

Высшие растения – фитоиндикаторы геоактивных зон в горах и на равнине**Vascular plants– phyto-indicators of geoactive zones in mountains and plains**Рогозин М. В.¹, Михалев В. В.²Rogozin M. V. ¹, Mikhalev V. V. ²¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия. E-mail:rog-mikhail@yandex.ru¹Perm State National Research University, Perm, Russia²Компания ООО «АНДИ», г. Пермь, Россия. E-mail:mihalev_v@mail.ru²ANDI LLC, Perm, Russia

Реферат. Исследования проведены в Пермском крае. Применяли геоструктурометрический анализ, фитоиндикацию и биолокацию. До этого лесные экосистемы изучали классическими методами, в которых выяснилось, что совместное влияние плотности микроценоза и генотипа дерева обуславливает размер деревьев лишь на 40 %. Из этого следует, что остаются неизвестными 60 % факторов, определяющих размер деревьев в равных фитоценологических и почвенных условиях. Поэтому далее началось изучение малых геоактивных зон (МГА-зон) с выдвижением гипотезы о том, что они родственны «малым кольцевым структурам рыхлых отложений земной коры» Ю. И. Фивенского. Благоприятные МГА-зоны размером 1,0–3,0 м встречаются с частотой 220–250 шт./га и сосна на них сохраняется в 39 раз лучше, повышает объёмы ствола на 46 %, формирует 200-летние леса, а её крупные деревья являются их индикаторами. Сети из них можно использовать как энергетический каркас и, например, в лесном питомнике их энергия в условиях холодной весны увеличила всхожесть семян ели в 7 раз. По-видимому, лесные породы эволюционировали с использованием энергий этих зон; во всяком случае, все изученные нами виды деревьев достоверно увеличивали на них свое долголетие и размеры. Зоны неоднородны и состоят из поясов ингибирования, депрессии и комфорта. Показаны перспективные для исследований места со структурами Ю. И. Фивенского, где ранее впервые были обнаружены кольца чемерицы (*Verátrum lobeliánum* Bernh.), папоротника (*Dryopteris filixmas* L.), высочайшие деревья ели сибирской (*Picea obovata* Leded) и сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* DuTour).

Ключевые слова. Геоактивные зоны, древостой, кольцевые структуры, неотектоника, растительность.

Summary. The research was conducted in the Perm Region. Geo-structural analysis, phyto-indication, and biolocation were used. Prior to this, forest ecosystems were studied by classical methods, in which it was found that the combined influence of the density of microcenosis and the tree genotype determines the size of trees by only 40 %. It follows that 60% of the factors that determine the size of trees in different phytocenotic and soil conditions remain unknown. Therefore, we then began to study small geoactive zones (MGA-zones) with the hypothesis that they are related to the “small ring structures of loose deposits of the earth’s crust” by Yu. I. Fivensky. Favorable MGA zones with a size of 1.0-3.0 m are found with a frequency of 220-250 pcs./ha and the pine tree is preserved 39 times better, increases the trunk volume by 46 %, forms 200-year-old forests, and its large trees are their indicators. Networks of them can be used as an energy framework and, for example, in a forest nursery, their energy in the conditions of cold spring increased the germination of spruce seeds by 7 times. Apparently, the forest species evolved using the energies of these zones; in any case, all the tree species we studied significantly increased their longevity and size. It shows promising sites with structures of Yu. I. Fivensky, where rings of hellebore (*Verátrum lobeliánum* Bernh.), fern (*Dryopteris filix mas* L.), and the highest trees of Siberian spruce (*Picea obovate* Leded) were previously discovered for the first time.) and Siberian cedar pine (*Pinus sibirica* Du Tour).

Key words. Geoactive zones, forest stand, neotectonics, ring structures, vegetation.

Рассмотрены некоторые геологические факторы, объединяемые общим названием «геоактивные зоны». Растения могут служить их фитоиндикаторами, реагируя на них изменениями в росте, размерах и структуре сообществ. Исследования находятся на стыке космогеологии, лесоведения и ботаники, что предопределяет новизну результатов.

Однако прежде расскажем об исследованиях классическими методами. При изучении роста деревьев в конкурентной среде неизбежно возникает вопрос: как на отдельное дерево влияют его деревья-соседи? Казалось бы, всё здесь ясно – чем они ближе и крупнее, тем сильнее конкуренция, и тем меньше по размерам будет дерево в центре. Однако в ряде исследований, где изучалась конкуренция, в частности, в 20-летних молодняках (Усольцев, 2013) и в перестойных насаждениях (Рогозин, 2019), деревья-соседи и площадь питания влияли на размер дерева в центре в пределах всего лишь 0,2–11 %. Так, в насаждении сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в возрасте 184 года полнотой 0,80–1,01 на площади 2,2 га провели картирование 735 деревьев, где обнаружили ряд новых явлений. Было установлено, что 40,4% деревьев здесь растут био группами, и средние диаметры деревьев в них достоверно не отличались от таковых по насаждению. Далее изучили его структуру на пробных площадях размером 0,01 га (микроценозы) и 0,12 га (макроценозы). Флуктуации густоты макроценозов в возрасте 120 и 170 лет повлияли на диаметр сосны с силой 43–53 %. Однако в микроценозах рассчитанное тремя методами влияние их густоты на размер деревьев было слабее в 6 раз и не превышало 10 %. В таком случае, в совокупности с влиянием генотипа, которое по литературным источникам равно примерно 30 %, совместное влияние густоты микроценоза и генотипа дерева обуславливают размер дерева всего лишь на 40 %. Из этого следует, что остаются неизвестными 60 % факторов, определяющих размер дерева в древостое в однородных почвенных условиях (Рогозин, 2019). Эти факты меняют парадигму лесоведения, основанную на сильной конкуренции, т.е. на представлении о фитоценозе как сообществе растений, объединяемых «борьбой» за существование, введённое В. Н. Сукачёвым (1953).

Сейчас исследователи всё более склоняются к тому, что размеры деревьев зависят в большей степени не от внутривидовой конкуренции, а от экологической неоднородности биотопа и наличия в нём благоприятных и неблагоприятных мест (Демаков, 2018). В связи с этим следует приветствовать любые усилия по выяснению влияния неизвестных и пока трудно поддающихся исследованию факторов, таких как литология, а также влияние геоактивных зон разных типов. Начиная с 2008 г. мы накапливали наблюдения за так называемыми «биологически активными зонами» (Марченко, 1995), на которых деревья вырастали более крупными. Мы выделили семь благоприятных типов зон, с размерами 1,0–55,0 м, и два неблагоприятных типа, известные как зоны Хартмана и Курри объединили их под общим названием «малые геоактивные зоны» (МГА-зоны). Свыше 1 тыс. таких зон изучались в упомянутом 184-летнем сосняке, где после картирования деревьев было зафиксировано 77 окон и прогалов; их образование в 94 % случаев вызывали три фактора: отсутствие благоприятных зон (47 %), наличие патогенных зон (44 %) и отпад слабых деревьев (3 %). На неустановленные факторы пришлось 6 % случаев, вызванных, вероятно, просто отсутствием в этих местах самосева сосны. Исходя из этих результатов, окна и прогалы – это места, неблагоприятные для поселения нового поколения леса (Рогозин и др., 2020).

Зоны благоприятного типа размером 1,0–3,0 м встречаются с частотой 220–250 шт./га и образуют неравномерные сети. Сосна на них сохраняется в 39 раз лучше, повышает объём ствола в среднем на 46 %, формирует 200-летние леса и её крупные деревья являются их объективными фитоиндикаторами. Сети из них можно использовать для выращивания леса как энергетический каркас, где деревья подпитываются слабыми энергиями Земли, физическая природа которых пока точно неизвестна. В лесном питомнике их энергия в условиях холодной весны увеличила грунтовую всхожесть семян ели в 7 раз, и сети из благоприятных зон рекомендованы для выращивания посадочного материала в условиях неустойчивого климата. По-видимому, лесные породы эволюционировали с использованием их энергий; во всяком случае, все изученные нами виды деревьев достоверно увеличивали на них свое долголетие, размеры и семеношение. Сами зоны неоднородны и состоят из поясов депрессии и комфорта, мигрируют на расстояние до нескольких десятков сантиметров, а плечи миграции, структура и ориентация сетей из МГА-зон зависят от геодинамической активности территорий (Рогозин и др., 2020).

В этом направлении было два этапа исследований. Вначале использовали линеаментный и морфоструктурный анализ космоснимков (Копылов, 2012) и другую геологическую информацию (Дурандин, 2011). Были выявлены геодинамические активные зоны на основе ранжирования плотности так называемых линеаментов. Это линейные элементы структуры земной поверхности, отражающие трещиноватость погребенного фундамента. В Пермском крае их выделено около 49 тыс. (Чадаев и др., 2012). Они опознаются при компьютерном структурно-геологическом дешифрировании космических снимков с использованием морфонеотектонического анализа территории, а также сопоставления с геофизическими и другими полями (Копылов, 2014). Геодинамические активные зоны проявляют себя также через аномалии разного рода: геохимические, магнитные, гравитационные, пульсацией химиче-

ского состава родников и т. д. Они начинаются с размера 0,7 км и достигают десятков километров; при этом крупные зоны неоднородны и при детальном рассмотрении распадаются на более мелкие зоны. В Пермском крае определено более 100 крупных зон с чрезвычайно высокой геодинамической активностью (6-й ранг плотности линеаментов); все они трассируют крупные тектонические разломы; наряду с ними имеются и спокойные места (1–2-й ранг плотности линеаментов). В целом территория края представляет собой сеть из разломов регионального и глобального уровня с расстоянием между ними в первые десятки километров (Копылов, 2012; Чадаев и др., 2012).

Однако геодинамические активные зоны оказались велики для их сопоставления с растительными структурами, например, с парцеллами растений и биогруппами деревьев. Поэтому далее был задействован принципиально новый механизм компьютерного анализа информации, присутствующей в аэрокосмических изображениях в скрытой форме (Фивенский, 2006). Комплекс этих методов получил название геоструктурометрического анализа, при котором проводят математическую обработку космоснимков с определением статистических параметров для каждого из миллионов пикселей в разных спектральных каналах с привлечением целого ряда других геоданных на основе научного открытия российского учёного Ю. И. Фивенского «Малые кольцевые структуры рыхлых отложений земной коры» (Фивенский, 2002).

Цель основанного на этом открытии анализа можно кратко выразить в одном предложении: по феноменам на поверхности Земли заглянуть в её глубину. Это вполне возможно, поскольку все глубинные процессы проявляют себя тем или иным образом на поверхности. Безусловно, должно существовать и некое «передающее звено», выносящее эту информацию на поверхность. Пока природа этого явления достоверно не установлена, и существуют несколько гипотез о его происхождении (Фивенский, 2006). Согласно одной из них таким звеном являются сверхнизкочастотные акустические колебания (микросейсмы), связанные с тектоническими процессами. Внешним их выражением на поверхности как раз и являются открытые Ю. И. Фивенским малые кольцевые структуры (МКС). Они имеют форму конусов, энергогенерирующие центры которых разнесены по глубине и дают в проекции на поверхность Земли концентрические окружности. На площади 1 км² суши их обнаруживают 6–10 тысяч и более (до 50 тыс.) с размерами единицы – сотни метров. То есть одна МКС располагается от другой на расстоянии 4–15 м. Идеально кольцевые МКС в природе практически не встречаются из-за осложняющих их рисунок колец младшего ранга, которые не позволяют воспринимать старшие по рангу как полностью кольцевые (Фивенский, 2007).

Автор их открытия Ю. И. Фивенский так объясняет их образование. «Экспериментально установлено, что на поверхности Земли микросейсмы образуют непрерывный фон с амплитудой до 10 мкм и периодом 5–10 секунд, и они действуют постоянно на протяжении всей истории планеты Земля. Поэтому за миллионы лет в рыхлой оболочке Земли по закону Вебера-Фехнера оказывается накопленной огромная энергия, преобразующая структуру рыхлых отложений и приводящая в условиях действия других геофизических полей к образованию малых кольцевых структур» (Фивенский, 2006). Выявить их удалось после десятков лет наблюдений за снежным покровом по космическим снимкам. При таянии снега земля на полях освобождалась неравномерно кольцами и полукольцами, иногда двойными, диаметрами в несколько десятков метров. Микросейсмы встряхивают снег в кольцах примерно 10 тыс. раз в течение суток, а за всю зиму более миллиона раз. Снег становится плотнее, сходит позднее и лучше насыщает почву водой подобно тому, как плотный снег на лыжном следе тает медленнее. На таких кольцах летом на космоснимках видны различия в тоне окраски агрокультур, т.е. МКС влияют на их продуктивность (Фивенский, 2006).

Как нам кажется, в этом случае Землю можно представить как «энергетически-живой» мега-организм, сердце которого пульсирует с частотой 6–12 ударов в минуту и его удары (микросейсмы) встряхивают поверхность Земли на одну тысячную (!) долю миллиметра. МКС Ю. И. Фивенского в некоторых местах являются источником эмиссии сероводорода из недр Земли, и население периодически жалуется на его неприятный запах. Особенно выразительно энергетическую природу МКС подтверждает образование над ними цепочек облаков, и это часто используется при их выделении по космоснимкам (Фивенский, 2007).

Методы геоструктурометрического анализа начинают использовать для прогнозирования и поисков месторождений алмазов (Рыбальченко и др., 2011), нефти и газа (Дурандин, 2011) и оценки физической среды других планет (Фивенский, 2006, 2007). Поэтому вполне логично применить этот анализ для понимания природы тех или иных феноменов растительного мира. Мы предполагаем, что именно малые кольцевые структуры Ю. И. Фивенского были тем фактором, который изучал ещё

в 1970-е годы лесовод И. С. Марченко (1995); он назвал этот фактор «биологически активные зоны». Позднее их изучение продолжил М. В. Рогозин (2016) и выявил их семь типов. Оба автора не знали об открытии Ю. И. Фивенского и использовали биолокационный метод, а также деревья как фитоиндикаторы благоприятных и патогенных зон. Прямое измерение сейсмических волн в структурах Ю. И. Фивенского компактными приборами пока неосуществимо; для их выявления используют косвенные методы, включая названный геоструктурометрический анализ. Поэтому включение в арсенал этих методов биолокации с её проверкой фитоиндикацией вполне оправдано, в особенности для выявления самых малых структур диаметром в несколько метров.

Мы предприняли попытку изучить их влияние на растительность в заповеднике «Вишерский» (Пермский край). Ниже показано дешифрирование структур Ю. И. Фивенского по фототону растительности. Использовались прогадины, цепочки деревьев, а также облака, указывающие на то, что формирующая их причина генерирует энергию. Структуры накладываются друг на друга и часто различимы только фрагменты колец (рис. 1).



Рис. 1. Кольцевые структуры Ю. И. Фивенского на горе Муни́н-Тумп. Центры структур диаметром 25–90 м обозначены точками. Фиолетовый тон слева – подгольцовый пояс, над ним облака; на северо-восток склон горы 11°. Площадь участка 0,72 км². Координаты центра самого крупного кольца N 61°29'00»; E 59°12'30».

При некоторой тренировке на рисунке 1 можно выделить ещё до десяти кольцевых структур, и если знать, что они существуют, то их поиск становится увлекательным делом. В монографии (Рогозин и др., 2020) приведены фотографии с их проявлением; особенно выразительны кольца диаметром 0,7–0,8 м из чемерицы Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.) и кольца диаметром 2,4–3,0 м из папоротника щитовника мужского (*Dryopteris filixmas* L.) на северном склоне горы Муни́н-Тумп и на хребте Лопьинский. В ботанике подобные структуры неизвестны. Они встречались в подгольцовом поясе и располагались на МГА-зонах и линейных разломах небольшой протяжённости. В долинах рек таких кольцевых структур мы не находили. Также в этом районе были найдены высочайшие деревья ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb) и сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* DuTour).

Самая большая кольцевая структура Ю. И. Фивенского расположена в 4,0 км на юго-запад от кордона Хальсория на р. Вишера, на северном склоне г. Муни́н-Тумп (Рис. 2).

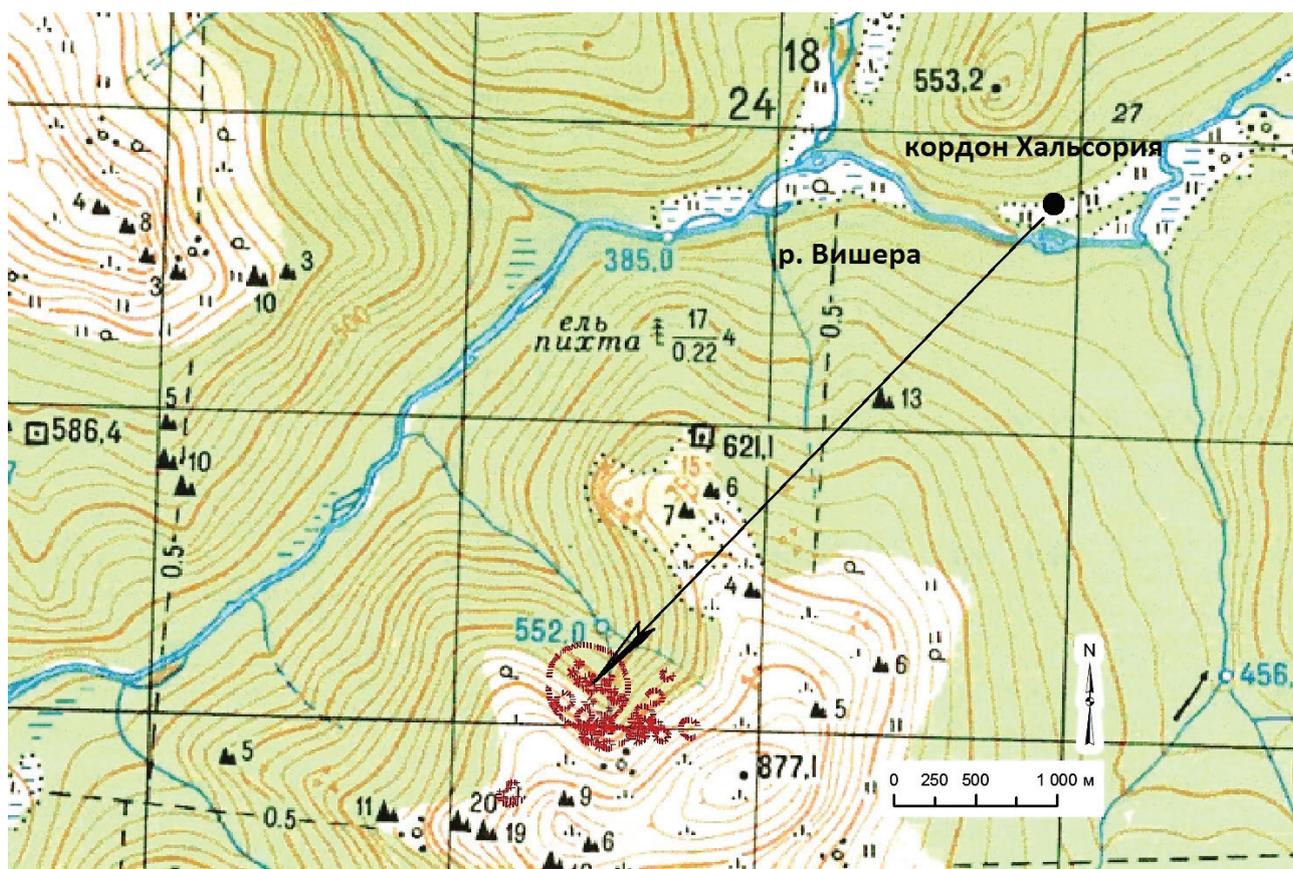


Рис. 2. Расположение кольцевых структур Ю. И. Фивенского на карте М 1 : 250000.

На площади 0,72 га, показанной на рисунке 1, по Ю. И. Фивенскому (2006) может быть 5–15 тыс. малых кольцевых структур, но по фототону опознаются только крупные размером 30–100 м. Как же находить остальные? Вполне возможно, что они родственны МГА-зонам, и на них располагаются деревья и их группы в виде цепочек. Возможно, эти цепочки сопряжены с линейной трещиноватостью фундамента (линейными разломами низшего порядка). Тем не менее, это пока лишь рабочая гипотеза, которую предстоит проверить в полевых условиях. Учитывая опыт наших работ, за один полевой день можно составить абрис связей для 30–40 зон и деревьев на площади до 30×30 м. Исходя из этих ограничений, следует выбирать контрастные площади, либо картировать МГА-зоны по трекам (Рогозин и др., 2020).

Вполне понятно, что до тех пор, пока не будут разработаны приборы для прямого измерения сверхслабых энергий, вызывающих «пульсацию» Земли с образованием МКС, открытых Ю. И. Фивенским, будет спорным как само их выделение, так и их биолокация, а также их родственность биологически активным зонам И. С. Марченко и МГА-зонам М. В. Рогозина. Эти сомнения могут быть частично преодолены при массовом их изучении разными способами.

Таким образом, для проверки гипотезы об идентичности МГА-зон М. В. Рогозина и некоторых кольцевых структур Ю. И. Фивенского диаметром 25–90 м намечено около 30 таких структур. Гипотезу предстоит проверить в подгольцовом поясе биолокационным методом, используя фитоиндикацию по деревьям, их био группам и кольцевым структурам из многолетних растений.

ЛИТЕРАТУРА

Демаков Ю. П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. –Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический ун-т, 2018. – 432 с.

Дурандин А. В. Структурно-тектонический анализ данных дистанционного зондирования Земли // Геоматика, 2011. – № 1. – С. 48–51.

Копылов И. С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования, 2012. – № 6. – С. 616.

- Копылов И. С.** Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2014. – № 7. – С. 67–71.
- Рогозин М. В.** Лесные экосистемы и геобиологические сети. – Пермь: ПГНИУ, 2016. – 171 с.
- Рогозин М. В.** Структура древостоев: конкуренция или партнерство? – Пермь: ПГНИУ, 2019. – 223 с.
- Рогозин М. В., Михалев В. В., Рыбальченко А. Я.** Лесные экосистемы и факторы неотектоники. – Пермь: ПГНИУ, 2020. – 249 с.
- Рыбальченко А. Я., Рыбальченко Т. М., Силаев В. И.** Теоретические основы прогнозирования и поисков коренных месторождений алмазов туффизитового типа // Известия Коми научного центра УрО РАН, 2011. – № 1 (5). – С. 54–66.
- Сукачев В.Н.** О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // Сообщения института леса. – М.: АН СССР, 1953. – Вып. 1. – С. 5–44.
- Марченко И. С.** Биополе лесных экосистем. – Брянск: БГИТА, 1995. – 188 с.
- Усольцев В. А.** Продукционные показатели и конкурентные отношения деревьев. Исследование зависимостей. – Екатеринбург: УГЛУ, 2013. – 556 с.
- Фивенский Ю. И.** Малые кольцевые структуры рыхлых отложений земной коры / Научное открытие. – Диплом ОТП РАН № 02-д/02 от 22.10.2002.
- Фивенский Ю. И.** Использование материалов аэрокосмических съёмок для изучения земной коры // Геодезия и картография, 2006. – № 1. – С. 44–52.
- Фивенский Ю. И.** Инвариантность феномена малых кольцевых структур по отношению к физической среде рекреационной системы // Труды II Международной научно-практической конференции «Туризм и рекреация». – М.: РИБ «Турист», 2007. – С. 115–120.
- Чадаев М. С., Гершанок В. А., Гершанок Л. А., Копылов И. С., Коноплев А. В.** Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. – Пермь: ПГНИУ, 2012. – 92 с.