

УДК 550.837

С. Левашов, канд. физ.-мат. наук, Н. Якимчук, д-р физ.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАН Украины,
И. Корчагин, д-р физ.-мат. наук, В. Якубовський, главн. геофизик

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЙОНЕ КРУПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦИНКОВЫХ РУД "ШАЙМЕРДЕН" (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Анализируются результаты апробации технологии обработки и интерпретации спутниковых данных с целью "прямых" поисков рудных полезных ископаемых. Они свидетельствуют, что технология позволяет оперативно обнаруживать и картировать аномальные зоны типа "зона рудной минерализации", которые обусловлены месторождениями золота, урана, цинка, железа, и т.д. Приводятся материалы обработки данных в районе расположения крупного цинкового месторождения в Республике Казахстан. Показано, что при обработке и интерпретации спутниковых данных крупного масштаба (1:10000 и крупнее) и разрешения могут быть обнаружены и закартированы рудные объекты небольших размеров (100–300 м).

The results of the technology approbation of the satellite data processing and interpretation for the "direct" prospecting the ore minerals are analyzed. They witness that technology allows to find and map operatively the anomalous zones of "zone of ore mineralization" type, which are conditioned by the deposits of gold, uranium, zinc, iron, and etc. The satellite data processing results are analyzed in region of the big zinc deposit location in Republic of Kazakhstan. It is shown that the ore objects of small sizes (100–300 m) can be discovered and mapped when the vast scale (1:10000 and more large) and resolution satellite data processing and interpreting.

Введение. Геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и

вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (экспресс-технология СКИП-ВЭРЗ) [1-3] неодно-

кратно использовалась при решении экологических, инженерно-геологических и геолого-геофизических задач. Имеется также небольшой опыт применения этих методов для поисков и картирования объектов с рудной минерализацией [4]. За время применения этих методов полностью отработаны методические и практические вопросы проведения полевых измерений при поисках и картировании скоплений углеводородов и водоносных коллекторов в различных регионах и геолого-тектонических условиях. Полевые эксперименты позволили также установить некоторые базовые принципы, дальнейшее практическое использование которых предоставляет новые возможности как для повышения эффективности и разрешающей способности методов СКИП и ВЭРЗ, так и для расширения круга практических задач, которые могут оперативно и эффективно решаться этими методами. В частности, на практике показана возможность а) обнаружения и картирования геоэлектрических аномалий типа "зона уранового оруденения" съемкой СКИП, б) определения глубин залегания и мощностей аномально поляризованных пластов типа "урановая залежь" зондированием методом ВЭРЗ [5], в) оценки степени относительной минерализации отдельных водоносных горизонтов.

В последнее время авторы также начали апробацию специального метода обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью поисков месторождений рудных и горючих полезных ископаемых. Некоторые результаты его применения на известных месторождениях нефти и газа, а также рудных месторождениях представлены в [6-7].

Ниже приводится краткая информация об экспериментальном использовании технологии обработки и интерпретации спутниковых данных в районе расположения крупного (и уникального) месторождения цинка "Шаймерден" в Республике Казахстан для обнаружения и картирования возможных (неизвестных) скоплений цинковых руд (аналогов месторождения).

Краткие сведения о месторождении. Месторождение силикатно-карбонатных цинковых руд (смитсонит-каламиновых) Шаймерден является уникальным по содержанию цинка в руде (30–50 %). Таких месторождений известно в мире всего 3–4, одно из них – в Австралии. Размеры рудного тела в плане – $\approx 180 \times 330$ м и на глубину – ≈ 150 – 200 м. На месторождении идет добыча металла. Объект находится в центре крупного месторождения платформенных бокситов и, скорее всего, генетически связан с ним. Бокситовое месторождение простирается с северо-востока на юго-запад примерно на 30 км. Имеются вполне обоснованные предположения, что где-то в его пределах могли "спрятаться" и другие аналоги цинкового. Проведен значительный объем геофизических работ (гравиразведка, электроразведка ВЭЗ), много бурения, но аналоги пока не обнаружены.

На этой площади проведено обобщение геофизических и геологических данных по огромному количеству скважин на бокситы, поисковых и разведочных, а также геохимических анализов по керну. Именно в результате геохимического анализа керна и было фактически обнаружено месторождение цинка, уже после разведки бокситового месторождения.

Косоширотное простираание срединной части месторождения бокситов при общем субмеридиональном простираании пород в районе и полосы известняков, на которых образовались бокситы, связано с широтным разломом, по которому сместилась полоса известняков с уникальными масштабами карстообразования и бокситорудными телами.

В силикатно-карбонатных цинковых рудах объекта-эталоны имеют место и сульфиды цинка – сфалерит, но

в количестве первых процентов, а также галенит, пирит. Это послужило причиной предположений о первично сульфидных рудах, превратившихся впоследствии в силикатно-карбонатные. Косвенное подтверждение тому дала скважина, самая глубокая в карьере, глубиной 250 м, которая вошла в породы жерловой фации с вкрапленными сульфидными полиметаллическими рудами.

Дополнительная информация для обработки. Для дальнейшей локализации экзаменуемых участков, их суммарная площадь была сокращена до 25 км^2 , состоящая из 24-х отдельных участков размерами от $0,4 \text{ км}^2$ до 4 км^2 . Это стало возможным потому, что вся перспективная для поиска богатых цинковых руд площадь месторождения платформенных бокситов мелового возраста $\approx 175 \text{ км}^2$ была изучена с целью, создания геофизического эталона крупного бокситового месторождения магниторазведкой масштаба 1:2000 (сеть 20×10 м) и гравиразведкой масштаба 1:5000 (сеть 100×50 м). Позже В.И. Якубовским была выполнена переинтерпретация этих и других (электроразведка ВЭЗ (300×100 м)) материалов на 10 км^2 лицензионной площади в целях поисков "цинкового" аналога. Оказалось, что цинковый уникум располагается в восточной суженной части локального минимума силы тяжести амплитудой 0,6 мГл и размерами 800×400 м. А на всей территории бокситового месторождения (175 км^2) таких минимумов оказалось еще 23, и самые крупные, от $1,5 \text{ км}^2$ до $4,5 \text{ км}^2$, в зоне широтного разлома. В связи с этим данные ДЗЗ были обработаны только в районе локальных минимумов силы тяжести, координаты центров и размеры которых были предоставлены исполнителям.

Результаты обработки. В пределах предложенного поискового участка проведена предварительная обработка спутниковых данных на цинк рекогносцировочного характера. На первом этапе работ на площади выделены геодинамические зоны (тектонические нарушения, зоны дробления и участки повышенной трещиноватости) (рис. 1). Обнаружение такого типа зон осуществлялось путем идентификации линейных обводненных участков.

Впоследствии оказалось, что зоны возможного оруденения (вернее аномалии типа "зона цинкового оруденения") приурочены к тектонически нарушенным участкам, а наиболее интенсивные проявления оруденения (аномалии) выявлены в местах их пересечения. Этот практически установленный результат может использоваться (и использовался авторами неоднократно) в качестве важного поискового признака. То есть, на начальных этапах обработки целесообразно анализировать тектонические элементы, находить места пересечения тектонических нарушений и в их окрестностях на последующем этапе анализировать (регистрировать) аномальный отклик на цинк (или же другие элементы). Впоследствии, такой подход к обработке спутниковых данных активно применялся при оценке перспектив золотоносности лицензионных участков в различных регионах.

При обработке на цинк частично использовались спутниковые материалы масштаба 1:50 000, частично – 1:200 000. Максимальное значение интенсивности аномального отклика зафиксировано в районе карьера (бокситового), северо-восточнее точки № 18 (рис. 1). Далее по уменьшению интенсивности отклика предложенные для обследования точки расположились в следующем порядке: № 23 (цинковый карьер), № 5, № 13, № 22 (бокситовый карьер), № 4, южнее точки № 9. В окрестностях других точек аномальные значения отклика не проявилось на спутниковых материалах данного масштаба. Несколько небольших участков аномального отклика обнаружено также за пределами выделенных зон тектонических нарушений (рис. 1).

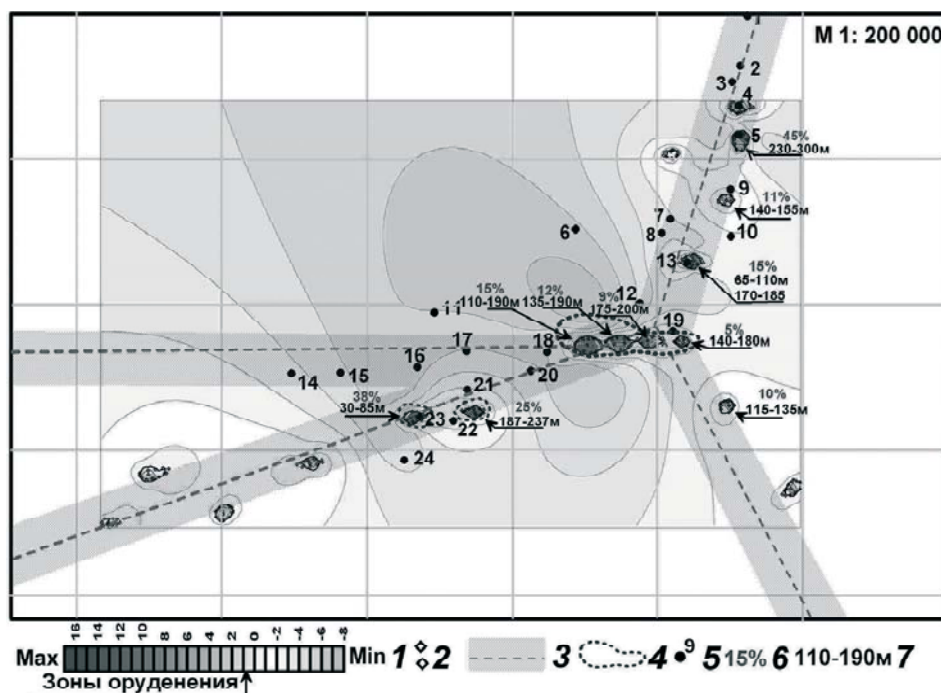


Рис. 1. Результаты обработки спутниковых данных с целью обнаружения и картирования зон возможного цинкового оруденения в районе месторождения цинковых руд Шаймерден (Республика Казахстан).

- 1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – точки регистрации отклика; 3 – зоны возможных тектонических нарушений (по спутниковым данным); 4 – контуры карьера; 5 – положение центров участков, перспективных на цинковое оруденение (по гравиметрическим данным); 6 – оценка среднего процентного содержания цинка в породе; 7 – оценки интервала глубин зон максимального оруденения

Для более детального оконтуривания зон возможных рудопоявлений и их координатной привязки для закартированных аномалий № 4, 5, 13 дополнительно были обработаны и дешифрованы спутниковые материалы более крупного масштаба (рис. 2–4). При этом оказалось, что площади некоторых аномалий уменьшились, а аномальная зона № 13 (рис. 2) распалась на два отдельных фрагмента.

Анализ и сопоставление данных. Обнаруженные аномалии типа "зона цинкового оруденения" были сопоставлены с имеющейся геолого-геофизической информацией.

Анализ материалов показал, что в контуре рудного тела №5 оказалась геохимическая аномалия цинка, минимум силы тяжести и минимум магнитного поля, окруженный аномалиями, характерными для эффузивов. Все это в целом позволяет говорить об обстановке, благоприятной для гидротермального оруденения. Далее, на участке было установлено наличие комплексной аномалии: пониженного магнитного поля (аномалия вытянута в меридиональном направлении и разорвана посередине широтной полоской положительных значений), аномалия пониженного гравитационного поля, смещенная к юго-востоку, аномалия пониженного электрического сопротивления в северо-восточном углу аналога, увеличение мощности коры выветривания в центре аналога и отсутствие ее на северном краю аналога.

В районе точки № 5 (рис. 1, 4) был также отработан профиль ДЭП-ВП длиной 800 м. В результате, на глубине 150–200 м установлено наличие аномалии поляризуемости в 2–3 %, нарастающей с глубиной. Электрическое сопротивление повышенные, как и у известняков. В целом это благоприятная обстановка для встречи в интервале 230–300 м карбонатно-силикатного цинкового оруденения с возможным переходом в сульфидные сфалерид-галенитовые руды.

Дополнительно для этого района были также обнаружены материалы по комплексу геофизических мето-

дов: магниторазведка масштаба 1:5000 – 1:1000, гравиразведка масштаба 1:5000, электроразведка ВП-СГ масштаба 1:10000, а также по опробованию на цинк и свинец поисковых и разведочных скважин на бокситы. В результате как первоочередные были выделены 3 аномалии: № 5, № 22, № 13 (рис. 1, 2, 4). Все они оказались совмещенными с магнитными полями, характерными для эталона Шаймерден, а точнее – для так называемой рудогенерирующей карбонатно-эффузивной формации. Аномалии совпали также с гравитационными минимумами, а на двух из них (№ 22 и № 13) отмечены геохимические аномалии цинка и свинца. Эти факты полностью подтверждают выделенные "цинковые" аномалии "спутниковым" методом, помогают обосновывать необходимость бурения поисковых скважин до пересечения установленных по спутниковым данным интервалов максимального оруденения.

Результаты бурения скважины. Первая скважина пробурена в пределах восточной части аномальной зоны № 13 (рис. 2) глубиной 178,5 м. В процессе бурения определитель содержания цинка показывал, начиная с 50 м, ореол от 0,1 % до 1,0 %, наличие рудных минералов в трещинах известняков и даже один интервал с содержанием 2,1 %. На забое скважины № 13, на 178,5 м, встречены меняющие цвет от темно-серого до желто-кремового известняки с теми же содержаниями цинка – 0,3–0,7 %,.

По результатам анализов проб из скважины в призабойном интервале 154–178 м установлено чередование пластов аргиллитов и прокварцованных известняков со стабильным содержанием цинка 0,6–0,7 %. Выше этого интервала во всех пробах содержания цинка не менее 0,1–0,3 %. Это может считаться прекрасным геохимическим ореолом цинка, свидетельствующим, что рудное тело (учитывается как руда, начиная 5-ти %) находится где-то недалеко от ствола скважины, вопрос только где?

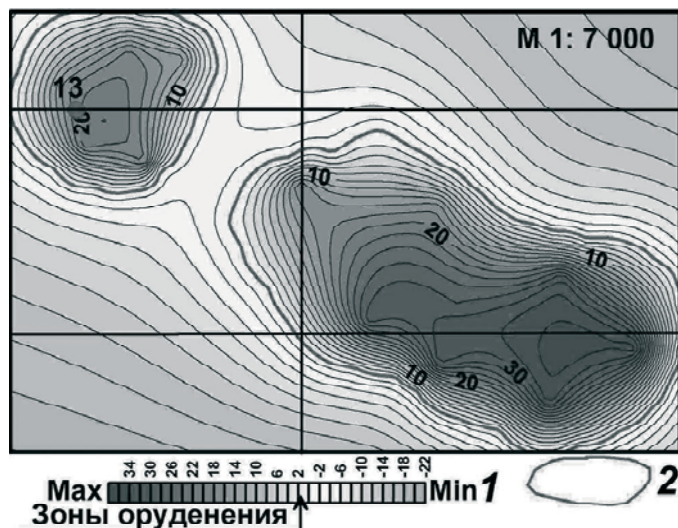


Рис. 2. Результаты детальной обработки спутниковых данных в районе аномальной зоны 13:
1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – контуры аномальных зон

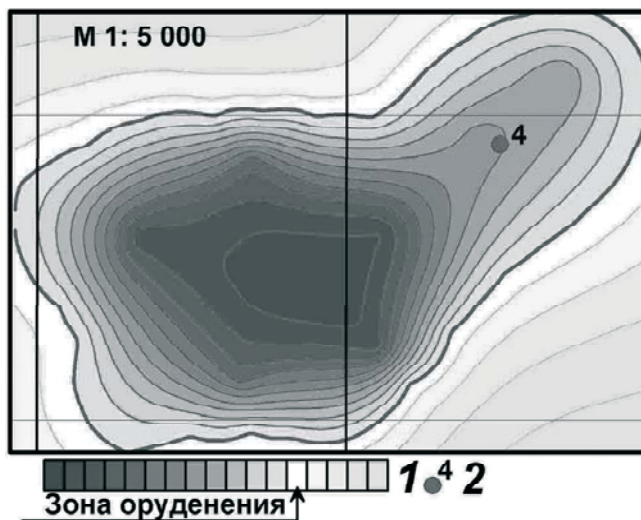


Рис. 3. Результаты детальной обработки спутниковых данных в районе аномальной зоны 4:
1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – положение гравитационного минимума № 4

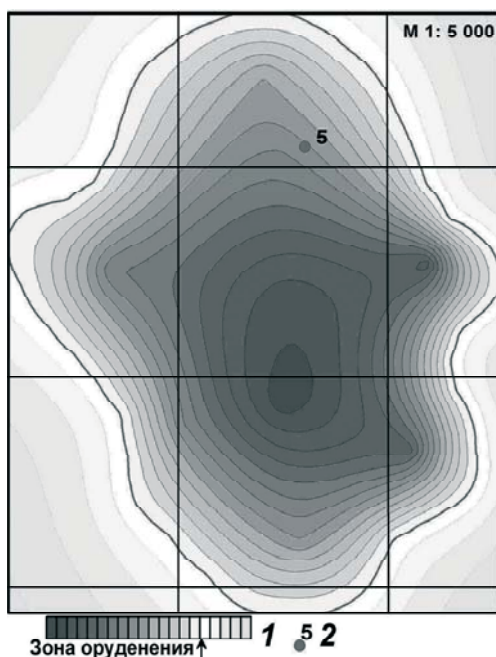


Рис. 4. Результаты детальной обработки спутниковых данных в районе аномальной зоны 13:
1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – положение гравитационного минимума № 5

Причина непопадания в рудное тело заключается в сложности геологического строения месторождений такого типа. Так, само месторождение Шаймерден при размерах 200х320м состоит из 12-ти рудных тел. В рудном теле №1 сосредоточены 80 % запасов всего месторождения. Оно имеет форму круга диаметром 150 м, а остальные 11-ть рудных тел окружают его как лепестки цветка. В остальных 11-ти телах – остальные 20 %. Рудные тела круто и вертикально падающие, отделены друг от друга породами с ореольной геохимической зараженностью цинком и свинцом. Отдельные рудные тела распространяются на глубину от 50–70 м до 150–200 и, даже, 300 м. И все это заверено разведочными скважинами, пробуренными по сети 25х50 м и 25х25 м. При этом необходимо отметить тот факт, что на площади 200х320 м месторождения Шаймерден из 88-ми пробуренных разведочных скважин, рудными оказались только 46 скважин и нерудными – 42, то есть почти в соотношении 1:1. Более того, вокруг центрального рудного тела, между остальными 11-тью телами, в третьей части скважин анализами определены содержания от сотых до десятых долей процента цинка, то есть даже меньше, чем в пробуренной скважине на аномалии №13.

Детальный анализ результатов бурения скважины позволил также установить, что контур аномалии № 13 сдвинут на восток относительно ожидаемого контура рудного тела примерно на 150 м. Основная причина сдвига – невысокая точность привязки спутниковых данных. И направление сдвига и его примерная величина были также установлены на Варваринском месторождении золота, где в это же время успешное применение "спутникового" метода позволило выделить дополнительно шесть аналогов основного Варваринского месторождения. Аномалия собственно Варваринского месторождения детализирована по спутниковым данным в масштабе 1:20000. Благодаря тщательной привязке спутникового снимка этой территории к уверенно опознанным объектам на местности удалось установить, что разведанные рудные тела удалены от осевой, экстремальной части аномалии типа "зона золоторудного оруденения" на 150 м западнее. При смещении аномалии на 150 м западнее, достаточно хорошо согласуются глубины рудных тел и содержания золота в них по разведочным скважинам и по результатам обработки спутниковых данных. Такой же сдвиг аномалии № 13 приводит к совмещению восточного эпицентра юго-восточной аномалии № 13 со скважиной №823 70-х годов, в которой на глубине 10 м установлено содержание $Zn-0,12\%$ и $Pb-0,05\%$, и появляется основание ожидать интервал максимального оруденения глубже.

Анализ результатов бурения скважины и материалов обработки и дешифрирования спутниковых данных на Варваринском месторождении указывают практическую целесообразность задания поисково-проверочных скважин в пределах аномалий типа "зона оруденения", выделенных по спутниковым данным, по результатам их заверки и детализации наземными методами СКИП и ВЭРЗ, а также электроразведкой ДЭП-ВП и глубинной геохимией.

Рекомендации. На настоящий момент основной задачей поисков аналога месторождения Шаймерден является подтверждение факта наличия богатых руд цинка в пределах одной из аномалий. Быстрее всего этого можно достичь на аномалии № 22, находящейся на территории отвода АО "Шаймерден", полученного для размещения хозяйства рудника при эксплуатации месторождения – для бурения здесь проверочно-поисковой скважины не потребуются специального зе-

мельного отвода, на оформление которого обычно тратится много времени. Чтобы максимально ускорить обоснование и выбор точки заложения скважины необходимо провести детализацию методом обработки и дешифрирования спутниковых данных в масштабе 1:5000 аномалии № 23 (месторождение Шаймерден с километровой зоной вокруг карьера) и аномалии № 22, с последующей их заверкой наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ. Целесообразно одновременно, при проведении полевых работ, выполнить детализацию аномалии № 5 тремя широтными профилями ВЭРЗ с целью подготовки необходимых материалов для обоснования и составления проекта на бурение в ее пределах трех поисковых скважин. Размеры аномалии № 5 в плане, дополнительные ее параметры, а также другие геолого-геофизические материалы свидетельствуют о высокой вероятности ее связи с крупным месторождением окисленных руд цинка.

Выводы. Результаты экспериментального применения в последние годы экспресс-технологии геоэлектрических исследований СКИП-ВЭРЗ продемонстрировали принципиальную возможность и подтвердили целесообразность ее применения для оперативных поисков и картирования рудных объектов различной минерализации. Применение этих методов для решения широкого класса задач рудной геофизики будет способствовать ускорению поисково-разведочного процесса на рудные полезные ископаемые различного вида.

Проведенная практическая апробация специального метода обработки и дешифрирования спутниковых данных на многочисленных рудных объектах и площадях (в том числе и в районе цинкового месторождения) свидетельствует о возможности оперативного обнаружения и картирования с его помощью аномалий типа "залежь" (АТЗ) – "водоносный горизонт (коллектор)", "золоторудная залежь", "меднорудная залежь", "залежь с урановой минерализацией", и т.д. Специальная методика сканирования спутниковых данных позволяет также оценивать глубины залегания и мощности отдельных АПП типа "водоносный пласт", "пласт с золоторудной минерализацией", "пласт с меднорудной минерализацией", "пласт с урановой минерализацией", и т.д. В целом, полученные результаты указывают на практическую целесообразность включения "спутникового" метода в экспресс-технологию "прямых" поисков и разведки месторождений рудных и горючих полезных ископаемых мобильными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ. Совместное использование "спутниковой" компоненты технологии на рекогносцировочных этапах работ и наземной геоэлектрической – на детализационных предоставляет широкие возможности для оптимизации поискового процесса в рамках мобильной технологии непосредственно.

В целом, результаты выполненных экспериментальных исследований позволяют авторам в очередной раз констатировать, что включение оперативных и мобильных технологий "прямых" поисков и разведки скоплений УВ, водоносных горизонтов и рудных полезных ископаемых (в том числе и экспресс-технологии СКИП-ВЭРЗ и метода специальной обработки спутниковых данных) в традиционный комплекс поисковых геолого-геофизических методов будет способствовать как минимизации финансовых затрат на решение конкретных поисково-разведочных задач, так и существенному сокращению времени на их практическую реализацию.

1. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии // Геологический журнал. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
2. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Таскинбаев К.М. Поиски и

разведка скоплений углеводородов геоэлектрическими методами на нефтяных месторождениях Западного Казахстана // Георесурсы. – 2003. – № 1. – С. 31–37. 3. Шуман В.Н., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 22–50. 4. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М. Возможности геоэлектрических методов при поисках и разведке объектов с рудной минерализацией // Научный вестник НГУ. – 2005. – № 9. – С. 69–72. 5. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Разин Д.В., Юзленко А.Т. О возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений

углеводородов в кристаллических породах // Геоинформатика. – 2010. – № 1. – С. 22–32. 6. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков // Геоинформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43. 7. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Божежа Д.Н. Оперативное решение задач оценки перспектив рудоносности лицензионных участков и территорий в районах действующих промыслов и рудных месторождений // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 23–30.

Надійшла до редколегії 05.09.11