городах, Карьерном уклоне, Кедровском, Хорошеборском, Новобалахонском и Бачатском.

Из горных выработок было отобрано около тысячи ориентированных образцов горельника и магнитометром М-2 с ценой деления 12γ измерены их магнитная восприимчивость χ и остаточное намагничение I_r . Точность измерений, как показали повторные определения, составляла 15%.

Это объяснялось неточной изометричностью образцов и неоднородностью включений магнетита. Все образцы, создававшие магнитное поле меньше 6 гамм (0,5 деления шкалы), т. е. примерно с $I_r < 200 \cdot 10^{-6}$ CGSM и $\chi < 330 \cdot 10^{-6}$ CGSM, относились к практически немагнитным. Поправка за форму образца не вводилась, так как значения χ в основном не превышали $10000 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

По каждой горной выработке нами были построены вариационные кривые магнитной восприимчивости, остаточного намагничения, его азимута и угла наклона, а также вычислены средние значения этих величин.

Результаты исследований рассмотрим по каждому месторождению отдельно.

Кийзакское месторождение. Находится оно в Томь-Усинском районе и сложено породами Усятской толщи балахонской свиты нижнепермского возраста: песчаниками, алевролитами, аргиллитами и пластами каменных углей. Эта толща включает три пласта угля рабочей мощности. Объектами наших исследований являлись обожженные породы кровли пластов угля III и IV—V, местами выгоревших до глубины 30—60 м. Пласт III имеет мощность 7,5 м, характеризуется простым

строением, но в отдельных участках слагается двумя пачками. Пласт IV—V чаще всего состоит из 2—3 пачек общей мощностью в 10,4 м, падающих под углом 8—25° на СЗ.

Отбор горельников был проведен из кровли выгоревших пластов III—150 образцов и IV—V—24 образца. В зависимости от степени обжига пород значения магнитных свойств заметно меняются. Породы слабого обжига обладают низкими значениями χ . Средние и преобладающие значения I_r не превышают $1400 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Породы сильного обжига имеют значение χ больше $1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM, а $I_r = 5000—7000 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Нарастание магнитных свойств наблюдается в области выхода выгоревшего пласта под наносы.

Положение вектора I_r в ориентированных образцах, характеризующее азимутом α и углом наклона i , не зависит от степени обжига, лишь наблюдается небольшая разница в значениях α и i для горельников различных пластов. Для горельников пласта III $\alpha = 210—240^\circ$ и $i = -35—0^\circ$, а для горельников пласта IV—V $\alpha = 260^\circ$ и $i = -43^\circ$, причем и характер аномалий Z-составляющей над обоими пластами несколько различен. Над пластом III поле сложное, с частым чередованием невысоких положительных и отрицательных значений с общим отрицательным фоном, а для пласта IV—V имеет место четко выраженная отрицательная аномалия Z-составляющей с $Z_{\min} = -400 \gamma$ (рис. 1).

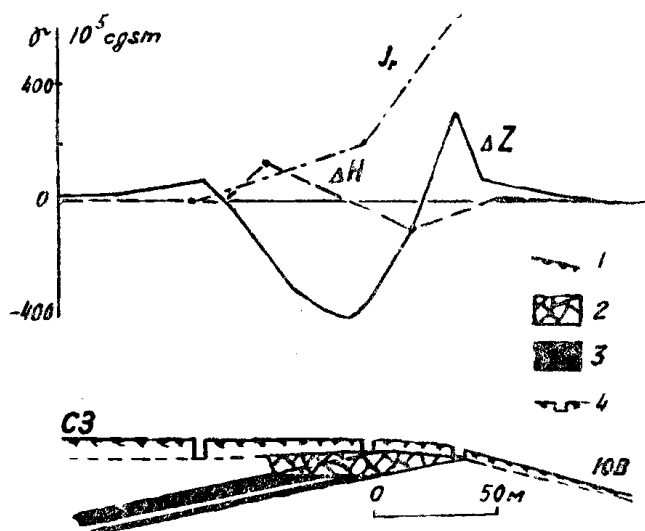


Рис. 1. Кривые ΔZ , ΔH и I_r над выгоревшим пластом угля IV—V: 1 — наносы, 2 — горельники, 3 — уголь, 4 — дудки.

Месторождение Карьерный уклон находится в Прокопьевско-Киселевском районе. Продуктивные отложения представлены породами средней толщи верхнебалахонской подсвиты, включающей 8 рабочих пластов угля (сверху вниз): Характерный, Горелый, Лутугинский I, Лутугинский II, Прокопьевский, Мощный, Безымянный I, Безымянный II. Объектом наших исследований являлись обожженные породы кровли пласта Мощного, выгоревшего здесь на значительном протяжении до глубины 10—18 м. Строение пласта чаще простое, местами он распадается на пачки. Мощность пласта колеблется от 11 до 23 м. Падение пласта ЗЮЗ под углом 35—45°. Магнитной съемкой выявлены 2 отрицательных аномалии (Северная и Южная) значительной протяженности. Длина северной аномальной зоны превышает по простиранию 425 м (на севере она не прослежена). Ширина аномалии составля-

ет 20 м на юге и увеличивается до 60 м к северу, где имеет место выгорание нескольких пластов угля. Значения Z_{\max} колеблются в пределах 400—1600 γ . Положительные поля, оконтуривающие отрицательную зону, редко достигают 1200 γ .

В южной части Северной аномалии пройдены две дудки в зоне слабообожженных пород кровли пласта Мощного. Магнитные свойства 99 отобранных образцов оказались невысокими: $\chi = 0-400 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I_r = 1000-1400 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $\alpha = 215^\circ$, $i = -40^\circ$ (рис. 2, а).

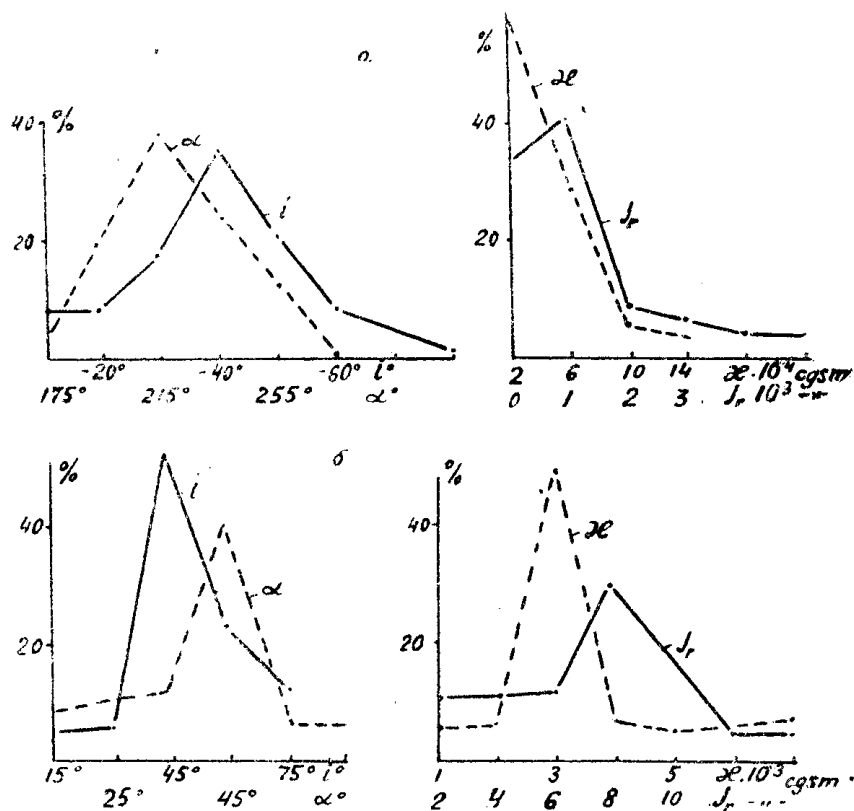


Рис. 2. Вариационные кривые χ , I_r , α , i .

Месторождение Дальние горы расположено в том же районе, что и Карьерный уклон. В геологическом строении месторождения принимают участие породы средней и верхней толщ верхнебалахонской подсвиты, представленные в основном алевролитами, аргиллитами и песчаниками. Верхняя толща включает 8 рабочих пластов угля, называемых Внутренними. Средняя толща включает 5 рабочих пластов угля (сверху вниз): Горелый, II-Прокопьевский, I-Прокопьевский, Мощный и Безымянный. Все пласты месторождения подвергались в той или иной степени выгоранию. Широкие и глубокие зоны выгорания по данным бурения установлены, например, для мощных пластов: IV-Внутреннего, Горелого и Мощного, выгоревших на 1,5—2 км по протяжению и на глубину местами до 270 м. Простираение пород СЗ, падение на ЗЮЗ под углом 80—90°.

Над зоной выгорания всех крутопадающих пластов наблюдается сложное непостоянное отрицательное поле с колебаниями Z от 1200 γ до 2570 γ . Положительные поля, ограничивающие отрицательную зону, достигают 400 γ . Длина аномалии больше 1 км (северная и южная границы не прослежены), ширина аномалии колеблется в пределах 75—220 м вследствие неравномерного выгорания угольных пластов. Значи-

тельная часть дудок вскрыла породы слабого обжига с низкими значениями χ , $I_r = 1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Двумя дудками были вскрыты породы значительного обжига с $\chi = 1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM и $I_r = 2000 - 5000 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Магнитный азимут и угол наклона вектора хорошо выдерживаются в образцах горельников из разных горных выработок и составляют $\alpha = 210 - 220^\circ$ и $i = -40^\circ$.

Кедровское месторождение расположено в Кемеровском районе и сложено породами Кемеровской толщи верхнебалахонской подсвиты. Этой толще подчинены здесь 5 пластов угля рабочей мощности (сверху вниз): Кемеровский, Волковский, Викторовский, Владимирский и Лутугинский, из которых первые два пласта выгорели на глубину 10—60 м. Объектом наших исследований являлись обожженные породы кровли пласта Волковского. Мощность пласта колеблется от 6 до 23 м. Строение его сложное в виде 2—3 пачек. Простираение пород ССВ, падение ЮВ под углом 12—40°. Магнитной съемкой выявлено на месторождении 5 отрицательных магнитных аномалий со значениями $Z_{\min} = 400 - 2400 \gamma$. Области отрицательных значений оконтурены положительными полями 100—1200 γ .

На месторождении в области замка мелкой антиклинальной складки выгоревшего пласта Волковского двумя дудками были вскрыты породы слабого обжига с низкими χ и $I_r = 1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM, с $\alpha = 215^\circ$ и $i = -34^\circ$.

Хорошеборское месторождение находится к востоку от Кедровского. Господствующее простираение продуктивной толщи широтное с падением слоев на север под углом 12—30°. На месторождении имеет место выгорание пласта Волковского на 5 участках в области синклинальных и антиклинальных изгибов. Глубина выгорания колеблется в пределах 20—60 м.

Магнитной съемкой над пластом Волковским оконтурены 3 отрицательных и 2 положительных аномалии. Горельники, отобранные в области положительной аномалии, характеризуются сравнительно высокими значениями $\chi = 1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM и $I_r = 3000 \cdot 10^{-6}$ CGSM, с $\alpha = 30^\circ$ и $i = 40^\circ$.

В области отрицательной аномалии большинство горельников характеризуется слабыми магнитными свойствами с $\alpha = 210^\circ$ и $i = -25^\circ$.

Горелые породы здесь отличаются слабым обжигом.

Новобалахонское месторождение является непосредственным продолжением Кедровского месторождения на север. Здесь в результате расщепления пласта Волковского отделились две пачки и образовали самостоятельный пласт Подволковский в 4—19 м мощностью. Падение пластов ЮВ под углом 30—60°.

Магниторазведкой на месторождении оконтурены 4 крупных зоны выгорания в пределах пластов угля Волковского и Подволковского. Все аномалии положительные со значениями $Z_{\max} = 300 - 9000 \gamma$; оконтуривающие отрицательные поля иногда достигают 1200 γ .

Образцы горельников, отобранные на выходе выгоревшего пласта Волковского под наносы, отличаются большой интенсивностью обжига: это почерневшие оплавленные породы, шлифы которых характеризуются преимущественным содержанием стекловидной массы. Магнитные свойства этих горельников отличаются высокими значениями: $\chi = 3000 \cdot 10^{-6}$ CGSM и $I_r = 8000 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Отношение $I_r : I_i$ составляет 4—8. Вектор I_r направлен вниз под углом 45° к горизонту с преобладающим магнитным азимутом 45° (рис. 2,б).

Бачатское месторождение расположено в Гурьевском районе Кемеровской области и сложено породами средней толщи верхнебалахонской подсвиты. Объектами магнитных исследований явились зоны

выгорания пласта Мощного и II-Прокопьевского. Пласт Мощный имеет выдержанное СЗ простирание и мощность от 10 до 42 м. Строение пласта простое. Кровля и почва представлены песчаником. Пласт II-Прокопьевский изменяют мощность от 0 до 11,7 м, имея в среднем 5,2 м. Падение пластов ЗЮЗ под углом 30—60°. Пласт Мощный, по данным бурения, выгорел на протяжении 0,7 км до глубины 30—60 м, а II-Прокопьевский — на протяжении 200 м до глубины 28 м.

Магнитной съемкой на месторождении оконтурены две положительные аномалии. Первая — над выгоревшим пластом Мощным. Длина ее 700 м, ширина 60—260 м, а напряженность Z колеблется в пределах 200—1300 γ . Вторая аномалия расположена над выгоревшим пластом II-Прокопьевским. Длина ее 220 м, ширина 25 м. Напряжения поля довольно выдержаны по простиранию и колеблются в пределах 1200—1300 γ . Отрицательные поля по краям не превышают 600 γ .

Магнитные свойства горелых пород Бачатского месторождения изучались по трем направлениям: вкрест простирания выгоревшего пласта Мощного, по вертикали и по простиранию. Исследование горельников, отобранных вкрест простирания зоны горелых пород, показало резкое увеличение магнитных свойств к области выхода пласта Мощного под наносы (рис. 3). Отношение $I_r : I_i$ варьирует в пределах 4—18, а преобладающий угол наклона вектора I_r довольно выдержан и составляет 40°. Преобладающий магнитный азимут α колеблется в пределах 350—50° у горельников пласта Мощного и 300—338° — у горельников пласта II-Прокопьевского.

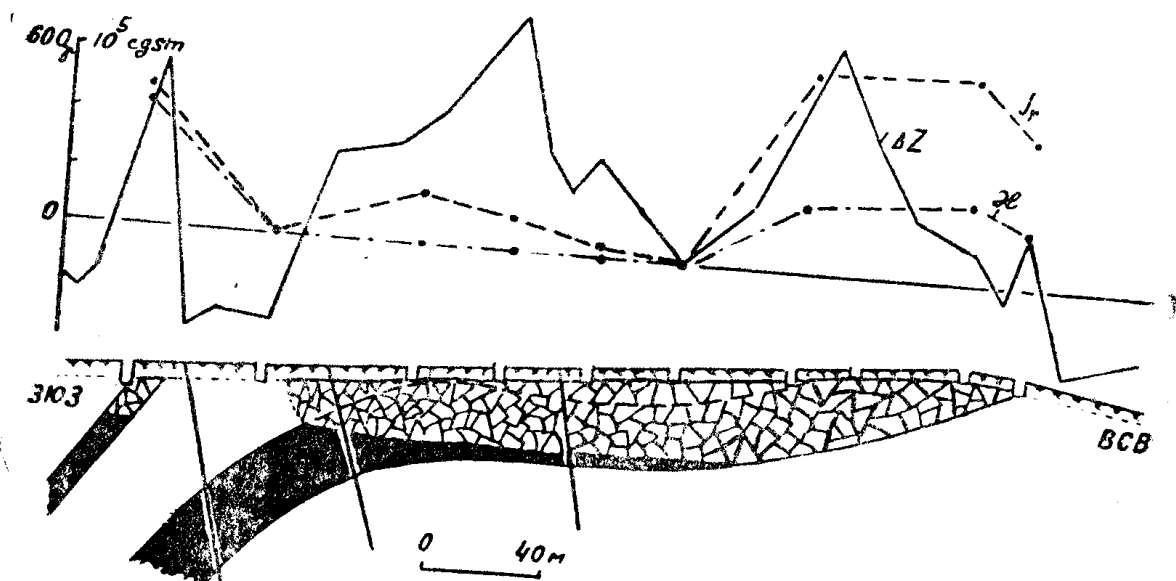


Рис. 3 Кривые ΔZ , α и I_r над выгоревшим пластом угля Мощным.

В северном карьере был проведен отбор образцов горельников по вертикали с 5 глубин (рис. 4). Отношение $I_r : I_i$ по карьере колеблется от 5 до 16. Вектор I_r у большинства образцов направлен вниз под углом 40°. Преобладающий магнитный азимут колеблется в пределах 350°—50°.

Вариационные кривые отражают изменения средних и преобладающих значений α и I_r по вертикали и четко фиксируют нарастание магнитных свойств в кровле пласта, в области глубин 13—18 м, где $\alpha = 1800 \cdot 10^{-6}$ CGSM и $I_r = 8200 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Место верхней выгоревшей части пласта занимает слой интенсивно обожженных пород с наиболее высокими магнитными свойствами.

По простиранию выгоревшего пласта Мощного были опробованы три зоны интенсивно обожженных пород. Установлено, что χ горельников по простиранию колеблется в пределах $1000-2000 \cdot 10^{-6}$ CGSM, а I_r заметно изменяется. В северном карьере преобладающее значение $I_r = 8200 \cdot 10^{-6}$ CGSM, в центральной части — $10000 \cdot 10^{-6}$ CGSM и в южном карьере — $2000 \cdot 10^{-6}$ CGSM, что, возможно, вызвано длительным размытием горельников водой при разработке пласта угля Мощного.

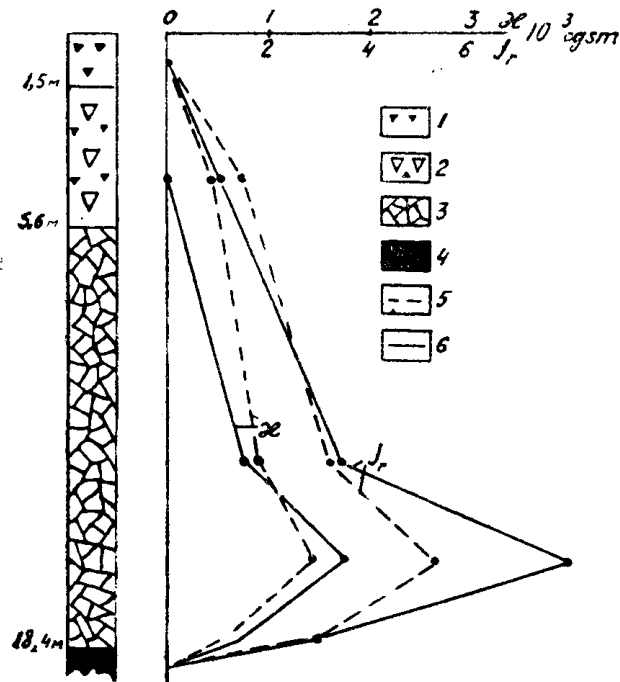


Рис. 4. Кривые средних и преобладающих значений χ и I_r по карьере: 1 — щебенка горельника, 2 — крупнообломочный горельник, 3 — коренной горельник, 4 — уголь, 5 — кривые средних значений, 6 — кривые преобладающих значений.

На основании анализа графического материала, частично здесь иллюстрируемого, нами составлена сводная табл. 1 магнитных свойств горелых пород по отдельным месторождениям бассейна, приводимая ниже.

Необожженные осадочные породы оказались практически немагнитными. Минералогическим анализом в аншлифах песчаников и аргиллитов обнаружена мелкая вкрапленность немагнитных минералов: пирита, лимонита, гематита и сидерита.

Появление магнитных свойств у осадочных пород после обжига находит объяснение в данных петрографических и химических анализов. В 1932 г. [1] и в 1948 г. [2] в обожженных породах был обнаружен магнетит. В 1954 г. на кафедре месторождений полезных ископаемых Томского политехнического института в аншлифах обожженных песчаников кровли пласта Волковского также установлена мелкая вкрапленность магнетита с размерами зерен $0,10-0,02$ мм, концентрирующихся в виде венчиков около пустот.

Химический анализ обожженных пород кровли пласта Волковского показал значительное содержание закисного и окисного железа (табл. 2).

Сравнение результатов химического анализа горельников кровли пласта Мощного (Бачатское месторождение) с магнитометрическими

Таблица 1

№ п/п	Месторождение	х · 10 ⁶			I _r · 10 ³			Магнитный азимут в градусах		Угол наклона в градусах		К-во образцов
		пределы	среднее	преобладающ.	пределы	среднее	преоблад.	средний	преоблад.	средний	преоблад.	
1	Кийзакское	а) 0—1840; б) 0—7700	700 1400	600 1250	520—4400 940—22300	1400 5000	1300 7000	230—250	220—260	—40—0	—40—0	111 63
2	Карьерный уклон	а) 0—1420	430	0	0—12000	1400	1000	215	215	—44	—40	99
3	Кедровское	а) 0—849	0	0	220—6620	400	1000	200	215	—32—0	—34	34
4	Дальние горы	а) 0—800 б) 0—10000	0—400 1000—2000	0 1000	200—2300 400—23900	1000 3000—5000	1000 2000—3000	220	220	—45	—40	95
5	Новобалахонское	б) 470—11560	4000	3000	900—76500	11800	8000	45	45	35	45	18
6	Хорошеборское	а) 0—4450 б) 0—610	1100 0	1000 0	400—17000 200—1176	1900 400	3000 600	20 205	30 210	44 0	40 —25	54 19
7	Бачатское	а) 0—2020 б) 0—14610	0 2300	0 2000	200—9000 600—28000	1000 3500 6700	1200 3000—10000	300—50	300—50	20—60	40	282

Примечание: а) породы слабого обжига; б) породы сильного обжига.

данными показывает, что с повышением процентного содержания закиси железа x и I_r горелых пород заметно возрастают (табл. 3).

Широкий диапазон изменения магнитных свойств горельников, взятых с одной глубины отбора из одной и той же дудки, обусловлен, очевидно, судя по табл. 3, различным содержанием магнетита.

Т а б л и ц а 2

№ п.п.	№ образцов	Название породы	% Fe ₂ O ₃	% FeO
1	45	Обожженный алевролит	3,32	1,7
2	1	Обожженный песчаник	6,61	3,46
3	2	Обожженный песчаник	5,23	3,23

В углехимической лаборатории Томского политехнического института автором проведено несколько опытов по превращению немагнитных осадочных пород и железистых компонентов (лимонита, гематита и сидерита) в вещества с заметными магнитными свойствами. Осадочные породы и железистые компоненты в порошкообразном состоянии прокаливались в присутствии кислорода 2—4 часа при температурах 200, 400, 600, 800 и 1000° С. После охлаждения только сидерит, начиная с температур 800° и выше, приобрел заметные магнитные свойства, превратившись в вещество черного цвета с резким металлическим блеском.

Т а б л и ц а 3

№ п.п.	Место взятия образца	№ образца	Название породы	% FeO	$x \cdot 10^6$	$I_r \cdot 10^6$
	Бачатское месторождение		обоженный песчаник			
1	дудка 6	5	"	1,25	317	2482
2	" 8	13	"	1,75	540	1318
3	" 6	1	"	3,48	2300	9550
4	" 8	1	"	4,50	8790	28100

При прокаливании порошков с каменным углем, т. е. в восстановительной среде, все образцы, начиная с температур 500° и выше, приобрели после охлаждения темный цвет и заметные магнитные свойства. В процессе опытов было замечено, что количество магнитных частиц в порошках возрастало с повышением температуры прокаливания. Магнитное поле в электрической печи при охлаждении образцов было близкое к земному.

Химический анализ порошков до обжига и после обжига (500—600°С) дал следующие результаты (см. табл. 4).

Минералогический анализ аншлифа искусственно обожженного песчаника обнаружил мелкую вкрапленность пирротина, наличие магнетита установить не удалось ввиду пылевидности рудных зерен. В этом же аншлифе до обжига была отмечена незначительная мелкая вкрапленность гематита и пирита, который при обжиге, по-видимому, перешел в пирротин: $Fe_2O_3 + 2FeS_2 + 3C = 4FeS + 3CO$.

Остаточное намагничение, как и повышенную магнитную восприимчивость, осадочные горные породы приобретают в результате обжига.

Нарастание магнитных свойств горелых пород к очагу пожара, отмеченное нашими исследованиями, обусловлено неодинаковым температурным воздействием: по мере удаления от очага пожара температура уменьшалась и различные участки толщи осадочных пород обжигались при различных температурных режимах. Экспериментальными исследованиями Т. Н. Розе в 1949 г. была доказана зависимость величины остаточного намагничивания от температуры нагрева и отмечено, что слабо ферромагнитные породы приобретают наиболее высокое термоостаточное намагничение I_{rt} при охлаждении в геомагнитном поле от температур выше или близких к точке Кюри, причем величина I_{rt} намного превышает величину I_r , соответствующую данному полю [5].

Таблица 4

№ п.п.	Название породы	% Fe ₂ O ₃	% FeO	Магнитные свойства
1	Необожженный лимонит	71,60	0,51	немагнитен
2	Обожженный лимонит	67,17	2,39	сильно магнитен
3	Необожженный песчаник	1,11	4,61	немагнитен
4	Обожженный песчаник	2,14	2,68	магнитен
5	Необожженный углистый аргиллит	2,12	13,14	немагнитен
6	Обожженный углистый аргиллит	5,72	9,08	сильно магнитен

Причины обратной полярности горелых пород, имеющей место на многих месторождениях Кузбасса, пока еще не установлены. Совместное изучение геологических и магниторазведочных материалов дает основание автору отметить следующее.

1. Отрицательные и положительные магнитные аномалии встречаются над выгоревшими пластами различного простирания как с пологим, так и с крутым падением во всех направлениях, и в области развития многочисленных дизъюнктивных нарушений, и в области со сравнительно спокойной тектоникой.

Это говорит о том, что обратная полярность горелых пород с тектоникой и с ориентировкой пластов угля не связана.

2. Один и тот же выгоревший пласт угля создает как отрицательные, так и положительные аномалии (пласты угля Волковский, Мощный и III).

3. В области положительных магнитных аномалий структура пласта чаще простая и редко сложная (рис. 3).

4. В области отрицательных магнитных аномалий всегда имеет место сложное строение угольных пластов, выгоревших в верхних горизонтах, или резкое уменьшение расстояния между двумя выгоревшими пластами (рис. 1).

В составе осадочных пород кровли 1 и 2 пластов (или пачек) могли иметь место различные магнитные компоненты с различными точками Кюри и различными значениями коэрцитивной силы [4, 8], что при обжиге могло привести к обратной полярности горельников.

Выводы

1. Магнитные свойства горелых пород изменяются в очень широких пределах от значений, близких к нулю, до значений $10000 \cdot 10^{-6}$ CGSM по I_r и $76000 \cdot 10^{-6}$ CGSM по I_{rt} . В то же время наблюдается посте-

пенное нарастание магнитных свойств горелых пород к области выхода выгоревшего пласта под наносы, а по вертикали—к кровле пласта, причем место выгоревшего пласта угля занимает слой наиболее интенсивно обожженных пород с наиболее высокими магнитными свойствами. Отношение I_r/I_i изменяется от 2 до 18. Направление вектора I_r отличается большим разнообразием даже в пределах одной и той же горной выработки. Однако статистический анализ по месторождениям дает основание отметить, что вектор I_r у образцов, отобранных в области отрицательных аномалий, имеет преобладающее направление вверх под углом 50° к вертикали и расположен в ЮЗ секторе с преобладающим азимутом 220° ; для положительных аномалий вектор I_r направлен вниз и отклоняется от вертикали на угол 50° , а по азимуту к СЗ или СВ — в пределах $30-50^\circ$.

2. Магнитные свойства горелых пород, по данным петрографических анализов, обусловлены наличием в них магнетита и пирротина. Лимонит, гематит, сидерит и пирит, входящие в состав осадочных пород и в виде включений в угольные пласты, в процессе обжига переходят в магнетит, а пирит — в пирротин (согласно опытам), и осадочные породы становятся ферромагнитными. При остывании в магнитном поле Земли горелые породы приобретают заметное термоостаточное намагничение.

3. Обратная полярность горелых пород Кузбасса не зависит от тектоники и возраста пород, а, по-видимому, имеет связь со структурой выгоревших пластов и расстоянием между выгоревшими пластами. Как правило, отрицательные магнитные аномалии приурочены к выгоревшим пластам сложного строения, состоящим из 2—3 пачек, или к двум сближенным выгоревшим пластам.

Вектор обратномагнитных горельников почти прямо противоположен вектору горельников прямого намагничивания. Этот факт говорит за существование в горельниках двух магнитных компонентов, что следует проверить изучением точек Кюри и коэрцитивных сил горельников обратного намагничивания.

4. При определении глубины выгорания угольных пластов необходимо учитывать возможность наклонного намагничения, так как у горельников $I_r > I_i$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беликов Б. П. О составе некоторых горелых пород Кузбасса. Труды Петрографического института АН СССР, вып. 4, 1933.
2. Геология СССР, том XXI, Кузнецкий бассейн, под ред. Яворского В. И.
3. Гладкий К. В. Опыт применения магниторазведки для выявления и оконтуривания зон выгорания угольных пластов. Журнал «Разведка недр», № 5, 1949.
4. Грабовский М. А., Петрова Г. Н., Исакова Л. И. О возникновении термоостаточного намагничения пород, изд. АН СССР, серия геофиз., № 1, 1956.
5. Логачев А. А. Курс магниторазведки. Госгеолыздат, 1951.
6. Розе Т. Н. Магнитные свойства некоторых горных пород при разных температурах. Ученые записки ЛГУ, серия физическая, вып. 9, 1949.
7. Яворский В. И., Радугина Л. К. Каменноугольные пожары в Кузнецком бассейне и связанные с ними явления. Горный журнал, № 10, 1932.
8. Nagata I. Reverse thermoremanent magnetism, Nature, 169, 704, 1952.