

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ОПЫТ, ОРГАНИЗАЦИЯ, ЭКСПЕРТИЗА

**Е.Г. Мирлин**, глав. науч. сотр. Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского Российской Академии наук, д-р геол.-минер. наук, [egmmir@gmail.com](mailto:egmmir@gmail.com)

*Автор приобрел опыт междисциплинарных исследований, изучая особенности формирования океанских впадин. Было установлено, что особенности океаногенеза обусловлены движениями вихревого типа в твердой оболочке Земли – литосфере, сходными с теми, которыми охвачена газообразная оболочка – атмосфера, но гораздо более медленными. С целью изучения вихревых движений был сформирован междисциплинарный творческий коллектив, благодаря чему определены основные параметры кинематики вихревых движений и вихревых структур. На основе приобретенного опыта предложена форма организации междисциплинарных творческих коллективов, включающих в себя представителей различных научных дисциплин, а также проведения экспертизы междисциплинарных научных проектов.*

**Ключевые слова:** Междисциплинарные исследования, вихревые движения, спрединг, организация научных исследований, экспертиза.

## INTERDISCIPLINARY STUDIES: EXPERIENCE, ORGANIZATION, EXPERT EXAMINATION

**E.G. Mirlin**, Chief Researcher, V.I. Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences, Ph. D. of Geology and Mineralogy, [egmmir@gmail.com](mailto:egmmir@gmail.com)

*The author has gained experience in interdisciplinary research, studying the features of formation of the ocean basins. It was established that the characteristics of ocean-genesis caused by vortex-type motions in the solid Earth – the lithosphere – were similar to those involving gaseous envelope – the atmosphere, but much slower. To study vortex motion a multidisciplinary creative team was formed, allowing to specify the main parameters of the kinematics of vortex motion and vortex structures. On the basis of the experience acquired, the form of organization of multidisciplinary creative teams comprising of representatives of various scientific disciplines, as well as the examination of interdisciplinary research projects, was suggested.*

**Keywords:** Interdisciplinary research, vortex motion, spreading, organization of research, expert examination.

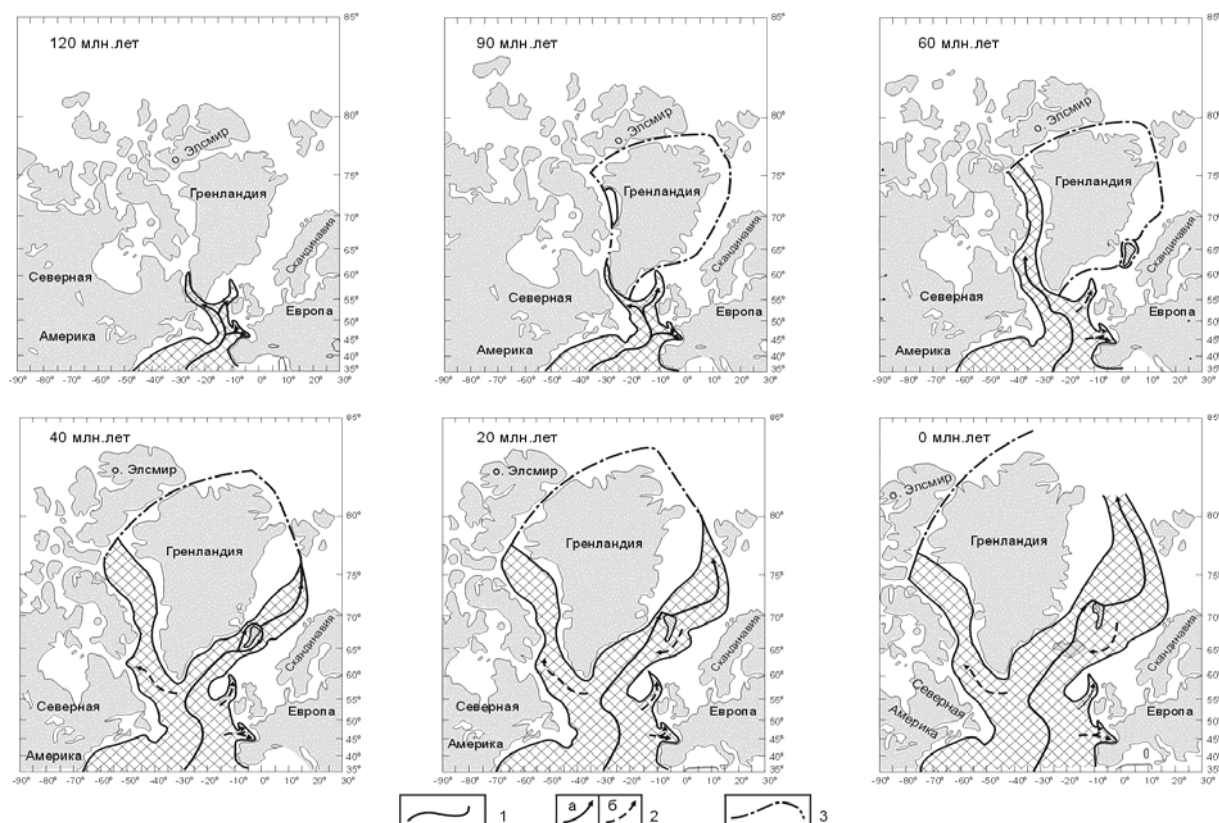
Внимание к междисциплинарным исследованиям резко возросло во второй половине XX – начале XXI века. Существует точка зрения, что их вообще следует выделить в специальный вид научной деятельности [5]. Автор на собственном опыте убедился в том, что исследования такого рода – не просто дань моде (разумеется, с той оговоркой, что речь идет о сфере его научных интересов – геологии); в ряде случаев именно междисциплинарные исследования совершенно необходимы для углубленного понимания природы изучаемых явлений. Соответственно, цель настоящей статьи: во-первых, показать, на чем основывается этот опыт, и, во-вторых, высказать соображения относительно задач, возникающих в связи со спецификой этих исследований, и путей их решения. При этом под междисциплинарными исследованиями мы понимаем такие, которые осуществляются путем взаимодействия ученых – представителей различных научных дисциплин при изучении одного и того же природного объекта, явления.

Итак, сначала о собственном опыте изучения феноменов, требующих междисциплинарного подхода. Геология и физика атмосферы – казалось бы, что может быть общего между этими науками? В самом деле, они изучают процессы, происходящие в принципиально различных природных средах: твердой и газообразной. Тем не менее, многолетнее изучение феноменов и явлений, связанных с формированием впадин современных океанов, убеждает в том, что природа многих из них обусловлена движениями вихревого типа в твердой оболочке Земли – литосфере, сходными с теми, которыми охвачена газообразная оболочка – атмосфера, но, конечно, гораздо более медленными [1, 2, 6].

Согласно определению вихревого движения, вовлеченные в него массы вещества перемещаются не только поступательно, но и испытывают закручивание, при этом малые объемы (частицы вещества) внутри вихрей кроме поступательного движения вращаются вокруг некоторой мгновенной оси. Отсюда следует, что при наличии вихревого движения во внутренних оболочках Земли выявление свойственной ему специфики будет наиболее надежным, если имеются данные не только о современной геометрии структур, но и об изменении ее во времени. Это, в первую очередь, относится к образованию океанских впадин, благодаря тому, что имеется возможность проследить эволюцию их структурной геометрии на основе имеющихся геолого-геофизических данных (прежде всего, материалов морских магнитных съемок). На примере раскрытия весьма хорошо изученной северной части Атлантического океана подробно рассмотрены пространственно-временная изменчивость океаногенеза: изменения со временем геометрии в плане формирующихся океанских котловин, а также другие явления, возникновение которых может быть связано с движениями вихревого типа. Проведенный анализ показал, что для океаногенеза свойственны две особенности: продвижение оси раздвига плит литосферы (пропагетинг оси) и ее закручивание. Сам процесс раздвига плит, расширения океанской впадины и наращивание вновь образованной океанской литосферы получил название спрединга (от англ. *spread* – распространять, расширять).

Формирование спрединговых систем с продвигающейся и, одновременно, закручивающейся осью расширения хорошо видно на примере изменения во времени структурной геометрии зон раздвига плит литосферы в пространстве между северо-западной Евразией, Северной Америкой и Гренландией. На рис. 1 показаны временные срезы 120, 90, 60, 40 и 20 млн лет, которые достаточно полно характеризуют эволюцию возникающих бассейнов с уточненной континентальной и океанской земной корой. Для каждого возрастного среза эволюции Северной Атлантики осуществлялась генерализация контуров первоначальных континентальных рифтовых трогов, формирующихся океанских впадин с учетом границы между континентальной и океанской корой, а также осевых зон срединно-океанских хребтов (СОХ).

Последовательное рассмотрение возрастных срезов позволяет выявить отчетливую тенденцию: развитие как основной зоны раздвига, так и второстепенных включает в себя их продвижение и одновременное закручивание. Совокупность различных по масштабу вихреобразных океанских бассейнов, собственно говоря, и представляет собой Северную Атлантику. Ее строение в современную эпоху наглядно демонстрирует итоги эволюции. Главным является то, что океанский бассейн является не единым, а состоит из системы вихреобразных в плане впадин с океанской корой, имеющих различный размер, различный возраст и самостоятельную систему спрединга. Соответственно, кроме крупных континентальных массивов Евразии, Северной Америки и Гренландии, образовавшихся в результате океаногенеза, существует целая система микроконтинентов (пример – микроконтинент Ян-Майен, который получил название по одноименному острову) и приподнятых блоков с субконтинентальной корой. Если к этому добавить систему континентальных рифтов, в основном завершивших свое развитие до распада суперконтинента Лавразии, то строение ложа и окраин Северной Атлантики становится еще более сложным.

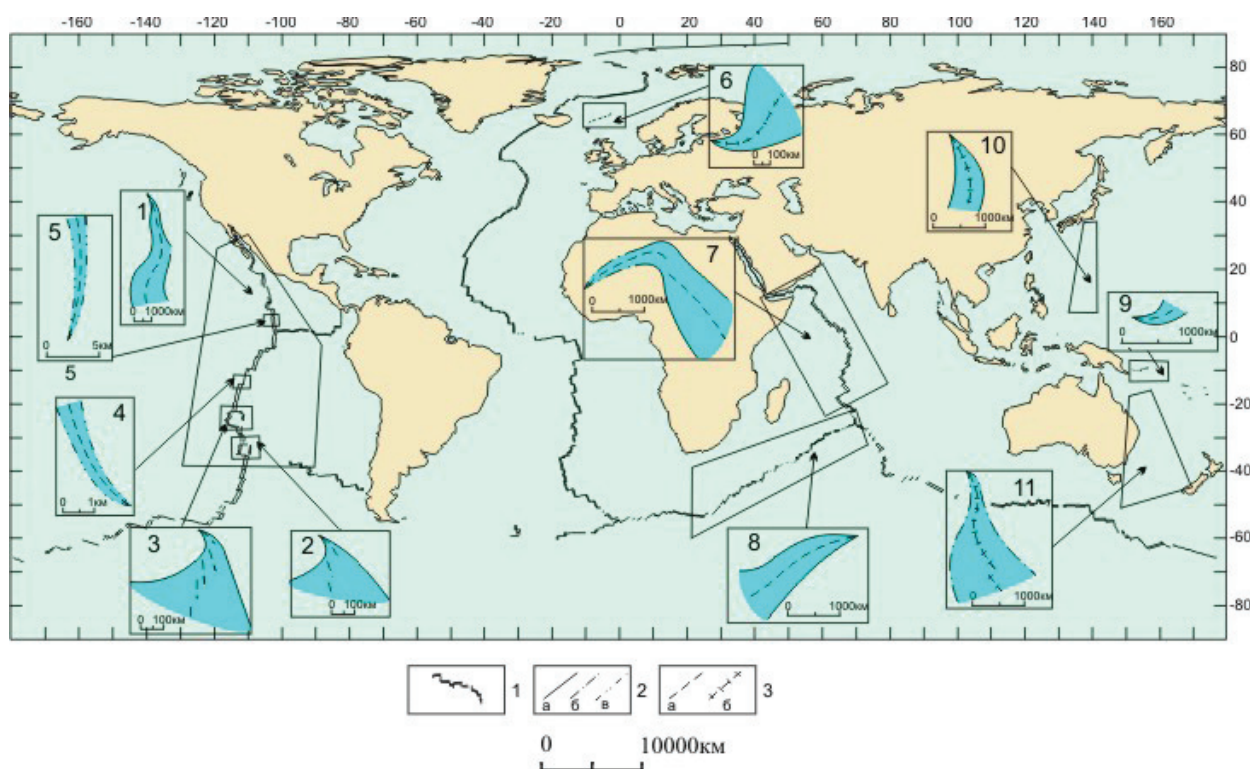


**Рис. 1. Развитие вихреобразных срединговых систем Северной Атлантики (1)**

Возрастные срезы указаны на рисунке. 1 – граница океан-континент, 2 – направление пропегейтинга оси срединговых систем: а – активных, б – отмерших. 3 – линия первоначального раскрытия. Штриховкой показаны океанские впадины.

Рассмотренная особенность развития океанских впадин: продвижение оси раскрытия и ее закручивание присуща не только Северной Атлантике. Анализ совокупности геолого-геофизических данных показал, что большинство зон спрединга Мирового океана в своем развитии также обнаруживает тенденцию к вихреобразному закручиванию и их структурную геометрию можно аппроксимировать вихреобразными системами (рис. 2). Так на гребне Восточно-Тихоокеанского поднятия (ВТП), конфигурация которого представляет собой вихрь протяженностью свыше 7000 км, располагаются микроплиты Хуан Фернандес и Пасхи, обрамленные отчетливо выраженными вихреобразными в плане срединговыми зонами протяженностью 300–500 км. Их границами являются псевдоразломы, образовавшиеся при пропегейтинге оси раздвига. Перекрывающиеся оси спрединга, проявленные в морфоструктуре гребня ВТП в виде удлиненных невысоких возвышенностей, также могут быть отнесены к вихревым образованиям, поскольку обнаруживают отчетливые признаки вихреобразного закручивания при приближении к зоне перекрытия. Рифт Таджура в совокупности с зоной спрединга Аденского залива, Аравийско-Индийским и Центральным-Индийским срединно-океанскими хребтами представляет собой гигантский вихрь, как бы вторгающийся вглубь Африканского континента и имеющий протяженность около 8000 км. Отчетливо проявлена тенденция к вихреобразному закручиванию Западно-Индийского СОХ вблизи тройного сочленения Родригес. Многие задуговые бассейны в переходной зоне от Тихого океана к Азиатскому континенту, образовавшиеся в результате растяжения, также представ-

ляют собой вихреобразные в плане спрединговые системы разного размера (например, котловины Соломонова, Паресе Вела, Тасманово море). В целом, количественные характеристики структурных систем такого типа в Мировом океане меняются более чем на два порядка.



**Рис. 2. Вихревые спрединговые системы в Мировом океане**

1 – Восточно-Тихоокеанское поднятие; зоны спрединга микролит: 2 – Хуан Фернандес; 3 – Пасхи; ветви перекрывающихся осей спрединга на гребне ВТП: 4 – близ  $12^{\circ} 55'$  ю.ш.; 5 – близ  $5^{\circ} 30'$  с.ш.; 6 – Норвежская котловина, 7 – рифт Таджура, Аденский залив, Центрально-Индийский СОХ; 8 – Западно-Индийский СОХ; переходная зона от Тихого океана к Азиатскому континенту: 9 – Соломонова котловина; 10 – котловина Сикоку-Паресе Вела; 11 – Тасманово море. 1 – оси СОХ; 2 – ограничения вихревых систем: *а* – вдоль изохрон океанской коры и псевдоразломов, *б* – вдоль границы океан-континент, *в* – вдоль подножия осевых поднятий на гребне ВТП; 3 – оси спрединга: *а* – активного, *б* – отмершего (1, 2)

Выявление вихревых движений и, соответственно, структур вихревого типа в литосфере поставило перед автором ряд вопросов, на которых он, не будучи специалистом в области физики вихревых явлений, не мог дать ответа. К основным относятся: Как охарактеризовать кинематику вихревых движений с учетом огромного диапазона размеров вихревых структур? Какова возможная природа вихревых движений, учитывая известные модели мантийной конвекции как основы движения плит литосферы? Какова должна быть модель природной среды литосферы, допускающая возможность в ней движений вихревого типа? Для ответа на эти и другие вопросы автор познакомил с выявленным феноменом вихревых движений в «твердой» оболочке Земли ведущего отечественного специалиста в области физики атмосферы Г.С. Голицына. Благодаря проявленному им интересу к проблеме, был сформирован творческий междисциплинарный научный коллектив, состоящий из специалистов – геоло-

гов (Е.Г. Мирлин, М.В. Кононов) и физика (Г.С. Голицын), который поставил своей задачей поиски ответов на указанные вопросы. Объединение их усилий принесло конкретный результат. Была подготовлена и опубликована статья, в которой приводятся данные о количественных параметрах кинематики вихревых движений и вихревых структур, рассматривается возможная их природа, а также обсуждаются аспекты, касающиеся моделей свойств геологической среды [3]. Дальнейшие исследования показали, что структуры вихревого типа на континентах могут представлять значительный интерес с точки зрения минерации [4]. Иначе говоря, изучение вихревых структур литосферы имеет не только чисто теоретическое, но и прикладное значение.

В целом, приобретенный опыт междисциплинарных исследований заставил задуматься о возникающих в связи с этим задачах в области организации и экспертизы соответствующих научных проектов. Следует подчеркнуть, что в настоящее время междисциплинарные исследования рассматриваются уже не только как предмет теории науки, но и с точки зрения практики научной деятельности. Таким образом, их актуальность относится не только к проблемам наук о Земле, о которых речь шла выше, но и к другим направлениям науки. Это, в свою очередь, ставит вполне конкретную задачу организации научной деятельности таким образом, чтобы обеспечить надежное функционирование исследовательских коллективов, состоящих из представителей различных научных дисциплин и решающих общие научные проблемы. «Классическая» форма организации научной работы, которая предполагает ее осуществление в институтах, лабораториях, однородных по своей научной проблематике, не стимулирует такое творческое объединение специалистов в разных областях научного знания.

Возникает естественный вопрос: как реализовать на практике создание таких научных коллективов и их устойчивое функционирование? Исходя из приобретенного опыта, обратимся к тем задачам, которые возникают на начальном и последующих этапах междисциплинарных исследований. Он показывает, что сами научные проблемы, для решения которых требуется именно междисциплинарный подход, рождаются, как правило, в результате исследований в рамках одной научной дисциплины. Ученые, занимающиеся изучением конкретного феномена, на определенном этапе своей деятельности приходят к выводу о необходимости объединения со своими коллегами – специалистами в смежных областях науки: иначе в понимании природы изучаемого феномена им не продвинуться. У них возникает естественная потребность познакомить своих коллег – специалистов в других научных дисциплинах с возникшей проблемой с тем, чтобы заинтересовать их в ее совместном решении. Таким образом, первое, что необходимо сделать, чтобы «запустить» междисциплинарные исследования – это познакомить ученых, представляющих разные области науки, с проблемами, решение которых требует объединения их усилий.

Если у представителей различных научных направлений, возникает интерес к поставленной проблеме, то следующая конкретная задача – подготовка научного проекта, который предполагает их объединение вокруг ее решения. Такой проект обеспечит проведение междисциплинарных исследований и создаст для них необходимую организационно-финансовую основу (разумеется, в случае поддержки проекта экспертным сообществом). Следующая задача – передача и включение в систему знания результатов междисциплинарных научных проектов и распространение полученных результатов, включая вопросы патентования, рекламы, и т.д. Наконец, еще одна задача касается дальнейшего совершенствования методологических основ междисциплинарных исследований. В настоящее время в этом отношении уже накоплен определенный опыт. Он включает в себя некоторые компоненты: систематически организованные, эмпирические данные об изучаемом феномене, средства и методы его изучения, теоретические модели, описывающие его поведение, интерпретация вновь полученных данных. Тем не менее, дальнейшее развитие междисциплинарных исследований требует совершенствования их методологического обеспечения, которое, в конечном итоге, играет ключевую роль в успешном их проведении.

Какая научно-организационная структура способна обеспечить решение указанного круга задач? Представляется, что возможный (но не единственный) путь к этому лежит через создание специализированного научного формирования: назовем его центр междисциплинарных исследований – ЦМИ. Конечно же, речь не идет о создании научно-организационной структуры, наподобие упомянутых выше институтов со своей конкретной тематической направленностью и финансированием. Главный принцип работы ЦМИ – свободное обсуждение научных проблем и задач, потенциально требующих междисциплинарного подхода, и создание творческих коллективов ученых – представителей различных научных дисциплин для решения этих проблем. Предполагается, что организационной основой центра являются постоянно действующие научные семинары при различных Отделениях Российской Академии наук, но при этом осуществляющие устойчивые научные связи «по горизонтали», т.е. с аналогичными семинарами при других Отделениях Академии. Эти семинары, объединенные в единый организационный и методологический центр, решают перечисленные выше задачи. Конечно же, такова лишь самая общая схема организации междисциплинарных исследований, практика работ внесет в нее необходимые коррективы.

Несомненно, что научные проекты, включающие междисциплинарные исследования, требуют и соответствующей научной экспертизы. Стандартные подходы к экспертизе таких проектов, когда она осуществляется специалистами в одной лишь области знаний, по понятным причинам неприемлемы. Экспертиза междисциплинарных проектов требует и соответствующего междисциплинарного подхода. Естественный путь в этом отношении – привлечение к ней научных работников из тех областей знания, которые представлены в соответствующем проекте. Конечно, при этом может возникнуть коллизия – разные оценки проекта со стороны специалистов, представляющих разные научные дисциплины. Как быть в этом случае? Имеющегося опыта недостаточно, чтобы дать общую рекомендацию. На данный момент можно предполагать, что выработка общих подходов при экспертной оценке междисциплинарных проектов, также одна из задач центра междисциплинарных исследований. Другими словами, опыт конкретной экспертной работы по мере его накопления внесет в этой общий подход свои коррективы.

В заключение еще раз подчеркнем тезис об исключительной актуальности междисциплинарных исследований на данном этапе развития науки. Конкретно, это касается теоретических и прикладных задач геологии. В настоящее время степень изученности поверхностных геологических структур близится к пределу. Соответственно, близится к исчерпанию запасы месторождений полезных ископаемых, приуроченных к верхним горизонтам земной коры. В недалеком будущем ведущую роль будут играть месторождения, залегающие на значительных глубинах земных недр. Поиски скрытых месторождений требуют разработки принципиально новых критериев глубинного прогноза и поисков различных видов минерального сырья. Достичь этого возможно лишь на основе создания новой парадигмы минерагении и усовершенствования на этой основе методических основ прогноза месторождений полезных ископаемых и их поиска. В свою очередь, решение этой проблемы, имеющей уже не только научное, но и народнохозяйственное значение, возможно лишь на основе объединений усилий ученых в различных областях знания: геологов, геофизиков, геохимиков, специалистов в области физики природных сред, неравновесных процессов, возможно, специалистов в других областях. Эти соображения не оставляют сомнений в актуальности и востребованности междисциплинарных исследований, а также обусловленных ими задач в области организации науки и экспертизы научных проектов.

### **Список литературы**

1. Мирлин Е.Г. Проблема вихревых движений в «твердых» оболочках Земли и их роли в геотектонике // Геотектоника. 2006. № 4. С. 43–60.
2. Мирлин Е.Г. Вихревая тектоника // Доклады АН. 2009. Т. 426. С. 649–652.

3. Мирлин Е.Г., Кононов М.В., Голицын Г.С. Статистика вихревых структур океанской литосферы // Геофизические исследования. 2011. Т. 11. № 2. С. 62–80.
4. Мирлин Е.Г., Оганесян Л.В. Вихри в литосфере. М.: ВНИИгеосистем. 2015. 148 с.
5. Мирский Э.М. Междисциплинарные исследования. Новая философская энциклопедия. В 4-х томах. Под ред. В.С. Стенина 2001. Available at: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc>.
6. Mirlin E.G. Lithosphere as a non-linear system: geodynamic consequences. In Tectonics. InTech. Ed. D. Closson. 2011, p. 45–73.

### **References**

1. Mirlin E.G. (2006) *Problema vikhrevykh dvizheniy v «tverdykh» obolochkakh Zemli i ikh roli v geotektonike* [The problem of vortex motion in the «hard» shells of the Earth and their role in geotectonics] *Geotektonika* [Geotectonics], No. 4, pp. 43–60.
2. Mirlin E.G. (2009) *Vikhrevaya tektonika. Doklady AN 2009* [Whirlpool tectonics. Reports of the Academy of Sciences 2009], Т. 426, pp. 649–652.
3. Mirlin E.G., Kononov M.V., Golitsyn G.S. (2011) *Statistika vikhrevykh struktur okeanskoy litosfery* [Statistics of vortex structures of the oceanic lithosphere] *Geofizicheskie issledovaniya* [Geophysical Research], Т. 11, No. 2, pp. 62–80.
4. Mirlin E.G., Oganesyanyan L.V. (2015) *Vikhri v litosfere* [Vortices in the lithosphere] *Moskva. VNIIGeosistem* [Moscow. R&D Institute of Geosystems], 148 p.
5. Mirsky E.M. (2011) *Mezhdistsiplinarnye issledovaniya. Novaya filosofskaya entsiklopediya. V 4-kh tomakh. Pod red. V.S. Stenina* [Interdisciplinary studies. New Encyclopedia of Philosophy. In 4 vols. Ed. V.S. Stenina]. Available at: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc>.
6. Mirlin E.G. (2011) Lithosphere as a non-linear system: geodynamic consequences. In Tectonics. InTech. Ed. D. Slosson, pp. 45–73.