

УДК 553.632(470.53)

Минерагеодинамические основы калийного литогенеза

Р. Г. Ибламинов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь
614068, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: riaminov@psu.ru
(Статья поступила в редакцию 12.12.2025 г.)

Один из главных факторов калийного литогенеза – климатический. Попадание тектонической литосферной плиты в аридную обстановку определяется глобальной геодинамикой, а формирование солёного бассейна – региональной. Состав галогенной формации определяется строением солёного бассейна. В бассейне с одной главной ванной накапливаются сульфатно-хлоридные калийные соли, в бассейне с крупным подготовительным бассейном в конечном бассейне накапливаются хлоридные соли.

Ключевые слова: *геодинамика глобальная, бассейны солёные, состав солей.*

DOI: 10.17072/psu.geol.25.2.206

Пермский край является крупным поставщиком калийных солей на внутренний и мировые рынки, что обусловлено наличием Верхнекамского месторождения, открытого под руководством профессора Пермского госуниверситета П. И. Преображенского в 1925 г. Кафедра минералогии и петрографии университета, организованная в 1916 г., длительное время изучает Верхнекамское месторождение солей, уделяя особое внимание его минерало-технологическому картированию. Студенты проходят практику на месторождении.

В настоящее время на кафедре развивается *минерагеодинамическое направление* в геологии полезных ископаемых (Ибламинов, 2001, 2004, 2007, 2010, 2013).

Минерагеодинамика – современная минералогия, рассматривающая закономерности размещения месторождений полезных ископаемых и их формирование на основе концепции тектоники литосферных плит. Ее составной частью является *минерагеодинамика литогенеза*, изучающая распространение бассейнов полезных ископаемых в пространстве и во времени. Калийный литогенез является завершающей частью общего галогенеза. Его результат – эвапоритовые формации (Валяшко, 1962). Они возникают в бас-

сейнах соленакопления, которые сами образуют пространственную или временную часть более крупных осадочных бассейнов.

Осадочные бассейны существуют в больших по площади тектонических депрессиях рельефа, развивающихся достаточно длительное время, в течение которого накапливаются мощные толщи осадков, дающих начало образованию не только отдельных горных пород, но и целых их совокупностей – геологических формаций.

В иерархии минерагенических подразделений земной коры солёные бассейны являются одними из наиболее крупных территорий распространения месторождений. При этом они входят в состав минерагенических провинций и субпровинций. В пределах бассейнов можно выделять суббассейны, месторождения, залежи.

На земном шаре выявлено около 430 осадочных бассейнов (Назаров и др., 2000) из них 222 являются солёными (Баталин и др., 1998). Положение солёных бассейнов определяется двумя главными факторами: палеотектоническим и палеоклиматическим.

Климатический фактор определяет аридный тип литогенеза, существующий в условиях тропического климатического пояса,

© Ибламинов Р. Г., 2026



Работа лицензирована в соответствии с CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

расположенного к северу и к югу от экватора в интервале примерно 20–40° северной или южной широты (Страхов, 1962).

Существование жаркого аридного климата в экваториальных поясах Земного шара, по-видимому, является постоянным. Несмотря на это, положение галогенных формаций в пространстве земной коры изменяется, что подтверждает геодинамическую основу процессов соленакопления.

Попадание какого-либо осадочного бассейна в условия аридного климата обеспечивает глобальная геодинамика (Романовский, 1996). Она включает:

- *ротационную геодинамику*, приводящую к перемещению континентов в северном или южном направлениях;

- *общемантийную геодинамическую конвекцию* вещества мантии, приводящую к формированию и распаду суперконтинентов (циклы Вилсона);

- *конвекцию вещества верхней мантии*, обуславливающую субдукцию и коллизию (циклы Бертрانا) (Хаин, 2008).

Рассмотрим геодинамическую позицию основных калиеносных бассейнов в последовательности тектонических циклов Бертрана.

Обращает внимание на себя неравномерное распределение количества бассейнов и ресурсов калийных солей в геологической истории (Летников, 1992). Их палеотектоническое положение весьма разнообразно, что может указывать на ведущую роль климата в образовании месторождений солей. Значительная часть бассейнов приурочена к рифтовым зонам, которые могут быть самого разного происхождения. Соленакопление может иметь место на платформах, которые вовлечены в периспрединовую, перисубдукционную, периколлизионную обстановки. Важную роль играют краевые прогибы складчатых областей, связанные с периколлизионными бассейнами платформ, а также краевые впадины и котловины (табл. 1).

Герцинский цикл отличается наибольшим количеством калиеносных бассейнов (Митчел, Гарсон, 1984). Широкому распространению калийного литогенеза способствовали геодинамические процессы, обусловившие одновременное завершение двух геодинамических циклов: цикла Бертрана и мегацикла

Уилсона, которые привели к образованию суперконтинента Пангея. Как указывают В. Е. Хаин и Н. В. Короновский (2008), суперконтиненты в силу ротационных процессов стремятся располагаться в приэкваториальной зоне. Отсюда следует важный вывод о том, что совпадение окончания циклов Бертрана и Уилсона привело к наиболее интенсивному соленакоплению в пермскую эпоху.

Таким образом, первый фактор, обеспечивающий галогенез, это глобальная геодинамика, приводящая в движение континенты и группирующая их в период формирования мега- и суперконтинентов в приэкваториальных областях.

Второй фактор галогенеза – региональный геодинамический, результат действия глобального. Он обуславливает структурно-тектонические условия зарождения, существования и закрытия бассейнов осадконакопления, а также состав хемогенных осадков.

В тектонических условиях простых впадинных бассейнов, которые могут формироваться в рифтовой обстановке, либо обстановке глубоководных впадин типа Прикаспийской, имеет место быстрое «лавиное» осадконакопление. В результате в ассоциации с гипсом происходит сульфатное калийное соленакопление, которое может завершаться хлоридным.

В условиях сложно построенных бассейнов, которые вначале развиваются как синеклизные, а затем переходят в или соединяются с глубоководными типа предгорных, галогенез начинается в мелководных синеклизных бассейнах с накопления карбонатов и гипса. Наличие мелководного подготовительного бассейна и связанного с ним более позднего по времени образования суббассейна конечного стока обеспечивает в последнем преимущественно хлоридное соленакопление.

Проанализируем развитие Восточно-Европейского (Волго-Уральско-Предуральского) бассейна. Первоначально в протерозое он формировался как рифтогенный, затем в позднем венде как синеклизный, в палеозое как плитный перигерцинский, в позднем палеозое как Предуральский.

Таблица 1. Распределение калиеносных бассейнов по циклам Бертрана, геологическим периодам, их палеотектонические обстановки и общий солевой состав (использованы данные (Беленицкая, 2000; Высоцкий и др., 1988; Хаин, 1995; Хаин, Сеславинский 1991)

Цикл Бертрана	Период	Бассейн	Палеотектоническая обстановка
Байкальский (венд – кем- брий, 600–490 млн л.)	Венд- ский, кем- брий- ский	Соляной Кряж? Паки- стан	Периспрединовая трансгрессивная; соли сульфатные К-Mg: ланг- бейнит, каинит
		Восточно-Сибирский, Россия	Периколлизонная синеклиальная, регрессивная; галит, сильвин, кар- наллит
Каледонский (ордовик – ранний карбон, 500–320 млн л.)	Силу- рий- ский	Мичиганский, США	Перисубдукционная трансгрессивная; галит, сильвин, примесь кар- наллита и полигалита
		Элк Пойнт (Саскачеванский), Канада, США	Периколлизонная трансгрессивная; галит, сильвин, карналлит
	Девон- ский	Морсовский, Россия, Белоруссия	Периколлизонная синеклиальная регрессивная на фоне трансгрессии; ангидрит, галит, примесь сильвин, карналлит
		Припятско-Донецкий, Белоруссия, Украина	Внутриконтинентального рифта; галит, примесь – сильвин, карнал- лит
		Эдавейл, Австралия	Внутриконтинентального рифта; галит, сильвин
		Тувинский, Россия	Межгорного прогиба; галит, сильвин
Герцинский (карбон – пермь, 320–250 млн л.)	Камен- но- уголь- ный	Юго-востока Канады (Монктон),	Внутриконтинентального рифта; галит, сильвин, примесь боратов
		Скалистых гор (Пара- докс, Игл), США	Внутриконтинентального рифта; сильвин, карналлит, встречается полигалит
	Перм- ский	Припятско- Днепровский (<i>Днепро- во-Донецкий суббас- сейн</i>)	Рифтогенная регрессивная; галоиды, сульфаты К-Mg, бораты
		Волго-Уральско- Предуральский, Рос- сия	Периколлизонная, предгорного прогиба, регрессивная; галит, сильвин, карналлит
Герцинский (карбон – пермь, 320–250 млн л.)	Перм- ский	Прикаспийский (<i>ме- сторождения: Жи- льянское, Сатимолы, Индерское</i>)	Краевой впадины, регрессивная; сульфатные К-Mg соли, хлоридные соли, бишофит, бораты (Молоштанова, 2013)
		Средне-Европейский, Германия	Пострифтогенная синеклиальная трансгрессивная; сильвинит- кизеритовая, сильвинит-галитовая, карналлитовая (вторичного сильвинита) пачки
		Амазонский, Бразилия	Внутриконтинентального рифта, регрессивная
		Пермский (Западно- Техасский), США	Периколлизонная синеклиальная регрессивная; галит, полигалит, лангбейнит, каинит
Киммерийский (триас – мел, 250–65 млн л.)	Триасо- вый	Средне Средиземно- морский, Франция	Пассивной окраины, шельфовая трансгрессивная; полигалит, силь- вин и карналлит
	Юр- ский	Южно Евразийский (Тюбегатанское ме- сторождение) Узбеки- стан, Туркмения	Периспрединовая трансгрессивная; галит, сильвин, карналлит
	Мело- вой	Южно- Атлантический. Суб- бассейны: <i>Западно- Африканский, Бра- зильский</i>	Межконтинентальный рифт; каменная соль, карналлита, бишофит или тахигидрит, вулканические пеплы
		Индо-Синийский (Ин- до-Китайский) Месторождение Корат	Перисубдукционная регрессивная; Карналлит, сильвин, тахигидрит. Сильвинитовая зона с борацитом над карналлитовой
Альпийский (олигоцен – голоцен, 65–0 млн л.)	Палео- гено- вый	Средиземноморский	Суббассейны: краевого прогиба (2), рифтовая (2), межгорного про- гиба (2)4; галит, сильвин, карналлит, каинит, лангбейнит
	Четвер- тичный	Африкано- Аравийский,	Внутриконтинентальный рифт
		Цайдамский	Межгорная котловина

Здесь в карбоне – ранней перми (C_{1tl2} – P_{1ar}) накапливалась морская карбонатная формация. При этом ее терригенно-известняковая субформация (C_{1tl2} – C_2) в верхнем карбоне сменилась известняково-доломитовой (C_3 – P_{1ar}) (табл. 2). Последнее свидетельствует:

- 1) о начале перехода платформы в периколлизионный режим;
- 2) о постепенном смещении Волго-

Уральского бассейна в аридную зону.

На платформенной части кунгурского бассейна в условиях регрессивной периколлизионной обстановки образуется сульфатно-карбонатная субформация эвапоритовой формации (P_{1k}).

Непосредственно в прогибе во второй половине кунгурского века накопилась верхняя галогенная субформация эвапоритовой формации.

Таблица 2. Осадочные формации и субформации Волгоуральско-Предуральского бассейна в периколлизионной обстановке

Возраст	Формация	Субформации условий		
		Платформы	Прогиба	Орогена
P_{1k}	Эвапоритовая	Сульфатно-карбонатная	Галогенная	Терригенная
C_{1tl2} – P_{1ar}	Морская карбонатная	C_3 – P_{1ar} Известняково-доломитовая		
		C_{1tl2} – C_2 Терригенно-известняковая		

Предуральский суббассейн

В северной части в кунгурско-татарское время сформировалась Печорская угленосная формация, указывающая на гумидный климат этой зоны.

Южнее она замещается эвапоритовой формацией. В Верхнепечорской впадине прогиба накапливается толща солей мощностью до 470 м, в которой выделяются: подстилающая каменная соль, горизонт калийно-магниевого (сильвинит-карналлитовых) солей и покровная каменная соль.

Еще южнее находится Соликамская впадина, которая вмещает одно из крупнейших в мире месторождение – Верхнекамское (Кудряшов, 2001). Мощность соляной толщи здесь достигает 600 м.

Южнее ее сменяет Юрюзано-Сылвинская впадина. В ее пределах А. А. Иванов (1973) выделяет Косьвинско-Сылвинский суббассейн, в котором расположено Шумковское месторождение каменной соли.

Далее следует Бельская впадина с отложениями каменной соли (Соль-Илецкое месторождение).

На примере Волгоуральско-Предуральского бассейна отчетливо проявляется влияние тектонического и климатического факторов на его формирование и состав.

Наличие в позднем карбоне – ранней перми на обширной территории Волго-Урала

синеклизного платформенного подготовительного бассейна обусловило изменение к концу кунгурского времени состава рапы в сторону уменьшения гидрокарбонатов кальция и магния, сульфатов кальция и увеличения концентрации хлоридов натрия, калия и магния. Попадание подготовленной таким образом рапы в конечные впадинные ванны обусловило специфику состава солей Предуральского суббассейна.

Прикаспийский бассейн может служить примером простого впадинного бассейна. Отсутствие в нем подготовительного суббассейна привело к «лавиной» седиментации и концентрации вместе с гипсом сульфатных солей калия, магния, кальция, а затем продолжилось хлоридным галогенезом и завершилось накоплением бишофита. В исследованиях Г. А. Московского и С. А. Свидзинского установлено, что температура рапы увеличивалась от галитовой (менее 35°C) через сильвинитовую (40–47°C) и карналлитовую (55–65°C) до бишофитовой (65–70°C) стадии (Московский, Свидзинский, 2011). Отмечается, что на галитовой стадии рапа была сульфатного типа и незначительно отличалась от современной морской воды. Своеобразие состава Прикаспийского бассейна позволяет рассматривать его в качестве самостоятельного.

Библиографический список

- Баталин Ю. В., Тихвинский И. Н., Чайкин В. Г. Вещественно-геодинамическая систематизация и эволюция галогенных формаций // Отечественная геология. 1998. № 5. С. 17–21.
- Беленицкая Г. А. Соленосные осадочные бассейны. Литолого-фациальный, геодинамический и минерагенический анализ // Осадочные бассейны России. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. Вып. 4. 72 с.
- Валяшко М. Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М.: Изд-во МГУ, 1962. 397 с.
- Высоцкий Э. А., Гарецкий Р. Г., Кислик В. З. Калиеносные бассейны мира. Минск: Наука и техника, 1988. 387 с.
- Ибламинов Р. Г. Основы минерагеодинамики. Пермь: Перм. ун-т., 2001. 250 с.
- Ибламинов Р. Г. Системные уровни минерагеодинамики – основа минерагенических построений // Вестник Пермского университета. Геология. 2004. С. 28–35.
- Ибламинов Р. Г. Минерагеодинамика нефтегазоносных бассейнов // Вестник Пермского университета. Геология. 2007. Вып. 4. С. 8–25. EDN: NCPIGF
- Ибламинов Р. Г. Формации и палеотектоника Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна // Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья: сб. науч. тр. к 100-летию со дня рождения проф. П. А. Софроницкого. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. С. 190–193.
- Ибламинов Р. Г. Минерагеодинамические факторы калийного галогенеза // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: матер. регион. науч.-практ. конф. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2013. С. 10–14. EDN: QTJNOP
- Иванов А. А. Минеральные соли // Геология СССР. М.: Недра, 1973. Т. XII С. 522–536.
- Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей / ГИ УрО РАН. Пермь, 2001. 429 с.
- Летников Ф. А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 230 с. EDN: YYUFUL
- Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 1984. 496 с.
- Молоштанова Н. Е. Характеристика полигалитовых руд Жилинского месторождения калийных солей // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. статей. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2013. Вып. 16. С. 263–265. EDN: RAMQBD
- Московский Г. А., Свидзинский С. А. О концепциях галогенеза (на примере Прикаспийской впадины) // Концептуальные проблемы литологических исследований в России: мат. 6-го Всерос. литол. совещ. Казань: Казан. ун-т, 2011. Т II. С. 59–61.
- Назаров В. И., Белонин М. Д., Вережако И. А., Кулакова З. С., Сверчков Г. П., Смирнов С. В. Геолого-минерагеническая карта Мира. Масштаб 1:15000000. Объяснительная записка. Ч. 3. Нефтяные ресурсы континентов и транзиталей. Геолого-экономическая оценка. СПб: Изд-во Санкт-Петербург. картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 70 с.
- Романовский С. И. Литогеодинмика осадочных бассейнов. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 1996. 44 с.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 1. 212 с.
- Хаин В. Е. Основные проблемы современной геологии (геология на пороге XXI века). М.: Наука, 1995. 190 с.
- Хаин В. Е., Короновский Н. В. Планета Земля. От ядра до ионосферы: учеб. пособие. 2-е изд. М., 2008. 244 с.
- Хаин В. Е., Сеславинский К. Б. Историческая геотектоника. Палеозой. М.: Недра, 1991. 398 с.

Mineralogical and Geodynamic Bases of Potassium Lithogenesis

R.G. Iblaminov

Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm 614068, Russia. E-mail: riaminov@psu.ru

One of the main factors of potassium lithogenesis is climatic. The relocation of a tectonic lithospheric plate into an arid environment is determined by global geodynamics, and the formation of a salt-bearing basin is determined by regional geodynamics. The composition of the halogen formation is determined by the structure of the salt-bearing basin. Sulfate-chloride potassium salts accumulate in a pool with a separate main bath, and chloride salts accumulate in the final pool within a large preparatory basin.

Keywords: *global geodynamics; salt pools; salt composition.*

References

- Batalin Yu.V., Tikhvinskiy I.N., Chaykin V.G.* 1998. Veshchestvenno-geodinamicheskaya sistematizatsiya i evolyutsiya galogennykh formatsiy [Material-geodynamic systematics and evolution of halogen formations]. *Otechestvennaya geologiya*. 5:17–21. (in Russian)
- Belenitskaya G.A.* 2000. Solenosnye osadochnye basseyny. Litologo-fatsialnyy, geodinamicheskiy i mineragenicheskiy analiz [Salt-bearing sedimentary basins. Lithological-facial, geodynamic and mineragenic analysis]. *Osadochnye basseyny Rossii*. St. Petersburg: VSEGEI Publishing House, Iss. 4, p. 72. (in Russian)
- Valyashko M.G.* 1962. Geokhimicheskie zakonomernosti formirovaniya mestorozhdeniy kaliynykh soley [Geochemical patterns of potash salt deposit formation]. *Moskva, MSU*, p. 397. (in Russian)
- Vysotskiy E.A., Garetskiy R.G., Kislik V.Z.* 1988. Kalienosnye basseyny mira [Potash-bearing basins of the world]. *Minsk, Nauka i tekhnika*, p. 387. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 2001. Osnovy minerageodinamiki [Fundamentals of minerageodynamics]. *Perm, Perm Univ.* p. 250. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 2004. Sistemnye urovni minerageodinamiki – osnova mineragenicheskikh postroeniy [System levels of minerageodynamics as the basis of mineragenic constructions]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, pp. 28–35. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 2007. Minerageodinamika neftegazonosnykh basseynov [Minerageodynamics of oil and gas basins]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 4:8–25. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 2010. Formatsii i paleotektonika Volgo-Uralskogo neftegazonosnogo basseyna [Formations and paleotectonics of the Volga-Ural oil and gas basin]. *In: Geologiya i neftegazonosnost severnykh rayonov Uralo-Povolzhya*. Collected papers dedicated to the 100th anniversary of Prof. P.A. Sofronitskiy. *Perm, Perm State University*, pp. 190–193. (in Russian)
- Iblaminov R.G.* 2013. Minerageodinamicheskie faktory kaliynogo galogeneza [Minerageodynamic factors of potash halogenesis]. *In: Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala*. Proc. regional scientific-practical conf. *Perm, Perm State University*, pp. 10–14. (in Russian)
- Ivanov A.A.* 1973. Mineralnye soli [Mineral salts]. *In: Geologiya SSSR. Vol. XII*. *Moskva, Nedra*, pp. 522–536. (in Russian)
- Kudryashov A.I.* 2001. Verkhnekamskoe mestorozhdenie soley [Verkhnekamskoye salt deposit]. *Perm, Mining Institute UB RAS*, p. 429. (in Russian)
- Letnikov F.A.* 1992. Sinergetika geologicheskikh sistem [Synergetics of geological systems]. *Novosibirsk, Nauka*, p. 230. (in Russian)
- Mitchell A.H.G., Garson M.S.* 1981. Mineral deposits and global tectonic settings. *London, New York, Academic Press*, p. 405. (in Russian)
- Moloshtanova N.E.* 2013. Kharakteristika poligalitovykh rud Zhilyanskogo mestorozhdeniya kaliynykh soley [Characteristics of polyhalite ores of the Zhilyanskoye potash salt deposit]. *In: Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii*. *Nauchnye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo*. Collected papers. Iss. 16. *Perm: Perm State University*, pp. 263–265. (in Russian)
- Moskovskiy G.A., Svidzinskiy S.A.* 2011. O kontseptsiyakh galogeneza (na primere Prikaspiyskoy vpadiny) [On concepts of halogenesis (case study of the Caspian depression)]. *In: Kontseptualnye problemy litologicheskikh issledovaniy v Rossii: Proc. 6th All-Russian lithological conf.* *Kazan, Kazan University*, Vol. II, pp. 59–61. (in Russian)
- Nazarov V.I., Belonin M.D., Vereshchako I.A., Kulakova Z.S., Sverchkov G.P., Smirnov S.V.* Geologo-mineragenicheskaya karta Mira. Masshtab 1:15000000. Obyasnitelnaya zapiska. Ch. 3. Neftnyye resursy kontinentov i tranzitaley. Geologo-ekonomicheskaya otsenka [Geological-mineragenic map of the World. Scale 1:15,000,000. Explanatory note. Part 3. Oil resources of continents and transit zones. Geological-economic assessment]. *St. Petersburg: St. Petersburg Cartographic Factory of VSEGEI*, 2000, p. 70. (in Russian)
- Romanovskiy S.I.* 1996. Litogeodinamika osadochnykh basseynov [Lithogeodynamics of sedimentary basins]. *St. Petersburg, VSEGEI*, p. 44. (in Russian)
- Strakhov N.M.* 1962. Osnovy teorii litogeneza [Fundamentals of the theory of lithogenesis]. *Moskva, AN USSR*, 1962. Vol. 1, p. 212. (in Russian)
- Khain V.E.* 1995. Osnovnye problemy sovremennoy geologii (geologiya na poroge XXI veka) [Main problems of modern geology (geology on the threshold of the 21st century)]. *Moskva, Nauka*, p. 190. (in Russian)
- Khain V.E., Koronovskiy N.V.* 2008. Planeta Zemlya. Ot yadra do ionosfery [Planet Earth. From core to ionosphere]. *Textbook. Moskva*, p. 244. (in Russian)
- Khain V.E., Seslavinskiy K.B.* 1991. Istoricheskaya geotektonika. Paleozoy [Historical geotectonics. Paleozoic]. *Moskva, Nedra*, p. 398. (in Russian)