

УДК 551.24

**ОСНОВНЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
В ИЗУЧЕНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЗОН****Копылов И.С.***Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, e-mail: georif@yandex.ru*

В статье рассмотрены основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон. Методика линейментно-геодинамического анализа на основе аэрокосмогеологических исследований в комплексе с другими методами позволяет производить оценку геодинамической активности территорий (что показано на многих примерах Урала, Сибири, Севера, Средней Азии и др.). Отражена минерагеническая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая, геоэкологическая роль геодинамических активных зон. Геодинамическая активность является ведущим фактором в формировании многих месторождений полезных ископаемых, особенно – нефти и газа, алмазов, подземных вод; определяет минерагенические закономерности. Основная гидрогеологическая роль геодинамических активных зон заключается в распределении подземного стока, формировании гидрогеологических и гидрогеохимических аномалий, специфических гидрогеологических условий. В пределах зон с наиболее высокой геодинамической активностью отмечается повсеместное проявление инженерно-геологических процессов; в условиях техногенеза растет их интенсивность, наблюдается ухудшение физико-механических свойств грунтов. Установлено влияние геодинамических активных зон на формирование геохимических аномалий, влияющих на состояния окружающей среды и заболеваемость населения.

**Ключевые слова:** геодинамические активные зоны, роль, методология, минерагения, гидрогеология, инженерная геология, геоэкология

**BASIC AND APPLIED DIRECTIONS IN STUDY OF GEODYNAMIC ACTIVE ZONES****Kopylov I.S.***Natural Science Institute of the Perm State National Research University, Perm,  
e-mail: georif@yandex.ru*

The main fundamental and applied directions in the study of geodynamic active zones are considered. Methodology of lineament-geodynamic analysis on the basis of aerospace research in combination with other methods allow for the evaluation of geodynamic activity territories (shown in many examples in the Urals, Siberia, the North, Central Asia, etc.). Minerogenic, hydrogeological, engineering-geological, geo-ecological role of geodynamic active zones are shown. Geodynamic activity is a leading factor in the formation of many mineral deposits, particularly oil and gas, diamonds, groundwater; defines basic metallogenic regularities. The main hydrogeological role geodynamic active zones are in the distribution of groundwater flow; the formation of the hydrogeological and hydrogeochemical anomalies, as well as in the formation of specific hydro-geological conditions. The manifestation of the engineering-geological processes within the zones with the most high geodynamic activity is celebrated, the intensity grows, the deterioration of physical-mechanical properties of soils is observed. The main fundamental and applied directions in the study of geodynamic active zones are considered.

**Keywords:** geodynamic active zones, role, methodology, minerageny, hydrogeology, engineering geology, geocology

Изучение геодинамических активных зон (ГАЗ) является фундаментальной проблемой наук о Земле, которая рассматривается новым научно-прикладным направлением геологии – учением о ГАЗ, в рамках геологических наук (современной и новейшей геодинамики, неотектоники, структурной геологии, геоморфологии, геоэкологии, инженерной геологии, гидрогеологии, геохимии, геофизики) на стыке с географией, биологией, экологией и другими науками. Геодинамические активные зоны (ГАЗ) представляют собой участки земной коры, различные по объему, конфигурации и площади, активные на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью, повышенной трещиноватостью, проницаемостью и, как следствие, проявлениями разрывной тектоники, сейсмичности и других процессов [3, 18, 32, 35].

**Материалы и методы исследования**

В структуре учения о ГАЗ выделяется две основные части – теоретико-методологическая и прикладная. Концептуальная модель разработки учения о ГАЗ базируется на принципах: фундаментальности, системности, комплексности, объективности, критериальности, результативности, многофункциональности (рис. 1).

Основными методами изучения ГАЗ являются: геофизические; аэрокосмогеологические (АКГИ), структурно-геоморфологические, гидрогеологические, геохимические, биологические методы. Разработанные специальные методики для оценки геодинамической активности территорий – морфо-неотектонический и линейментно-геодинамический анализы на основе АКГИ позволяют достаточно надежно устанавливать ГАЗ различных уровней – от региональных до локальных, особенно при комплексировании с другими методами. Критериями оценки геодинамической активности являются различные расчетные показатели. Одним их важнейших показателей является плотность разломов и линейментов [18]. Результаты многолетних исследований автора

использованы при выполнении НИР (ЕНИ ПГНИУ, 2010-2015 гг.), где сложились основные фундаментальные и прикладные направления в изучении ГАЗ – их ведущей роли в формировании геоэкологических, инженерно-геологических, гидрогеологических, минерагенических условий.

дущую роль при этом играют структурно-геологические условия и геодинамическая активность. Действия этой закономерности установлено для многих регионов мира и подтверждено нами во многих районах



*Основные направления изучения геодинамических активных зон*

### Результаты исследования и их обсуждение

Изучение минерагенической роли ГАЗ. В формировании многих месторождений полезных ископаемых ГАЗ играют активную роль и определяют минерагенические закономерности. Во многих регионах мира отмечена концентрация зон нефтегазоаккумуляции и газа в крупных месторождениях нефти и газа в местах пересечений и сгущений разрывных тектонических нарушений. Разработана геодинамическая модель нафтидогенеза [25, 26], отражающая эволюцию нафтидогенеза (а также и рудогенеза), которая позволяет после увязки наблюдаемых фактов и выделения определяющих показателей, выйти на прогноз нефтегазоносности локальных участков. Прогнозное значение данной модели в пространственно-временном диапазоне изучено на примере месторождений нефти и газа Пермского края. Проведен линеаментно-геодинамический анализ с применением методов АКГИ с учетом данных по нефтегазоносности. Построена карта ГАЗ (с выделением 60 мезозон), установлено их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях [8, 23]. Сделан локальный прогноз месторождений нефти и газа, алмазов, урана, подземных вод и других полезных ископаемых [7, 12, 21, 27, 36, 37].

Изучение гидрогеологической роли ГАЗ. В формировании гидрогеологической обстановки в зоне активного водообмена участвуют многочисленные процессы; ве-

Сибири, Урала, Приуралья [11, 35, 39]. Основным методом исследований является структурно-гидрогеологический анализ. В качестве основных расчетных показателей применяются модули подземного стока, подземного химического стока, подземного углеводородного стока. В западной части Сибирской платформы установлена геостранственная связь зон повышенной геодинамической активности с участками повышенной концентрации подземного и подземного химического стока. Большинство локальных положительных структур в ГАЗ характеризуются повышенными гидрогеологическими показателями [13]. На основании многочисленных фактов, можно определить основную гидрогеологическую роль ГАЗ в следующем: распределение подземного стока; миграция химических элементов в подземных водах; формирование гидрогеологических и гидрогеохимических аномалий, водообильных зон и как следствие из этого – формирование специфических гидрогеологических условий территорий в зонах повышенной геодинамической активности [15].

Изучение инженерно-геологической роли ГАЗ. Геодинамическая активность является мощным фактором формирования инженерно-геологических условий территорий недропользования, который часто играет ведущую роль среди многих природных факторов. Морфонеотектонический и линеаментно-геодинамический анализы применялись во многих регионах – Урале

и Приуралья, Восточной и Западной Сибири, Дальнем Востоке, Севере, Средней Азии в различных инженерно-геологических целях.

В районах развития многолетнемерзлых пород Восточной Сибири комплексный инженерно-геокриологический анализ показал на закономерное изменение состояния геологической среды и ее параметров в пределах локальных ГАЗ по сравнению с другими участками. В пределах этих зон отмечается увеличение размеров таликов среди мерзлых пород; ухудшение физико-механических свойств грунтов (увеличение площади и мощности рыхлых грунтов – торфов, мягко- и текучепластичных суглинков, водонасыщенных песков, увеличение трещиноватости скальных грунтов); увеличение интенсивности проявления заболачивания, пучения грунтов, термокарста, эрозионных процессов. [6, 13].

При изучении карстовой опасности на закарстованных территориях установлено закономерное влияние степени геодинамической активности на развитие карста. В районе г. Дзержинска Нижегородской области детальный линеаментно-геодинамический анализ показал наиболее высокую концентрацию карстовых воронок на участках с чрезвычайно и очень высокой степенью плотности линеаментов. То же самое установлено в городах и районах Приуралья – г. Кунгур, Чусовой, Кизел, п. Полазна и др. [16].

При разработке месторождений калийных солей изучение геодинамической опасности имеет чрезвычайно важное значение для безопасности горного производства. На территории крупнейшего в мире Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей проведено сопоставление локальных ГАЗ и линеаментов с данными инженерно-геологических изысканий. Анализ показал на приуроченность к этим зонам карстовых и суффозионных процессов, оврагообразования, оползней, береговой и склоновой эрозии. В пределах ГАЗ отмечается наибольшая мощность рыхлых образований, значительное ухудшение физико-механических свойств грунтов [5, 30]. Все известные техногенно-карстовые провалы в Соликамско-Березниковском промузле в т.ч. – участки аварий на калийных рудниках располагаются в пределах ГАЗ с чрезвычайно высокой степенью плотности линеаментов. Данный факт (о связи аварийности на рудниках и тектонической трещиноватости) известен для большинства калийных месторождений мира. Поэтому проведенные АКГИ на Жиланском (Казахстан) и Тюбегатанском (Узбекистане) месторождениях

калийных солей позволили построить карты ГАЗ этих районов, где выделены опасные участки для их разработки [1, 18, 20, 28].

На трассах нефтегазопроводов установлено, что практически все чрезвычайные ситуации природного и природно-техногенного характера происходят в пределах зон повышенной геодинамической активности, что четко подтверждает факт влияния геодинамического фактора на условия эксплуатации нефтегазопроводов на территории Урала и Приуралья. Аналогичный вывод сделан многими исследователями практически во всех нефтегазоносных регионах России. Поэтому проведенные нами АКГИ (Западная и Восточная Сибирь, Европейский Север, Алтай, Дальний Восток и др.) с целью оценки геологической безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации нефтегазопроводов имеют важное значение для обеспечения их надежного функционирования [7, 18, 24].

На урбанизированных территориях, особенно в городах оценка геодинамической активности играет исключительно важное значение при изучении инженерно-геологических условий. Пермский мегаполис имеет сложные инженерно-геологические условия, обусловленные развитием различных геологических процессов, специфическими грунтами, подработанными пространствами и др. При этом многие неблагоприятные техноприродные процессы значительно усиливаются в зонах повышенной геодинамической активности, серьезно влияют на условия строительства и эксплуатацию инженерных сооружений [18, 19, 31]. Основной методический комплекс их изучения – крупномасштабное инженерно-геологическое картирование, мониторинг геологической среды, АКГИ. Разработана концепция геологической безопасности городов на примере г. Перми. [2, 41, 42].

Изучение геозкологической роли ГАЗ. Основные закономерности формирования геозкологических условий различных территорий определяются природными и техногенными факторами. При этом ведущая роль принадлежит геодинамическому фактору. ГАЗ тесно связаны с так называемыми геопатогенными зонами – т.е. литосферно обусловленными зонами биологического дискомфорта (по В.Т.Трофимову и др. [38]), разделяющихся на геопатогенные (геопатогенные геохимические и геофизические аномалии) и техногенные зоны. Рассмотрено влияние ГАЗ на формирование геохимических аномалий как важнейшей составляющей части геозкологических условий на многих примерах Урала и Сибири [4, 9, 18, 22, 33, 34, 40, 44]. При проведении ре-

гиональных геоэкологических, геолого-геохимических, гидрогеологических и исследований, многоцелевого геохимического картирования на Западном Урале и в Приуралье выявлено большое количество геохимических аномалий со значительным превышением ПДК. Подавляющее большинство их находится в пределах закартированных 21 комплексных литогеохимических аномальных зон (Pb, Zn, Cd, Be, P, As, Ni, Co, Cr, Mo, Cu, Sb, Mn, V, Ba, Sr, Sn, Ti, Zr, Ga) [10] и 13 гидрогеохимических аномальных зон (Br, B, Ba, Mn, Ti, Sb, Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr, Zn, Co, Mo) с площадями 1-9 тыс. км<sup>2</sup> [17]. Их положение обнаруживает хорошую пространственную сходимост с региональными ГАЗ. При этом большинство локальных геохимических и гидрогеохимических аномалий характеризуются повышенными значениями геодинамических показателей. Участки в контурах геохимических аномалий характеризуются значительной современной геодинамической активностью. Все это доказывает о весьма существенной роли современной геодинамики в формировании геохимических аномалий, а вместе с тем – геоэкологических условий.

Геопро пространственный анализ территории Пермского края, включающий изучение ГАЗ (с очень высокой плотностью тектонических нарушений), зон экологической опасности (по комплексу показателей – химическому, радиоактивному и др. загрязнению почв, подземных и поверхностных вод, воздуха; степени нарушения ландшафтов; пораженности территории геологически и др. процессами и участков заболеваемости населения (по данным медицинской статистики) показывает, что подавляющее большинство площади, занимающими всеми ГАЗ на территории края (87%) находятся в пределах неблагоприятного и весьма неблагоприятного экологического состояния, характеризующегося также самым высоким процентом общей заболеваемости населения (особенно – детей). Можно вполне определенно отнести все площади ГАЗ к зонам экологического риска [14, 29, 43].

На основании приведенных и других аналогичных фактов, можно определить основную геоэкологическую роль ГАЗ в следующем: выявление и прогнозирование перемещений вещества Земли; формирование геохимических аномалий; оценка загрязнения земных оболочек и территорий; выявление геопатогенных зон; активное формирование геоэкологических условий регионов и, следовательно – рассмотрение в качестве одного из ведущих критериев для комплексной геоэкологической оценки и районирования территорий; выявление

геоэкологических особенностей природных и урбанизированных территорий, городов, различных объектов в целях оценки геологической и экологической безопасности планируемой хозяйственной деятельности, в т.ч. – недропользования.

### Заключение

Таким образом, сформированы основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон. Показана геоэкологическая, инженерно-геологическая, гидрогеологическая и минерагеническая роль ГАЗ, изучение которых имеет важное значение для развития общей теории Земли и решения многих практических задач экологии и экономики.

### Список литературы

1. Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жилинского калийного месторождения (Казахстан) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.
2. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Формирование ГИС-атласа «Инженерная геология и геоэкология» города Перми // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2015. – С. 154-157.
3. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 4.
4. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6.
5. Копылов, И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5.
6. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3.
7. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2012. – № 6. – С. 341-351.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.
9. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1-2. – С. 335-339.
10. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4.
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. – 2013. – № 93. – С. 468-484.
12. 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. – 2013. – № 13. – С. 145-147.

13. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. – Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2013. – 166 с.
14. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 7. – С. 67-71.
15. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9-3. – С. 86-90.
16. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 6. С. – 14-19.
17. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. – 2014. – № 3 (24). – С. 30-47.
18. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореф. дис. ... д-ра геолого-минералогических наук. – Пермь, 2014. – 48 с.
19. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5-2. – С. 110-115.
20. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №4. – С. 38-43.
21. Копылов И.С. Прогнозирование нефтегазоносных объектов комплексом геохимических и аэрокосмогеологических методов // Академический журнал Западной Сибири. – 2014. Т. 10. – № 4. – С. 16-17.
22. Копылов И.С. Система мониторинга окружающей среды Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения (Восточная Сибирь) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 10-1. – С. 104.
23. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 69-74.
24. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические исследования на трассах нефтегазопроводов для оценки инженерно-геологических условий и геодинамической активности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, 2015. – С. 157-162.
25. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2013. – № 13. – С. 68-73.
26. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. – 2014. № 1 (22). – С. 78-88.
27. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. – 2013. – № 3 (20). – С. 5-30.
28. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жилинском месторождении калийных солей // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.
29. Копылов И.С., Копылова Т.А. О влиянии геоэкологических факторов на здоровье школьников и здоровьесберегающие технологии в процессе обучения // В сб. Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития. – Тамбов, 2014. – С. 60-61.
30. 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.
31. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-10. – С. 2190-2195.
32. Копылов И.С., Ликуты Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9-3. – С. 602-606.
33. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты, как основа геоэкологического районирования // Фундаментальные исследования. 2014. – № 11-10. – С. 2196-2201.
34. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.
35. Ликуты Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 125-133.
36. Наумов В.А., Копылов И.С., Оборин В.В. Геохимические аномалии урана и перспективы его поисков в Вятско-Камском Приуралье // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, 2015. – С. 74-79.
37. Оборин В.В., Копылов И.С. Климатогеохронологическая история неоплейстоцена севера Пермского Приуралья и ее связь с неотектоническими движениями, трансгрессивными и регрессивными циклами // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, 2015. – С. 83-90.
38. Теория и методология экологической геологии / Трофимов В.Т. и др. Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
39. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии Земли // Вестник Пермского университета. Геология. – 2014. – № 4 (25). – С. 43-55.
40. Kopylov, I.S. Geoecological monitoring of petroleum regions and influence of geodynamics on environment // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 1-2. – С. 43.
41. Kopylov, I.S. Geological-ecological problems of the large cities and the concept of the geological safety // European Journal of Natural History. – 2012. – № 6. – С. 46-47.
42. Kopylov I.S. Development of the concept of the geological safety of Perm city // European Journal of Natural History. – 2013. – № 6. – С. 73.
43. Kopylov I.S. About influence of geological factors on health of schoolchildren and health-saving technologies // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № S6. – С. 23.
44. Kopylov I.S. Basic principles of environmental monitoring of oil and gas fields at the initial stage of development // European Journal of Natural History. – 2014. – № 3. – С. 28.