

УДК 551.24 + 624.131

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЗОН ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Копылов И.С.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, Россия, e-mail: georif@yandex.ru

Основой методологии оценки и прогнозирования геодинамической опасности районов действующих и проектируемых калийных рудников и выделения геодинамических активных зон может быть системный линеаментно-геодинамический анализ на основе дистанционных аэрокосмогеологических исследований в комплексе с геофизическими, структурно-геоморфологическими, гидрогеологическими, геохимическими и биологическими методами. Методика исследований была отработана на одном из крупнейших в мире Верхнекамском калийно-магниевом месторождении (Россия, Пермский край) – наиболее хорошо изученном различными геолого-геофизическими методами. Данная методика была применена на Жиланском месторождении калийных солей (Республика Казахстан) и Тюбегатанском месторождении калийных солей (Республика Узбекистан). По результатам аэрокосмогеологических исследований во всех изученных нами регионах установлена высокая пространственная и корреляционная сходимость геодинамических активных зон с геофизическими, геохимическими и гидрогеологическими аномалиями, с участками неблагоприятных геологических процессов и явлений и грунтовых условий, увеличение интенсивности опасных природных и техногенных процессов. Подтверждено положение о ведущей роли геодинамических активных зон в формировании горно-геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических условий.

Ключевые слова: неотектоника, геодинамические активные зоны, методология оценки и прогнозирования геодинамической опасности, калийные рудники

METHODS AND TECHNOLOGIES OF DETECTION OF GEODYNAMIC ACTIVE ZONES IN THE DEVELOPMENT OF POTASH DEPOSITS FOR A SUBSTANTIATION OF SAFE CONDUCTING MOUNTAIN WORKS

Kopylov I.S.

Natural Science Institute of the Perm State National Research University, Perm, Russia, e-mail: georif@yandex.ru

The methodology of estimation and forecasting of geodynamic dangerous areas for existing and projected potash mines and the identification of geodynamic active zones may be based on a systematic lineament-geodynamic analysis using geological analysis of remote aerial and satellite imagery information integrated with geophysical, structural-geomorphologic, hydro-geological, geochemical, and biological methods. This methodology was tested on Verkhnekamskoye potassium and magnesium salts deposit of one of the world's largest (Russia, Perm Krai), which is well studied by various geological and geophysical methods. Presented technique of identification of geodynamic active zones was applied on Zhiljanskoye (Republic of Kazakhstan) and Tubegatangskoye (Republic of Uzbekistan) deposits of potash salts. According to the results of geological analysis of remote images, all the investigated regions have a high spatial correlation of geodynamic active zones with geophysical, geochemical and hydrogeological anomalies, exposure of adverse geological processes and soil conditions, increase of intensity of dangerous natural and technogenic processes. The leading role of geodynamic active zones in the formation of the geological, hydrogeological, engineering-geological and geo-ecological conditions was confirmed.

Keywords: neotectonics, geodynamic active zones, methodology of estimation and forecasting of geodynamic dangerous, potash mines

Введение. За последние 150 лет в мире в результате недостаточного геодинамического обоснования или неправильного ведения горных работ было затоплено более 80 калийных рудников, из них в Германии – более 30, Канаде – 6, в России – 2 (в Пермском крае). В 1986 и 2006 гг. в результате аварий были затоплены 2 шахты на крупнейшем в мире Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей. Установлено, что подавляющее большинство аварий на рудниках происходит в условиях высокой геодинамической активности горных массивов, осложняющихся высокой трещиноватостью

пород [19, 22, 24]. Формирование участков с высокой степенью трещиноватости пород происходит под действием различных инженерно-геологических факторов, ведущими из которых являются современная геодинамика и неотектоника [17, 21, 25].

Методика, результаты, обсуждение

Основой методологии оценки и прогнозирования геодинамической опасности районов действующих и проектируемых калийных рудников и выделения геодинамических активных зон (ГАЗ) может быть системный линеаментно-геодинамический

анализ на основе дистанционных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) в комплексе с геофизическими, структурно-геоморфологическими, гидрогеологическими, геохимическими геоэкологическими и биологическими методами [1, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 16, 18, 20].

Методика исследований была отработана на крупнейшем в мире **Верхнекамском калийно-магниевом месторождении** (Пермский край) – наиболее хорошо изученном различными геолого-геофизическими методами. Оно имеет сложное геологическое строение и опасные условия для разработки, обусловленные высокой степенью тектонической трещиноватости, значительной водообильностью пород и карстом (как правило, эти явления в разной степени присутствуют на всех месторождениях солей). По региональной геодинамической оценке масштаба 1:500 000, было установлено, что территория Верхнекамского месторождения находится в пределах геодинамической активной зоны регионального уровня площадью более 1000 км² [8, 9, 15]. По районированию масштаба 1:100 000 в ее пределах выделено более 50 геодинамических активных зон размером от 2 до 15 км [2]. Детальные АКГИ масштаба 1:25 000, при котором применялось дешифрирование цифровых КС, обработка данных с применением ГИС-технологий позволили еще более детализировать геодинамическое строение – были выделены геодинамические активные зоны с размерами до 1 км. Некоторые из них имели хорошую пространственную сходимость с зонами разуплотнения по гравиметрии и с зонами сильной проницаемости по электроразведке. По комплексу критериев геодинамической оценки проведено геоинформационное моделирование и составлена карта аномальности геодинамического состояния, данные которой были учтены при проектировании горных работ на новых участках [1, 14].

Данная методика выделения геодинамических активных зон была применена на Жилинском месторождении калийных солей (Республика Казахстан) и Тюбегатанском месторождении калийных солей (Республика Узбекистан). Эти районы ранее аэрокосмическими методами были изучены слабо, поэтому дешифрирование проводилось по нескольким (5-8) уровням генерализации в масштабах от обзорных и региональных 1:10 000 000-1:1 000 000 на

больших площадях (сотни тыс. км²) до детальных работ 1:50 000 и 1:25 000 на площадях горного отвода месторождений.

Жилинское месторождение калийных и полигалитовых солей, расположено в Актюбинской области Республики Казахстан в 10 км к востоку юго-востоку от г. Актобе; представлено залежами полигалита и сильвинита. Характеризуется большой протяженностью, разобщенностью в плане и высотах рудных тел, резкими колебаниями условий залегания, мощностей рудных тел и содержания полезных компонентов.

По геодинамическим условиям район Жилинского месторождения находится в сложных тектонических условиях, находясь на стыке Прикаспийской синеклизы (с запада и непосредственно на площади), Предуральского краевого (с севера) прогиба и Уральской складчатой системы (с востока). Блоково-надвиговое взаимодействие этих крупных тектонических структур осложняется соляно-купольной тектоникой, формируя сложную современную геодинамическую обстановку. Основная геодинамическая активность, по-видимому, связана с системой меридионального тектонического нарушения, проходящего через всю Жилинскую площадь с юга на север. Его пересекают многочисленные локальные субширотные и диагональные линеаменты, которые в свою очередь «оперяются» короткими линеаментами.

По результатам АКГИ в Западном Казахстане уточнено геологическое и неотектоническое строение территории Жилинского месторождения. Линеаментно-геодинамический анализ и геодинамическое районирование проведены на уровне детальности масштаба 1:50 000 и 1:25 000. Выделены локальные ГАЗ с очень высокой плотностью линеаментов, обусловленной тектонической трещиноватостью, которые имеют важное значение для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Жилинского месторождения. Всего в контурах горного отвода месторождения установлено 8 локальных ГАЗ, их размеры составляют в длину 0,7-4,0 км, в ширину 0,3-0,8 км. В их пределах установлены 13 участков (с чрезвычайно высокой плотностью линеаментов), с размерами от 0,1x0,2 до 0,6x1,5 км. Их необходимо учитывать при проектировании, строительстве горно-обогатительного комбината и в дальнейшей разработке месторождения [7].

Тюбегатанское месторождение калийных солей, расположено в Дехканабадском районе Кашкадарьинской области Республики Узбекистан. Протяженность всего месторождения с юго-запада на северо-восток составляет 24 км при ширине до 7 км (пределах узбекской части соответственно – 14 и 1,5-3 км). В контуре подсчета запасов его площадь составляет 69,6 км². По геодинамическим условиям район месторождения находится в сложных тектонических и сейсмических условиях, находясь на стыке планетарных (Евразийская и Индийская плиты) и субпланетарных (Туранская плита и Тянь-Шанский ороген) тектонических структур. Блоково-надвиговое взаимодействие этих крупных тектонических структур осложняется локальной сдвиговой и соляно-купольной тектоникой. Основная геодинамическая активность, по-видимому, связана с системой северо-восточного тектонического нарушения, проходящего через всю Тюбегатанскую структуру с юго-запада на северо-восток. Его пересекают многочисленные локальные субширотные и диагональные линеаменты, которые в свою очередь «оперяются» короткими линеаменами. Для разрабатываемого месторождения изучение новейшей тектоники и современной геодинамики является особенно важным, поскольку на руднике в конце 2012 г. произошел сильный аварийный приток рассолов в шахтные стволы, который с большим трудом удалось ликвидировать. Необходимо было установить неблагоприятные и более благоприятные участки для проходки шахтных стволов.

Проведены АКГИ различной детальности; линеаментно-геодинамический, морфонеотектонический, линеаментно-блоковый анализы по нашим методикам [8, 23]. Дешифрирование цифровых КС, обработка данных, геоинформационное картографическое моделирование проводились с применением ГИС-технологий в Arc GIS и

ArcView GIS. Дешифрирование КС проведено по 8 уровням изучения – от обзорного в пределах всего Южного Узбекистана, до крупномасштабного на площади Тюбегатанского месторождения и детального – на участке шахтных полей с анализом новейшей тектоники и современной геодинамики (рис. 1). По результатам региональных АКГИ масштабов 1:1 000 000 – 1:100 000 выявлены крупные линеаментные зоны предполагаемых тектонических нарушений фундамента и осадочного чехла. По крупномасштабному дешифрированию КС масштабов 1:50 000-1:10 000 в районе месторождения и прилегающей территории выделено более 2150 прямолинейных тектонических линеаментов различных рангов с преобладающими СВ и СЗ направлениями, а также дугообразные линеаменты и кольцевые структуры.

Неотектоническое районирование проведено на основе линеаментно-блокового анализа с выделением неотектонических блоковых структур, при этом, в центральной части месторождения выделены 2 мезоблока, 6 локальных блоков первого порядка и 22 локальных блоков второго порядка, характеризующиеся различной степенью неотектонической активности. Линеаментно-геодинамический анализ и геодинамическое районирование выполнены на уровне детальности масштабов 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000. В районе месторождения выделены 10 ГАЗ. Крупнейшая из них – Тулешская ГАЗ в северной части центрального участка месторождения, изометричной формы площадью 4,3 км²; при детализации дифференцируется на 11 зон с площадями 0,01-0,06 км². Эти участки имеют наибольшую плотность тектонической трещиноватости и представляют наибольшую опасность для ведения горных работ и промышленного освоения месторождения (рис. 2).

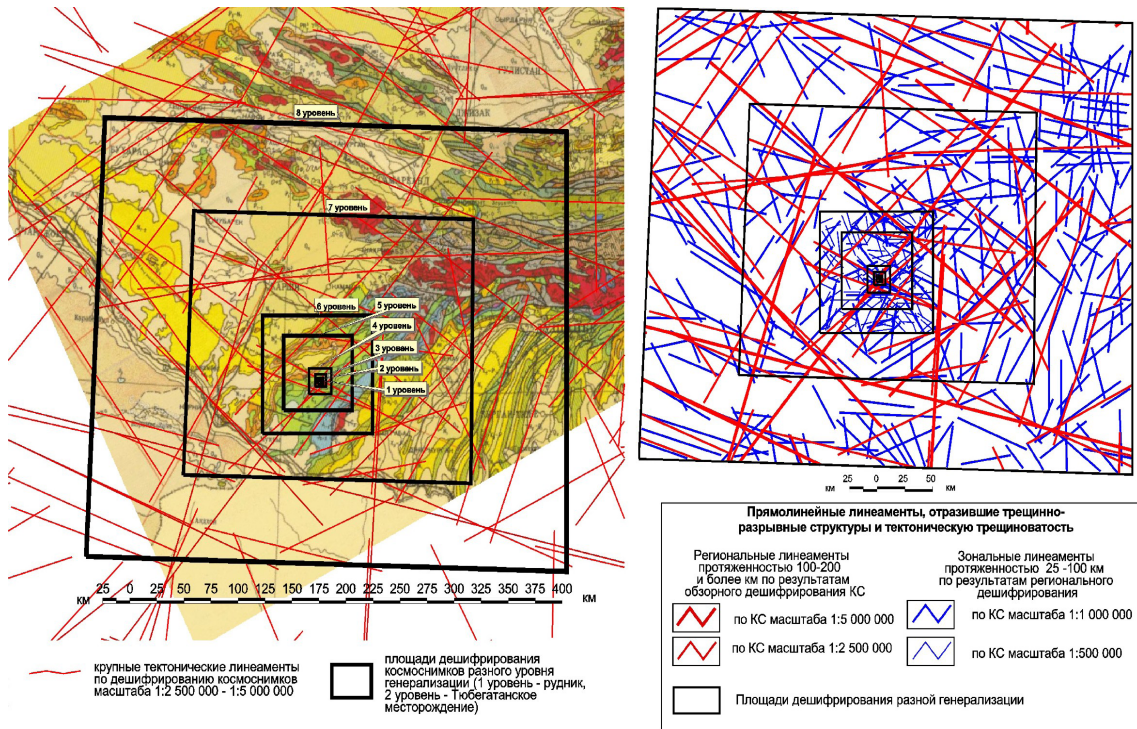


Рис. 1. Площадь дешифрирования космоснимков по разным уровням генерализации (на геологической карте Узбекистана)

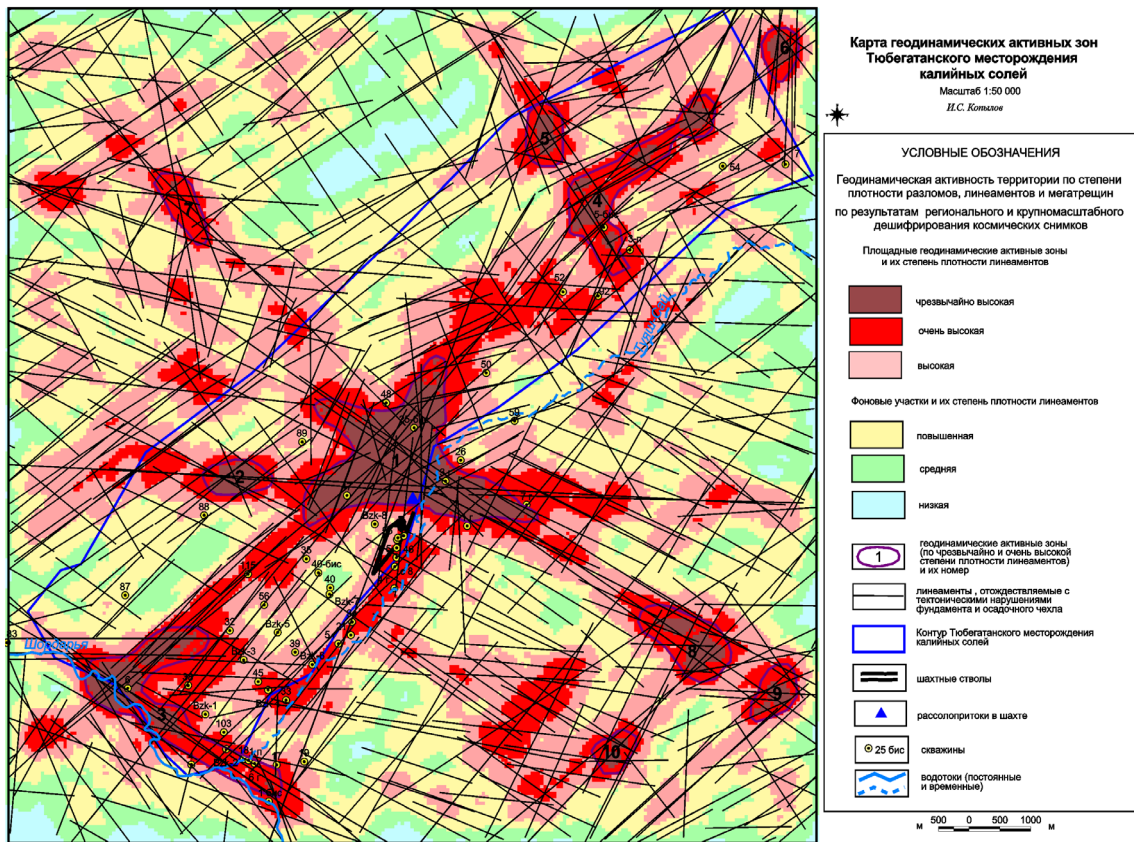


Рис. 2. Карта геодинамических активных зон Тюбегатанского месторождения калийных солей. Масштаб 1:50 000

С учетом имеющегося геологического материала на территории шахтного поля рудника выполнен комплексный анализ геологических и аэрокосмогеологических материалов с построением карты комплексного анализа и сделаны методические рекомендации по проведению геолого-геофизических исследований в целях безопасного ведения горных работ и промышленного освоения.

Проведенные детальные дистанционные исследования на действующем руднике показывают на хорошую сходимость результатов различных методов АКГИ и геофизики. Это обеспечивает надежность прогнозирования участков повышенной трещиноватости пород и расслопроявлений в горных выработках, знания о которых необходимы для принятия оперативных решений по проходке шахтных стволов. На этих участках прогнозируются наиболее активные геодинамические зоны, которые представляют наибольшую опасность для ведения горных работ. На участках шахтных полей они были подтверждены полевыми наблюдениями и данными геофизических исследований. Было рекомендовано исключить эти зоны из разработки месторождения, также были намечены более благоприятные участки для отработки залежи калийных солей.

Заключение

По результатам аэрокосмогеологических исследований во всех изученных нами регионах (Урал, Север, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток, Средняя Азия) установлена высокая пространственная и корреляционная сходимость геодинамических активных зон с геофизическими, геохимическими и гидрогеологическими аномалиями [11, 15] с участками неблагоприятных геологических процессов и явлений и грунтовых условий, увеличение интенсивности опасных природных и техногенных процессов [12]. Подтверждено положение о ведущей роли геодинамических активных зон в формировании горно-геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических условий.

Список литературы

1. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5; URL: www.science-education.ru/99-4894.
2. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, – 2011. – С. 165-167.
3. Копылов И.С. Учение о геодинамических активных зонах, как синтез знаний в естественных науках // Рудник будущего: Научно-технический журнал. № 3(7). – Пермь, 2011. – С. 61-63.
4. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. – №4; URL: www.science-education.ru/98-4745.
5. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. – Тамбов, 2011. – № 8. – С. 126-129.
6. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5214.
7. Копылов И.С. Анализ материалов по новейшей тектонике и современной геодинамике по Жилинскому месторождению калийных солей (Западный Казахстан) // Рудник будущего: Научно-технический журнал. № 2(10). – Пермь, 2012. – С. 10-19.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. – № 6; URL: www.science-education.ru/106-7570.
9. Копылов И.С. Картографическое моделирование геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы и формирование полезных ископаемых // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, – 2013. – С. 145-147.
10. Копылов И.С. К разработке теории о геодинамических активных зонах и эколого-геодинамическая оценка трасс линейных сооружений // Академический журнал Западной Сибири. – Тюмень. – Т. 9. № 4. – 2013 – С. 17.
11. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, – 2013. – №09 (093).
12. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2013. – 166 с.
13. Копылов И.С. Методы и технологии выявления и картирования геодинамических активных зон, их применение при поисках месторождений полезных ископаемых и обосновании безопасного ведения горных работ // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные, и природоохранные технологии освоения недр: мат-лы XII Межд. конф. (Занджан (Иран). – М.: РУДН, 2013. – С. 748-750.
14. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // Геоинформатика. – 2013. – № 2. – С. 20-23.
15. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 69-74.
16. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасности и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1; URL: www.science-education.ru/115-11918.

17. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, – 2012. – №10 (84). – С. 191 – 201.
18. Копылов И.С., Ликутев Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9 (часть 3). – С. 602-606.
19. Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Фон-дер-Флаас Г.С. и др. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / Под науч. ред. А.И. Кудряшова. – Пермь: ГИ УрО РАН, – 2004. – 194 С.: ил. 65.
20. Ликутев Е.Ю., Копылов И.С. Комплексование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. – №4. – С. 125-133.
21. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 3. – С. 85-90.
22. Филатов В.В., Кассин Г.Г. Предпосылки прогнозирования динамических событий на территории Верхнекамского месторождения калийных и калийно-магниевых солей // Рудник будущего. – 2011. – Вып. № 1 (5). – С.71-74.
23. Чадаев М.С., Гершанок В.А, Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография. – Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – 2012. – 91 с.
24. Kopylov I.S. The forecast and an estimation of geodynamic danger on deposits of potassium salts and mines // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2013. – № 2 – URL: www.science-sd.com/455-24368.
25. Kopp M.L., Kolesnichenko A.A., Verzhbitsky V.E., Kopylov I.S. Recent dynamics and probable origin of the Tula upland in the Perm foreurals // Geotectonics. – 2008. – № 6. – P. 448-468.