

УДК 551.24

В.К. Свистун

Днепропетровская геофизическая экспедиция „Днепрогеофизика“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: dpge@ukr.net

ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ КРИВБАССА

V.K. Svistun

Dnepropetrovsk Geophysical Expedition “Dneprogeophysika”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: dpge@ukr.net

PETROPHYSICAL CHARACTERISTIC OF GEOLOGICAL FORMATIONS OF KRIVOY ROG BASIN

Цель. Обобщение данных по физическим свойствам горных пород Криворожского железорудного бассейна (Кривбасса) для изучения общности или различия генетических особенностей геологических образований и картирования по геофизическим полям с поверхности земли различных глубинных геологических неоднородностей.

Методика. Для изучения распределения разнотипных пород по площади исследований был выполнен статистический анализ петрофизических характеристик конкретных литологических разностей докембрийских образований кристаллического фундамента. Петроплотностные и петромагнитные группы пород выделялись с учетом закономерных связей между физическими свойствами, составом и текстурой пород.

Результаты. Анализ нового и архивного фактического материала, результатов ранее выполненных лабораторных исследований по определению физических свойств пород, позволил объединить их в однородные группы в соответствии с литолого-петрографическими характеристиками и с учетом площадного распространения. Всего составлено 36 однородных групп пород, для которых были построены гистограммы распределения плотности и магнитной восприимчивости. По результатам обобщения исследований горных пород, слагающих территорию Кривбасса, они были разделены на две генеральные группы (совокупности), представленные гранито-мигматитовыми и осадочно-метаморфизованными комплексами.

Научная новизна. Составлены генеральные совокупности качественно однородных групп пород в соответствии с их литолого-петрографическими характеристиками и распространением по площади.

Практическая значимость. Углубленные знания о физических параметрах горных пород позволяют картировать с поверхности земли по результатам геофизических исследований различные глубинные геолого-экологические неоднородности, и использовать гравитационные и магнитные поля вместе с сейсморазведкой и электроразведкой для моделирования глубинного строения Криворожско-Кременчугского, Тарапаковского, Саксаганского и Восточного разломов.

Ключевые слова: *Кривбасс, порода, физические свойства, плотность, магнитная восприимчивость, группа, геофизические поля*

Постановка проблемы. Активная разведка Криворожского железорудного бассейна (Кривбасса) в шестидесятые-восьмидесятые годы прошлого столетия сопровождалась выполнением большого объема буровых и геофизических работ с изучением физических свойств пород по керновому материалу [1]. Но по истечению нескольких десятилетий дальнейших работ по добыче железной руды, даже при изначально геологически стабильном тектоническом состоянии земной коры, в регионе начали возникать и развиваться стохастические сейсмические события [2–4]. Образования огромных пустот в сложнопостроенной шовной тектонической зоне Криворожско-Кременчугского глубин-

ного разлома и разломов Криворожской (Саксаганской) структуры активизирует природные и техногенные сеймотектонические процессы с развивающимися разрушительными сейсмическими воздействиями [5–7]. Поэтому снова актуальным становится потребность в более углубленных знаниях о физических параметрах горных пород для картирования с поверхности земли по геофизическим полям различных геолого-экологических неоднородностей и использования гравитационных и магнитных полей для моделирования глубинного строения Криворожско-Кременчугского, Тарапаковского, Саксаганского и Восточного разломов.

Состояние и пути решения проблемы. Работы по обобщению физических свойств пород Кривбасса выполнялись Баклановым Н.И., 1961; Купчинским Е.П.,

1971; Бурьяном Н.Р., 1985; Золотаревой Л.И., 1987 и др. Ими были изучены и обобщены физические свойства (плотностные и магнитные) пород Криворожской, Анновской и Петровской синформных структур. В работе Н.Р. Бурьяна были обобщены результаты исследований партии руднично-шахтной геофизики МЧМ УССР. В небольшом объеме изучение физических свойств пород проводилось криворожскими геологами и на этапе геологического изучения площади (ГИП-1) – при ее подготовке под бурение Криворожской сверхглубокой скважины (СГ-8) [8].

Современные научные и производственные представления об особенностях петрофизических свойств горных пород Кривбасса требуют их переосмысления на новом уровне. Поэтому результаты исследований прошлых лет были заново проанализированы автором, обобщены и изложены ниже. Анализ исследований показал, что, несмотря на большой объем обобщенного материала в производственных отчетах и публикациях, отмечается разрозненность данных, не идентичность выборок, значительная (но не подтвержденная специальными исследованиями) изменчивость параметров по простиранию структур, особенно железистых горизонтов. Расхождения в величинах параметров одинаковых пород и их разновидностей нередко доходят до 20% на относительно небольших расстояниях отбора керна.

Изложение основного материала. Краткий очерк тектонического строения Криворожского синклинория. Как показано на рис. 1, синклинорий расположен восточнее Криворожско-Кременчугского глубинного разлома (ККГР). Криворожская (Саксаганская) структура [5] имеет сложное внутреннее строение, которое хорошо отображается в геофизических полях (рис. 2, 3) и на аэрокосмоснимках высокого разрешения. В ее пределах выделяются синклинальные и антиклинальные складки высоких порядков. Шарнир синклинория погружается в северном направлении, максимальная глубина структуры по геофизическим расчетам устанавливается в районе рудников „Им. XX Партсъезда“ и „Им. Р. Люксембург“ на глубине 7–7,5 км (вместе с подстилающими породами сурской свиты). Восточное крыло синклинория представлено полным разрезом криворожской серии, западное – срезано Криворожско-Кременчугским и субмеридиональными разломами (последний проходит в 1,5 км на восток от ККГР). Западное крыло синклинория разбурено сверхглубокой скважиной СГ-8 [8]. Сложность внутреннего строения структуры, по всей видимости, объясняется наличием здесь древней зоны субдукции, что подчеркивается большой областью протяженных отражающих сейсмических площадок, которые падают в низах коры на восток под углами 40–45° и утолщением литосферы под этой зоной [1,4]. Семенов Н.П. выделял в этом районе четыре деформационных цикла и считает, что первый прошел до накопления пород гданцевской и глееватской свит и сформировал изоклиналную складчатость, во втором – образовались открытые складки, в третьем – на субмеридиональные структуры первых двух была наложена поперечная складчатость. С четвертым циклом связано образование блоков, надвигов и разломов.

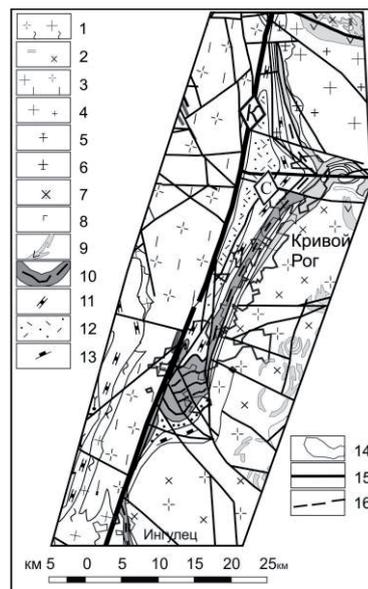


Рис. 1. Фрагмент геолого-формационной карты строения Криворожского железорудного бассейна (по материалам Кичурчака В.М., Пигулевского П.И., 2003). Буквы в ромбе: К – Криворожско-Кременчугский глубинный разлом; С – Криворожская (Саксаганская) структура. 1 – плагиограниты и плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 2 – граниты и мигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые порфиробластические; 3 – плагиограниты и плагиомигматиты, амфиболиты и диориты 4 – аплито-пегматоидные граниты, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые, равномернозернистые и порфиробластические, плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 5 – аплито-пегматоидные граниты, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые, равномернозернистые и порфиробластические; 6 – граниты аплито-пегматоидные, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые порфиробластические, плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 7 – гнейсы и кристаллосланцы биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболовые, амфиболиты; 8 – габброиды; 9 – амфиболиты и сланцы плагиоклаз-амфибол-хлоритовые, плагиоклаз-амфиболовые гранатсодержащие, актинолититы, силикатно-магнетитовые кварциты; 10 – железистые кварциты, кварциты силикатно-магнетитовые, богатые железные руды; 11 – метапесчаники, кварциты, сланцы слюдисто-хлоритовые, мраморы, кальцифиры, офикальциты, гнейсы и сланцы биотитовые, гранат-биотитовые, слюдисто-графитовые, линзы железистых кварцитов; 12 – метапесчаники, метакогломераты, металевролиты, сланцы слюдистые; 13 – гнейсы амфиболовые, биотитовые, гранат-биотитовые, амфиболиты, амфиболовые сланцы; 14 – литологические границы; 15 – разломы I и II рангов, установленные по материалам бурения; 16 – разломы разных рангов, предполагаемые по геофизическим полям

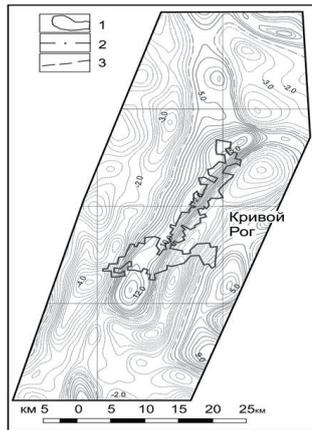


Рис. 2. Фрагмент карты локальных аномалий гравитационного поля Криворожского железорудного бассейна (с обрамлением): 1 – положительные изолинии; 2 – нулевые; 3 – отрицательные

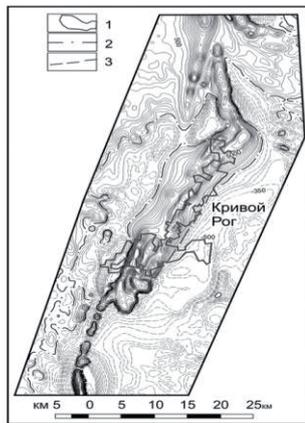


Рис. 3. Фрагмент карты аномального магнитного поля За Криворожского железорудного бассейна (с обрамлением): 1 – положительные изолинии; 2 – нулевые; 3 – отрицательные

Петрофизическая характеристика геологических формаций. Породы, слагающие территорию Кривбасса, четко делятся на две группы: гранито-мигматитовый и осадочно-метаморфизованный комплексы. Первый из них представлен днепропетровскими и кировоградскими гранитоидами (граниты и мигматиты) с останцами гнейсов и амфиболитов, дайками основных и ультраосновных пород, чаще всего измененных (амфиболитованных, эпидотизированных), второй включает осадочно-метаморфизованные породы архея и протерозоя, представленные гнейсами различного состава, амфиболитами, песчаниками, мраморами, метаэффузивами, сингенетичными дайками и силлами ультраосновных пород, часто метаморфизованных.

Породы обоих комплексов, имея четкое разграничение по площади распространения, должны иметь и обособленную классификацию физических параметров, и свои градации как по плотностным, так и по магнитным характеристикам.

Вместе с тем следует отметить, что имеющегося фактического материала явно недостаточно для полной

и объективной характеристики всех пород рассматриваемой территории.

Исследования физических параметров горных пород на территории Кривбасса проводились крайне неравномерно как по площади, так и во времени. Так плотностные и магнитные свойства пород наиболее полно изучены в пределах Криворожской железорудной структуры [1,8]. Породы за пределами структуры изучены значительно хуже, здесь отсутствуют работы по систематизации определений, а сами определения носят дискретный, часто случайный, характер, отбор образцов производился по единичным скважинам последних лет, неравномерно распределенным по площади исследования.

Как показывает опыт многолетних исследований, значения физических свойств пород первой группы (гранито-мигматитовый комплекс) в верхней части разреза, особенно в зоне дезинтеграции пород и на глубину примерно 200 м от поверхности кристаллического фундамента, часто значительно искажены вследствие влияния процессов выветривания, которые интенсивно проявлены внутри и вблизи тектонически ослабленных зон, а также в зоне контактов разнородных типов пород. Кроме того, разновидности пород гранитоидного комплекса (граниты и мигматиты плаггиоклазовые, плаггиоклаз-микроклиновые, микроклиновые, микроклин-плаггиоклазовые) связаны взаимопереходами, которые макроскопически не всегда можно точно определить при отнесении пород к той или иной разновидности. Последнее обстоятельство является одной из причин, обуславливающих „перекрывание“ пределов изменения физических параметров разнородных групп пород. Существенное влияние на значения физических характеристик образцов оказывают и процессы метаморфизма, широко и неоднократно проявленные в районе исследований. Так диабазы дайкового комплекса имеют плотность 2,90–3,07 г/см³, афиболитованные их разновидности – до 3,00 г/см³, а рассланцованные амфиболиты – до 2,90 г/см³. При этом так же закономерно, за счет выноса железа, падают их магнитные свойства: магнитная восприимчивость от 1000 до 100–4т·10⁻⁶ ед.СИ. Те же диабазы, но эпидотизированные, могут иметь плотность до 3,20 г/см³ при практически нулевых значениях магнитной восприимчивости. Следует отметить также, что одни и те же разновидности пород (например, мигматиты), имея один и тот же минералогический состав и диапазон изменения плотностных свойств, могут существенно различаться по магнитным свойствам в зависимости от пород субстрата, последующих наложенных процессов гранитизации и метаморфизма, приведших к перераспределению магнетита в породах.

В целом достаточно четко и обоснованно для пород первой группы прослеживается общая тенденция уменьшения значений плотности и магнитных характеристик пород в зависимости от возраста: более древние породы, представленные останцами, имеют повышенные значения плотности и намагниченности по сравнению с их более молодыми аналогами (исключение составляют лишь диабазы). Причиной этого явления может служить существенное уменьшение

темноцветов в гранитоидных комплексах, их преобразование и разрушение в результате процессов ультраметаморфизма и гранитизации в ряду „пироксен-амфибол-биотит-светлые слюды“, с выносом железа.

На основании анализа всех имеющихся в распоряжении автора материалов, в том числе и фактических данных по физическим характеристикам пород, раскрытых в процессе буровых работ последних лет [8],

было выполнено группирование пород гранито-мигматитовых комплексов и изверженных пород (таблица). Кроме гранитов и ультраосновных изверженных пород, в таблицу введены интенсивно гранитизированные породы акульской серии архея – гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболиты, представленные на площади исследований в виде останцев субстрата среди полей развития мигматитов.

Таблица

Физические свойства пород гранито-мигматитовых комплексов и изверженных пород района

№№ пп	Наименование пород	Плотность, г/см ³	Магнитная восприимчивость, $4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ
1.	Пегматиты, граниты, аплиты-пегматоидные, плагиограниты, граниты, плагиоклаз-мусковитовые, микроклиновые, сиениты, катаклазиты, милониты	2,58-2,62	Практически немагнитные
2.	Плагиограниты, граниты, плагиоклаз-микроклиновые, микроклин-плагиоклазовые, мигматиты плагиоклаз-микроклиновые	2,60-2,65	-"
3.	Граниты и мигматиты плагиоклаз-микроклиновые	2,60-2,65	Слабо магнитные 100–300 и магнитные 1100–3400
4.	Плагиомигматиты, мигматиты плагиоклаз-микроклиновые, микроклин-плагиоклазовые с мелкими останцами биотитовых гнейсов, реже – амфиболитов	2,63-2,70	Практически немагнитные
5.	То же, с рассеянным магнетитом	2,63-2,70	Магнитные 1200–3400
6.	Плагиомигматиты биотит-амфиболовые, амфиболовые с останцами амфиболитов и гнейсов биотитовых и амфибол-биотитовых, мигматиты плагиоклаз-микроклиновые	2,70-2,86	Немагнитные, слабо магнитные
7.	То же с повышенным содержанием магнетита	2,70-2,86	Магнитные 7600–18000
8.	Диабазы, иногда амфиболитизированные, эпидотизированные	2,90-3,07	От немагнитных до магнитных 0–1200
9.	Амфиболиты, гнейсы биотитовые и амфибол-биотитовые акульской серии (в останцах)	2,82-2,90	Практически немагнитные
10.	Гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые (останцы)	2,72-2,86	-"
11.	Ультраосновные породы (перидотиты, дуниты, горнблендиты и т.п.)	3,00-3,10	Магнитные 1600–10500
12.	Амфиболитизированные ультраосновные породы	2,94-3,00	Магнитные и слабо магнитные 200–2010
13.	Серпентиниты	2,68-2,75	Сильно магнитные 26000–62000

Ко второй группе пород относятся архейские и протерозойские образования Сакаганской, Анновской, Восточно-Анновской, Желтоводской, Петровской, Ингулецкой, Терновской, Авдотьевской, Александровской и Высокопольской структур.

Породы криворожской серии представлены сакаганской, скелеватской и новокриворожской свитами. Последние две свиты изучены недостаточно, в основном в южной и северной частях одноименной структуры. По плотности породы этих свит снизу вверх распределяются следующим образом: кварциты безрудные – 2,60–2,68 г/см³, амфиболиты – 2,88(2,82–2,91) г/см³, сланцы гранат-хлоритового состава – 2,78 г/см³. Все эти породы практически немагнитны.

Выше лежат породы аркозово-филлитовой свиты, среди которых наименьшей плотностью обладают кварциты, метапесчаники и метаконгломераты 2,63 – 2,69 г/см³, филлиты – до 2,90 г/см³, талькосодежащие сланцы 2,88 г/см³, а наибольшей плотностью характеризуется пачка переслаивающихся серицито-биотитовых сланцев, метапесчаников и кварцитов – до 3,20 г/см³.

В целом породы двух нижних свит имеют среднюю плотность 2,85 г/см³ при очень низкой намагниченности

(практически немагнитны). В отдельных случаях над породами скелеватской свиты появляются небольшие по ширине и протяженности линейные магнитные аномалии, обусловленные, вероятнее всего, наличием маломощных, выклинивающихся по простиранию, пластов магнетитовых кварцитов. Магнитные свойства этих пластов не изучены, но, предположительно, они аналогичны кварцитам вышележащей сакаганской свиты.

Породы сакаганской свиты подразделяются на 7 сланцевых и 7 железистых горизонтов, что, в общем, носит несколько условный характер, т.к. в составе всех горизонтов присутствуют как железистые, так и сланцевые породы, и за счет этого, усредненные по горизонтам, магнитные свойства у отдельных сланцевых горизонтов выше, чем у железистых (Бурьян Н.Р.). Так усредненные значения магнитной восприимчивости колеблются в пределах от 26 до $247000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ, остаточное намагничение – от 0 до $33000 \cdot 10^{-3}$ А/м. Плотности пород свиты колеблются в широких пределах (от 2,62 до 3,64 г/см³), однако средние их значения для сланцевых горизонтов более стабильны – 2,95–3,04 г/см³. На этом фоне выделяется своими низкими значениями плотности породы объединенного третьего и четверто-

го горизонтов – $\sigma_{cp}=2,69$ г/см³. Физические свойства пород железистых горизонтов колеблются в значительных пределах по обоим параметрам (плотности и намагниченности) не только от горизонта к горизонту ($\sigma_{cp}=2,69$ г/см³, χ_{cp} – от 25690 до 565700·4π·10⁻⁶ ед. СИ), но и внутри них, достигая значений $\sigma=3,68$ г/см³, $\chi_{cp}=1200000\cdot4\pi\cdot10^{-6}$ ед. СИ. Обусловлено это сложными процессами рудообразования, окисления кварцитов, образования богатых руд.

Физические свойства пород, слагающих Желтоводскую, Восточно-Анновскую и Ингулецкую структуры, Дальние Западные полосы, судя по единичным замерам параметров по образцам из скважин, очень близки к свойствам пород первых горизонтов сакаганской свиты.

Выше пород Криворожской серии несогласно залегают породы ингулецкой серии, представленные в пределах площади исследований гданцевской, чечелевской и глееватской свитами (Жук В.П.). Из пород гданцевской свиты наиболее изучены кварц-биотитовые сланцы ($\sigma_{cp}=2,78$ г/см³, $\chi=1030\cdot4\pi\cdot10^{-6}$ ед. СИ, $I_n=0\cdot10^{-3}$ А/м), переслаивающиеся метапесчаники и сланцы ($\sigma_{cp}=2,72$ г/см³, χ и $I_n=0$), песчаники, конгломераты ($\sigma_{cp}=2,61-2,66$ г/см³, χ и $I_n=0-3000\cdot4\pi\cdot10^{-6}$ ед. СИ), магнетитовые кварциты ($\sigma_{cp}=3,10$ г/см³, χ и $I_n=10000-60000\cdot4\pi\cdot10^{-6}$ ед. СИ), амфиболиты ($\sigma_{cp}=2,90$ г/см³, $\chi=50-100\cdot4\pi\cdot10^{-6}$ ед. СИ и $I_n=0$), безрудные кварциты ($\sigma_{cp}=2,72$ г/см³, χ и $I_n=0$).

Все эти характеристики получены по образцам из керна Криворожской сверхглубокой скважины КГС-8 и скважин-спутников [8].

Основную массу пород свиты составляют кварц-биотитовые сланцы, однако в центре и на востоке свиты в тектонических зонах встречаются разновидности сланцев с метаморфогенным магнетитом. В этом случае магнитная восприимчивость пород возрастает до 50000·4π·10⁻⁶ ед. СИ, приближаясь к характеристикам железистых кварцитов. Плотность сланцев с глубиной (глубже 500 м) увеличивается, достигая значений 2,80–2,82 г/см³.

К гданцевской свите относятся также кварц-карбонатные породы и доломиты, плотность которых колеблется в широких пределах (2,72–2,88 г/см³) при практически нулевой намагниченности. Брекчии этих пород на широте рудника „Им. Фрунзе“ имеют плотность 2,45 г/см³. На западе, близ зоны Криворожско-Кременчугского разлома, развиты графитосодержащие сланцы, немагнитные, с плотностью 2,66 г/см³, вместе с тем встречаются разности со значениями $\sigma=2,47$ г/см³ (Бурьян Н.Р.).

Толща чечелевской свиты, представленная гранат-амфибол-биотитовыми сланцами, залегает между Анновской и Восточно-Анновской структурами, физические свойства изучены крайне неудовлетворительно, по единичным образцам. Плотность пород толщи варьирует 2,72–2,89 г/см³ с усредненным значением 2,85 г/см³, породы немагнитны. В восточной части толщи вскрыты амфиболиты и тонкие пласты магнетитовых и безрудных кварцитов. Физические свойства этих пород не изучались.

Породы глееватской свиты встречаются в ровообразных структурах в пределах площади развития пород гданцевской свиты и представлены конгломератами и

песчаниками. В гальках конгломератов встречаются практически все породы района, в том числе и железистые кварциты. Физические свойства их варьируют в широких пределах: σ от 2,62 до 2,96 г/см³, χ от 0 до 50000·4π·10⁻⁶ ед. СИ.

В целом параметры физических свойств осадочно-метаморфизованного комплекса протерозоя выше соответствующих параметров пород гранито-мигматитового комплекса, что позволяет довольно уверенно выделять их в физических полях.

Полученные значения плотности и намагниченности пород для различных свит криворожской серии позволяют в дальнейшем разбраковывать, с учетом гравитационного и магнитного полей (рис. 2, 3), участки распространения богатых и бедных железных руд.

Заключение. В результате исследований породы, слагающие территорию Кривбасса, были разделены на две группы, представленных гранито-мигматитовым и осадочно-метаморфизованным комплексами. К первой относятся днепропетровские и кировоградские гранитоиды с останцами гнейсов и амфиболитов, дайками основных и ультраосновных пород, часто амфиболитизированных, эпидотизированных; ко второй – осадочно-метаморфизованные породы архея и протерозоя, представленные гнейсами различного состава, амфиболитами, песчаниками, мраморами, метаэффузивами, сингенетичными дайками и силлами ультраосновных пород, часто метаморфизованных.

Для пород первой группы характерна общая тенденция уменьшения значений плотности и магнитных параметров пород в зависимости от возраста изучаемых образцов. Параметры физических свойств пород второй группы (осадочно-метаморфизованного комплекса протерозоя) выше соответствующих параметров пород гранито-мигматитового комплекса, что позволяет довольно уверенно выделять их в гравитационном и магнитном полях.

Полученные результаты анализа и обобщения физических свойств горных пород позволяют:

- картировать в плане по геофизическим полям различные геологические и геолого-экологические неоднородности в верхней (приповерхностной) части земной коры [9];
- выделять участки распространения богатых и бедных железных руд;
- изучать особенности глубинного строения территории Кривбасса [3] путем моделирования гравитационного и магнитного полей [1] в комплексе с сейсморазведкой методом общей глубинной точки (ОГТ) и электроразведкой методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ).

Список литературы / References

1. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита / [Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Шеремет Е.М. и др.]; под ред. Н. Я. Азарова. – К.: Наукова Думка, 2006. – 196 с.
Azarov, N.Ya., Antsiferov, A.V., Sheremet, Ye.M., Glevasskiy, E.B. and Pigulevskiy, P.I. (2006), *Geologo-geofizicheskaya model Krivorozhsko-Kremenchugskoy*

zhovnoy zony Ukrainskogo shchita [Geological-Geophysical Model of the Krivoy Rog-Kremenchug Suture Zone of the Ukrainian Shield], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.

2. Кутас В.В. Глубинное строение земной коры в районе Криворожской структуры по геолого-геофизическим данным и влияние техногенного фактора на проявление локальной сейсмичности / В.В. Кутас, Ю.А. Андрущенко, В.Д. Омельченко // Геофиз. журн. – 2013. – Т. 35. – №3. – С.156–165.

Kutas, V.V., Andruschenko, Yu.A. and Omelchenko, V.D. (2013), “Deep crustal structure of the Krivoy Rog structure on geological and geophysical data and the influence of anthropogenic factors on the expression of local seismicity”, *Geofizicheskiy zhurnal*, no. 3, pp. 156–165.

3. Пігулевський П.Г. Будова „граніто-гнейсового“ шару земної кори південно-східної частини Українського щита // Зб. наук. пр. Національного гірничого ун-ту. – 2011. – № 36. – Т.1. – С. 5–11.

Pihulevskiy, P.H. (2011), “The structure of granite-gneiss layer of the crust of south-eastern part of the Ukrainian Shield”, *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 36, pp. 5–11.

4. Пігулевський П.И. О сейсмической активности Криворожско-Кременчугской и Орехово-Палоградской шовных зон Украинского щита / П.И.Пигулевский; Под ред. А.В. Анциферова // Сб. науч. трудов УкрНИМИ НАН Украины. – Донецк, 2011. – Вып. 7 (Ч. 1) – С.122–131.

Pigulevskiy, P.I. (2011), “Seismic activity of Krivoy Rog-Kremenchug and Orekhovo-Palogradskoy suture zones of Ukrainian Shield”, *Sbornik Nauchnykh Trudov UkrNIMI NAN Ukrainy*, Issue 7 (Part 1), pp. 122–131.

5. Пігулевський П.И. О тектоническом строении, геодинамических и сейсмологических особенностях Кривбасса / П.И. Пигулевский, В.К.Свистун, С.В.Щербина // Экологія і природокористування: Зб. наук. праць ІППЕНАНУ. – 2013. – вип.17. – С.37–46.

Pigulevskiy, P.I., Svistun, V.K. and Sherbina, S.V. (2013), “About the tectonic structure, geodynamic and seismological features of Kryvbass”, *Ekolohiia i Pryrodokorystuvannia*, no. 17, pp. 37–46.

6. Новое сейсмическое событие в Криворожье и механизм его очага / И.П. Габсатарова, А.В. Кендзера, Л.И. Надежка [и др.] // Вестник ВГУ, Серия: Геология. – Воронеж, 2013. – №2. – С.134–140.

Habsatarova, I.P., Kendzera, A.V., Nadezhka, L.I., Pihulevskiy, P.I., Kolomiets, M.V. and Brewers, S.P. (2013), “New seismic event in Kryvorizhzhya and the mechanism of its focus”, *Vestnik VGU*, Series: Geology. Voronezh, no. 2, pp. 134–140.

7. Криворожское землетрясение 23 июня 2013 года / П.И. Пигулевский, С.В.Щербина, И.Ю.Гурова, В.К. Свистун // Геодинамика. 2013. – №1(13). – С. 283–285.

Pigulevskiy, P.I., Sherbina, S.V., Gurov, I.Yu. and Svistun, V.K. (2013), “Krivoy Rog earthquake dated June 23, 2013”, *Geodinamika*, no. 1 (13), pp. 283–285.

8. Криворожская сверхглубокая скважина СГ-8 / [Курлов Н.В., Шеремет Е.М. и др.]; под ред. Шеремет Е.М. – Донецк: Ноулидж, 2011. – 525с.

Kurlov, N.V. and Sheremet, Ye.M. (2011), “Krivorozhskaya ultra deep well SG-8”, Knowledge, Donetsk, Ukraine.

9. Пігулевський П.И. О необходимости комплексных исследований геологических проблем Криворожского железорудного бассейна Украины / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, А.С. Кирилук // ФГБОУ ВПО „Воронежский государственный технический университет“. – Воронеж, 2013. – Ч. III. – С.4–8.

Pigulevskiy, P.I., Svistun, V.K. and Kiryliuk, A.S. (2013), “The necessity of multipurpose geo-environmental research of Krivoy Rog iron-ore basin of Ukraine”, *Voronezh FGBOU VPO “Voronezh State Technical University”*, Part III, pp. 4–8.

Мета. Узагальнення даних з фізичних властивостей гірських порід Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу) для вивчення спільності або відмінності генетичних особливостей геологічних утворень і картування за геофізичними полями з поверхні землі різних глибинних геологічних неоднорідностей.

Методика. Для вивчення розподілу різнотипних порід за площею досліджень був виконаний статистичний аналіз петрофізичних характеристик конкретних літологічних різновидів докембрійських утворень кристалічного фундаменту. Петрогустинні та петромагнітні групи порід виділялися з урахуванням закономірних зв'язків між фізичними властивостями, складом і тектурою порід.

Результати. Аналіз нового й архівного фактичного матеріалу, результатів раніше виконаних лабораторних випробувань з визначення фізичних властивостей порід, дозволив об'єднати їх в однорідні групи відповідно до літолого-петрографічних характеристик і з урахуванням площинного поширення. Усього складено 36 однорідних груп порід, для яких були побудовані гістограми розподілу густини та магнітної сприйнятливості. За результатами узагальнення досліджень гірських порід, що складають територію Кривбасу, вони були розділені на дві генеральні групи (сукупності), представлені граніто-мігматитовими й осадово-метаморфізованими комплексами.

Наукова новизна. Складені генеральні сукупності якісно однорідних груп порід у відповідності до їх літолого-петрографічних характеристик і площинного поширення.

Практична значимість. Поглиблені знання щодо фізичних параметрів гірських порід дозволяють картувати з поверхні землі за результатами геофізичних досліджень різні глибинні геолого-екологічні неоднорідності й використовувати гравітаційні й магнітні поля разом із сейсморозвідкою та електророзвідкою для моделювання глибинної будови Криворізько-Кременчуцького, Тарапаківського, Саксаганського та Східного розломів.

Ключові слова: Кривбас, порода, фізичні властивості, щільність, магнітна сприйнятливість, група, геофізичні поля

Purpose. Generalization of physical properties of rocks of the Krivoy Rog iron ore basin (Kryvbass) for studying the commonalities or differences of genetic characteristics of geological formations and charting various deep geological and ecological heterogeneities from the surface by their geophysical fields.

Methodology. To study the distribution of different types of rocks on the area under research the statistical analysis of the petrophysical characteristics of specific lithological formations of Precambrian crystalline basement was done. Petrodensity and petromagmatic groups of rocks based on the regularities of the relations between physical properties, composition and texture of the rocks were argued.

Findings. Analysis of new and archival actual material, and previous laboratory tests on determination of the physical properties of rocks allowed combining them into homogeneous groups according to the lithological and petrographic characteristics and taking into account their lateral extension. We distinguished thirty-six homogeneous groups of rocks and supplied them with histograms of density and magnetic susceptibility. The summarizing of the results of studies of the rocks within Kryvbass territory shows that the rocks belong to two general groups presented by granite-migmatite and sedimentary-metamorphic complexes.

**A. Boutrid, PhD,
S. Bensehamdi, PhD,
M. Chettibi,
K. Talhi, PhD**

Originality. The general populations of qualitatively homogeneous groups according to their lithological and petrographic characteristics and areal extent were composed.

Practical value. Detailed knowledge of the physical parameters of rocks allows charting various deep geological and ecological heterogeneities from the surface of the earth by geophysical fields and use the gravitational and magnetic fields, together with seismic and electrical exploration for the simulation of deep structure of Krivorozhsko-Kremenchugskiy, Tarapakovskiy, Saksaghanskiy and Vostochniy faults.

Keywords: *Krivoy Rog basin, rocks, physical properties, density, magnetic susceptibility, group, geophysical fields*

Рекомендовано до публікації докт. геол. наук В.Ф. Приходченком. Дата надходження рукопису 05.04.14.

Badji Mokhtar University of Annaba (UBMA), Annaba, Algeria, e-mail: aboutrid@yahoo.fr, abdelaziz.boutrid@univ-annaba.dz

EXPERIMENTAL STUDY OF THE ABSORPTION EFFECT ON THE STRENGTH PROPERTIES OF SANDSTONE ROCKS

**А. Бутрід,
С. Бенсехамді, д-р техн. наук,
М. Шеттібі, д-р техн. наук,
К. Талхі, д-р техн. наук**

Державний вищий навчальний заклад „Університет Аннаба“, м. Аннаба, Алжир, e-mail: aboutrid@yahoo.fr

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ АБСОРБЦІЇ НА МІЦІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРІД ПІЩАНИКА

Purpose. The research aims to assess the effect of water absorption on the mechanical properties of sandstone rocks using a servo-controlled testing machine. This allowed investigating how the strength properties are affected by the changing content of absorbed water like this occurs on the site.

Methodology. The stress-strain curves were obtained from the uniaxial compressive strength by using a servo-controlled testing machine. Young's modulus and the brittleness index were measured for specimens prepared from a single block of sandstone. The specimens were divided into three groups prepared for testing under different conditions of absorption equilibrium.

Findings. The experimental results testified that there is a general tendency for both the uniaxial compressive strength and Young's modulus to decrease because of increasing absorption water content. It was established that the trend is not clear with the brittleness index and it is not possible from these data to see whether the index is unaffected by absorbed water content or has a maximum at some intermediate absorbed water content. The obtained results showed that Young's modulus and the brittleness index of the studied sandstone are not significantly affected by absorption over the range from air dry to saturation. However, the effect of absorption content on uniaxial compressive strength is just significant, the strength of the sandstone decreases by increasing absorbed water content.

Originality. This methodology has been applied for the first time to the conditions of Hassi Messaoud site. So, all the obtained results can be considered original. It allows identifying correctly the physical and mechanical parameters of soils influencing the site stability.

Practical value. The obtained results can help us to understand the effect of water absorption on rock mechanical properties of the studied site. They are also highly important for mechanical modelling of hydraulic fractures while drilling, borehole stability, reservoirs compaction, and subsidence analysis.

Keywords: *absorption, mechanical properties, uniaxial compressive strength, Young's modulus, brittleness index*

Introduction. Estimation of rock mechanical properties is considered among the most important components in

any engineering project. In this regard, one of the most commonly used and fundamental mechanical parameter is uniaxial compressive strength (UCS) Brunoet et al. [1]; Minaeian and Ahangari [2].