

УДК 551.4.04

**РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЕТОМ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР
УПРАВЛЕНИЯ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ****Соколова Н.В.***ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, e-mail: sona@ipng.ru*

В статье отражены особенности районирования территорий с учетом характера естественного управления реками. При этом реки рассматриваются как гидро- и литодинамические потоки разного ранга. Рассматриваемая проблема имеет большое практическое и теоретическое значение, поскольку способствует получению прогнозной информации о непрерывной динамике природных условий и ресурсов. Такая информация необходима при создании прогрессивных технологий недропользования, которые позволят минимизировать проявления негативных для человека природных процессов и в то же время получить дополнительную энергию. Показаны три уровня управления гидро- и литодинамическими потоками в природе (узел слияния рек, система из четырех узлов одного ранга, система из пяти областей денудации, одна из которых является центральной). В основу предлагаемого районирования заложены объективные системообразующие показатели, характеризующие механизм управления реками в природе. При районировании используются системы относительно независимых гидро- и литодинамических потоков и тальвегов. Результаты такого районирования отражены на примере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Сначала был выбран тестовый участок данной провинции в границах области денудации. В ходе районирования были определены его ранг и особенности. Показано, что каждый выделенный динамический участок (область денудации) имеет две ортогональные составляющие своего наклона в пространстве. Одну из них использует главная река, а ортогональную – ее активные притоки. Отражена практическая значимость проведенного исследования. Полученная новая информация важна для прогнозирования непрерывных изменений гидро- и литодинамических потоков, водосборных бассейнов, выявления слабых звеньев границ областей, где возможны активные перестройки рельефа земной поверхности.

Ключевые слова: тальвег, область денудации, узел слияния рек, относительно независимые гидро- и литодинамические потоки, уровень естественного управления реками

**ZONING OF TERRITORIES TAKING INTO ACCOUNT OF HYDRO
AND LITHODYNAMIC FLOWS MANAGEMENT NATURAL STRUCTURES****Sokolova N.V.***Oil and Gas Research Institute of RAS, Moscow, e-mail: sona@ipng.ru*

The article reflects the features of territories regionalization, taking into account the nature of natural river management. At the same time, rivers are considered as hydro- and lithodynamic flows of different ranks. The problem under consideration is of great practical and theoretical importance, since it contributes to obtaining predictive information about the continuous dynamics of natural conditions and resources. Such information is necessary when creating advanced technologies for subsoil use, which will minimize the manifestations of natural processes negative for humans and at the same time obtain additional energy. Three levels of hydro- and lithodynamic flows control in nature are shown (a river confluence node, a system of four nodes of the same rank, a system of five denudation areas, one which is central). The proposed regionalization is based on objective system-forming indicators characterizing the mechanism of river management in nature. When zoning, systems of relatively independent hydro- and lithodynamic flows and thalwegs are used. The results of such zoning are reflected on the example of the Timan-Pechora oil and gas province. First, a test site of this province was selected within the boundaries of the denudation area. In the course of regionalization, its rank and features were determined. It is shown that each selected dynamic area (denudation area) has two orthogonal components of its slope in space. One of them is used by the main river, and the orthogonal one is used by its active tributaries. The practical significance of the study is reflected. The new information obtained is important for predicting continuous changes in hydro- and lithodynamic flows, drainage basins, identifying weak links in the boundaries of areas where active restructuring of the earth's surface relief is possible.

Keywords: thalweg, denudation area, river confluence node, relatively independent hydro and lithodynamic flows, level of natural river management

В настоящее время как никогда требуется прогнозная информация о непрерывной динамике природных условий и ресурсов [1; 2], которая позволит определить риски землепользования и выявить в дальнейшем индикаторы развития земных недр. Такая информация будет востребована при создании прогрессивных технологий недропользования, способствующих минимизации проявлений негативных для

человека природных процессов и одновременно получению дополнительной энергии. В этом плане рассматриваемая проблема имеет важное практическое и теоретическое значение, так как в основу предлагаемого районирования закладываются объективные системообразующие показатели, характеризующие механизм управления гидро- и литодинамическими потоками в природе.

Цель исследования: районирование части территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, в основе которого лежит фактическая информация о тальвегах (линиях, соединяющих самые низкие (глубокие) точки дна долины или русла реки, оврага или балки, ледника, ложбины, лощины и других эрозионных форм рельефа [3]) и относительно независимых (параллельных с люфтом 45°) гидро- и литодинамических потоках. И те и другие управляемы в естественных условиях независимо от антропогенного фактора. Необходимо отметить непосредственную их связь с местными базисами денудации, развитием эрозионных процессов и с землетрясениями. Тальвеги в целом являются индикаторами зон разрядки геодинамических напряжений разного ранга. А индикаторами самих тальвегов выступают реки, которые рассматриваются как гидро- и литодинамические потоки (в том числе и относительно независимые) [4]. Имеется опыт подобного районирования частей Волго-Уральской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций. В предлагаемых исследованиях отражена также дополнительная информация о составляющих наклона динамических участков земной поверхности разного ранга в ортогональных плоскостях.

Материалы и методы исследований

Тальвеги изучаются в связи с конкретными водораздельными пространствами, что уменьшает значимость этих геодинамических показателей. В предлагаемых исследованиях эти объекты на земной поверхности используются в качестве самостоятельных с учетом элементов естественного управления потоками разного уровня.

В работе [5] выделены современные вертикальные и горизонтальные деформации русел рек России. На земной поверхности повсеместно функционируют узлы слияния рек (и узлы тальвегов). В каждом таком узле соединяется главная река с активным ее притоком, что является реализацией первого уровня управления потоками в природе [6]. Со временем функции потоков в узле могут меняться в определенных пределах. Второй уровень естественного управления фиксируется при объединении четырех подобных узлов. При этом две системы относительно независимых транзитных гидро- и литодинамических потоков в ортогональных плоскостях формируют на земной поверхности динамический участок определенного ранга, который

окиривают только транзитные потоки. Так как внутри него реализуются взаимосвязи противоположных по направлению активных притоков, то данный динамический участок является областью денудации. Такая область всегда определяется четырьмя характерными узлами сочленения транзитных потоков с активными их притоками, и в пределах области денудации (динамического участка) относительно крупного ранга функционируют пять динамических участков меньшего ранга, среди которых один – центральный. Центральный из них обязательно примыкает к главной реке, развивающейся в пределах области денудации [4; 6]. При этом реализуется третий уровень естественного управления гидро- и литодинамическими потоками. Такие области денудации отражают взаимодействие эндогенных и экзогенных процессов, развитие зон разрядки геодинамических напряжений в ходе непрерывного движения Земли. Подробнее об этом изложено в [6].

Каждый выделенный динамический участок имеет наклон в пространстве, характеризующийся двумя ортогональными (с люфтом 45°) составляющими, одна из них преобладающая (по площади). Преобладающую составляющую наклона использует главная река в данной области денудации, формирующая свой водосборный бассейн. Ортогональную составляющую наклона использует активный ее приток. Одновременно с этим одной из таких составляющих свойственна большая крутизна. Зачастую господствующий склон (когда преобладающая составляющая характеризуется и большей крутизной) захватывает главная река. Активные притоки к транзитным потокам, действующим в зоне границы области денудации, показывают пределы эрозионного врезания главного потока.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе районирования был выделен тестовый участок в пределах территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, включающий междуречье рр. Печоры и Колвы.

По своим показателям взаимосвязей гидро- и литодинамических потоков, действующих на земной поверхности, этот тестовый участок развивается в границах – тальвегах в рр. Усе, Печоре, Печорском море, замыкающих реках Адзье и Хайпудыре (Море-Ю). В пределах данного участ-

ка главной рекой является Колва. Именно она определяет замыкающие участки рек, активные притоки которых взаимодействуют в одной плоскости с активными притоками главной реки. В таких границах тестовый участок является областью денудации определенного ранга. При выявлении границ областей денудации использовались картографические материалы [7; 8].

В свою очередь, выделенный тестовый участок развивается в области денудации первого (условно) ранга в границах – тальвегах, которые фиксируют рр. Обь, Иртыш, Тобол (меридионального простираия), Убаган, Тургай, Аму-Дарья, Узбой, Волга, Дон, Днепр, Западная Двина, потоки в Сарыкамышской впадине, в котловинах Аральского, Каспийского, Азовского, Черного, Балтийского, Северного, Гренландского, Норвежского, Баренцевого морей, в Обской губе и Надымской Оби (рис. 1). В этой области денудации первого ранга главным гидро- и литодинамическим потоком является река Волга, индицирующая преобладающую составляющую наклона данного динамического участка (на юг). Вторую составляющую наклона (на запад) с большей крутизной характеризуют Уральские горы. Главным узлом на этом участке является узел сочленения транзитного потока (Волги) с активным его притоком (Камой). Относительно эрозионного вреза наиболее уязвимые звенья границ данной области денудации первого ранга фиксируются в местах соединения рр. Днепра и Западной Двины, Волги и Дона, Узбоя и Аму-Дарьи, Убагана и Тургая. При определенном изменении местных базисов денудации в этих местах возможны активные перестройки рельефа.

По характеру естественного управления выделенный динамический участок первого ранга (рис. 1) делится на пять подобных динамических участков второго ранга. Центральный участок (5) второго ранга примыкает к главной реке (в данном случае – к Волге), оконтурен тальвегами, которые приурочены к рр. Волге (широтного простираия), Костроме, Сухоне, Северной Двине, Вычегде, Каме. На данном центральном участке (5) второго ранга главным потоком является р. Вятка, которая показывает здесь направление господствующего (и по крутизне, и по площади распространения) склона на земной поверхности (на юг). Наиболее слабые звенья границ данной области приурочены к соединениям рр. Костромы и Сухоны,

притоков Камы и Вычегды (которые замыкают этот динамический участок). Центральный участок второго ранга (5) связан с четырьмя тальвегами (границами первого ранга) посредством рр. Волги и Северной Двины (их участков меридионального простираия), связок рр. Чусовой и Исети, Волги и Днепра (широтного простираия). К двум последним связкам приурочены наиболее слабые звенья.

На рис. 1 стрелками показаны составляющие наклона участков второго ранга (1–5) в пространстве. Тестовый участок размещается в пределах области денудации (2) второго ранга (рис. 1). Здесь преобладающую составляющую его наклона (на север) индицирует главный поток (река Печора), она противоположна по направлению наклону (в этой же плоскости) динамического участка первого ранга. Это очень важное обстоятельство. Вторая ортогональная составляющая наклона рассматриваемых участков характеризуется большей крутизной, чем первая, ее определяет западный склон Уральских гор.

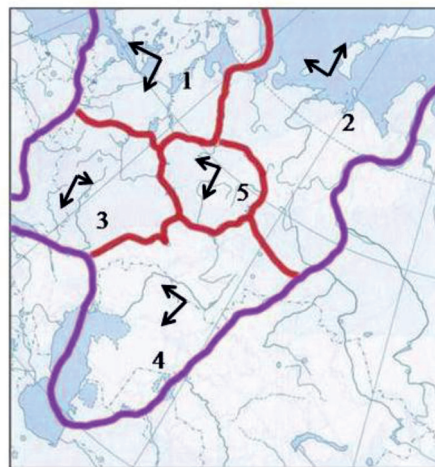


Рис. 1. Границы областей денудации первого (лиловые линии) и второго (красные линии) рангов, в которых развивается тестовый участок Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Цифры – номера динамических участков (областей денудации) второго ранга. Стрелками показаны составляющие их наклона в пространстве. В качестве основы использована контурная карта из [9]

Как показали исследования [10], транзитный поток всегда структурирован областями аккумуляции, и по ходу его усиливаются процессы денудации в на-

правлении, противоположном направлению транзитного потока, формируются своеобразные барьерные области относительного воздымания, благоприятные для развития залежей УВ. С учетом таких особенностей участок (2) второго ранга наиболее благоприятен для формирования нефтегазовых залежей. Здесь уже открыты и разрабатываются крупнейшие месторождения углеводородов.

На рис. 2 отображены динамические участки третьего ранга, развивающиеся в пределах области денудации (2) второго ранга (рис. 1). Выбранный нами тестовый участок оказался центральной областью денудации (2Д) третьего ранга, которая оконтурена рр. Печорой, Усой, Адзвой, Хайпудырой и тальвегом в Печорском море. В свою очередь, этот динамический участок третьего ранга связан с четырьмя тальвегами второго ранга посредством Печоры (и ее продолжения в Баренцевом море вдоль о. Новая Земля), Усы и связки рек Сулы и Индиги (и ее продолжения в Баренцевом море). Относительно эрозионного вреза наиболее уязвимым звеном границ данной области денудации (2Д) третьего ранга является место соединения замыкающих противоположных потоков (рр. Адзвы и Хайпудыры).

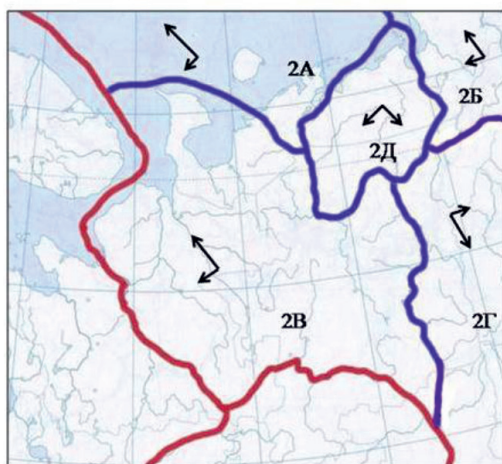


Рис. 2. Границы областей денудации второго (красные линии) и третьего (синие линии) рангов, в которых развивается тестовый участок Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Цифра и буквы обозначают динамические участки (области денудации) третьего ранга. Стрелками показаны составляющие их наклона в пространстве. См. также рис. 1. В качестве основы использована контурная карта из [9]

На рис. 2 одну из составляющих наклона тестового участка на юг, которая противоположна направлению наклона участка (2) второго ранга в этой же плоскости (рис. 1), индицирует река Колва. Вторая составляющая наклонов участков (2А, 2Б, 2В, 2Д) одинаковая по направлению (на запад), но разная по крутизне. Особенностью участка (2Д) третьего ранга является то, что составляющая его наклона, которую использует главная река Колва, характеризуется и большей крутизной.

С учетом [11] проекции центрального динамического участка (2Д) третьего ранга на поверхность фундамента (а также кровли разновозрастных ордовикско-силурийско-нижнедевонских отложений, подошвы доманикового горизонта верхнего девона, подошвы визейского яруса нижнего карбона) имеют одинаковое направление господствующего склона – на юг-юго-восток. Вторая составляющая наклона этого участка (точнее, его проекции) на данных уровнях одинаковая (на восток) и противоположна по направлению подобной на земной поверхности.

Большую часть тестового участка третьего ранга занимает Печоро-Колвинская нефтегазоносная область [12; 13], которая является одной из самых продуктивных и перспективных в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. На тестовом участке основной массив выявленных месторождений УВ находится в восточной ее части, в сфере действия главной реки Колвы и других потоков южного направления. Тестовый участок включает и относительно небольшую северную часть Ижма-Печорской нефтегазоносной области. Согласно [12], на севере Ижма-Печорской нефтегазоносной области промышленные скопления нефти и газа не установлены. На земной поверхности это касается области денудации четвертого ранга, оконтуренной рр. Печорой (широтного и меридионального простирания), Шапкина, Лаей. Составляющие наклона данной области – на запад и на север. В пределах этого динамического участка практически не просматривается главная река, а границы центральной области денудации пятого ранга имеют четыре слабых звена. Данное обстоятельство свидетельствует об относительно слабом управлении такого центрального динамического участка в естественных условиях. Этот участок пятого ранга проецируется на поверхность фундамента и на другие отмеченные выше промежуточные уров-

ни [11] локальными замкнутыми понижениями в рельефе. Наряду с этим, к примеру, по соседству развиваются крупные нефтяные месторождения Возейское и Усинское, которые проецируются на земную поверхность областями денудации пятого ранга (и ниже) с соответствующими составляющими наклона на юго-запад и юго-восток. Проекция их на кровлю разновозрастных ордовикско-силурийско-нижнедевонских отложений, на подошвы доманикового горизонта верхнего девона и визейского яруса нижнего карбона – это также области денудации с разными границами своего распространения, а на поверхность фундамента – локальные замкнутые понижения.

Выводы

На основе фактических данных о тальвегах и об уровнях естественного управления гидро- и литодинамическими потоками, в том числе и реками, проведено районирование части территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. В ходе такого районирования в ней впервые выявлены области денудации. Четкими границами каждой из них являются тальвеги, которые приурочены к системам транзитных относительно независимых (в ортогональных плоскостях) гидро- и литодинамических потоков. При этом их активные притоки развиваются внутри такой области (динамического участка). На земной поверхности выделены динамические участки разного ранга, для которых характерны конкретные направления наклона в пространстве. Наклон имеет две составляющие. Одну из них использует главная река в пределах области денудации, а вторую – активные ее притоки. Главная река может индентифицировать господствующий склон (по площади распространения и максимальной его крутизне) или преобладающую составляющую наклона участка с меньшей крутизной склона. Примером первого варианта является тестовый участок (2Д) третьего ранга с главной рекой Колвой, а второго – область денудации № 2 второго ранга с главной рекой Печорой. Наиболее интересными для нефтегазовой практики являются динамические участки, наклон которых (в той же плоскости) противоположен наклону участка более высокого ранга (рис. 1–2).

В ходе сопряженного анализа результатов районирования и данных геологических структурных карт появляется возможность проследить изменения рельефа на разных уровнях и выявить зоны, где раз-

виваются процессы разуплотнения и создаются благоприятные условия для формирования залежей углеводородов.

Районирование с учетом структур естественного управления гидро- и литодинамическими потоками способствует выявлению слабых звеньев границ областей денудации разного ранга, где возможны перестройки рельефа, при которых в определенных узлах слияния рек меняются местные базисы денудации. Это приводит к углублению отдельных участков тальвегов, и в конечном итоге – к землетрясениям [14]. Ортогональные составляющие наклона выделенных динамических участков позволяют определить возможные будущие перестройки главных рек. Полученную новую информацию целесообразно также использовать при изучении динамики водосборных бассейнов, потенциальных возможностей трансформации систем естественного управления потоками земного вещества разного ранга.

Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)», № АААА-А19-119013190038-2).

Список литературы / References

- Орлов В.И. Динамическая география. М.: Научный мир, 2006. 594 с.
- Orlov V.I. Dynamic geography. M.: Nauchny'j mir, 2006. 594 p. (in Russian).
- Миртова И.А., Соколова Н.В. Выявление характера непрерывных естественных изменений природных объектов по аэро- и космическим снимкам // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 2. С. 40–46.
- Mirtova I., Sokolova N. Detecting patterns of continuous natural changes in environment by means of aerial and space imagery // Izvestia vuzov. Geodesy and aerophotosurveying. 2015. № 2. P. 40–46 (in Russian).
- Географический словарь: все термины по алфавиту. [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosystema.ru> (дата обращения: 04.09.2020).
- Geographical Dictionary: all terms alphabetically. [Electronic resource]. URL: <http://ecosystema.ru> (date of access: 04.09.2020) (in Russian).
- Соколова Н.В. О роли единой системы непрерывных потоков вещества разного ранга в формировании внутренней структуры Земли // Актуальные проблемы нефти и газа. 2017. № 1(16). [Электронный ресурс]. URL: <https://oilgasjournal.ru> (дата обращения: 04.09.2020). DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2017-16.art12.
- Sokolova N. V. The entire System of the Continuous streams of matter of various ranks and its Role in the Formation of the Earth's inner Structure // Actual Problems of Oil and Gas. 2017. № 1(16). [Electronic resource]. URL: <https://oilgasjournal.ru> (date of access: 04.09.2020) (in Russian).
- Алексеевский Н.И., Беркович К.М., Чалов П.С., Чалов С.Р. Пространственно-временная изменчивость русловых деформаций на реках России // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 13–21.

- Alekseevskii N.I., Berkovich K.M., Chalov R.S., Chalov S.R. Spatiotemporal variability in channel Deformations on Rivers of Russia // *Geography and natural resources*. 2012. № 33. P. 192–199. DOI: 10.1134/S187537281203002X.
6. Соколова Н.В. О зоне разрядки геодинамических напряжений в Арктике // *Международный журнал социальных и естественных наук*. 2020. № 3–1. С. 73–79. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10208.
- Sokolova N.V. About geodynamic voltage zone of large rank in the Arctic // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2020. № 3-1. P. 73–79 (in Russian).
7. Атлас мира / Отв. ред. А.Н. Баранов. М.: ГУГК при МВД СССР, 1954. 165 с.
- Atlas of World / Отв. ред. А.Н. Баранов. М.: GUGK pri MVD SSSR, 1954. 165 p. (in Russian).
8. Карты генштаба СССР – архив топографических карт. [Электронный ресурс]. URL: <http://satmaps.info> (дата обращения: 01.09.2020).
- USSR General Staff maps – archive of topographic maps. [Electronic resource]. URL: <http://satmaps.info> (date of access: 01.09.2020) (in Russian).
9. Контурная карта России. [Электронный ресурс]. URL: <http://GEO10.ru> (дата обращения: 04.09.2020).
- Outline map of Russia. [Electronic resource]. URL: <http://GEO10.ru> (date of access: 04.09.2020) (in Russian).
10. Орлов В.И., Соколова Н.В. Значение динамических границ и зон максимальных напряжений для топографо-геодезических исследований // *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. 1992. № 6. С. 114–127.
- Orlov V.I., Sokolova N.V. The value of dynamic boundaries and zones of maximum stress for topographic and geodetic studies // *Izvestia vuzov. Geodesy and aerophotosurveying*. 1992. № 6. P. 114–127 (in Russian).
11. Богацкий В.И., Галкина Л.В., Довжикова Е.Г., Ермакова О.Л., Костыгова П.К., Куранова П.К., Ларионова З.В., Ласкин В.М., Мартынов А.В., Москаленко К.А., Никонов Н.И., Панкратов Ю.А., Петренко Е.Л., Попова Е.В., Сурина А.И., Шабанова Г.А. Тимано-Печорский седиментационный бассейн: Альбом литолого-фациальных, структурных и палеогеологических карт. Ухта: ТП НИЦ, 2000. 132 с.
- Bogatskiy V.I., Galkina L.V., Dovzhikova Ye.G., Yermakova O.L., Kostygova P.K., Kuranova P.K., Larionova Z.V., Laskin V.M., Martynov A.V., Moskalenko K.A., Nikonov N.I., Pankratov YU.A., Petrenko Ye.L., Popova Ye.V., Surina A.I., Shabanova G.A. Timan-Pechora sedimentary basin: Album of lithological-facies, structural and paleogeological maps. Uhta: TP NICz, 2000. 132 p. (in Russian).
12. Прищепа О.М., Богацкий В.И., Макаревич В.Н., Чумакова О.В., Никонов Н.И., Куранов А.В., Богданов М.М. Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2011. Т. 6. № 4. [Электронный ресурс]. URL: https://ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf (дата обращения: 04.09.2020).
- Prishchepa O.M., Bogatskiy V.I., Makarevich V.N., Chumakova O.V., Nikonov N.I., Kuranov A.V., Bogdanov M.M. The Timan-Pechora oil-bearing Province – new tectonical insight // *Neftegasovaa geologiâ. Teoriâ i practika*. 2011. V. 6. № 4. [Electronic resource]. URL: https://ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf (date of access: 04.09.2020) (in Russian).
13. Прищепа О.М., Баженова Т.К., Богацкий В.И. Нефтегазоносные системы Тимано-Печорского осадочного бассейна (включая акваториальную печороморскую часть) // *Геология и геофизика*. 2011. Т. 52. № 8. С. 1129–1150.
- Prishchepa O.M., Bazhenova T.K., Bogatsky V.I. Petroleum systems of the Timan-Pechora sedimentary Basin (including the offshore Pechora Sea) // *Russian Geology and Geophysics*. 2011. V. 52. № 8. P. 888–905. DOI: 10.1016/j.rgg.2011.07.011.
14. Smaglichenko T.A., Sokolova N.V., Smaglichenko A.V., Genkin A.L., Sayankina M.K. Gradient Models of Geological Medium to Safety of Large-Scale Fuel-Energy Systems. Proceedings of 2019 Eleventh International Conference «Management of large-scale system development» (MLSD). Moscow (October, 2019). IEEE Publisher, 2019. DOI: 10.1109/MLSD.2019.8911061.