ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

УДК: 551.248.2.

Неотектоническое районирование трассы газопровода Починки – Грязовец Московско-Нижегородского региона

В.М. Макеев, С.В. Григорьева, Е.А. Пикулик
Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), Москва, 101000, Уланский пер. 13, стр. 2. E-mail: vmakeev@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 25 марта 2019 г.)

На основе структурно-геоморфологического метода впервые проведено неотектоническое районирование газопроводной трассы Починки – Грязовец с целью безопасной эксплуатации. С учетом вероятных источников напряжений рассмотрены геодинамические условия формирования блоковых структур. Исследования позволили разделить протяженную трассу газопровода на две части: южную и северную. Южная часть трассы находится в пределах блока, подверженного влиянию напряжений растяжения, северная – в пределах блока, подверженного влиянию напряжений сжатия. Граница между этими блоками рассматривается в качестве геодинамически активной зоны и геоэкологически значимой для трубопроводной трассы.

Ключевые слова: *неотектоника, блоковая структура, геодинамически активные зоны, газопровод, мониторинг, опасные процессы*.

DOI: 10.17072/psu.geol.18.3.213

Введение

Неотектоническое районирование территории трассы газопровода Починки – Грязовец выполнено с целью обеспечения ее геодинамической и геоэкологической безопасности, особенно на отдельных участках, связанных с активностью блокоразделов (геодинамически активных зон – ГдАЗ). В пределах этих зон может нарушиться целостность газопроводной системы, что, как правило, приводит к неожиданным экологическим проблемам (Фундаментальный.., 2000). Такие зоны рассматриваются как геоэкологически значимые и опасные. Их выявление оценка и учет крайне актуальны (Макеев и др., 2015).

Газопроводная трасса имеет длину 638 км. Исходя из представлений о неотектонических платформенных структурах как очень широких и пологих, трасса исследована в широкой полосе – 220 км. Газопровод проходит по Московско-Нижегородскому региону, включающему Республику Мордовия и четыре области РФ: Горьковскую, Владимирскую, Ивановскую и Ярославскую (рис. 1).

Рис. 1. *Трасса газопроводной системы Починки–Грязовец среди административных областей РФ. Толстые и тонкие оранжевые линии – трубопроводные трассы разного класса, связанные друг с другом для бесперебойного снабжения углеводородами центральной части Европейской России*

© Макеев В.М., Григорьева С.В., Пикулик Е.А., 2019

На своем пути от г. Починки (Горьковская обл.) до г. Грязовец (Ярославская обл.) она пересекает Приволжскую возвышенность, Горьковско-Марийскую низменность, Северные Увалы и Верхне-Волжскую равнину.

При этом первая треть трассы приурочена к Токмовскому докембрийскому своду (Волго-Уральская антеклиза), остальные 2/3 – к Московской палеозойской синеклизе. Эти две структуры несогласно сочленяются друг с другом по зоне древнего (докембрийского) разлома кристаллического фундамента. К ней (зоне разлома) приурочена долина р. Волга (Гипсометрическая.., 1969; Государственная.., 1960). Этот факт дает основание считать эту зону ныне активизированной и опасной для трубопроводной системы.

Задача исследования – выявление относительно узких блокоразделов (Г∂АЗ), в которых устанавливаются повышенная трещиноватость и разрывообразование, развитие интенсивных экзогенных геологических процессов, гидрогеологических, геохимических, геофизических аномалий и аномалий теплового потока (Макеев и др., 2015). Эти разнотипные процессы непрерывно и устойчиво воздействуют на трубопроводную систему и вызывают в ней развитие усталостных явлений, интенсивной коррозии и опасных деформаций (Фундаментальный..., 2000). Научные основы и принципы составления неотектонических (геоморфолого-неотектони-ческих) карт, особенно применительно к равнинным условиям как наиболее сложным с точки зрения выявления «живых» деформаций, разработаны Н.И. Николаевым, В.И. Бабаком и другими исследователями (Бабак и др., 1983; Карта.., 1980). В основе картографических работ лежит признание блоковой тектоники. Для определения геодинамических условий формирования блоковых структур привлекаются современные геодинамические системы (Макарова и др., 2017).

Неотектоническое районирование

Неотектонические исследования проведены в двух аспектах: выделения и картографирования блоковых структур и определения геодинамических условий их формирования.

1. Согласно структурно-геоморфологическим исследованиям, наиболее древние и высокие денудационные позднеолигоценовые и миоценовые ступени распространены в пределах Токмовского свода. Они пересекаются трубопроводом в интервале 0-200 км (рис. 2). В пределах Московской синеклизы развиты наиболее молодые и низкие позднеплиоценовые и эоплейстоценовые ступени, которые пересекаются в интервале 200-638 км. Разнотипность форм рельефа и их высотное распределение позволяют выделить в рассматриваемой полосе трубопровода блоки от первого до пятого порядка включительно. Возраст блоков оценивается как позднеолигоцен-четвертичный (новейший).

В качестве региональной структуры принята Русская плита – А. Согласно амплитудам поднятий и интенсивности движений, в ее пределах выделено пять блоков. Блоки первого порядка имеют собственные названия и обозначены римскими цифрами: Токмовский – А-I и Даниловско-Галичский – А-II. Граница сопряжения этих блоков – Волго-Камская геодинамически активная зона, которая является элементом строения протяженной Московско-Дмитровско-Ветлужской Г∂АЗ (Макарова и др., 2017; Макеев и др., 2012). Блоки второго порядка обозначены арабскимие цифрами. Вместе с блоками первого порядка им присвоены буквенно-цифровые индексы: А-I-1, А-I-2, А-II-1 и т.д. Меньшие по размеру блоки третьего, четвертого и пятого порядков не пронумерованы. Среди блоков различаются: 1) высокие (амплитуда поднятия более 250 м), 2) относительно высокие (200-250м), 3) средние (150-200 м), 4) относительно низкие (100-150 м) и 5) низкие (ниже 100 м). В зависимости от амплитуды блоки раскрашены соответственно от более темных тонов к светлым (см. рис. 2).

Блокоразделы (границы блоков) показываются линиями разной толщины и разными бергштрихами в зависимости от порядка. В них бергштрихи направлены в сторону более опущенного блока. Блокоразделы формируются из-за разности в скорости поднятий, что, очевидно, может приводить к концентрации в них повышенных напряжений. Разрядка напряжений выражается малоамплитудной сейсмичностью (Андреев, 1956; Кар-

та…, 1980), что позволяет считать эти границы весьма активными и опасными для буферной зоны трубопровода. Помимо блоковых структур выделяются флексуры и линеаменты, часть которых пересекает границы блоков или не согласуется с их границами. Это позволяет относить эти структуры к категории секущих.

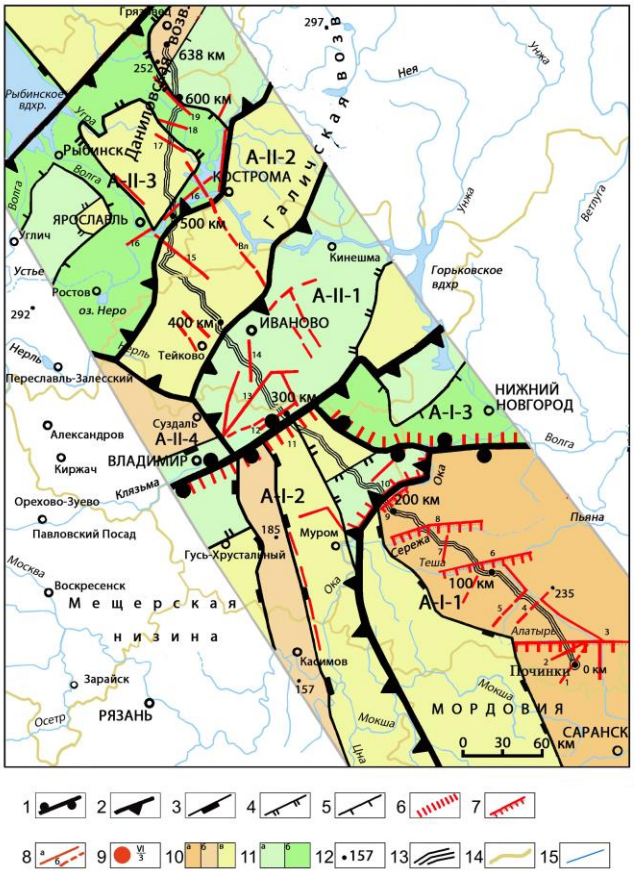

Рис. 2. *Геоморфолого-неотектоническое районирование газопроводной трассы Починки – Грязовец: 1 – 5 структурные блоки: 1 – первого порядка, 2 – второго, 3 – третьего, 4 – четвертого и 5 – пятого, 6 – Волго-Камская геодинамически активная зона (ГдАЗ), согласующаяся с границей первого порядка; 7 – флексуры, 8 – линеаменты: достоверные а) и предполагаемые б); 9 – эпицентры землетрясений. Блоки: 10 – высокие (а), относительно высокие (б) и средние (в); 11 – относительно низкие (а) и низкие (б); 12 – высота рельефа, 13 – трасса газопровода, 14 – границы административных областей РФ, 15 – гидросеть*

Опыт полевых маршрутных исследований показывает, что флексуры часто выражаются сгущением трещин сбросового типа, а спрямленные линементы — зонами повышенной трещиноватости сдвигового типа (Карта..., 1980; Макеев и др., 2012). Следует заметить, что к ним часто приурочены спрямленные участки речных долин с проявлением глубинной эрозии (см. рис. 2).

2. Происхождение блоков и их современная активность рассмотрены с позиции принадлежности блоков к новейшим геодинамическим системам (Макарова и др., 2017; Макеев и др., 2012). Согласно исследованиям поля напряжений, блоковые структуры, пересекаемые трассой трубопровода, приурочены к двум геодинамическим системам: Токмовской и Фенноскандинавской.

1. Токмовская система представлена одноименной активной сводовой структурой А-I, сопряженной с относительно пассивными блоками по периферии. В данном случае подчеркнем, что под активностью понимается наличие глубинного источника (очага) напряжений в земной коре, от которого напряжения постепенно развиваются в разных направлениях к относительно пассивной периферии рассматриваемой системы (Макарова и др., 2017; Макеев и др., 2012, 2015).

На территории исследования в состав Токмовской структуры входит Саранский блок (А-I-1), который является самым высоким по амплитуде поднятия. Его формирование связывается преимущественно с вертикальными напряжениями растяжения, вызванными денудацией и ростом Токмовского свода в целом. Трасса газопровода пересекает Саранский блок в интервале от 0 до 200 км и находится под влиянием развития этих напряжений.

По периферии Токмовской структуры формируются сниженные по амплитуде поднятий Горьковский (А-I-3) и Рязанский (А-I-2) блоки, которые пересекаются трассой в интервале 200-300 км. Согласно компенсационной модели формирования структур, их небольшая амплитуда вызвана влиянием пассивных субвертикальных напряжений сжатия, наведенных со стороны глубинного очага напряжений (Макарова и др., 2017; Макеев и др., 2012).

2. Фенноскандинавская система представлена здесь обширной Даниловско-Галичской структурой (А-II), выраженной вытянутыми блоками. Активным центром (очагом напряжений) этой системы является Фенноскан-

динавский свод, расположенный на большом удалении от рассматриваемой территории. Трасса в интервале ~300-638 км расположена в пределах дальней периферии рассматриваемой системы.

Блоки А-II-1 (Иваново), А-II-2 (Галич) и А-II-3 (Данилов), входящие в Фенноскандинавскую систему, формируются под влиянием пассивных напряжений сжатия, наведенных со стороны удаленного Фенноскандинавского свода. Эти напряжения вызывают развитие деформаций земной поверхности по типу складок волочения с формированием в рельефе вытянутых асимметричных поднятий и относительных опусканий.

Граница Токмовской и Даниловско-Галичской структур представлена геоэкологически значимой Волго-Камской активной зоной (Г∂АЗ). Ее формирование связывается с интерференцией разнородных напряжений, наведенных со стороны активных Токмовского и Фенноскандинавского сводов. В кристаллическом фундаменте ей соответствует древняя зона разломов, которая наследуется отдельными участками рек Волга и Клязьма. Трасса трубопровода пересекает ее в интервале ~250-300 км.

Блоковые структуры

Трасса трубопровода пересекает крупные структуры: Токмовскую и Даниловско-Галичскую, которые дифференцируются на второстепенные блоки (табл. 1). В пределах структур развиты разнотипные линеаменты, которые рассматриваются в качестве зон повышенной трещиноватости (ЗПТ).

Таблица 1. *Блоковые структуры трассы трубопровода*

Блоки	Характеристика
А — Русская плита	
Токмовская сводовая структура — А-I (0-300 км)	
Саранский — А-I-1	Устойчиво развивающийся высокий по амплитуде блок. В его пределах выделяются флексуры и линеаменты с суффозионно-карстовыми проявлениями
Рязанский — А-I-2	Блок дифференцирован на локальные блоки, представленные Касимовским валом, Муромской и Гусь-Хрустальной ступенями
10 — Нижнеокская геодинамически активная зона (Г∂АЗ), локализованная на границе Саранского и Рязанского блоков	
Горьковский — А-I-3	Блок дифференцирован на локальные блоки и сопряжен с Волго-Камской активной зоной (часть протяженной Смоленско-Дмитровско-Ветлужской Г∂АЗ)
Даниловско-Галичская линейная структура — А-II (300-638 км)	
Ивановский — А-II-1	Относительно низкий по амплитуде поднятия блок, нарушенный поперечными и продольными линеаментами, ассоциируемыми с ЗПТ
Галичский — А-II-2	Средний по амплитуде поднятия блок, нарушенный секущими поперечными линеаментами (ЗПТ), связанными с зонами растяжения.
Даниловский — А-II-3	Блок интенсивно дифференцирован на локальные блоки и нарушен преимущественно поперечными линеаментами, отвечающими деформациям растяжения
Киржачский — А-II-4	Высокий по амплитуде поднятия блок, сопряженный с Волго-Камской активной зоной (часть широкой и протяженной Смоленско-Дмитровско-Ветлужской Г∂АЗ)
11 — Волго-Камская геодинамически активная зона (Г∂АЗ), локализованная на границе Токмовской и Даниловско-Галичской структур	

1. Токмовская структура дифференцируется на три второстепенных блока: 1) Саранский (А-I-1), 2) Рязанский (А-I-2) и 3) Горьковский (А-I-3). Границей Саранского и Ря-

занского блоков является Нижнеокская Г*д*АЗ.

1) Саранский блок пересекается трассой от г. Починки до р. Оки в интервале от 0 до 200 км. В пределах блока выделяются Алатырская, Тешская-1 и -2, Сережская и Большекутринская (Гипсометрическая.., 1969) флексуры, а также линеаменты: Пахотный, Елемтский и Ирестский (табл. 2). Флексуры и линеаменты отчасти наследуются спрямленными притоками р. Оки: Алатырь, Теша и Сережа. С ними связывается образование карстово-суффозионных воронок и провалов, развивающихся вследствие выщелачивания пермских гипсов (Макеев и др., 2012).

2) Рязанский блок, локализованный в междуречье Оки и Клязьмы, пересекается трассой в интервале 200-300 км. В его пределах выделяется Касимовский (Окско-Цнинский) вал, сопряженный с Муромской и Гусь-Хрустальной ступенями. Их развитие в северном направлении резко обрывается в пределах Волго-Камской Г*д*АЗ, но на их протяжении устанавливаются линеаменты, секущие даниловско-галичские блоки поперек простирания.

Таблица 2. *Зоны повышенной трещиноватости (ЗПТ)*

Порядковый номер	**Название ЗПТ**	**Тип ЗПТ**	**ЗПТ, пересекаемые трассой (интервалы в км)**
А-I-1 — Саранский блок (0-217 км)			
1	Пахотный	линеамент	0-1
2	Ирестский	линеамент	10-11
3	Алатырская	флексура	20-21
4	Елемтский	линеамент	68-69
5	Тешский-1	линеамент	82-83
6	Тешская-2	флексура	126-127
7	Чарский	линеамент	156-157
8	Сережская	флексура	182-183
9	Большекутринская	флексура	210-211
10	Нижнеокская Г*д*АЗ	сбросовая зона	217-220
11	Волго-Камская Г*д*АЗ	сдвиговая зона	298-300
А-II-1 — Ивановский блок			
12	Нижнеуводский	линеамент	310-311
13	Среднеуводский	линеамент	330-332
14	Верхнеуводский	линеамент	378-390
А-II-2 — Галичский блок			
15	Ярославско-Ивановский	линеамент	480-485
А-II-3 — Даниловский блок			
16	Приволжский	линеамент	500-510
17	Среднесотский	линеамент	570-573
18	Пречистинский	линеамент	580-581
19	Обнорский	линеамент	585-600

Саранский и Рязанский блоки сочленяются друг с другом по Нижнеокской геодинамически активной зоне (217-220 км), которая формируется в условиях интерференции разнородных и разнотипных напряжений. Они наводятся со стороны Рязанского и Саранского блоков и приводят к развитию сбросовых деформаций. В результате в пределах высокого правого эрозионного уступа р. Оки (Перемиловские горы) образуются оползни с глубоким заложением плоскости смещения.

3) Горьковский блок находится к северо-востоку от Саранского блока и трубопроводом не пересекается. Дифференцирован на локальные блоки, которые по амплитуде поднятия являются относительно низкими (см. рис. 2). В связи с переуглубленными эоплейстоценовыми врезами рек Оки и Волги здесь устанавливается аномально высокая мощность четвертичных отложений (~150

м). Горьковский блок сочленяется с Саратовским и Рязанским блоками по Волго-Камской активной зоне.

2. Даниловско-Галичская линейная структура состоит из четырех блоков: 1) Ивановского (А-II-1), 2) Галичского (А-II-2), 3) Даниловского (А-II-3) и 4) Киржачского (А-II-4). Блоки пересекаются трассой трубопровода в поперечном направлении от р. Волга до г. Грязовец в интервале 300-638 км. Трасса трубопровода заканчивается на высоком по амплитуде поднятия блоке с отметками рельефа 252 м.

1) Ивановский блок включает в себя Унженскую среднечетвертичную зандровую равнину, которая подвержена современным деформациям. В пределах блока выявляются разнотипные линеаменты, согласные с Волго-Камской широтной зоной и Касимовским субмеридиональным валом. Линеаменты наследуются эрозионными уступами рек, у которых превышение рельефа составляет 30-40 м (Карта.., 1980). Нижне- и Среднеуводский линеаменты, согласные с активной зоной, могут быть сдвиговыми, поскольку отвечают полосе динамического влияния этой зоны. Верхнеуводский линеамент рассматривается в качестве деформаций растяжения, поскольку находится на простирании Окско-Донской Г*д*АЗ (Касимовского вала) и, очевидно, генетически связан с ее активностью (Макарова и др., 2017).

2) Галичский блок вытянут в северо-восточном направлении. В рельефе к нему приурочена одноименная моренная гряда, сложенная среднечетвертичными валунными суглинками, которая пересекается несколькими линеаментами. Наиболее протяженный из них Волжский линеамент (Вл), который наследуется спрямленным антецедентным участком р. Волга. С ним согласуется находящийся западнее Ярославско-Ивановский линеамент и другие более короткие поперечные линеаменты, которые находятся на простирании Касимовского вала или, точнее, Окско-Донской зоны (Г*д*АЗ). Их происхождение можно связать с активностью данной зоны.

3) Даниловский блок также вытянут в северо-восточном направлении согласно простиранию одноименной позднечетвертичной моренной гряды. Блок всецело расположен в пределах разломов Солигачского рифейского авлакогена, что, возможно, предопределило его высокую дифференциацию на локальные блоки и развитие линеаментов. Среднесотский, Пречистинский и Обнорский секущие линеаменты, наследующиеся участками рек Волги, Нерль и Лежа, находятся на простирании Окско-Донской активной зоны и, очевидно, генетически с ней связаны. Исключением является Приволжский линеамент, согласующийся с юго-восточной границей рассматриваемого блока и наследующийся костромским участком р. Волга. Возможно, что его образование связано с повышенной подвижностью этой границы.

4) Киржачский блок с амплитудой поднятия 200-250 м расположен к западу от трассы газопровода. Следует отметить, что этот блок является структурным элементом протяженной и широкой Смоленско-Дмитровско-Ветлужской Г*д*АЗ. Южная граница блока отвечает Волго-Камской зоне, которая согласуется с древним разломом кристаллического фундамента. В западном направлении в пределах Москвы этот разлом рассматривается как Павлово-Посадский высокоградиентный сброс, ограничивающий с севера Подмосковный рифейский авлакоген.

Заключение и рекомендации

Неотектоническое исследование трассы трубопровода позволило выделить и оценить структурные блоки разного порядка, принадлежащие к разным геодинамическим системам. В связи с этим полоса трассы трубопровода разделена на две части: южную и северную. Южная часть трассы (0-300 км), расположенная в пределах Токмовского блока, находится под влиянием субвертикальных напряжений растяжения, северная часть трассы (300-638 км), расположенная в пределах Даниловско-Галичского блока, – под влиянием субгоризонтальных напряжений сжатия. На границе этих блоков в условиях интерференции разнородных напряжений формируется Волго-Камская Г*д*АЗ сдвигового типа. На границе Саранского и Рязанского блоков в условиях интенсивных деформаций растяжения, вызванных сложением токмовских и окско-донских напряжений, формируется Нижнеокская Г*д*АЗ сбросового типа.

Обе зоны пересекаются буферной зоной трубопровода в поперечном к их простиранию направлении.

Геодинамически активные зоны, характеризующиеся относительно высокими напряжениями, повышенной трещиноватостью и разрывообразованием, являются причиной развития интенсивных экзогенных геологических процессов: суффозионно-карстовых, оползневых, эрозионных, просадочных и т.д. Поэтому Нижнеокская и Волго-Камская ГдАЗ рассматриваются как геоэкологически значимые и опасные для трассы трубопровода Починки – Грязовец. В их пределах эксплуатация газопроводной системы будет проходить в условиях повышенного геодинамического и геоэкологического риска. При проектировании трубопроводной системы обойти подобные зоны практически невозможно. В этой ситуации на их участках следует увеличивать прочностные характеристики труб во избежание опасных деформаций, приводящих к нарушению целостности.

В отличие от Нижнеокской ГдАЗ, Волго-Камская является, возможно, сейсмически значимой. По неподтвержденным пока данным, к Волго-Камской ГдАЗ, являющейся частью крупной Смоленско-Дмитровско-Ветлужской ГдАЗ (Макаров и др., 2010), приурочено четыре исторических землетрясения: 1) 1940 г. (V баллов), 2) 1935 (IV балла), 3) 1807 (IV балла) и 4) 1864 (?) (Андреев, 1956). Эпицентр первого землетрясения расположен в районе Владимира, второго — в районе слияния рек Ока и Волга, третьего — в районе слияния рек Сура и Волга и четвертого — в районе Казани. Не исключаются также случаи техногенного воздействия на перенапряженную ГдАЗ, которые могут привести к развитию в активной зоне наведенной сейсмичности. Ее будет достаточно, чтобы разрушить трубопровод, поскольку в узколокализованной зоне он подвергается непрерывному колебательному воздействию, вызывающему развитие усталостных явлений. Сложение этих разнородных процессов часто приводит к разрыву трубопровода и экологическим проблемам (Фундаментальный.., 2000).

Для предупреждения экологических проблем в этих зонах (ГдАЗ) следует установить специальный геодезический мониторинг с целью оценки вертикальных и горизонтальных деформаций земной поверхности (Макаров и др., 2010). Измерительные станции в пределах Нижнеокской ГдАЗ следует закладывать с учетом развития в ней преимущественно напряжений растяжения, порождающих сбросовые деформации. С ними связывается развитие оползневых склонов, интенсивной суффозии и карста. Измерительные станции в пределах Волго-Камской ГдАЗ следует устанавливать с учетом развития в ней преимущественно сдвиговых напряжений сжатия, которые могут порождать деформации типа горизонтальных флексур, сколовую трещиноватость и сейсмичность. Выявление, учет и контроль геодинамически активных зон и геологических процессов с ними связанных позволят снизить риск нарушения функционирования экологически опасных инженерных сооружений.

Библиографический список

Андреев С.С. О сеймической характеристике Русской платформы // Известия Академии наук СССР. Серия геофизическая. 1956. №12. С. 1484-1487.

Бабак В.И., Каверина Н.И., Касаткин Ф.Г. и др. Погребенный доледниковый рельеф и мощности антропогеновых отложений как индикаторы новейших тектонических движений // Известия вузов. Геология и разведка. 1983. № 4. С. 30-36.

Гипсометрическая карта поверхности кристаллического фундамента, Лист О-37 (Ярославль). Масштаб 1:1000000 / ред. Ю.Т. Кузьменко. М.: Центр. геофиз. трест, 1969.

Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:1000000. Лист О-37 (Ярославль). Объяснительная записка. М., 1960. 84 с.

Карта геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР (за исключением горной части Урала, Зауралья и Калининградской области). Масштаб 1:1500 000 / гл. ред. В.И Бабак; ГУГК. М. 1980.

Макаров В.И., Бойков В.В., Булаева Е.А. Опыт использования методов спутниковой геодезии (GPS) для изучения современных движений и деформаций земной коры платформенных территорий на примере Приокского района Русской плиты // Материалы XVI Междунар. конф./ Воронеж. ун-т. Воронеж, 2010. Т. II. С. 33-39.

Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы // Бюл. МОИП. Отд. геол. Т. 91, вып. 4-5. 2017. С. 13-27.

Макеев В.М., Макарова Н.В., Леденев В.Н., Дорожко А.Л., Суханова Н.В., Карфидова Е.А., Коробова И.В. Основы концепции геодинамической безопасности экологически опасных сооружений // Геоэкология. 2015. № 2. С. 99-110.

Макеев В.М., Макарова Н.В., Суханова Т.В., Коробова И.В. Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского района (Русская плита) // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2012. № 4. С. 3-11.

Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М.: Наука, 2000. 399 с.

Neotectonic Zonation of the Pochinki-Gryazovets Gas Pipeline in the Moscow-Nizhegorod Region

V.M. Makeev, S.V. Grigorieva, E.A. Pikulik

Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS (IEG RAS), 13 Build. 2 Ulanskiy Pereulok, Moscow 101000, Russia. E-mail: vmakeev@mail.ru

Based on the structural-geomorphological method, neotectonic zonation of the Pochinki-Gryazovets gas pipeline was carried out for the safety purposes. Taking into account the probable stress sources, the geodynamic conditions of block structures formation are considered. Studies made it possible to subdivide the pipeline area into two parts: southern and northern. The southern part of the gas pipeline is located within the block characterized by tensile stress conditions; the northern part of pipeline relates to the block affected by compressive stress. The boundary between these blocks is considered as a geodynamic active zone and poses the risk for the pipeline safety.

Key words: *neotectonics; block structures; geodynamic active zone; gas pipeline; monitoring; hazardous processes.*

References

Andreev S.S. 1956. O seysmicheskoy kharakteristike Russkoy platformy [Seismic characteristic of the Russian Platform]. Izvestiya AN SSSR. Seria geofizicheskaya. 12:1484-1487. (in Russian)

Babak V.I., Kaverina N.I., Kasatkin F.G. et al. 1983. Pogrebennyy dolednikovyy relief i moshchnosti antropogenovykh otlozheniy kak indicatory tektonicheskikh dvizheniy [Buried pre-glacial relief and thickness of anthropogenic sediments as indicators of the Neotectonic movements. Izvestiya VUZ. Geology and exploration. 4:30-36. (in Russian)

Gipsometricheskaya karta poverkhnosti kristalliche-skogo fundamenta. List O-37 (Yaroslavl). Masshtab 1:1000000 [Hypsometric map of the surface of the crystalline basement. Sheet O-37 (Yaroslavl). Scale 1: 1 000 000. (*Ed.*) Kuzmenko Yu.T. Moskva. Tsentr. geofizicheskiy trest. 1969.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:1000000. List O-37 (Yaroslavl) Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the SSSR Scale 1: 1 000 000. Sheet O-37 (Yaroslavl). Explanatory note. Moskva. 1960. p. 84. (in Russian)

Makarov V.I., Boykov V.V., Bulaeva E.A. 2010. Opyt ispolzovaniya metodov sputnikovoy geodezii (GPS) dlya izucheniya sovremennykh dvizheniy i deformatsiy zemnoy kory platformennykh territoriy na primere Priokskogo rayona Russkoy plity [Experience of using the methods of satellite geodesy (GPS) for studying of the modern movements and deformations of the earth's crust of platform territories using the example of the Prioksky region of the Russian Plate]. Proc. of the XVI Int. conf. Voronezh. Voronezhskiy Universitet, T. II. pp. 33-39. (in Russian)

Makarova N.V., Makeev, V.M., Dorozhko, A.L., Sukhanova T.V., Korobova, I.V. 2017. Geodinamicheskie sistemy i geodinamicheski aktivnye zony Vostochno-Evropeyskoy platformy [Geodynamics systems and Geodynamic active zones of the East European Platform]. Byul. MOIP. Otdel geol. 91(4-5):13-27. (in Russian)

Makeev V.M., Makarova N.V., Ledenev V.N., Dorozhko A.L., Sukhanova N.V., Karfidova E.A., Korobova I.V. 2015. Osnovy kontsepstii geodinamicheskoy bezopasnosti ekologicheski opasnykh sooruzheniy [Basics of the concept of geodynamic safety of environmentally hazardous facilities]. Geoekologiya. 2:99-110. (in Russian)

Makeev V.M., Makarova N.V., Sukhanova T.V., Korobova I.V. Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского района (Русская плита) Noveyshaya tektonika i geodinamika Nizhneok-skogo

rayona (Russkaya plita) [Newest tectonics and geodynamics of the Nizhneokskiy region (Russian Plate)]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya. 4:3-11. (in Russian)

Karta geomorfologo-neotektonicheskogo rayonirovaniya Nechernozemnoy zony RSFSR (za isklyucheniem gornoy chasti Urala, Zauralya I Kaliningradskoy oblasti). Masshtab 1:1 500 000 [Map of geomorphologo-neotectonic zonation of the Nechernozemnaya zone of the RSFSR (with the exception of the mountainous part of the Urals, Transuralia, and the Kaliningrad region). Scale 1: 1 500 000. (*Ed.*) Babak V.I. GUGK. 1980.

Fundamentalnyy bazis novykh tekhnologiy neftyanoy i gazovoy promyshlennosti [The fundamental basis of new technologies in the oil and gas industry]. Nauka. Moskva. 2000, p. 399. (in Russian)