

УДК 551.24 + 624.131

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЗОН****Копылов И.С.***Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь,  
e-mail: georif@yandex.ru*

Методика линейментно-геодинамического и морфонеотектонического анализов на основе аэрокосмогеологических исследований позволяет производить оценку геодинамической активности территорий и надежно устанавливать геодинамические активные зоны. Многочисленные факты свидетельствуют о закономерностях влияния геодинамической активности на инженерно-геологические условия различных территорий, что характеризует инженерно-геологическую роль геодинамических активных зон как весьма значительную. В пределах зон с наиболее высокой геодинамической активностью и высокой плотностью линейментов отмечается повсеместное проявление инженерно-геологических процессов, в условиях техногенеза растет их интенсивность, наблюдается ухудшение физико-механических свойств грунтов. Это вызывает необходимость рассмотрения геодинамических активных зон, как одного из главных факторов формирования инженерно-геологических условий и критериев для инженерно-геологической оценки и районирования территорий.

**Ключевые слова:** инженерная геология, геодинамические активные зоны, инженерно-геологические процессы, физико-механические свойства грунтов.

**ENGINEERING-GEOLOGICAL ROLE OF GEODYNAMIC ACTIVE ZONES****Kopylov I.S.***Natural Science Institute of the Perm State National Research University, Perm,  
e-mail: georif@yandex.ru*

Methodology of lineament-geodynamic and morpho-neotectonic analyses on the basis of aerospace research permit the assessment of geodynamic activity areas and securely establish geodynamic active zones. Numerous facts about the regularities of the influence of the geodynamic activity on engineering-geological conditions of different areas are established, engineering-geological role of geodynamic active zones is characterized as very significant. The manifestation of the engineering-geological processes within the zones with the most high geodynamic activity and a high density of lineaments is celebrated, the intensity grows, the deterioration of physical-mechanical properties of soils is observed. Consideration of geodynamic active zones, as one of the main factors in the formation of engineering-geological conditions and criteria for engineering and geological assessment and zoning of territories is necessary.

**Keywords:** engineering geology, geodynamic active zones, engineering-geological processes, physical-mechanical properties of soils

В результате перехода на новую геологическую парадигму – тектонику литосферных плит, многие геологические науки в т.ч. – инженерная геология пересматривают свои теоретические и методологические основы, в которых рассматривают аспекты, связанные с анализом и моделированием геодинамических обстановок, формированием природных и техногенных геологических систем. В.Т. Трофимов [29] сформулировал идею о необходимости нового этапа в развитии инженерной геологии, в котором должно быть исследовано полное глобальное многообразие всех объектов инженерной геологии, рассмотрены задачи этой науки, вытекающие из парадигмы тектоники плит. Также обращает внимание на необходимость инженерно-геологического анализа различных внутриплитных явлений – планетарной трещиноватости, глубинных разломов, кольцевых структур и других подобных явлений, известных в геотектонике и геодинамике, но которые пока слабо увязываются с решением инженерно-геологи-

ческих проблем [29]. К мощному фактору формирования инженерно-геологических условий территорий, который часто играет ведущую роль среди многих природных факторов, можно отнести геодинамические активные зоны – ГАЗ (участки земной коры, активные на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью коры, повышенной трещиноватостью, проницаемостью, и, как следствие, проявлениями разрывной тектоники, сейсмичности и других процессов в т.ч. – инженерно-геологических, геоэкологических, гидрогеологических) [4, 5, 11, 16]. Под инженерно-геологическими процессами мы понимаем процессы, происходящие под влиянием геологических и других природных факторов, влияющие на состояние геологической среды и размещаемых в этом пространстве инженерных сооружений [13].

**Методика, результаты, обсуждение.** Разработанные автором и др. специальные методики для оценки геодинамической (не-

отектонической) активности территорий – морфонеотектонический и линеаментно-геодинамический анализы на основе аэрокосмогеологических исследований – АКГИ [2, 5] позволяют достаточно надежно устанавливать ГАЗ различных уровней – от региональных (с площадями в сотни и тысячи км<sup>2</sup>) до локальных (с площадями менее 1 км<sup>2</sup>), особенно при комплексировании с другими методами [1, 15, 22, 24, 28].

Данная методика применялась во многих регионах – Урале и Приуралья, Восточной и Западной Сибири, Дальнем Востоке, Севере, Средней Азии в инженерно-геологических целях (инженерно-геологическое картографирование и районирование, инженерные изыскания под гражданское и промышленное строительство, проектирование инженерных сооружений, обоснование геологической безопасности рудников, разработка генеральных планов городов и схем территориального планирования и др.). Выделены многочисленные ГАЗ с различной степенью активности. В пределах зон с наиболее высокой активностью и высокой плотностью линеаментов отмечается повсеместное проявление инженерно-геологических процессов, в условиях техногенеза растет их интенсивность, наблюдается ухудшение физико-механических свойств грунтов. Приведем некоторые примеры.

В Восточной Сибири в районах нефтегазовых месторождений проведенный автором комплексный линеаментно-геодинамический, инженерно-геокриологический пространственный анализ показал на закономерное изменение состояния геологической среды и ее параметров в пределах локальных ГАЗ по сравнению с другими участками [12, 17]. 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 инженерно-геологических процессов (особенно – заболачивания, пучения грунтов, термокарста, эрозионных процессов), что в целом характеризуются менее благоприятной степенью сложности инженерно-геологических условий.

В Западной Сибири региональными АКГИ изучена территория проектируемого конденсатопровода Уренгой-Сургут (протяженностью 508 км), проведено гео-

динамическое районирование, при этом, по трассе выделены десятки ГАЗ, среди которых 6 аномалий с очень высокой степенью геодинамической активности [18]. Пространственный анализ и сопоставление ГАЗ и линеаментов с результатами инженерно-геологических изысканий показали, что в их пределах также отмечается ухудшение физико-механических свойств грунтов; в инженерно-геологических скважинах на этих участках установлено наличие торфов увеличенной мощности, мягко- и текучепластичных суглинков и глин, наличие водонасыщенных песков, а также, более интенсивно проявляется заболачивание, пучение грунтов, термокарст, эрозия и термоэрозия.

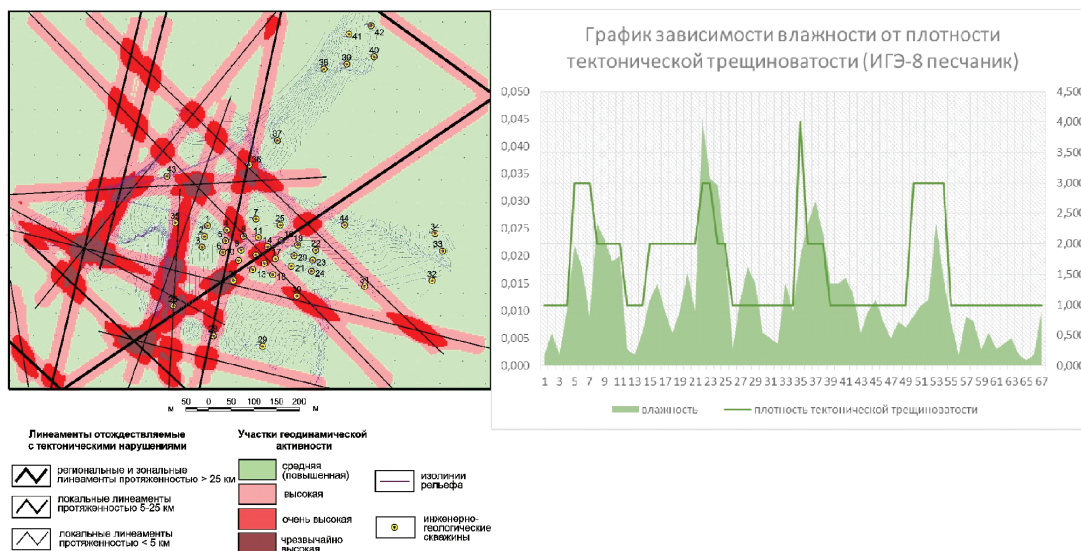
На территории Урала и Приуралья линеаментно-геодинамическим и морфонеотектоническим анализом выделены 17 региональных, 60 зональных, а также сотни локальных ГАЗ [3, 10]. Установлена их тесная пространственная и статистическая корреляционная связь с различными геохимическими, геофизическими и гидрогеологическими аномалиями [19]. Сделан вывод о необходимости учитывать их при разработке критериев интегральной оценки геозологического состояния территорий [8, 9], проведения инженерно-геологических исследований и оценки территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций [21]. Установлено, что практически все ЧС природного и природно-техногенного характера на нефтегазопроводах в Приуралья происходили и происходят в пределах зон повышенной геодинамической активности, что четко подтверждает факт влияния геодинамического фактора на условия эксплуатации нефтегазопроводов. Аналогичный вывод сделан многими исследователями практически во всех нефтегазоносных регионах России [25, 26].

На территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС) выполнен линеаментно-геодинамический анализ (на площади 4,7 тыс. км<sup>2</sup> проведены зональные АКГИ масштаба 1:100 000, выделены 1801 тектонических линеаментов, установлены 61 ГАЗ с площадями от 0,2 до 16 км<sup>2</sup> с чрезвычайно высокой плотностью линеаментов, опасных для производства горных работ) и проведено сопоставление локальных ГАЗ и линеаментов с данными инженерно-геологических изысканий [7, 20]. Анализ показал на приуроченность к этим зонам экзогенных

геологических процессов (усиление карстово-суффозионных процессов, оврагообразования, оползней, береговой и склоновой эрозии и др.). Также, в пределах ГАЗ отмечается значительное ухудшение физико-механических свойств грунтов. Крупномасштабное инженерно-геологическое районирование масштаба территории Усть-Яйвинского участка ВКМКС и детальное инженерно-геологическое районирование основной промышленной площадки [7] показывает, что на участке локальной ГАЗ, зафиксирована наибольшая мощность рыхлых образований, а в инженерно-геологических скважинах установлено наличие мягко- и текучепластичных грунтов в отличие от других участков. В целом этот участок характеризуется менее благоприятной степе-

пенью сложности инженерно-геологических условий.

При инженерно-геологическом анализе Кизеловского угольного бассейна (КУБ), который в настоящее время рассматривается, как район экологического бедствия из-за сильного загрязнения окружающей среды шахтными водами, автором (совместно с В.А. Калмаковой) изучено влияние геодинамической активности на инженерные свойства грунтов на примере площадок проектируемых очистных сооружений. На промплощадке шахты им. 40 лет ВЛКСМ корреляционный анализ между показателями физико-механических свойств грунтов и тектонической трещиноватости показал их тесную взаимосвязь, особенно для полускальных грунтов (рисунок).



#### Оценка влияния геодинамической активности на инженерно-геологические свойства грунтов

По величине коэффициентов корреляции наибольшая взаимосвязь с плотностью тектонической трещиноватости выявлена между влажностью грунтов  $gr=0,60$ , коэффициентом пористости ( $e$ )  $gr=0,56$ , плотностью сухого грунта ( $pd$ )  $gr=-0,56$ , плотностью грунта ( $p$ )  $gr=-0,51$ , пределом прочности в водонасыщенном состоянии  $gr=-0,43$ , пределом прочности в сухом состоянии  $gr=-0,42$ . Тем самым доказано влияние неотектоники и современной геодинамики на ухудшение свойств пород, увеличении степени влажности и в целом – влияние их на строительные условия.

В работе Б.М. Осовецкого и автора [27] на основе теоретических основ упаковки обломков и методов дробного гранулометрического анализа аллювиальных валунно-гравийно-галечных осадков многих рек России и ближнего зарубежья (Печоры, Онеги, Камы, Белой, Вятки, Дона, Десны, Днестра, Кубани, Кумы, Туры, Тобола, Ишима, Оби, Иртыша, Енисея, Лены, Чулыма, Томи, Ангары, Вилюя и др.) описаны основные особенности детальной структуры крупнообломочного аллювия и ее влияния на инженерно-геологические свойства грунтов. Проанализированы кри-

терии, характеризующие изменение детальной структуры аллювия в направлении от гор к равнинам. Показано, что большую роль в формировании структуры аллювия и инженерно-геологических свойств играет блоковая тектоника и неотектоника, которая проявляется через различную геодинамическую (неотектоническую) активность. В ряде случаев создаются благоприятные геодинамические условия для улучшения качества строительных материалов [23]. В целом, установлено, что в пределах активно поднимающихся блоков земной коры (антиклинории, своды, поднятия), приуроченных к участкам высокой геодинамической активности, возрастают уклоны и скорость водного потока в руслах рек и формируется более крупный по размерам обломков галечно-валунный аллювий. При пересечении относительно опускающихся блоков (синклинории, впадины), приуроченных к участкам низкой геодинамической активности, уклоны и скорости течения уменьшаются, аллювий становится менее крупнообломочным гравийно-галечным. Так, на Южном Урале, в долине р. Белой в пределах активно поднимающихся блоков с чрезвычайно и очень высокой геодинамической активностью медианный диаметр обломков аллювия фации прирусловой отмели почти в 3 раза превышает таковой для аллювия опускающихся блоков с низкой геодинамической активностью [27].

На урбанизированных территориях, особенно в городах оценка геодинамической активности играет исключительно важное значение при изучении инженерно-геологических условий. Основной методический комплекс их изучения – крупномасштабное инженерно-геологическое картирование, дистанционные исследования, мониторинг геологической среды. В России из крупных городов наиболее изучены Москва и С. Петербург, где инженерно-геологическим проблемам уделяется серьезное внимание и финансирование – составлены крупномасштабные карты инженерно-геологического районирования, выделены зоны геологических рисков. Третий по площади город – Пермь, как и большинство других городов, изучены недостаточно. Пермский мегаполис имеет сложные инженерно-геологические условия, обусловленные развитием различных геологических и гидрогеологических процессов, специфическими грунтами, подработанными пространствами и др. [6, 14]. При этом многие неблагоприятные техноприродные процессы значительно усиливаются в зонах повышенной геодинамической

активности, установленных линеаментно-геодинамическим анализом, серьезно влияют на условия строительства и эксплуатацию инженерных сооружений.

### Заключение

Подобных примеров по природным неосвоенным и урбанизированным районам разной степени инженерно-геологической сложности можно привести большое количество. Многочисленные факты свидетельствуют о закономерностях влияния геодинамической активности на инженерно-геологические условия территорий разной степени освоенности, что характеризует инженерно-геологическую роль геодинамических активных зон как весьма значительную. Это вызывает необходимость рассмотрения их, как одного из главных факторов формирования инженерно-геологических условий и критериев для инженерно-геологической оценки и районирования территорий.

### Список литературы

1. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // Геотектоника. – М., – 2008. – № 6. – С. 46-69.
2. Копылов И.С. Геоэкологические исследования нефтегазоносных регионов / Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Пермь, – 2002. – С. 307.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Пермского Приуралья на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, – 2010. – С. 14-18, 336-337.
4. Копылов И.С. Учение о геодинамических активных зонах, как синтез знаний в естественных науках // Рудник будущего. – Пермь, – 2011. – № 3 (7). – С. 61-63.
5. 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.
6. Копылов И.С. Инженерно-геологическое и геоэкологическое картографирование территории города Перми для решения проблемы геологической безопасности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, – 2011. – С. 168-170.
7. 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; URL: www.science-education.ru/99-4894.
8. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. – Тамбов, – 2011. – № 8. – С. 126-129.
9. 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.
10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6; URL:www.science-education.ru/106-7570.

11. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, – 2012. – С. 145-149.
12. 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; URL: [www.science-education.ru/103-6522](http://www.science-education.ru/103-6522).
13. 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. – 2012. – № 84 (10). – С. 102-112.
14. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1 (часть 2). – С. 335-339.
15. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. URL: [www.science-education.ru/110-9777](http://www.science-education.ru/110-9777).
16. 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. – Т. 93. – № 93 (03). – С. 468-484.
17. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, – 2013. – 166 с.
18. Копылов И.С. К разработке теории о геодинамических активных зонах и эколого-геодинамическая оценка трасс линейных сооружений // Академический журнал Западной Сибири. – Тюмень. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С.17.
19. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 69-74;
20. 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.
21. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям 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](http://www.science-education.ru/115-11918).
22. 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.
23. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 3; URL: [www.science-education.ru/97-4705](http://www.science-education.ru/97-4705).
24. Ликутев Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. – №4. – С. 125-133.
25. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – М.: ВНИИСТ, – 2005. № 1. – С.75-77.
26. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», – 2005. – № 5-6. – С.76-78.
27. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: [www.science-education.ru/113-10930](http://www.science-education.ru/113-10930).
28. 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.
29. Трофимов В.Т. Современное состояние и новые теоретические задачи инженерной геологии как науки // Инженерная геология. – 2010. №4. – С.6-17.