

Научная статья

УДК 550.8:528:553.98(470.4/.5)

doi:10.52349/0869-7892_2025_102_6-21

**Региональное геологическое изучение
недр Волго-Уральской нефтегазоносной
провинции****П. В. Химченко, М. А. Ткаченко**✉

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт
им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,
maxim_tkachenko@karpinskyinstitute.ru✉

Ключевые слова: Восточно-Европейская платформа, нефтяные месторождения, нефтегазоносные комплексы, Цифровой двойник недр России, комплексы геологических карт, геологическое строение, геологические ресурсы, нефтегазовые ресурсы

Для цитирования: Химченко П. В., Ткаченко М. А. Региональное геологическое изучение недр Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 2. С. 6–21. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_102_6-21

Original article

UDC 550.8:528:553.98(470.4/.5)

doi:10.52349/0869-7892_2025_102_6-21

Keywords: Eastern European Platform, oil fields, oil and gas complexes, Digital Twin of Russian Subsoil, geological maps sets, geological structure, geological development, oil and gas resources



© П. В. Химченко, М. А. Ткаченко, 2025

Аннотация. В рамках многолетнего регионального геологического изучения недр Российской Федерации во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А. П. Карпинского на территорию страны был создан уникальный массив геолого-картографической информации, включающий комплексы трех поколений геологических карт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000, сводные и обзорные карты масштаба 1 : 2 500 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа, в том числе геологическую карту, карты глубинного строения и геофизических аномалий, карты раннего и позднего докембрия и многие другие. Этот массив данных, размещенный на сайте института в составе национального геолого-картографического ресурса «Цифровой двойник недр России», является уникальной сводкой по геологическому строению Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, стратиграфии ее осадочного чехла и тектонической эволюции региона, которые кратко освещены в данной работе. Текущие работы по геологическому картографированию Волго-Уральского региона в рамках мониторинга Госгеолкарты-1000 направлены на детализацию и актуализацию геологических, геохимических, стратиграфических и других материалов. Эти исследования позволяют установить взаимосвязь между геологическими особенностями территории и ее нефтегазоносным потенциалом, что позволяет сохранять региону важную роль в нефтегазовой отрасли России на долгосрочную перспективу.

**Regional geological study
of the Volga-Ural oil and gas province subsoil****P. V. Khimchenko, M. A. Tkachenko**✉

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia, maxim_tkachenko@karpinskyinstitute.ru✉

Abstract. The long-term regional geological study of the Russian Federation subsoil at the All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky resulted in establishing an original array of geological and cartographic data for the country's territory, which has geological maps sets of three generations (scales of 1 : 200,000 and 1 : 1,000,000), integrated and review maps of the Russian Federation and its continental shelf (scale of 1 : 2,500,000), including the geological map, deep structure and geophysical anomalies maps, Early and Late Precambrian maps, etc. This data set located on the Institute's website as part of the national geological and cartographic resource *Digital Twin of Russian Subsoil* is a unique record including geological structure of the Volga-Ural oil and gas province, its sedimentary cover stratigraphy, and the region's tectonic evolution, which the paper describes briefly. The current work on the Volga-Ural region geological mapping, which is aligned

For citation: Khimchenko P. V., Tkachenko M. A. Regional geological study of the Volga-Ural oil and gas province subsoil. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (2): 6–21. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_102_6-21

with monitoring the State Geological Map (scale of 1 : 1,000,000), involves detailing and updating geological, geochemical, stratigraphic, and other data. The studies aid in connecting geological characteristics of the territory and its oil and gas potential, which enables the region to retain an important role in the Russian oil and gas industry for the long run.

ВВЕДЕНИЕ

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, расположенная в восточной части Восточно-Европейской платформы от правого берега Волги до западных склонов Урала, представляет собой разделенную на несколько структурных элементов антеклизу фундамента платформы. Центральную часть занимает Татарский свод, где сосредоточена основная масса нефтяных месторождений. На северо-востоке выделяется Пермско-Башкирская антеклиза, а на юге — Жигулевско-Оренбургская антеклиза; эти своды разделены вытянутыми прогибами (депрессиями) субширотного простираения. Провинция исторически является одним из главных нефтегазоносных регионов России: на сегодня известно около 4000 месторождений (включая гигантские Ромашкинское, Арланское и др.) и отдельных залежей нефти и газа.

В рамках многолетнего регионального геологического изучения недр Российской Федерации во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А. П. Карпинского (далее — ФГБУ «Институт Карпинского») создан крупный массив геолого-картографических данных, охватывающий территорию страны, включая Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию. В его состав вошли комплекты двух поколений геологических карт масштаба 1 : 200 000 и трех поколений геологических карт масштаба 1 : 1 000 000, а также сводные и обзорные карты масштаба 1 : 2 500 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа. Среди них — геологическая и тектоническая карты, карты глубинного строения и геофизических аномалий, карта четвертичных образований, прогнозно-минералогическая карта на твердые полезные ископаемые и карта закономерностей размещения на нефть и газ. На территорию Волго-Уральской провинции составлены стратиграфические схемы корреляции, минералогические блоки легенд серий листов Госгеолкарты-1000 на нефтегазоносные комплексы и другие геологические материалы. Этот массив данных, размещенный на сайте ФГБУ «Институт Карпинского» в составе национального геолого-картографического ресурса (далее — НГКР) «Цифровой двойник недр России» [1; 2], является уникальной информационной базой по геологическому строению фундамента Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, стратиграфии ее осадочного чехла и тектонической эволюции региона. В статье кратко представлены результаты геологического картографирования Волго-Уральского региона, полученные в рамках разномасштабного государственного геологического картографирования, работ по созданию глубинных геофизических карт, карт потенциальных полей и карт-срезов для раннего и позднего докембрия.

Государственные геологические карты масштаба 1 : 200 000, 1 : 1 000 000

Государственные геологические карты являются научной геологической основой рационального природопользования Российской Федерации, ориентированной на накопление, хранение и анализ информации о геологическом строении и минералогическом потенциале страны [3; 4]. На территорию Волго-Уральской провинции к настоящему времени составлено 85 комплектов государственных геологических карт масштаба 1 : 200 000 первого и второго поколения и 112 комплектов геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения (рис. 1), георастры которых размещены в НГКР «Цифровой двойник недр России». Более 20 лет ведется постоянное обновление Геологической карты России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000 [1; 5] (рис. 2). С 2020 г. институт приступил к цифровой трансформации ресурса полистных Госгеолкарт-1000/3, перейдя к мониторингу Государственной геологической карты и формированию Единой геолого-картографической модели территории Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1 : 1 000 000 [3].

В картах и объяснительных записках к ним, также размещенных в НГКР «Цифровой двойник недр России» [1], собран огромный и уникальный ресурс материалов о геологическом строении, развитии, литологических, палеонтологических, геохимических, геохронологических и других характеристиках фундамента и осадочного чехла региона, приведены схемы районирования территории и корреляции стратиграфических подразделений и магматических комплексов, описано тектоническое развитие региона. Разный уровень обобщения геологических данных — от крупномасштабных карт (1 : 200 000) к мелкомасштабным (1 : 1 000 000) и к сводным и обзорным картам (1 : 2 500 000) — позволяет выявлять как детальные характеристики осадочных и магматических образований региона, так и закономерности геологического строения и размещения полезных ископаемых, в том числе углеводородов.

Надо отметить, что геологическое строение Волго-Уральской нефтегазоносной провинции привлекает внимание исследователей уже более 300 лет. За этот период изучением геологии и нефтегазоносного потенциала Волго-Уральского региона занимались не только специализированные на поисковые и разведочные задачи учреждения, но и организации разных ведомств, включая академические¹ [6; 7].

¹Геология Волго-Уральской нефтегазоносной провинции : учеб. пособие / С. В. Багманова [и др.]. Оренбург : ОГУ, 2019. 127 с.

При геологическом картографировании эти знания аккумулируются в геологические карты и объяснительные записки, создавая сводку по геологии региона, доступную недропользователям (например, [8; 9]).

За долгие годы изучения Волго-Уральской провинции было установлено, что осадочный чехол региона сформирован в результате нескольких крупных циклов осадконакопления и залегает на архейском кристаллическом фундаменте. Основание чехла сложено отложениями позднего докембрия, заполняющими рифтогенные впадины фундамента. В рифейское время (нижний докембрийский цикл) в авлакогенах накапливались преимущественно терригенные континентальные отложения — конгломе-

раты, песчаники и алевролиты общей мощностью от нескольких сотен метров до 5 км. В верхнем рифее — венде (верхнедокембрийский цикл) сформировались толщи грубых континентальных обломочных пород, сменяющиеся морскими терригенными и карбонатными отложениями мощностью до 3 км. Ряд позднедокембрийских подразделений, таких как, например, нижняя и верхняя байлинские свиты, залегают непосредственно на кристаллическом фундаменте и фиксируют ранние этапы прогибания платформы. Следует отметить, что породы кембрийского возраста на территории Волго-Уральской провинции отсутствуют, а ордовикские и силурийские отложения распространены очень ограниченно. Считается, что на большей части провинции в раннем палеозое

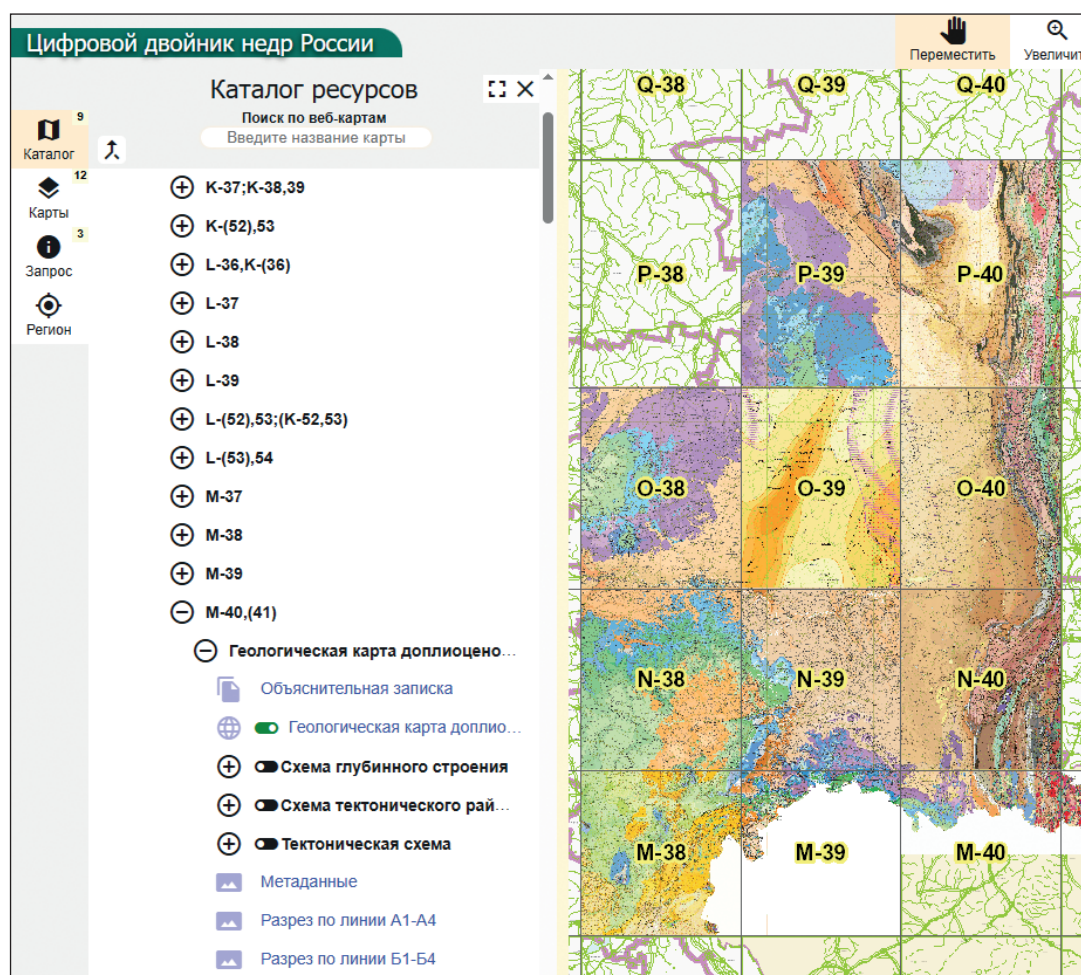


Рис. 1. Массив полистных цифровых материалов, размещенный на сайте ФГБУ «Институт Карпинского» в составе НГКР «Цифровой двойник недр России» (на территорию Европейской части России)

Из георастров полистных комплектов геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 сформировано единое полотно на территорию Волго-Уральской нефтегазоносной провинции

Источник: по [1; 5]

Fig. 1. Sheeted digital data set located on the Karpinsky Institute's website as part of the national geological and cartographic resource *Digital Twin of Russian Subsoil* (for the European Russia territory)

Geological bitmaps of sheeted geological map sets (scale of 1 : 1,000,000) form a single sheet of the Volga-Ural oil and gas province territory

Source: from [1; 5]

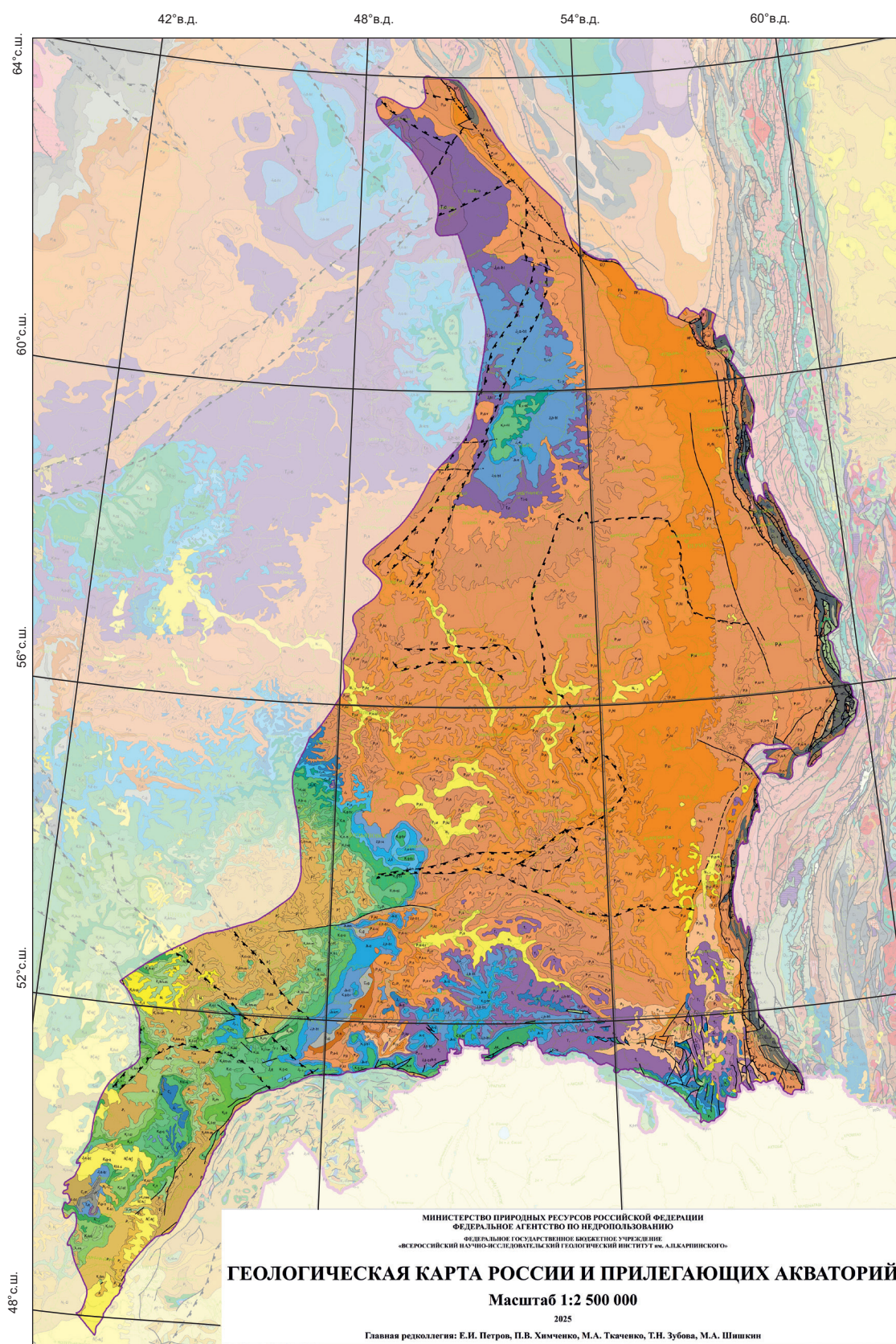


Рис. 2. Волго-Уральская нефтегазоносная провинция на Геологической карте России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000

Источник: по [1; 5]

Fig. 2. Volga-Ural oil and gas province on the geological map of Russia and adjacent water areas (scale of 1 : 2,500,000)

Source: from [1; 5]

осадконакопление не происходило, или осадки позднее были удалены эрозией. Исключение составляют участки в Предуральском краевом прогибе (Восточно-Оренбургское, Соль-Илецкое поднятие), где обнаружены ордовикско-силурийские толщи, связанные с пограничными зонами Урала.

Платформенное осадконакопление возобновилось с середины девона. Раннегерцинский цикл охватывает период от нижнего девона до турнейского яруса нижнего карбона. В нижнем девоне (кемерский и такатинский горизонты) и начале среднего девона здесь преобладали терригенные отложения: прибрежно-морские песчаники и алевролиты, часто переслаивающиеся с лагунными глинистыми породами. Наиболее значительной мощности девонская терригенная толща достигает на севере и юге региона, где отмечается приток обломочного материала с возвышенных областей Балтийского щита и Московской синеклизы. На восточном склоне Татарского свода и в Камско-Кинельской системе прогибов выделяется зона повышенного отложения терригенных пород песчаной размерности. В позднедевонское время широкое развитие приобретают морские карбонатные фации — формируются рифовые постройки и банки в мелководных зонах. Многочисленные залежи углеводородов (верхнедевонско-турнейский карбонатный нефтегазоносный комплекс) здесь связаны с биогермами, рифовыми постройками, а также структурами их облекания. Также характерны «нетрадиционные» коллекторы в породах доманикового типа, представленные трещиноватыми битуминозными аргиллитами.

В пределах узких прогибов сохраняются глубоководные обстановки с накоплением тонкослоистых глинисто-кремнистых осадков. Именно в это время (поздний фамен — турне) в депрессиях Камско-Кинельского авлакогена формируются обогащенные органикой битуминозные известково-кремнистые черные сланцы — доманиковые отложения (доманиковая свита). Содержание органического вещества достигает максимума в нижнефаменских–верхнефранских слоях. Общая мощность девонско-нижнекарбонатного цикла колеблется от 300 до 1000 м.

В конце турне — начале визе нижнего карбона наблюдался перерыв и частичная эрозия, обозначившая границу позднегерцинского этапа развития осадочного чехла, охватывающего позднее визе — башкирский век (верхний нижний — нижний средний карбон). Основание этого этапа сложено терригенными визейскими толщами, заполняющими неравномерности рельефа после предыдущего цикла и прикрывающими эродированные рифовые массивы девона. Выше залегает мощная толща морских известняков позднего визе — башкирского века, которые часто, особенно на юге и востоке региона, служат ловушками (верхневизейско-башкирский карбонатный нефтегазоносный комплекс). В позднебашкирское время в регионе начинают поступать первые порции терригенного материала с воздымающегося Урала.

В начале московского века отмечается интенсивное поступление терригенного материала с востока, и формируются обширные дельтово-аллювиальные

равнины, наклоненные в сторону формирующегося Предуральского прогиба. Нижнемосковские, касимовские и гжельские отложения представлены чередованием континентальных и мелкоморских песчано-алевролитовых и карбонатных толщ. Уже в начале перми на востоке провинции накопилась мощная континентальная терригенно-карбонатная моласса, свидетельствующая о росте Уральских гор.

Уральский этап охватывает вторую половину перми — время максимального влияния уральской складчатости на обстановку осадконакопления в регионе. Так, начиная с кунгурского времени, в Предуральском прогибе и прилегающих частях платформы в разрезах появляются соли, а в казанское время начали формироваться мощные эвапоритовые формации. В среднем и верхнем казанском и татарском ярусах морские карбонатные отложения чередовались с терригенными красноцветными толщами. Внутриплатформенные своды (Татарский и др.) в это время испытывали поднятие и размыв, поэтому мощность верхнепермских отложений на них незначительна, тогда как в краевых впадинах (Прикаспийская, Предуральская) она превышает 1,5 км. В конце перми значительная часть региона оказалась выше уровня моря.

Мезозойский и кайнозойский этапы характеризуются длительной паузой в осадконакоплении и незначительным формированием континентальных отложений, сохранившихся лишь фрагментарно по окраинам (незначительные толщины триасовых красноцветов в Прикаспии и местами вдоль Волги, юрско-меловые отложения на западе и севере окраин).

Таким образом, история развития Волго-Уральской провинции охватывает события от протерозойского рифтогенеза до герцинской складчатости, создавшие мозаику поднятий и впадин, послуживших разнообразными структурными ловушками и зонами генерации углеводородов в широком стратиграфическом интервале от верхнего протерозоя до верхней перми.

Карты аномального магнитного и гравиметрического поля масштаба 1 : 2 500 000

Структура фундамента Волго-Уральской провинции отражается на картах аномального магнитного и гравиметрического полей (рис. 3, 4). Созданная во ФГБУ «Институт Карпинского» карта магнитных аномалий в изолиниях масштаба 1 : 2 500 000 дает представление о неоднородности поля, обусловленной выходящими на поверхность и находящимися на глубине геологическими образованиями. Она была составлена путем уменьшения имеющихся для данной территории карт изолиний масштабов 1 : 200 000–1 : 1 000 000 с последующей генерализацией поля. Карта аномального гравитационного поля масштаба 1 : 2 500 000 характеризует плотностные и структурные неоднородности, включая погребенные и выходящие на поверхность геологические образования. Гравиметрическая карта

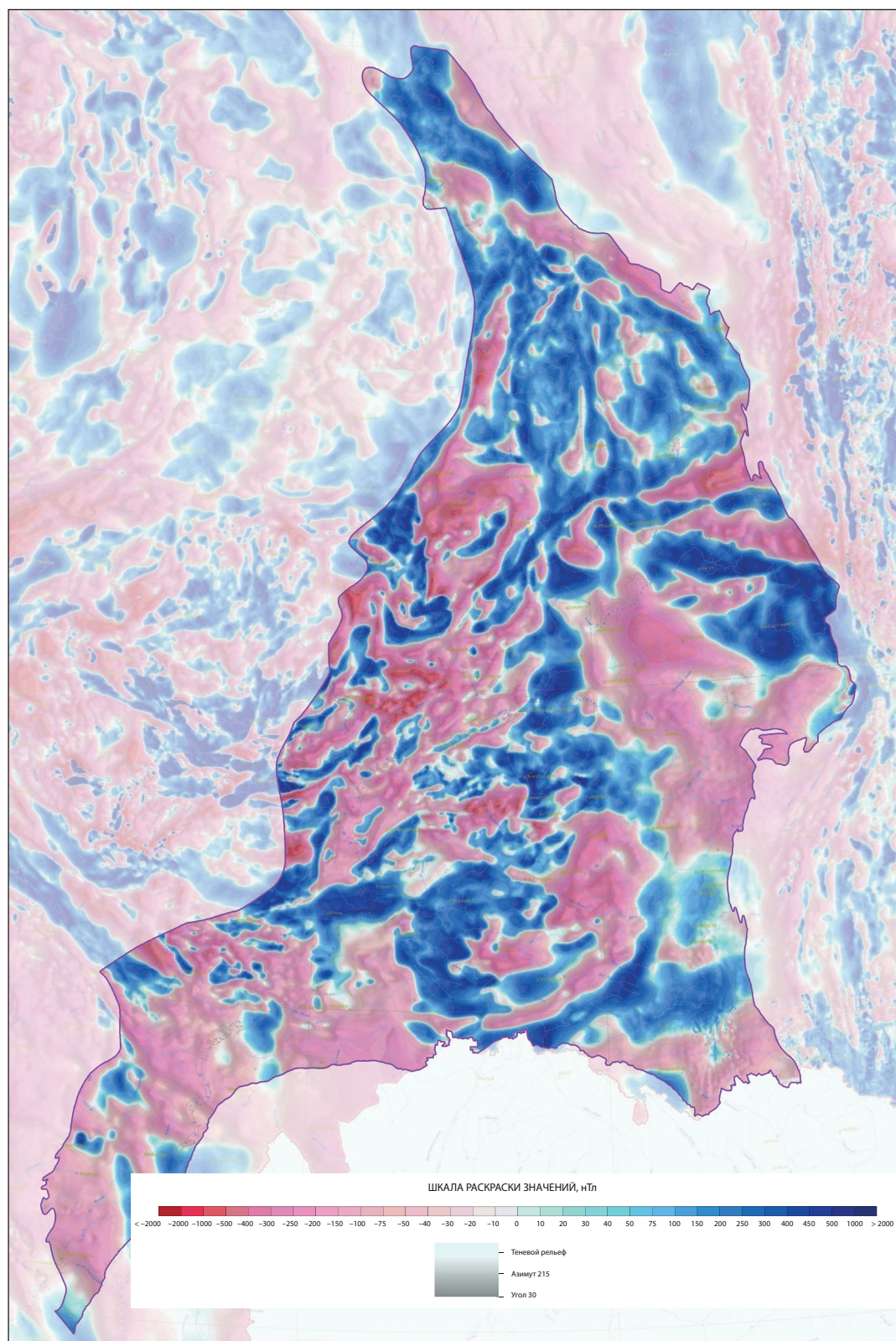


Рис. 3. Фрагмент на Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию Актуализированной карты аномального магнитного поля России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000

Источник: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base=0=1 (дата обращения: 03.06.2025)

Fig. 3. Fragment of the Volga-Ural oil and gas province, the updated anomalous magnetic field map of Russia and adjacent water areas (scale of 1 : 2,500,000)

Source: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base=0=1 (accessed 03.06.2025)



Рис. 4. Фрагмент на Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию Актуализированной гравиметрической карты России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000

Источник: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_base=0=1 (дата обращения: 03.06.2025)

Fig. 4. Fragment of the Volga-Ural oil and gas province, the updated gravity map of Russia and adjacent water areas (scale of 1 : 2,500,000)

Source: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_base=0=1 (accessed 03.06.2025)

представляется в условном уровне в изолиниях с сечением (в зависимости от сложности поля) ± 2 или ± 5 мГал. Для ее построения используется регулярная матрица $2,5 \times 2,5$ км, которая конвертируется в картографическую — в виде карты изолиний.

Аномальное магнитное поле региона отличается выраженной зональностью: восточная часть Волго-Уральской провинции характеризуется широкими аномалиями большой амплитуды с востоко-северо-восточным трендом, связанными с магнитными породами кристаллического фундамента. За Уральским разломом наблюдаются более коротковолновые аномалии северного простирания, ассоциированные с палеозойскими складчатыми структурами. Карта гравиметрических аномалий показывает мозаичную картину, отражающую чередование положительных и отрицательных аномалий над поднятиями и впадинами фундамента Восточно-Европейской платформы. Ярко выражены гравитационные минимумы над Прикаспийской впадиной и вдоль Предуральского прогиба на востоке. Вдоль Уральской горной цепи, напротив, протягивается линейная зона положительных гравитационных аномалий, обусловленная высокоплотными породами и глубинными массами складчатого пояса.

В целом потенциальные поля подтверждают существование крупных тектонических блоков и глубинных разломов, сформированных в докембрии и возобновивших свою активность во время герцинского этапа.

Карты глубинного строения масштаба 1 : 2 500 000

На глубинных геофизических разрезах выделяют главные разделы сред — подошва земной коры (граница Мохоровичича) и подошва осадочного чехла. На основе сейсмических данных в совокупности с данными рельефа и поля силы тяжести были построены площадные распределения (карты) этих границ — глубины залегания подошвы земной коры и осадочного чехла (рельеф разновозрастного фундамента). Производными этих карт являются карты мощности: земной коры, осадочного чехла и консолидированной земной коры [10].

Карта мощности земной коры (рис. 5) считается основной при глубинных исследованиях, поскольку именно положение подошвы земной коры (границы Мохоровичича) определяет ее деление на два принципиально различных типа — океаническую и континентальную коры. Оценка положения подошвы земной коры основывается в первую очередь на данных глубинного сейсмического зондирования, а обеспеченность территории этими данными определяет масштаб всего комплекта карт глубинного строения [11].

Карта мощности осадочного чехла (рис. 6) основана на материалах сейсмических разрезов, построенных по методу отраженных волн в модификации общей глубинной точки (далее — МОБ-ОГТ). На сейсмических разрезах МОБ-ОГТ подошва осадочного чехла обычно фиксируется резкой сменой

протяженных и субгоризонтально ориентированных осей синфазности (слоистая среда осадочного чехла) на штриховое, разноориентированное поле отражателей или полное прекращение регулярной сейсмической записи (высокогетерогенная консолидированная кора). По этим признакам и прослеживается подошва осадочного чехла (или поверхность фундамента). Карта мощности консолидированной земной коры отражает разницу между сеточными моделями мощности земной коры и мощностью осадочного чехла.

Изученность территории Волго-Уральской провинции сейсмическими методами достаточно высока и превышает сотни тысяч погонных километров. Толщина земной коры здесь от ~ 32 – 35 км на периферии до 50 – 55 км и более под центральными районами Волго-Уральского субкратона и под Уральскими горами. Напротив, в наиболее глубоких впадинах (таких как Прикаспийская) толщина коры не превышает 40 км. Аномально высокая плотность нижней коры в центре региона указывает на возможное подкоровое внедрение базальтового материала (мафит-ультрамафит), которое могло произойти в позднем протерозое или палеозое, усилив структурную жесткость фундамента. Такая прочная и утолщенная литосфера Восточно-Европейской платформы объясняет относительную тектоническую устойчивость Волго-Уральской провинции после герцинского цикла — начиная с триаса территория оставалась платформенной и не испытывала крупных деформаций. Это способствовало сохранению нефтегазовых залежей. При этом осадочный чехол Волго-Уральской провинции достаточно маломощен (менее 3 км). Аномальная мощность осадков фиксируется только в Прикаспийской впадине (до 24 км) и Предуральском краевом прогибе (10 – 13 км).

Геологические карты раннего и позднего докембрия масштаба 1 : 2 500 000

В основе Геологической карты раннего докембрия (рис. 7), которая отражает строение образованного архейско-нижнепротерозойского структурного этажа, лежат данные глубинного сейсмического зондирования в виде средне-мелкомасштабных аналоговых и цифровых карт глубинного строения Российской Федерации, анализ потенциальных полей, а также материалы керна глубоких скважин, достигающих фундамента. Эта карта также аккумулирует все данные из разномасштабных государственных геологических карт и опубликованные в открытом доступе материалы академических организаций.

Работу над картой позднего докембрия проводит сектор геологии докембрия с 2020 г., и на сегодня фрагмент карты по Волго-Уральскому региону является уникальным сводом данных о строении кристаллического фундамента провинции.

В рамках работ института проведено изотопно-геохронологическое изучение большого объема образцов из керна глубоких скважин. Эти данные доступны в открытом доступе в информационном ресурсе ФГБУ «Институт Карпинского» — «Геохронологический

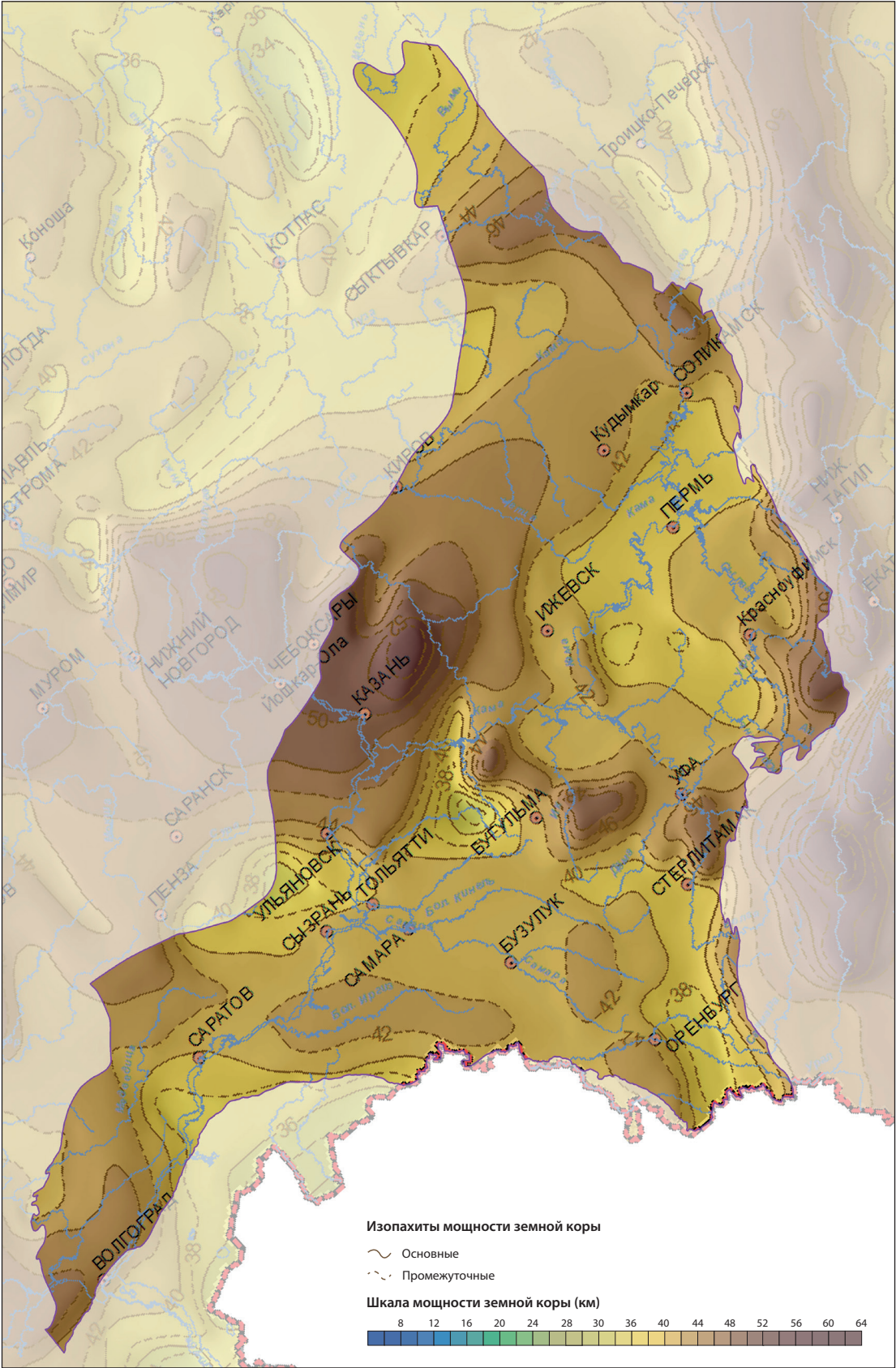


Рис. 5. Волго-Уральская нефтегазоносная провинция на Карте мощности земной коры масштаба 1 : 2 500 000

Источник: по [10]

Fig. 5. Volga-Ural oil and gas province on the Earth's crust thickness map (scale of 1 : 2,500,000)

Source: from [10]

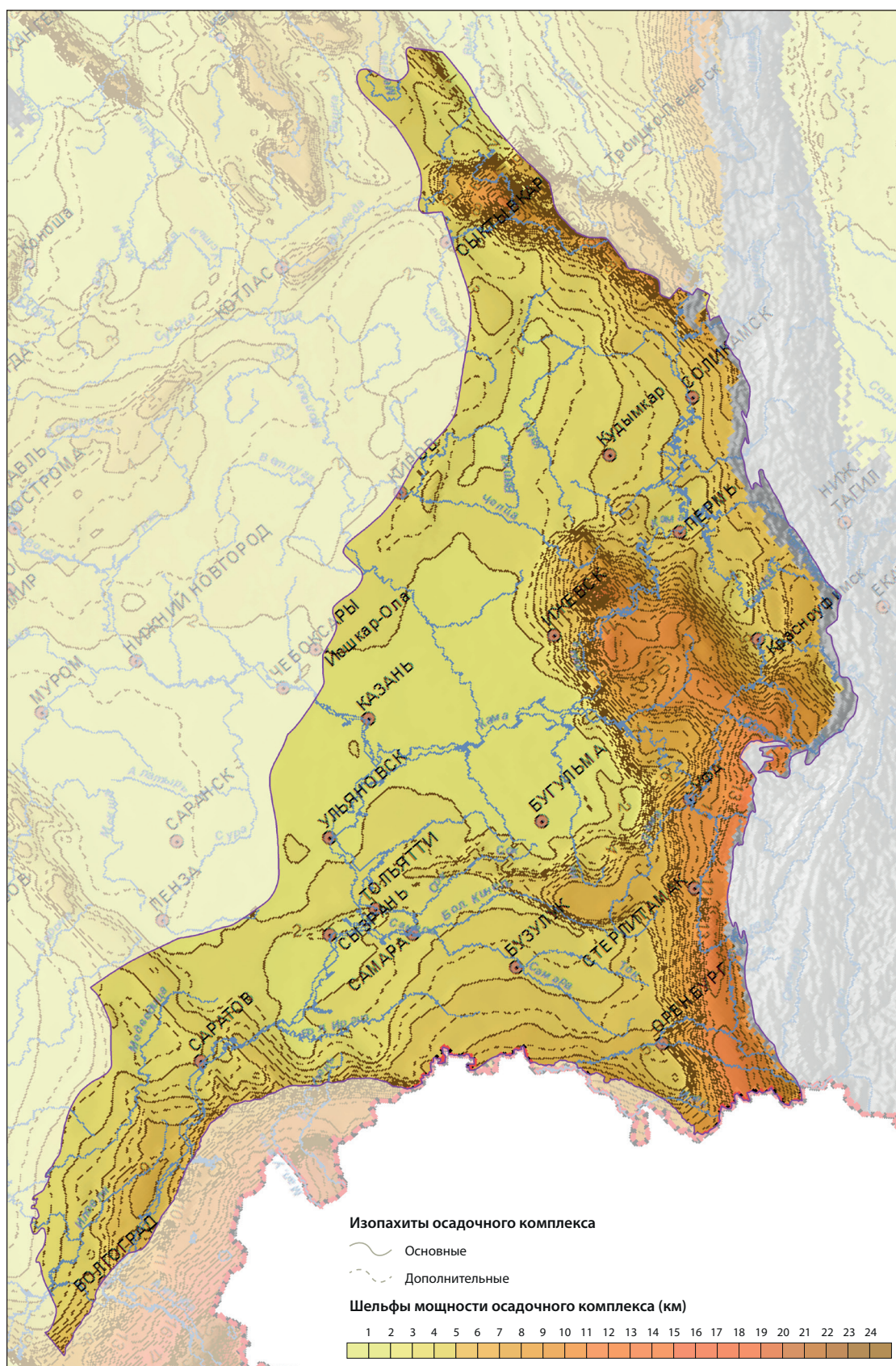


Рис. 6. Волго-Уральская нефтегазоносная провинция на Карте мощности осадочного чехла масштаба 1 : 2 500 000

Источник: по [10]

Fig. 6. Volga-Ural oil and gas province on the sediments thickness map (scale of 1 : 2,500,000)

Source: from [10]

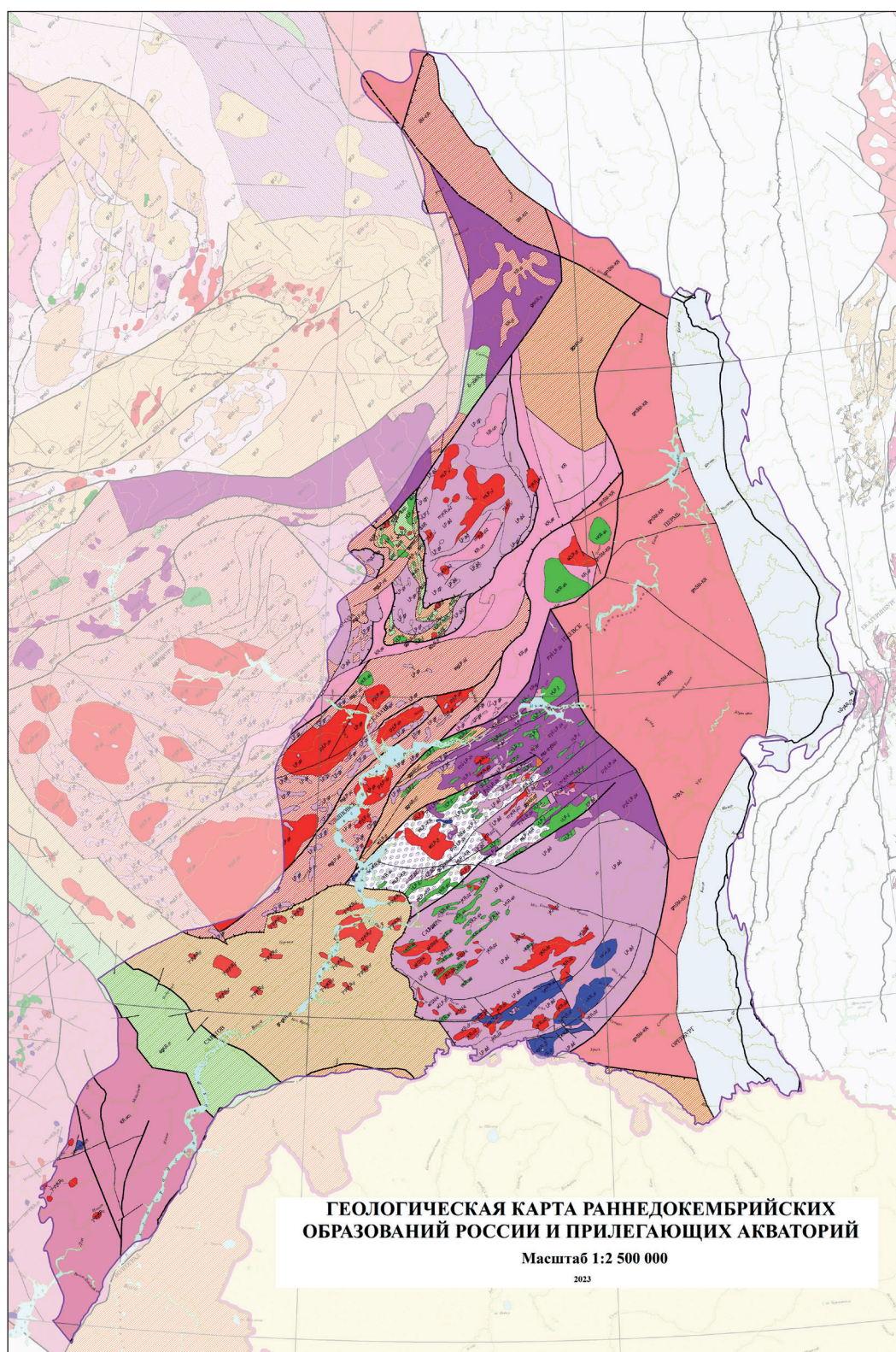


Рис. 7. Волго-Уральская нефтегазоносная провинция на Геологической карте раннедокембрийских образований России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000

Источник: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base-0=1 (дата обращения: 03.06.2025)

Рис. 7. Volga-Ural oil and gas province on the Early Precambrian geological map of Russia and adjacent water areas (scale of 1 : 2,500,000)

Source: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base-0=1 (accessed 03.06.2025)

атлас-справочник основных структурно-вещественных комплексов России» [12].

На карте фундамента территории Волго-Уральской провинции выделяется Волго-Уральский геоблок, включающий три блока архейской коры — Средне-Волжский, Токмовский и Верхнекамский, а также Вятский тектонический пояс и часть Волго-Донского тектонического пояса (рис. 8). В пределах Токмовского гранит-зеленокаменного блока установлено большое разнообразие магматических и метаморфических комплексов. Наиболее древними образованиям здесь являются ортогнейсы

свияжского комплекса с возрастом протолита 2,86–2,90 млрд лет. Изотопно-геохронологические датировки получены по более чем 10 глубоким скважинам, в том числе изучен привятский комплекс, вскрытый скважиной на юге листа О-39, и лейкограниты с возрастом 2,63 млрд лет, вскрытые скважиной Владимирская.

В пределах Средневолжского гранулитогнейсового блока наиболее древние образования возрастом 3,48 млрд лет отмечаются в отрядном метаморфическом комплексе на юге Самарского подблока в керне скважины Первосоветская-41 (лист М-39).

СХЕМА ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ РАННЕГО ДОКЕМБРИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Масштаб 1 : 10 000 000

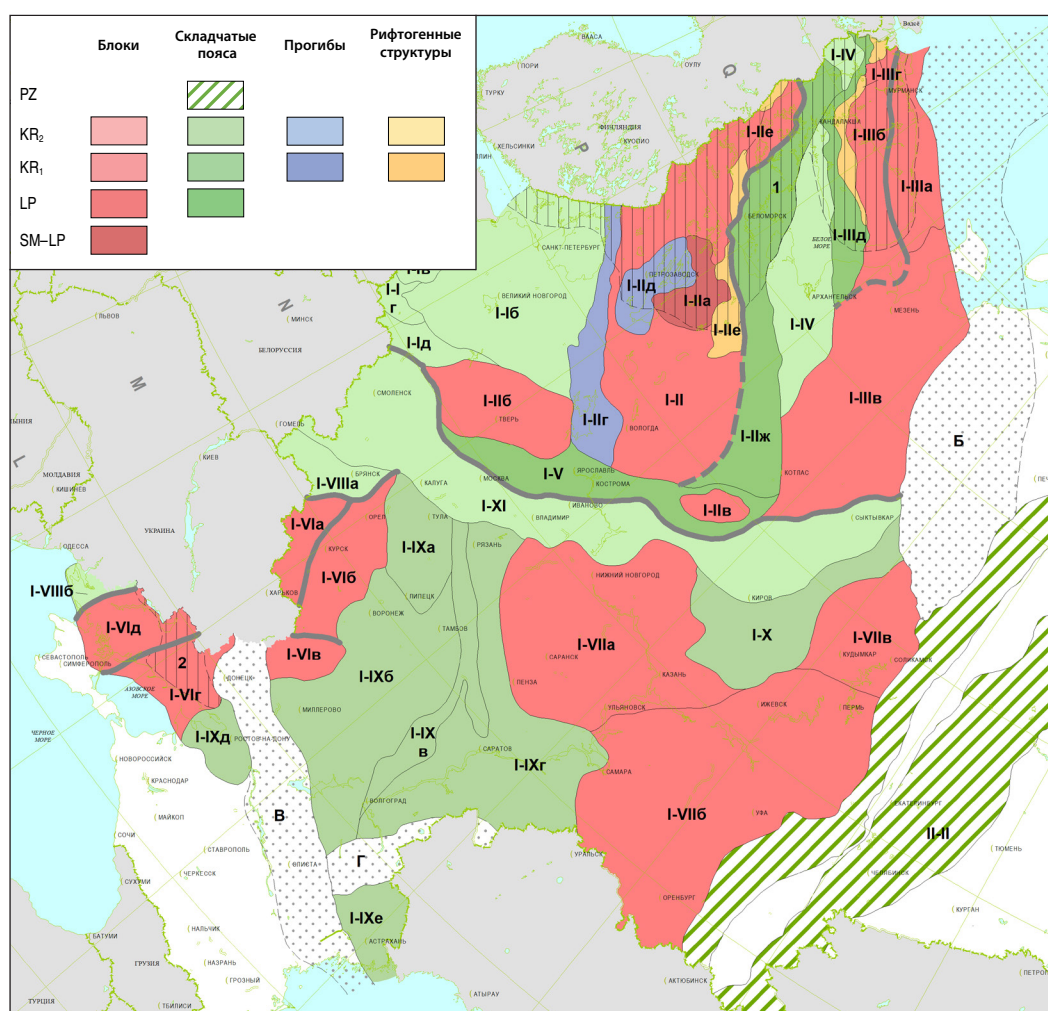


Рис. 8. Схема тектонического районирования раннего докембрия территории Российской Федерации масштаба 1 : 10 000 000 (фрагмент на Европейскую часть Российской Федерации)

Источник: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base-0=1 (дата обращения: 03.06.2025)

Fig. 8. Early Precambrian tectonic zoning diagram of the Russian Federation territory (scale of 1 : 10,000,000) (fragment of European Russia)

Source: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base-0=1 (accessed 03.06.2025)

Верхнекамский гранито-гнейсовый блок выделяется на самом северо-востоке Волго-Уральского региона в потенциальных полях и охарактеризован всего пятью скважинами, которые вскрыли разнообразные по составу гранитоиды повышенной щелочности с возрастом от 2,86 до 2,73 млрд лет. Вятский тектонический пояс сложен метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами (унийская толща) с возрастом детритовых цирконов около 2080 млн лет, а также разнообразными по составу и возрасту плутоническими комплексами, преимущественно гранитоидами. В осевой части пояса метаморфизм пород отвечает эпидот-амфиболитовой фации, тогда как в краевых частях пояса степень метаморфизма возрастает до амфиболитовой, а местами — гранулитовой фации.

Создание Геологической карты позднего докембрия (рифей-венда) (рис. 9) базировалось на Геологической карте территории России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000, анализе и обобщении материалов легенд серий листов ГК-1000, Госгеолкарт-1000/3. Для территории Восточно-Европейской платформы и, в частности, Волго-Уральского региона использованы данные старых обзорных карт [13–15], карт аномального магнитного поля и поля силы тяжести, материалы буровых работ и изотопно-геохронологическая информация, содержащаяся в опубликованной литературе. На карте отражены тектонические границы авлакогенов и контуры распространения рифея за их пределами, который, как правило, перекрыт вендскими отложениями. Для вендских образований Волго-Уральского региона показаны границы горизонтов: лапландского (нижний венд), редкинского, котлинского и ровенского (верхний венд).

В соответствии со Схемой районирования верхнего докембрия к Волго-Уральскому региону относятся Волго-Уральская и Воронежская антеклизы, Рязано-Саратовский прогиб, а также небольшая часть Мезенской синеклизы. Структуры осадочного чехла Восточно-Европейской платформы в ряде случаев имеют унаследованный характер относительно структур раннедокембрийского фундамента. Рифейским грабенам (авлакогенам) в структуре осадочного чехла соответствуют прогибы, поднятия — своды. Формирование рифейских грабенов контролировалось неоднородностью строения фундамента, так как рифтогенные структуры закладывались по более ослабленным участкам, которым соответствовали границы крупных блоков фундамента. Состав и корреляция структурно-вещественных осадочных комплексов Волго-Уральского региона отражены в Региональной стратиграфической схеме, работа над которой в настоящее время ведется в институте. Она основана на схемах корреляции листов Госгеолкарты-1000/3 с учетом «Стратиграфической схемы рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области» [16] и новых материалов, включающих результаты бурения параметрических скважин, региональных сейсмических исследований, изотопно-геохронологических и микропалеонтологических данных.

Верхнепротерозойские осадочные комплексы и архей-раннепротерозойские метаморфические

образования кристаллического фундамента вскрыты в Волго-Уральской области скважинами на глубинах от 1,2 до 2,5 км. Отложения рифея с учетом проявленной цикличности осадконакопления и имеющих биостратиграфических и геохронологических данных расчленены на нижне-, средне- и верхне-рифейскую эратемы. Нижний рифей отнесен к кыргинской серии, средний — к серафимовской серии, верхний — к карбонатно-терригенной абдулинской серии. В составе вендской системы выделены каировская и шкаповская серии, связанные между собой постепенными переходами [16].

Работы по созданию геологических карт раннего и позднего докембрия позволили реконструировать ранние этапы формирования фундамента Волго-Уральского региона, основываясь на палеомагнитных, изотопно-геохронологических, изотопно-геохимических данных, а также на результатах анализа проявлений магматической активности. Предполагается, что первыми 2,1–2,05 млрд лет назад сблизились Волго-Уральский и Сарматский геоблоки [17], что привело к образованию Волго-Донского подвижного пояса. Сближение Волго-Сарматии и Фенноскандии произошло около 2,0 млрд лет назад, когда началась субдукция океанической коры под современную северо-западную окраину Волго-Сарматии. Начиная с 1,7 млрд лет рост земной коры продолжился в западном направлении, где были созданы новые части Фенноскандинавской коры (за пределами российской территории). В это время кратон Балтика стал частью палео-мезопротерозойского суперконтинента Нуна (Колумбия).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье приведен краткий обзор геологического строения территории Волго-Уральской нефтегазодной провинции и истории ее геологического развития. Все материалы были получены в результате многолетних работ института в рамках регионального геологического изучения недр России и прилегающих акваторий по созданию геологических карт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000, Геологической карты России масштаба 1 : 2 500 000, карт глубинного строения и геофизических аномалий, карт раннего и позднего докембрия 1 : 2 500 000. Значительный объем материалов по Волго-Уральскому региону, в том числе данные по тектонической карте, карте четвертичных образований, прогнозно-минералогической карте на твердые полезные ископаемые, карте закономерностей размещения на нефть и газ, остался неосвещенным. Также не были затронуты геологические выводы, следующие из составления на территорию Волго-Уральской провинции стратиграфических схем корреляции легенд серий листов Госгеолкарты-1000 и минералогических блоков на нефтегазодные комплексы [18], и многие другие геологические материалы. Главным результатом проведенных за многие годы исследований стало выявление сочетания благоприятных стратиграфических, литолого-фациальных и тектонических факторов, обусловивших формирование

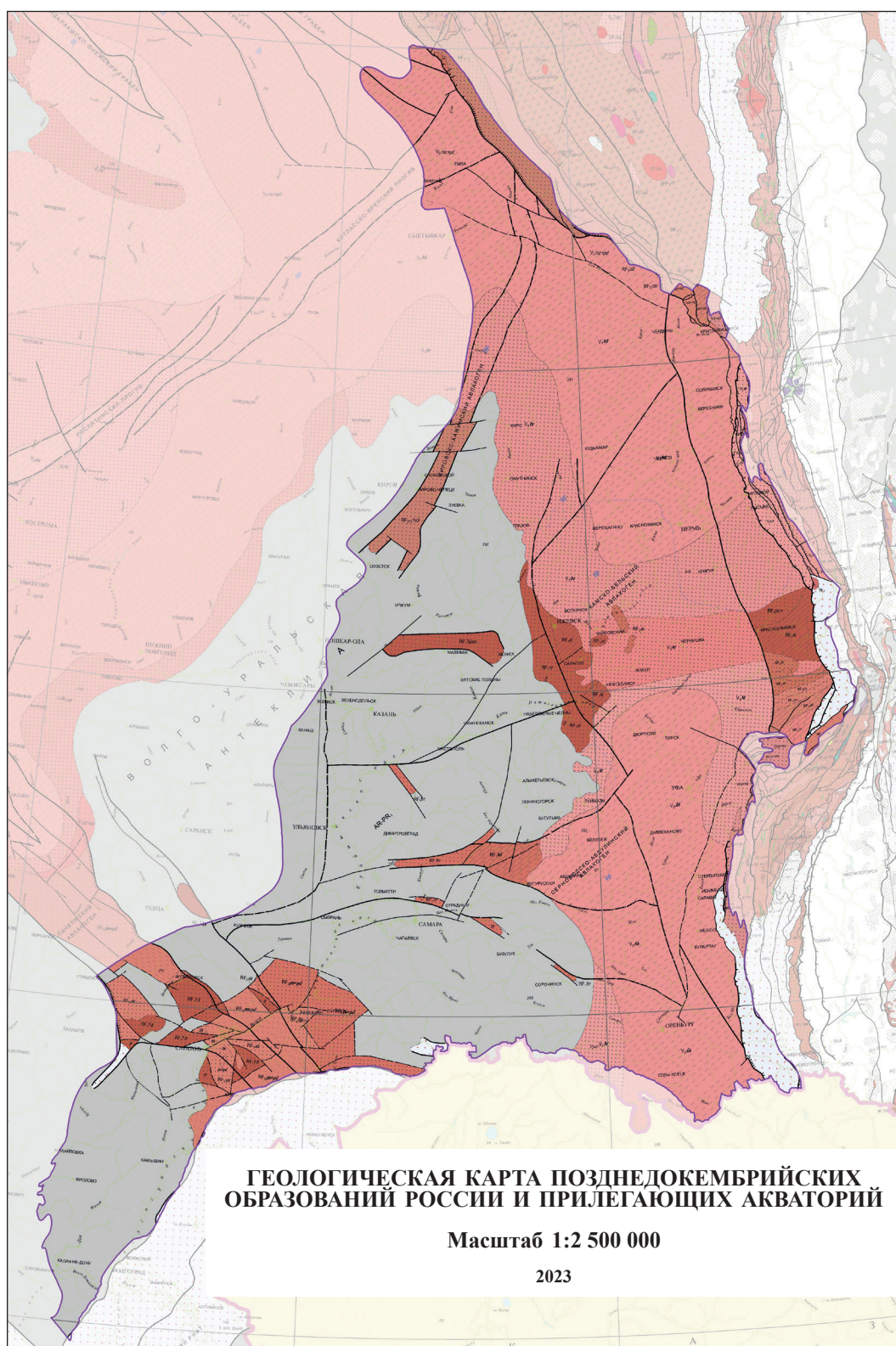


Рис. 9. Волго-Уральская нефтегазоносная провинция на Геологической карте позднедокембрийских образований России и прилегающих акваторий масштаба 1: 2 500 000

Источник: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base-0=1 (дата обращения: 03.06.2025)

Рис. 9. Volga-Ural oil and gas province on the Late Precambrian geological map of Russia and adjacent water areas (scale of 1 : 2,500,000)

Source: URL: https://wega.karpinskyinstitute.ru/site/cdnr?g=62.799467850253144,94.78712499999327,4&map_-base-0=1 (accessed 03.06.2025)

богатых нефтегазовых ресурсов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Хотя ее ресурсы значительно разработаны, дальнейшие работы по региональному геологическому изучению недр, включая мониторинг в рамках Госгеолкарты-1000, детализацию и актуализацию геологических, геохимических, стратиграфических и других материалов, ведут к обоснованию новых потенциально пригодных геологических объектов (нетрадиционные коллекторы, глубокие горизонты), что позволяет сохранять региону важную роль в нефтегазовой отрасли России на долгосрочную перспективу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Цифровой двойник недр России. URL: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/gisatlas/> (дата обращения: 03.06.2025).
2. Единая геолого-картографическая модель территории Российской Федерации и ее континентального шельфа / В. В. Снежко [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2024. Т. 31, № 4. С. 23–35. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_23-35.
3. Итоги государственного геологического картографирования масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение) территории Российской Федерации и ее континентального шельфа / Б. И. Королев [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2024. Т. 31, № 4. С. 7–22. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_7-22.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000: история создания, итоги и задачи работ / О. В. Петров [и др.]. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 75 с.
5. Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000 / ред.-сост. Ю. Б. Богданов [и др.] ; гл. ред. О. В. Петров. СПб. : ВСЕГЕИ, 2016. URL: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/atlas/geol/> (дата обращения: 03.06.2025).
6. Проблемы стратиграфии палеозоя Волго-Уральской нефтеносной области : тр. ВНИГНИ / под ред. М. Ф. Филипповой. Вып. XIX. Л. : Гостоптехиздат, 1959. 167 с.
7. Нефтяные и газовые месторождения СССР : справочник : в 2 кн. / под ред. С. П. Максимова. Кн. 1 : Европейская часть СССР. М. : Недра, 1987. 358 с.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист О-40 — Пермь. Объяснительная записка / В. П. Водолазская [и др.]. СПб. : Картогр. ф-ка ВСЕГЕИ, 2015. 497 с.
9. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Центрально-Европейская. Лист N-39 — Казань–Самара. Объяснительная записка / О. И. Застрожная [и др.] ; науч. ред. А. В. Жданов, В. К. Шкатова. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2021. 467 с.
10. Комплект карт глубинного строения территории Российской Федерации и ее континентального шельфа / Е. Д. Мильштейн [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2024. Т. 31, № 4. С. 36–58. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_36-58.
11. Государственная сеть опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин — основа глубинного 3D картографирования территории Российской Федерации и ее континентального шельфа / С. Н. Кашубин [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2016. № 67. С. 43–48.
12. Геохронологический атлас-справочник основных структурно-вещественных комплексов России. URL: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/geochron-atlas/> (дата обращения: 03.06.2025).

13. Геологическая карта нижней поверхности осадочного чехла Русской платформы масштаба 1 : 2 500 000 / И. И. Быкова [и др.] ; ред. Н. С. Иголкина. Л. : ВСЕГЕИ, 1970.
14. Богданова С. В. Земная кора Русской плиты в раннем докембрии (на примере Волго-Уральского сегмента) : тр. ГИН АН СССР. Вып. 408. М. : Наука, 1986. 223 с.
15. Геология и полезные ископаемые России : в 6 т. Т. 1 : Запад России и Урал. Кн. 1 : Запад России / под ред. Б. В. Петрова, В. П. Кирикова. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 528 с.
16. Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области. Объяснительная записка / сост. Е. М. Аксенов, В. И. Козлов ; науч. ред. М. А. Семихатов, С. М. Шик. Уфа : Ин-т геологии УНЦ РАН, 2000. 81 с.
17. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia / S. V. Bogdanova [et al.] // Precambrian Research. 2008. Vol. 160, nos. 1–2. P. 23–45. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.024>.
18. Создание схем корреляции нефтегазоносных комплексов нефтегазоносных провинций Российской Федерации в рамках работ по Государственному геологическому картографированию / С. В. Видик [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2023. № 93. С. 76–87.

REFERENCES

1. Digital Twin of Russian Subsoil. URL: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/gisatlas/> (accessed 03.06.2025). (In Russ.).
2. Unified geological-cartographic model of the Russian Federation and its continental shelf / V. V. Snezhko [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2024; 31 (4): 23–35. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_23-35. (In Russ.).
3. Results of the state geological mapping at a scale of 1 : 1,000,000 (third generation) of the Russian Federation and its continental shelf / B. I. Korolev [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2024; (31) 4: 7–22. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_7-22. (In Russ.).
4. State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000: Creation history, work results and tasks / O. V. Petrov [et al.]. St. Petersburg: VSEGEI Publ. House; 2007. 75 p. (In Russ.).
5. Geological Map of Russia and adjacent water areas, scale of 1 : 2,500,000 / Comp. Ed. Yu. B. Bogdanov [et al.]; Ed.-in-Chief O. V. Petrov. St. Petersburg: VSEGEI; 2016. URL: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/atlas/geol/> (accessed 03.06.2025). (In Russ.).
6. Problems of the Paleozoic stratigraphy of the Volga-Ural oil region: VNIGNI Proc. / Ed. M. F. Filippova. Vol. XIX. Leningrad: Gostoptekhizdat; 1959. 167 p. (In Russ.).
7. Oil and gas fields of the USSR: Ref. bk.: in 2 bk. / Ed. S. P. Maksimov. Bk. 1: European part of the USSR. Moscow: Nedra; 1987. 358 p. (In Russ.).
8. State Geological Map of the Russian Federation. Scale of 1 : 1,000,000 (third generation). Ural series. Sheet O-40 — Perm. Explanatory note / V. P. Vodolazskaya [et al.]. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory; 2015. 497 p. (In Russ.).
9. State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000. Third generation. Central Europe series. Sheet N-39 — Kazan–Samara. Explanatory note / O. I. Zastrozhnova [et al.]; Sci. Ed. A. V. Zhdanov, V. K. Shkatova. St. Petersburg: VSEGEI Publ. House; 2021. 467 p. (In Russ.).
10. Deep structure maps of the Russian Federation and its continental shelf / E. D. Milshteyn [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2024; 31 (4): 36–58. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_36-58. (In Russ.).
11. State network of geotranssects and superdeep wells — the basis for 3D deep mapping of the Russian Federation and its continental shelf / S. N. Kashubin [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2016; (67): 43–48. (In Russ.).
12. Geochronological atlas of the main structural and material complexes of Russia. URL: <https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/geochron-atlas/> (accessed 03.06.2025).

stitute.ru/ru/info/geochron-atlas/ (accessed 03.06.2025). (In Russ.).

13. Geological map of the lower sedimentary cover of the Russian Platform at a scale of 1 : 2,500,000 / I. I. Bykova [et al.]; Ed. N. S. Igoikina. Leningrad: VSEGEI; 1970. (In Russ.).

14. Bogdanova S. V. The Russian Platform crust in Early Precambrian (Based on data on the Volga-Ural segment): *Trans. of Acad. of Sci. of the USSR*. Vol. 408. Moscow: Nauka; 1986. 223 p. (In Russ.).

15. Geology and mineral resources of Russia: in 6 vol. Vol. 1: West of Russia and Ural. Bk. 1: West of Russia / Eds. B. V. Petrov, V. P. Kirikov. St. Petersburg: VSEGEI Publ. House; 2006. 528 p. (In Russ.).

16. Stratigraphic scheme of the Riphean and Vendian deposits of the Volga-Ural region. Explanatory note / Comp. E. M. Aksenov, V. I. Kozlov; Sci. Ed. M. A. Semikhatov, S. M. Shik. Ufa: IG URC RAS; 2000. 81 p. (In Russ.).

17. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia / S. V. Bogdanova [et al.]. *Precambrian Research*. 2008; 160 (1–2): 23–45. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.024>. (In Russ.).

18. Compiling correlation patterns of oil and gas complexes in oil and gas provinces of the Russian Federation as part of state geological mapping / S. V. Vidik [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2023; (93): 76–87. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2023_93_76-87. (In Russ.).

Павел Владимирович Химченко

Кандидат технических наук, генеральный директор

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

SPIN-код РИНЦ 5717-8897

pavel_khimchenko@karpinskyinstitute.ru

Pavel V. Khimchenko

PhD (Engineering), Director General

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

RSCI SPIN-code 5717-8897

pavel_khimchenko@karpinskyinstitute.ru

Максим Александрович Ткаченко

Кандидат геолого-минералогических наук, первый заместитель генерального директора

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-1524-617X>

ResearcherID P-9333-2017

SPIN-код РИНЦ 8128-5490

maxim_tkachenko@karpinskyinstitute.ru

Maksim A. Tkachenko

PhD (Geology and Mineralogy), First Deputy Director General

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-1524-617X>

ResearcherID P-9333-2017

RSCI SPIN-code 8128-5490

maxim_tkachenko@karpinskyinstitute.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 05.05.2025

Одобрена после рецензирования 16.06.2025

Принята к публикации 20.06.2025

Submitted 05.05.2025

Approved after reviewing 16.06.2025

Accepted for publication 20.06.2025