

УДК 551.4

ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР, УПРАВЛЯЮЩИХ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ РАЗНОГО РАНГА (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ)

Соколова Н.В.

ФГБУН «Институт проблем нефти и газа» РАН, Москва, e-mail: sona@ipng.ru

Статья посвящена актуальной проблеме непрерывных изменений рельефа земной поверхности. При ее решении на первый план необходимо выдвигать не сами формы рельефа, а процессы, их создающие. Индикаторами господствующего процесса уплотнения вещества к центру Земли являются узлы тальвегов. К узлам тальвегов приурочены узлы слияния рек, сочленения транзитного потока и активного притока к нему. Это является первым уровнем естественного управления гидро- и литодинамическими потоками. Тальвеги, к которым приурочены транзитные потоки, огибают области денудации. При этом все активные притоки действуют внутри данной области и зависят от динамики местных базисов денудации в транзитных потоках. Данные области денудации являются природными структурами управления гидро- и литодинамическими потоками разного ранга. В статье рассмотрены особенности выявления таких структур в южной части Московской синеклизы. Области денудации позволяют определить места возможных перестроек рельефа и активизации эрозионных процессов. Показан тип взаимодействия транзитного потока с активными притоками, при котором замыкающие структуру (область денудации) потоки функционируют в ортогональных плоскостях. При выделении естественных структур управления использовались общегеографические карты разного масштаба и приемы районирования. Выявление областей денудации разного ранга проводилось с учетом крупных тальвегов, относительно независимых транзитных потоков, системы естественного управления потоками в узлах тальвегов, пределов замыкания ими областей денудации и предела врезания самого протяженного активного притока внутри выделяемой структуры. В ходе исследований было установлено, что деформация и современные изменения формы выделенной структуры естественного управления третьего ранга, а также функционирование рек Клязьмы и Москвы внутри этой области зависят от особенностей развития трапповых формаций в Московской синеклизе. Их необходимо учитывать при освоении рассматриваемой территории.

Ключевые слова: узел тальвегов, относительно независимые гидро- и литодинамические потоки, области денудации, структура управления потоками, Московская синеклиза, трапповые формации, дегазация Земли

THE CHANGES OF NATURAL STRUCTURES CONTROLLING HYDRO AND LITHODYNAMIC FLOWS OF DIFFERENT RANK (ON THE EXAMPLE MOSCOW SYNECLISE)

Sokolova N.V.

Oil and Gas Research Institute of RAS, Moscow, e-mail: sona@ipng.ru

The article is devoted to the actual problem of continuous changes in the relief of the earth's surface. When solving it, it is necessary to bring to the fore not the forms of relief themselves, but the processes that create them. The thalwegs nodes are indicators of the matter dominant compaction to the center of the Earth. The nodes of the rivers confluence, junction of the transit stream and the active inflow to it are confined to the thalwegs nodes. This is the first level of hydro and lithodynamic flows natural control. Thalwegs, transit flows outline the areas of denudation. Wherein, all active tributaries act in this area, and each of them depends on the changes of local denudation base. These denudation areas are natural structures of the hydro and lithodynamic flows management of various ranks. The article discusses the features of identifying such structures in the southern part of the Moscow syncline. Such denudation areas make it possible to determine the vulnerabilities of the possible relief restructuring and erosion processes activation. The type of a transit flow interaction with active inflows is shown, in which flows closing the structure (denudation area) function in orthogonal planes. When identifying natural control structures the general geographic maps of various scales and zoning techniques were used. Identification of different ranks denudation areas was carried out taking into account large thalwegs, relatively independent transit flows, the system of flows natural control at the thalwegs nodes, the denudation areas closing and the longest active inflow within the allocated structure. In the research course, it was found that the deformation and modern changes of the third rank natural control structure, as well as functioning the Klyazma and Moscow rivers within this area, depend on the trapp formations development features in the Moscow syncline. They must be taken into account when developing the territory under consideration.

Keywords: thalwegs node, relatively independent hydro- and lithodynamic flows, denudation areas, flows control natural structure, Moscow syncline, trapp formations, Earth degassing

В последнее время на земной поверхности участились землетрясения, наводнения, торнадо, природные пожары, резкие изменения климата и другие негативные (для биосферы) процессы. Человечество оказалось к ним совершенно не готово. Оно

научилось пока только фиксировать последствия данных процессов и предсказывать их за непродолжительное время, за которое трудно что-либо предпринять [1].

Из-за незнания закономерностей изменений непрерывного движения Земли соци-

ум даже не представляет масштаба реальных угроз своему существованию. Чтобы у человечества появились перспективы выживания на Земле в будущем, ему необходимы новые технологии природопользования, которые бы не позволяли проявляться негативным природно-антропогенным процессам (загодя выводили их энергию из господствующего естественного круговорота веществ определенного ранга) и учитывали пределы антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Для разработки таких прогрессивных наукоемких технологий нужна информация о непрерывной геодинамике и об уровнях естественного управления гидро- и литодинамическими потоками. От них зависит, в частности, развитие рельефа земной поверхности и опасных эрозионных процессов. Согласно [2], процессы стока и эрозии, связанные с функционированием как рек, так и вулканов, могут вызывать необратимые структурные изменения, которые можно обнаружить по геофизическим данным. С другой стороны, крупные атмосферные явления способствуют изменению форм рельефа, в том числе дельт рек [3].

В этих условиях недостаточно изучать, к примеру, просто климатические изменения в отрыве от других природных и природно-антропогенных преобразований. Как отмечал академик В.И. Вернадский [4], необходимо исследовать взаимодействия всех геосфер и эволюцию ноосферы. В недрах Земли присутствует область былых биосфер. «В гуще, в интенсивности и в сложности современной жизни человек практически забывает, что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, неразрывно связаны с биосферой – с определенной частью планеты, на которой они живут. Они – геологически закономерны связаны с ее материально-энергетической структурой» [4, с. 8].

Поэтому на первый план целесообразно выдвигать изменения не самих природных объектов, а создающих их противоположных процессов усиления уплотнения или разуплотнения, денудации или аккумуляции земного вещества разного ранга.

Еще в прошлом столетии известный российский ученый-геоморфолог И.С. Щукин в своих работах отмечал, что главной движущей силой в процессах денудации является сила тяжести. От нее зависит и работа водотоков [5].

Системообразующими показателями непрерывных изменений природной среды

являются узлы гидро- и литодинамических потоков (в том числе рек) [6]. Узлы слияния рек могут непрерывно перестраиваться в определенных пределах [7].

Гидро- и литодинамические потоки приурочены к тальвегам (линиям, соединяющим самые низкие точки дна русел рек и других эрозионных форм [8]) и зонам разрядки геодинамических напряжений, потенциальных разрывов земного вещества [6]. В зоне разрядки геодинамических напряжений разного ранга действует канал уплотняющегося (в направлении от дневной поверхности к центру Земли) вещества, ограниченный с обеих сторон двумя параллельными тальвегами. Один из них – главный, способный перестраиваться в пределах русла реки. Тальвеги отражают особенности изменения рельефа земной поверхности и господствующего процесса усиления уплотнения вещества к центру Земли. Такой статус этого процесса подтверждают и исследования [9].

Цель исследования – выявить структуры, управляющие относительно независимыми гидро- и литодинамическими потоками, и характер их изменения в пределах южной части Московской синеклизы.

Материалы и методы исследования

Как показали исследования [10, 11], к каждому узлу сочленения транзитного потока с активным его притоком, где фиксируется первый естественный уровень управления ими, приурочена воронка. В воронке действует базис денудации [12], от изменения которого зависит развитие втекающих в нее потоков. При повышении базиса денудации втекающие в воронку потоки ослабевают, а вытекающий (транзитный) – усиливается. При понижении базиса денудации усиливаются втекающие в воронку потоки, а вытекающий – ослабевает. Чтобы функционировала река, необходим колебательный режим изменения местных базисов денудации (при превалировании их понижения).

В зависимости от характера изменения местных базисов денудации и противоположных процессов усиления денудации или усиления аккумуляции в относительно широком диапазоне непрерывно изменяются и преобразуются объекты на земной поверхности. Современные данные о ходе развития природы позволяют получать более полную информацию о природных условиях и ресурсах того или иного региона [13].

Транзитного потока без приточных систем (пусть минимальных) в природе не бывает. Вместе они задают ортогональ-

ные (с люфтом 45°) плоскости движений, при учете которых и выявляются динамические участки разного ранга. Так как такой динамический участок оконтурен транзитными потоками, а внутри функционируют только активные притоки к его границам, то он является областью денудации.

Взаимодействие транзитного потока с активными его притоками может быть двух типов. Один из таких типов рассмотрен в [10] на примере рек Печоры и Усы. В этом случае замыкающие участок противоположные по направлению водотоки функционируют в одной плоскости.

На рис. 1 показан второй тип такого взаимодействия транзитного потока (красная линия) с активными его притоками (синие линии). При этом замыкающие участок АБВГ водотоки функционируют в ортогональных плоскостях. Две его границы (АГ и ВГ) принадлежат транзитному потоку, а две другие (АБ и БВ) – его активным притокам.

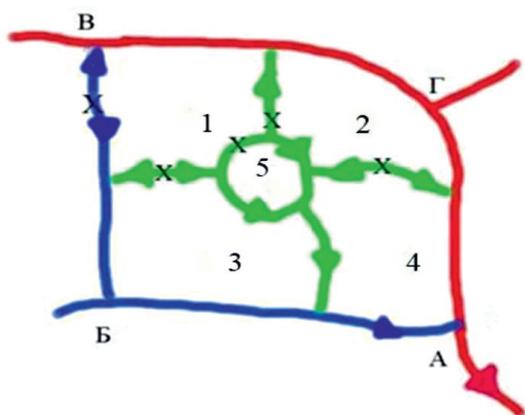


Рис. 1. Границы динамических участков разного ранга (условно): второго (темно-красные), третьего (синие), четвертого (зеленые) линии. (1–5) – номера динамических участков четвертого ранга (стрелки – направления гидро- и литодинамических потоков разного ранга). А–Г – узлы сочленения гидро- и литодинамических потоков третьего ранга. Штрихи – наиболее уязвимые места границ областей денудации, где возможны перестройки гидро- и литодинамических потоков и активизация эрозионных процессов

Динамический участок определенного ранга – это второй, более сложный естественный уровень управления. Границами динамического участка служат тальвеги и относительно независимые (параллельные с люфтом 45°) транзитные гидро- и лито-

динамические потоки, функционирующие на земной поверхности. На границах этого участка фиксируются другие подобные узлы транзитного потока с его активными притоками более низкого ранга, развивающимися внутри данной области денудации (рис. 1). Из-за более активного понижения конкретного местного базиса денудации самый крупный из них может быть врезан глубже, чем транзитные потоки на границе.

Таким образом, область денудации конкретного ранга является естественной структурой, управляющей гидро- и литодинамическими потоками внутри нее. Объединение пяти динамических участков (один из которых центральный) характеризует третий уровень естественного управления потоками на земной поверхности.

При определении характера естественного управления ими использовались общегеографические карты разного масштаба [11], а также приемы районирования, показанные в [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим тип взаимодействия транзитного потока и активных его притоков разного ранга (рис. 1) на конкретном примере динамического участка в южной части Московской синеклизы (рис. 2). В качестве основы использовалась контурная карта [14].

Данный динамический участок третьего ранга (АБ₀В₀Г₀) развивается, согласно [10], в пределах подобного участка второго ранга, оконтуренного р. Доном (широтного простираения), Волгой, Вазузой, Днепром и связующими их тальвегами в Азовском и Черном морях. Границами этого участка третьего ранга (с учетом самого крупного здесь притока – р. Клязьмы, пределов врезания р. Москвы и замыкания участка р. Угрой, а также характера управления потоками в узлах их сочленения) являются тальвеги в р. Волге (субширотного и субмеридионального простираения), Вазузе, Оке (субширотного простираения), Угре, Жижале и Касне.

Рассматриваемый участок третьего ранга разделяется на пять областей денудации более низкого четвертого ранга (1–5). Нумерация этих динамических участков дана с учетом наиболее протяженного активного притока внутри него – р. Клязьмы (рис. 2), а узлы четвертого ранга определялись с учетом самых крупных врезов в ортогональных плоскостях (р. Клязьмы, Москвы (субширотного и субмеридионального простираения), Дубны).

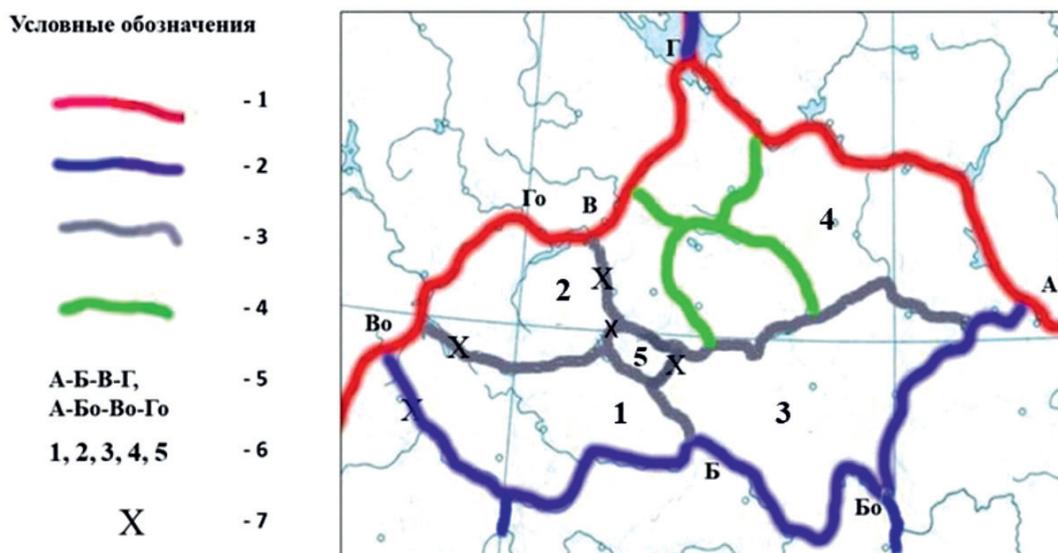


Рис. 2. Границы динамических участков (областей денудации) разного ранга 1–3 – границы второго, третьего и четвертого рангов (с учетом [10]); 4 – отдельные границы четвертого ранга, действовавшие до деформации динамического участка третьего ранга; 5 – узлы сочленения тальвегов третьего ранга до деформации данного участка и после его деформации; 6 – номера областей денудации четвертого ранга; 7 – уязвимые места границ динамических участков, где возможна активизация эрозионных процессов. В качестве основы использован фрагмент контурной карты центральной России [14]

Естественные структуры управления потоками четвертого ранга очень разные по своим размерам. Самой крупной из них является область денудации № 4 (в границах р. Волги субширотного и субмеридионального простирания, Дубны, Шерны (и Молокчи), Клязьмы, Оки).

Центральная область денудации четвертого ранга № 5 примыкает к транзитному потоку – р. Клязьме (рис. 2) и околонуена р. Клязьмой, Москвой и связующими их притоками. На замыкание области денудации № 3 четвертого ранга работает участок Москва-реки до узла ее соединения с р. Нерской. После этого узла р. Клязьма и Москва развиваются параллельно друг другу.

Динамический участок третьего ранга (рис. 2) имеет вытянутую форму, свидетельствующую о его сжатии в субмеридиональном направлении и растяжении – преимущественно в субширотном. Ось максимального его сжатия (рис. 3) соединяет две точки: одну – максимально вдающуюся (где заканчивается канал Москва – Волга) и одну – максимально выдающуюся (в узле сочленения р. Оки и Пары). При этом процесс сжатия участка с северо-запада до р. Клязьмы инициирует процесс

его растяжения вдоль оси, которая проходит через узлы слияния Касни с Вазузой (В₀) и Оки с Волгой (А).

Процесс сжатия данного динамического участка третьего ранга с северо-запада способствует формированию в его пределах крупных активных притоков субширотного простирания (р. Клязьмы и Москвы). Зависимый процесс растяжения определяет развитие внутри данного участка зон разрядки геодинамических напряжений и потоков преимущественно субмеридионального простирания. Данная деформация привела к переформированию узлов (БВГ) сочленения гидро- и литодинамических потоков третьего ранга (рис. 1, 2).

При сопоставлении современных границ динамического участка третьего ранга, оси максимального его сжатия (рис. 3) с данными о расположении трапповых формаций [15] оказалось, что последние определяют режим деформации отмеченной области денудации. Траппы формируются на определенной глубине в виде полос северо-восточного и юго-западного простирания, перпендикулярных (с люфтом меньше 45°) оси максимального сжатия динамического участка третьего ранга.

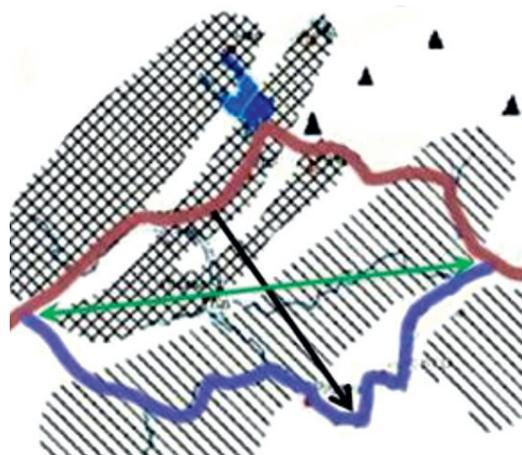


Рис. 3. Взаимное расположение границ динамического участка третьего (условно) ранга (рис. 2) и траптовых формаций (по данным А.П. Шиловского [15]). Черной линией со стрелкой показано направление максимального сжатия, а зеленой линией со стрелками – ось максимального растяжения данного динамического участка. В качестве основы использован рисунок, приведенный в работе [15], штриховка – траптовые формации

Обращает на себя внимание тот факт, что два самых крупных водотока в пределах рассматриваемой области денудации (р. Клязьма и Москва) также зависят от развития траптовых формаций. При этом р. Клязьма и Москва-река (субмеридионального простирания) совпадают с траптовой формацией, а Москва-река (субширотный ее участок) – расположена между двумя полосами траппов (рис. 3).

Согласно исследованиям [15, 16] рассматриваемый участок Московской синеклизы размещается в зоне распространения процессов траппового магматизма нижнедевонского возраста. Додевонская толща в пределах Московской синеклизы неоднородна. Процессы траппового магматизма выражаются в формировании в средней части разреза осадочной толщи кристаллической покрывки, которая, в свою очередь, экранирует глубинные тепловые потоки и способствует генерации газов.

В области максимального сжатия динамического участка третьего ранга, близ пересечения ее с зависимой зоной максимального растяжения, в пределах участка № 3 (рис. 2, 3) создается самое напряженное геодинамическое состояние недр, усиливаются процессы дегазации, проявления которых зафиксированы по материалам дистанционного зондирования Земли [17]. Здесь формируются условия для развития потенциальных природных очагов самовозгорания.

Заключение

В пределах рассматриваемой части Московской синеклизы выявлены области денудации (динамические участки) третьего и четвертого рангов. Форма участка третьего ранга отражает характер его изменения в зависимости от динамики траптовых формаций.

Функционирование самых крупных рек (Клязьмы и Москвы) в пределах данного участка также зависит от характера распространения траптовых формаций, ориентированных с юго-запада на северо-восток. Их развитие в сферах действия р. Клязьмы и р. Москвы отличается. Траппы в сфере влияния р. Москвы (субширотного простирания) уплотняются и формируют плотную покрывку (необходимую для образования залежей нефти и газа [16]), а в сфере р. Клязьмы – разуплотняются (там активно развиваются процессы дегазации и заболачивания). Полученная информация очень актуальна также для изучения изменений естественных условий функционирования Калужского подземного хранилища газа (ПХГ) в пределах области денудации четвертого ранга № 1.

Нумерация динамических участков четвертого ранга с учетом главного притока позволяет целенаправленно изучать его непрерывные изменения (в том числе уменьшение или увеличение (по площади распространения и скоростям) приточной

системы к нему). При его ослаблении появляется возможность для усиления трех остальных врезов и формирования нового наиболее крупного (по протяженности) активного притока в данной области денудации третьего ранга.

Проблема обеспечения пожарной безопасности в пределах участка № 3 является очень актуальной и одной из самых сложных. Как показали исследования [17], природные очаги самовозгорания формируются в переосушенных переходных зонах между торфяниками и лесными насаждениями, где функционируют транзитные потоки низкого ранга. При выявлении областей денудации низкого ранга появляется возможность разработки прогрессивной технологии недопущения распространения здесь пожаров и задымления.

На самом крупном по площади динамическом участке № 4 четвертого ранга наблюдается большое скопление текучих поверхностных вод (без застойных явлений, которые, наоборот, широко распространены на соседнем участке № 3). До деформации участка третьего ранга здесь функционировала центральная область денудации четвертого ранга (рис. 2, зеленая линия). Так как ее элементы не только сохраняются, но и участвуют в формировании областей денудации низкого ранга, то необходимы исследования возможностей реанимации прежних границ динамического участка третьего ранга.

Область денудации четвертого ранга № 5 находится в сфере влияния канала разуплотнения земного вещества третьего ранга, функционирующего на глубине. Эта информация актуальна для разработки технологии сохранения надежной крыши над данным каналом, недопущения увеличения ее проницаемости в условиях усиления углеводородной дегазации Земли [18].

Выявленные тальвеги разного ранга позволяют получить информацию о слабых звеньях границ областей денудации, где возможна активизация эрозионных процессов.

Таким образом, исследования показывают, что осваивать области денудации третьего и четвертого ранга здесь необходимо с учетом не только характера естественно-управления гидро- и литодинамическими потоками, но и непрерывной динамики трапповых формаций.

Статья написана в рамках выполнения госзадания (тема «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундамен-

тальные, поисковые и прикладные исследования)», № АААА- А19-119013190038-2).

Список литературы / References

1. Cornwall W. Europe's deadly floods leave scientists stunned. *Science*. 2021. Vol. 373. Is. 6553. P. 372–373. DOI: 10.1126/science.373.6553.372.
2. Fee D., Haney M.M., Matoza R.S. et al. Volcanic tremor and plume height hysteresis from Pavlof Volcano, Alaska. *Science*. 2017. Vol. 355. Is. 6320. P. 45–48. DOI: 10.1126/science.aah6108.
3. Wang Jie, Dai Z., Mei X., Fagherazzi S. Tropical Cyclones Significantly Alleviate Mega-Deltaic Erosion Induced by High Riverine Flow. *Geophysical Research Letters*. 2020. Vol. 47. Is. 19. DOI: 10.1029/2020GL089065.
4. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Ноосферные исследования. 2013. Вып. 1 (3). С. 6–17.
5. Vernadskiy V.I. A few words about the noosphere // Noosfernye issledovaniya. 2013. Vyp. 1 (3). P. 6–17 (in Russian).
5. Рычагов Г.И., Мысливец В.И., Больсов С.И. Полвека изданию уникальной книги И.С. Щукина // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. 2013. № 4. С. 88–93.
6. Rychagov G.I., Myslivets V.I., Bolysov S.I. Half a century for the publication of a unique book by I.S. Shukin // Vestnik Moskovskogo un-ta. Seriya 5. Geografiya. 2013. № 4. P. 88–93 (in Russian).
6. Соколова Н.В. Изучение условий формирования месторождений углеводородов с учетом пространственной самоорганизации потоков земного вещества разного ранга // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. Вып. 4 (23). [Электронный ресурс]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (дата обращения: 11.07.2021). DOI: 10.29222/tpng.2078-5712.2018-23.art47.
7. Sokolova N.V. The Study of Hydrocarbon fields formation consequences with due regard for Earth substance flows self-organization // Aktual'nyye problemy nefti i gaza. 2018. Vyp. 4 (23). [Electronic resource]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (date of access: 11.07.2021). DOI: 10.29222/tpng.2078-5712.2018-23.art47 (in Russian).
7. Алексеевский Н.И., Беркович К.М., Чалов Р.С., Чалов С.Р. Пространственно-временная изменчивость русловых деформаций на реках России // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 13–21.
8. Alekseevskiy N.I., Berkovich K.M., Chalov R.S., Chalov S.R. Spatiotemporal variability in channel Deformations on Rivers of Russia // Geografiya i prirodnyye resursy. 2012. № 3. P. 192–199 (in Russian).
8. Географический словарь: все термины по алфавиту [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosystema.ru> (дата обращения: 10.07.2021).
9. Geographical dictionary: all terms alphabetically [Electronic resource]. URL: <http://ecosystema.ru> (date of access: 10.07.2021) (in Russian).
9. Kholodov V.N. Clarifying the Definition of a sedimentary rock and the thermodynamic Environment in the lower Stratosphere. *Moscow University Geology Bulletin*. 2015. Vol. 70. № 4. P. 350–353. DOI: 10.3103/S0145875215040043.
10. Соколова Н.В. Районирование территорий с учетом природных структур управления гидро- и литодинамическими потоками // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 100–105.
11. Sokolova N.V. Zoning of Territories taking into account the natural Structures of control hydro and lithodynamic flows // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. № 9. P. 100–105 (in Russian).
11. Атлас мира / Отв. ред. А.Н. Баранов. М.: ГУГК при МВД СССР, 1954.
12. Atlas of the world / Otv. red. A.N. Baranov. M.: GUGK pri MVD SSSR, 1954 (in Russian).
12. Пенк В. Морфологический анализ / Пер. Ю.Я. Ретеюма; под ред. М.В. Пиотровского. М.: Гос. Изд-во геогр. лит-ры, 1961. 369 с.

- Penk V. Morphological analysis / Per. Yu.Ya. Reteuyuma; pod red. M.V. Piotrovskogo. M.: Gos. Izd-vo geogr. lit-ry, 1961. 369 p. (in Russian).
13. 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).
14. Контурная карта Центральной России [Электронный ресурс]. URL: <http://contur-map.ru> (дата обращения: 04.07.2021).
- Contour map of Central Russia [Electronic resource]. URL: <http://contur-map.ru> (date of access: 04.07.2021) (in Russian).
15. Шиловский А.П. Незабитые запасы углеводородов: недра московского осадочного бассейна. 9 апр. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru> (дата обращения: 10.07.2021).
- Shilovskiy A.P. Unexplored hydrocarbon reserves: bowels of the Moscow sedimentary basin. 9 apr. 2018. [Electronic resource]. URL: <https://regnum.ru> (date of access: 10.07.2021) (in Russian).
16. Шиловский А.П. Траппы на Восточно-Европейской платформе // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 8. С. 11–13.
- Shilovsky A.P. Traprocks of East-European platform // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. 2009. № 8. P. 11–13 (in Russian).
17. 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.A., Sokolova N.V. Revealing the nature of continuous natural changes in natural objects from aerial and satellite images // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosyemka. 2015. № 2. P. 40–46 (in Russian).
18. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М., Родкин М.В. Изотопно-геохимические показатели глубинности процессов нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 4 (27). [Электронный ресурс]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (дата обращения: 25.07.2021). DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art21.
- Dmitrievskiy A.N., Valyaev B.M., Rodkin M.V. Isotope-geochemical indicators of the depth of oil and gas genesis and accumulation // Aktual'nyye problemy nefiti i gaza. 2019. Vyp. 4 (27). [Electronic resource]. URL: <http://oilgasjournal.ru/> (date of access: 25.07.2021). DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2019-27.art21 (in Russian).