

Копытов Сергей Владимирович

кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
e-mail: sergkopytov@gmail.com

Sergei V. Kopytov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Назаров Н.Н., Копытов С.В. Развитие гидросети бассейна верхней Камы в неоплейстоцене // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №4(47). С. 5–11. doi 10.17072/2079-7877-2018-4-5-11

Please cite this article in English as:

Nazarov N.N., Kopytov S.V. The drainage system development in the Upper Kama basin in the Neopleistocene // Geographical bulletin. 2018. №4(47). P. 5–11. doi 10.17072/2079-7877-2018-4-5-11

УДК 911.37, 332.132

DOI 10.17072/2079-7877-2018-4-11-20

**ГРАВИОГЕОГРАФИЯ СОЛЕННЫХ ОЗЕР УРАЛА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ:
III. ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ И ГЕНЕЗИСА*****Владимир Васильевич Литовский**

SPIN-код: 3388-6480

e-mail: vlitovskiy1@yandex.ru; vlitovskiy@rambler.ru

Институт экономики Уральского отделения РАН, Екатеринбург

Исследуются теоретико-методологические возможности гравиигеографического метода для изучения особенностей геохимии и генезиса озер как маркеров эволюции ландшафта. Для выявления особенностей геоморфогенеза и геохемогенеза с учетом гравиифактора в зоне наиболее выраженных соляных структур Прикаспийской низменности по отношению к более северным и восточным соляным структурам Урала и сопредельным территориям изучена гравиигеография соленых озер Баскунчак, Эльтон и Булухта. С учетом географического фактора проанализированы их геохимические особенности. Установлено, что соленые озера тяготеют к зонам больших отрицательных гравиианомалий и являются маркерами развитых геохимических полей, показателем развития на территориях геохимических процессов не только с отрицательным, но и положительным ландшафтогенезом. Выявлена тенденция компенсации отрицательных гравиианомалий в районе исследованных озер не только интенсификацией галогенеза, но и привносом песка. В целом показано, что с гравиметрических позиций соленые озера следует рассматривать как комплексный фактор механического и геохимического изостатического выравнивания территории.

Ключевые слова: гравиигеография, Прикаспийская низменность, соленые озера, Баскунчак, Эльтон, Булухта.

**GRAVITY GEOGRAPHY OF SALT LAKES OF THE URAL MOUNTAINS AND ADJACENT
AREAS: III. FEATURES OF GEOCHEMISTRY AND GENESIS****Vladimir V. Litovskiy**

SPIN-code: 3388-6480

e-mail: vlitovskiy1@yandex.ru; vlitovskiy@rambler.ru

Institute of Economics of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg

© Литовский В.В., 2018

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 16-06-00324). Первая и вторая статьи опубликованы в журнале Географический вестник, №4(43)/2017 и №3(46)/2018 соответственно.

The paper analyzes the theoretical and methodological potential of the gravitational geographic method for studying characteristics of geochemistry and genesis of lakes as markers of the landscape evolution. To identify the features of geomorphogenesis and geohemogenesis in the light of gravitational factor in the zone of most expressed saline Caspian lowland structures compared to more northern and eastern salt structures of the Urals and neighboring territories, gravity geography of Baskunchak, Elton and Buluhta salt lakes was studied. Their geochemical features were analyzed with regard to the geographical factor. It has been found that the lakes tend to be large areas of negative gravity anomalies and are markers of developed geochemical fields, as well as indicators showing development of geochemical processes with not only negative but also positive landscape evolution. Trend revealed that compensation of negative gravity anomalies in the area investigated Lakes occurs not only through stockpiling of salt, but also by the input of sand. Thus, compensation of anomalies is possible due to exogenous and endogenous factors. It is shown that the gravimetric approach integrates these approaches and allows us to consider salt lakes as a factor of both mechanical and geochemical isostatic alignment of the territory.

К e y w o r d s : gravity geography, Caspian lowland, Baskunchak, Elton and Buluhta salt lakes.

Минеральные озера являются не только ландшафтным или биоресурсным, но и геохимическим феноменом. Как прямые источники минерально-сырьевых ресурсов территории они являются ценными информативными географическими маркерами, позволяющими судить как об эволюции ландшафта, так и эволюционной стадии минералогенеза на территории, и соответственно могут быть маркерами хозяйственного потенциала территории.

Связь минеральных озер с месторождениями означает их привязку к геохимическим полям, которые, в свою очередь, картируемы по геофизическим данным, включая гравиданные. С учетом этого в данной работе использован гравииогеографический метод [8] для осмысления закономерностей размещения и эволюции озер Урала и связи их с геохимическим потенциалом территории. В целом метод с учетом стремления геосистем к наибольшей гравитационной устойчивости позволяет выявлять и геокрибнетический статус озер, степень их устойчивости к воздействиям природных и антропогенных факторов, что актуально для построения геоэколого-экономической парадигмы хозяйствования.

Методика исследования описана в предшествующих статьях [8, с. 143–160]. Для построения карт с композитной грид-информацией и ГИС-гравииогеографического анализа использовались: программный пакет «Global Mapper», ГИС-основа ВСЕГЕИ [3] с данными ИАЦ «Минерал» [6], Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации [19], GIS-Лав [16], авторская теоретико-методологическая основа [9].

*Соленые озера Прикаспийской низменности на территории
Астраханской и Волгоградской областей*

Озеро Баскунчак – уникальное озеро с котловиной на вершине огромной соляной горы, уходящей основанием на 6 км вглубь земли и прикрытой толщей осадочных пород. Это самое большое и самое солёное (около 300 г/л) из всех известных соляных озер мира. Водоем расположен в Ахтубинском районе Астраханской области (в 53 км к востоку от Волги и 50 км от г. Ахтубинска), урез воды в нем расположен на 21 м ниже уровня моря. В настоящее время южная часть озера прогибается со скоростью 2 см в год, а северная – около 1 см [5, с. 90]. Площадь озера варьируется в пределах 105–115 км². Рядом с озером расположены поселки Верхний Баскунчак и Нижний Баскунчак. Мощность поверхностной залежи натриевой соли на озере Баскунчак достигает 10–18 м. В результате добычи соли образовались выломы глубиной до 8 м. Глубина залегания соли достигает 6 км. Непосредственно вокруг озера расположены обширные гипсовые поля, перекрывающие склон соляного купола. Весной и осенью уровень рапы в озере максимальный – до 1 м. В рапе обитают только бактерии, которые выносят соль. Сегодня чрезвычайно чистая соль озера Баскунчак составляет до 80% общей добычи соли в России, здесь добывают от 1,5 до 5 млн т соли в год при запасах соли в верхнем рабочем пласте примерно в 750 млн т. Для вывоза соли была построена Баскунчакская железная дорога. Питание водоема происходит главным образом за счет источников. Многочисленные ключи впадают в соленое озеро по его северо-западному берегу, принося в течение суток в оз. Баскунчак более 2,5 тыс. т солей.

Гравиокартина в районе озера Баскунчак представлена на рис. 1. Из нее видно, что озеро находится в области значительных отрицательных гравитационных аномалий свыше 40 мГл. При этом южная часть озера попадает в зону наивысших их отрицательных значений (более -40 мГл), а северная – в зону со значениями аномалии меньше -30 мГл.

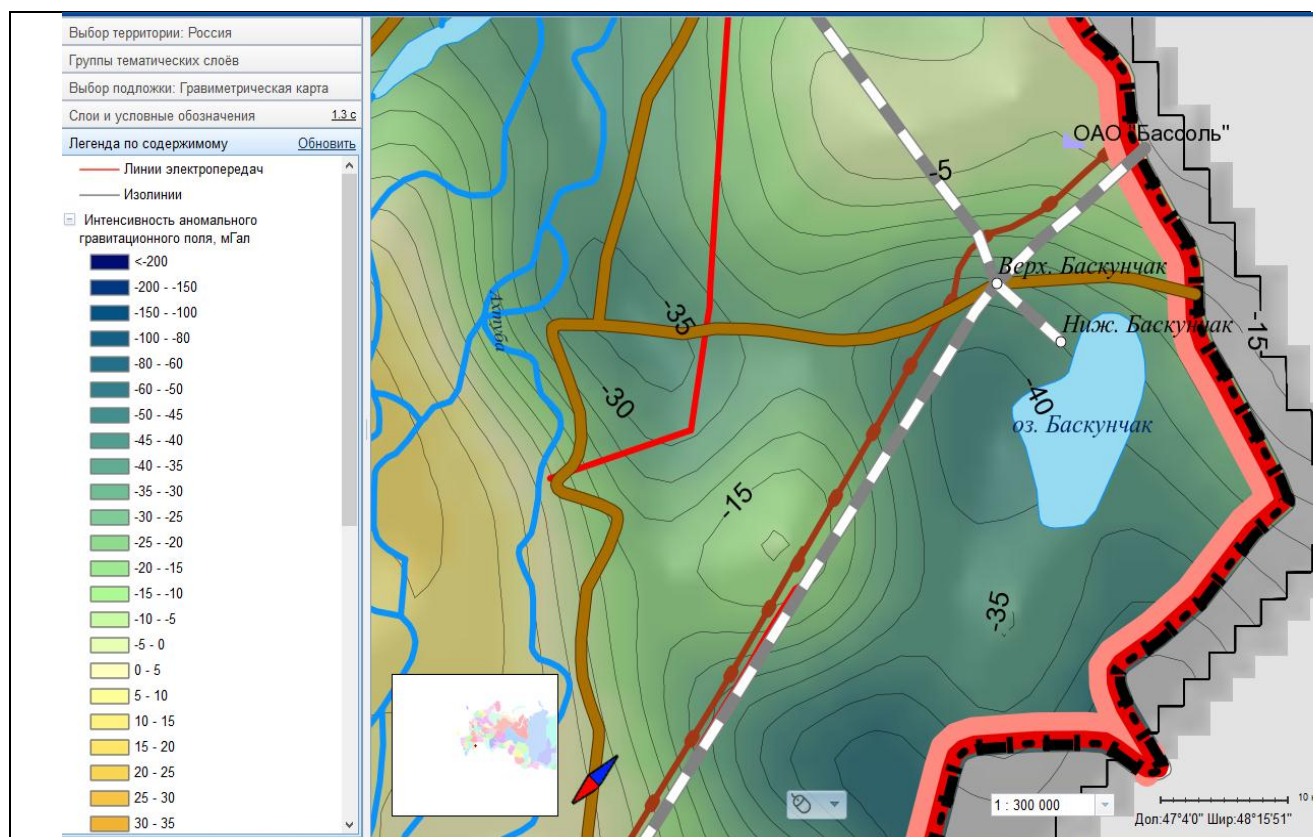


Рис. 1. Гравиогеографическая картина в районе озера Баскунчак (значения изолиний даны в мГл)

Вероятно, с учетом сверхтекучести сырых песков, это и предопределяет неравномерность прогибания дна озера в его северной и южной частях. В сравнении с озером Индер здесь аномалия несколько больше, что связано с величиной самой депрессии относительно уровня моря (-21 м).

Озеро Эльтон – соленое бессточное самосадочное озеро на севере Прикаспийской низменности, расположенное на 15 м. ниже уровня моря. Его площадь составляет 152 км², а форма приближена к кругу. Летом глубина озера – 5–7 см, а весной – до 1,5 м. На дне озера сконцентрированы залежи солей (главным образом NaCl и KCl), а под ними – слой минеральной сероводородной грязи. Питание озера в основном снеговое, через 7 минерализованных рек. На дне наблюдаются выходы солёных источников. Административно озеро находится в Палласовском районе Волгоградской области, неподалеку от границы с Казахстаном, и непосредственно относится к Эльтонскому сельскому поселению. Эльтон считается не только крупнейшим озером Волгоградской области, но и самым большим по площади из аналогичных минеральных озёр Европы. Геоморфологически оно представляет собой впадину между крупными соляными куполами на крайнем севере Прикаспийской низменности. Самой высокой точкой поблизости является соляной купол – гора Улаган (68 м выше уровня моря). Озеро заполнено насыщенным соевым раствором, который весной распресняется. Минерализация озера составляет 200–500 г/л, что в 1,5 раза превышает концентрацию соли в Мертвом море, а в воде содержатся водоросли, которые придают ей красноватый оттенок. Для целебных целей используются сульфидная грязь и концентрированный соляной раствор (рапа) озера.

Озеро Булукта или Горькое озеро – соленое бессточное озеро, также расположенное на северо-востоке Волгоградской области, в Палласовском районе. Озеро находится в степной зоне между Волгой и оз. Эльтон в 30 км от ближайшего населенного пункта Катричев. Урез воды в нем ниже уровня моря на 17 м. Название озера означает «родниковое», поскольку вода в озеро поступает из донных родников. Этим же объясняется и его высокая соленость, поскольку подземные воды, проходя сквозь древние соляные линзы, находящиеся под слоем осадочных пород, растворяют их, насыщаются солью и на поверхность выходят солеными. Концентрированию соляного раствора здесь способствует также жаркий летний климат, обуславливающий высокую испаряемость воды. Горько-соленый вкус ей придает растворенный мирабилит (природная глауберова соль – Na₂SO₄•10H₂O). Поскольку озеро очень мелкое, а его грязевые берега сильно изрезаны, заболочены и нестабильны, то

оно не имеют постоянных границ. Береговая линия покрыта белым налетом глауберовой соли и илиста.

Гравиокартина в районе озер Эльтон и Булухта представлена на рис. 2. Она показывает, что озера находятся в широком диапазоне изменения гравеоаномалий: от -5, -10 мГл на юго-восточном берегу озера Эльтон до -50, -55 мГл в районе озера Булухта. В северной и северо-западной частях озера Эльтон отрицательные аномалии достигают -35 мГл.

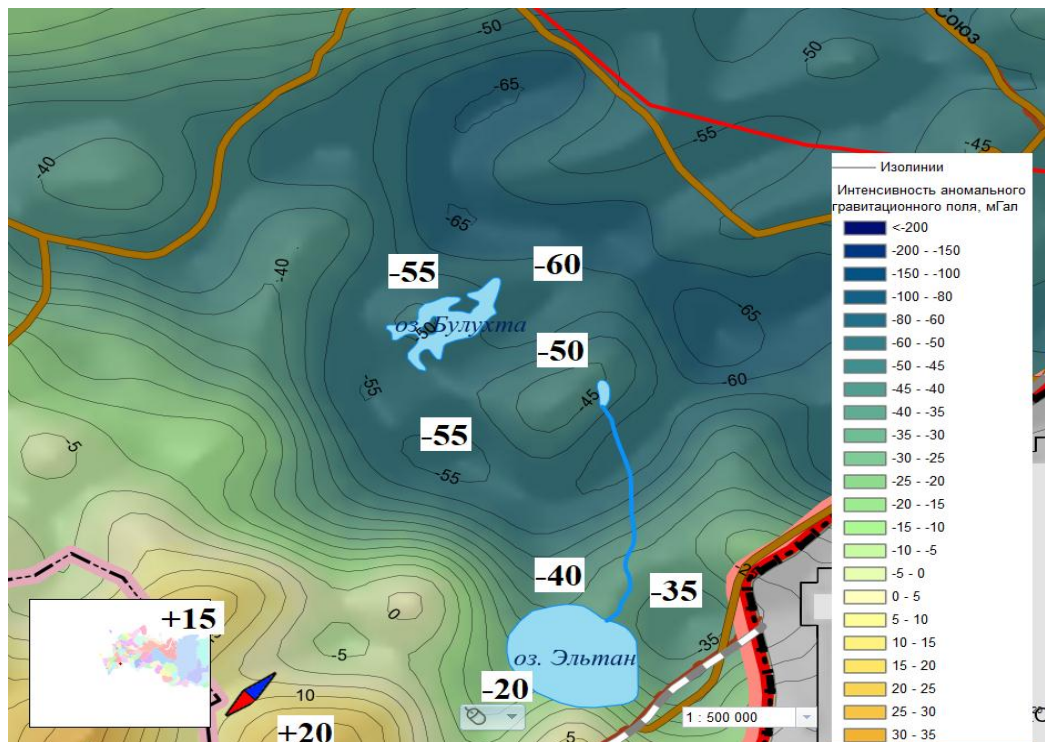


Рис. 2. Гравиокартина района озер Эльтон и Булухта (изолинии, мГл)

Таким образом, озера также не являются исключением в закономерности тяготения соляных озер к отрицательным областям аномального гравитационного поля. В целом эти аномалии здесь несколько выше, чем в районе более южного озера Баскунчак, аналогично тому, как величина отрицательных аномалий озера Шалкар выше аномалий более южного озера Индер поблизости от р. Урал.

Все наиболее крупные южные соляные озера бассейна Урала и Урало-Волжского междуречья приурочены к соляно-купольным поднятиям (рис. 3) [12]. Если рассматривать солянокупольные ландшафты с севера на юг в широтном направлении и с запада на восток – в долготном, то самым северным в Урало-Волжском междуречье является Эльтон-Улаганский, а на Урале – Шалкарский, далее – Индерский и, наконец, самым южным оказывается Богдинско-Баскунчакский. Соответственно, по данному направлению изменяется и соотношение хлоридов и сульфатов в почвах озерной поймы этих ландшафтов.

Согласно В.П. Петрищеву [12], особенности проявления солянокупольных поднятий на Прикаспийской низменности заключаются в различиях морфологической структуры ландшафтов соляных куполов-гигантов, которые обусловили следующее: формирование более крупных денудационных возвышенностей с активным карстопоявлением в Богдинско-Баскунчакском и Индерском ландшафтных районах по сравнению с Шалкарским (Челкарским) и Эльтонским, развитие более крупных по площади озерных впадин в Челкарском (200 км²) и Эльтонском (170 км²) ландшафтных районах по сравнению с Богдинско-Баскунчакским (113 км²) и Индерским (112 км²), образование значительных по площади денудационных и денудационно-карстовых возвышенностей солянокупольного происхождения в Богдинско-Баскунчакском (100 км²) и Индерском (250 км²) ландшафтных районах, наконец, вскрытие более древних геологических пород и формирование большего геологического разнообразия в Богдинско-Баскунчакском и Индерском районах. Одно из объяснений указанных различий в широтной дифференциации сравниваемых солянокупольных районов Петрищев увидел в различии воздействия на них отложений каспийских трансгрессий,

поскольку, в противном, Челкарский и Эльтонский солянокупольные районы, расположенные на более увлажненной территории, должны были бы иметь большую закарстованность. Трансгрессии и их отложения также, по Петрищеву способствовали нивелированию неотектонических движений. Поэтому, вследствие увеличения с севера на юг мощности отложений их давление на ядра соляных структур привело к различиям в геохимических процессах и их проявлению в залежах более южных месторождений, например, Индерского, где обнаружены бораты и промышленные скопления гипса.



Рис. 3. Схема размещения крупнейших солянокупольных ландшафтов Прикаспийской впадины

На мой взгляд, все это свидетельствует и о более сложных механизмах природной гравикокомпенсации на этих территориях в исторической ретроспективе и в перспективе, т.е. посредством трансгрессии и регрессии вод Каспийского моря, так и посредством осоления их и вод озер Прикаспийской низменности. Вместе с тем изостатическое выравнивание, вероятно, протекает здесь также по пути опустынивания территорий, сноса в море и на гравиидефицитные территории значительных масс песка, как более тяжелого, а потому более эффективного вещества для выравнивания веса дневных поверхностей по сравнению с водой и рассолами в этих целях. Не исключено, что эти же механизмы ответственны и за нафтидообразование в Прикаспии. Поскольку более легкая, нежели вода, нефть, например, Тенгизского месторождения с плотностью 790 кг/м^3 может более тонко компенсировать переизбыток веса локального участка земной коры, что необходимо для изостатического выравнивания дневной поверхности при чрезмерных трансгрессиях и увлажнениях климата. В этом аспекте заметим, что плотность нефти Самотлорского месторождения оказывается большей (850 кг/м^3) по сравнению с плотностью нефти Тенгизского месторождения, т.е. трансгрессии вод Западно-Сибирского моря были ниже.

Вместе с тем гравиигеография соляных озер и структур вряд ли может быть объяснена только геотектоникой и миграцией геохимических потоков с перемещениями крупных масс поверхностного или подземного вещества. Не менее значимым для изостатического уравнивания земной коры представляется и *эволюционирование вещества на месте* со всей иерархией его геофизических, геохимических, биогеофизических и геобиохимических трансформаций. Собственно, на такую комплексную иерархическую систему эволюции и круговорота вещества в природе опирались В.И. Вернадский и А.Е. Ферсман, развивая радиогеологические подходы, кларковскую теорию, идеи концентрирования биотой радионуклидов и в целом теорию химического строения биосферы Земли и ее окружения [1; 2], а в 1950–1970 гг. – французские ученые Л. Кервран, Ж и Б. Шуберы, Ж Ломбар и др. [17; 18]. В частности, последние собрали большое количество примеров замещения одних элементов другими в горных породах и живых организмах и развили представления о метаморфизме химических элементов «на месте» с участием биотического компонента. Например, аномальное появление одних щелочных элементов и исчезновение других в породах и организмах они попытались объяснить наличием в природе помимо радиоактивных еще и гипотетических нерадиоактивных превращений или «трансмутаций со слабой энергией», происходящих при посредстве биокатализатора [17; 18], что позже обусловило открытие нового класса химических превращений – «холодного ядерного синтеза». Примерно тогда же в солях Верхнекамского

месторождения геохимиком Н.К. Чудиновым была обнаружена живоспособная микропалеобиота, что позволило развить представления о природных реакторах на биогенных элементах и естественном геохимическом эволюционном процессе с их участием – геобиогенезе [14; 15; 10]. Несколько раньше (в 1946 г.) к идее метаморфизма за счет спонтанного превращения химических элементов при рассмотрении генезиса солей Соликамского рудника пришел свердловский геофизик П.А. Корольков [7, с. 110]. Используя такую идею, он предположил, что порядок превращений солей указанного месторождения должен быть следующим: каменная соль (NaCl) → красный сильвинит (KCl) → полосчатый сильвинит → пестрый сильвинит → карналитовая порода ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) → горючие и негорючие газы. Он теоретически предсказал на этой основе наличие в подстилающем слое каменной соли относительно слабых слоев сильвинита, которые вскоре были успешно найдены: на Соликамском месторождении (слой Кр IV) М.С. Исаковой (1948 г.), а на Березовском участке Верхнекамского месторождения – Н.Г. Шешуковым (1962 г.).

Важным результатом его исследования стал выход за пределы гипотезы о повсеместном образовании солей из морских солеродных бассейнов. Согласно ему, она для Верхнекамского месторождения не подтверждается, поскольку состав солей там резко не сходен с составом морской воды. Так, в столбе соли сечением 1 м^2 содержание количества калия к магнию в них соотносится как 15:6, т.е. калия в 2,5 раза больше, чем магния, тогда как в морской воде, напротив, магния почти в 3,5 раза больше, чем калия. В то же время при существенно меньшей площади Верхнекамского месторождения (примерно втрое меньше площади залива Кара-Богаз-Гол Каспийского моря) тоннаж солей в Верхнекамском месторождении втрое превышает тоннаж солей, растворенных в водах Каспийского моря. Необъяснимым с позиций гипотезы галогенеза из морского солеродного бассейна было и происхождение многочисленных месторождений ископаемых солей в Средней Азии, в частности, в Чуйской, Нарынской, Кетмень-Тюбинской и Ферганской внутривулканических впадинах Тянь-Шаня. Там фактор поверхностных и подземных вод и вовсе незначителен, равно как и в исторической ретроспективе, – всегда был мал (морских бассейнов там не существовало с палеозоя). Соответственно, при такой ограниченности водных ресурсов концентрация там огромных запасов солей необъяснима.

К тому же, подобно А.И. Дзенс-Литовскому [4], в выработках Соликамского и Березниковского рудников он обнаружил наличие обломков обуглившихся стволов и веток и отсутствие остатков морских растений и животных. В связи с чем автор пришел к заключению, что соли этого месторождения образованы не привносом извне, а на месте в результате метаморфизма причем не морских, а *континентальных* отложений, которыми, по мнению Королькова, оказались глины [7, с. 112]. Исследуя схемы метаморфизма сильвина и карналита, ученый показал, что в генетической цепочке карналлит образуется из сильвина с раздувом исходной породы, на что указывают различия в их плотности: от 2000 кг/м^3 у сильвина до 1600 кг/м^3 у карналлита. Вследствие того, что калийные соли месторождения покоятся на галите, имеющим еще большую плотность (2100 кг/м^3), он заключил, что в связке галит-сильвин первичным является галит [7, с. 104]. В итоге он пришел к пониманию, что не только давление может служить причиной метаморфизма пород, но и, наоборот, метаморфизм может служить причиной возникновения в горных породах давления, приводящего к их раздуву, уменьшению плотности. В рамках данного исследования это следует трактовать как: вследствие действия более фундаментального механизма изостатического выравнивания или гравикомпенсации в земных толщах и на дневной поверхности посредством не только физических, но и геохимических, а в целом и геобиохимических трансформаций. Таким образом, тектонические явления не должны пониматься только как миграция элементов. Они могут быть и результатом метаморфизма пород на месте. Генезис глин в данном контексте, предшествующий трансформации солей, также оказывается связан с цепочкой: глины (плотность: $1900\text{--}2000 \text{ кг/м}^3$) – мергель (плотность: $2200\text{--}2500 \text{ кг/м}^3$) – ангидрит (2960 кг/м^3) либо гипс ($2200\text{--}2400 \text{ кг/м}^3$) – галит (поваренная соль – 2165 кг/м^3).

В плане данного исследования это интересно, поскольку географические особенности такого генезиса позволяют понять не только особенности гравикогеографии соляных месторождений и соляных озер, но и залежей мергеля, имеющего ценность для хозяйства. Так, в первом звене генетической цепочки «глина-мергель» Корольковым была выявлена следующая географическая приуроченность залежей мергеля. Из 30 залежей мергеля – смеси глинистых продуктов распада полевого шпата (алюмосиликатов) и карбоната кальция – кальцита (CaCO_3) на территории Свердловской и Курганской областей 15 расположено в Курганской области и 15 – в южной части Свердловской области. Все они имеют неправильную линзовидную форму. Переход от глин к

мергелю в разрезе каждой из таких залежей обычно измеряется сантиметрами, а по простирацию – единицами и десятками метров, при этом кальцит (2710 кг/м^3) в мергеле содержится в виде мельчайших ($0,01 \text{ мм}$) изометричных зерен. Иногда в глинах и мергелях встречаются и известковые остатки организмов, но явно вторичные по отношению к тонкодисперсной извести. По химическому составу и физическим свойствам залежи мергеля в Курганской и Свердловской областях тождественны известным в других местах СССР залежам «гажи», «лугового мергеля», «северного мела», «северной извести», характерных для третичных и четвертичных отложений кайнозоя» [7, с. 114]. То есть, по бытующим представлениям, своим происхождением мергели обязаны «донным» осадочным отложениям в болотах и озерах. Вследствие химической активности составляющих пород, геологических процессов и климатических вариаций мергели недолговечны, а по содержанию глины могут относиться как к глинистым, так и к мелоподобным (при уменьшении процентного содержания глин до десятой части объема смеси). В частности, при смешении извести с глинистым остатком на треть образуется «озерный» рыхлый мергель.

Корольков показал, что такие представления об образовании мергелей в водных бассейнах подобно самосадочной поваренной соли недостаточно аргументированы, поскольку «хемогенно» ныне в озерах, лагунах и заливах морей мергель либо известняк не садится. Не могла, по его мнению, известь в залежах мергеля в глинах Свердловской и Курганской областей появиться миграцией ее из толщ известняка либо из мраморов складчатого Урала. На $500\text{--}800 \text{ км}$ здесь нет следов существования в четвертичное либо третичное время потоков известковых вод по местам, где ныне в глинах (только в глинах, а не каких-либо других породах) известь присутствует. Таким образом, он пришел к заключению, что известь образуется из глины «на месте». А с учетом вышесказанного следовало бы добавить: на месте, где для изостатического выравнивания поверхности необходимо наращивание веса. Что касается географии извести в регионе, то в Свердловской области ее накопления встречаются в юго-восточной части. Объясняется это тем, что осадки там выпадают не столь обильно (по А.А. Шкляеву – 425 мм в год в среднем за $1891\text{--}1950 \text{ гг.}$, тогда как в северо-западной ее части – до 600 мм в год). В Курганской же области, как и в юго-восточной части Челябинской, осадки выпадают еще в меньшем количестве (325 мм в год)» [7, с. 115]). Поэтому известь там не вымывается из глины, а накапливается в ней.

В плане способности гравикокомпенсации материалами дневной поверхности отметим, что глины и мергели более вариабельны, нежели вода (1000 кг/м^3), поскольку плотность комовой или негашеной извести имеет диапазон плотностей от 900 до 1100 кг/м^3 , а гашеной или известкового теста – от 1300 до 1400 кг/м^3 .

Заметим, что в местах с недостаточным выпадением осадков (Курганская область и южнее) в глинах кайнозоя ($1800\text{--}2000 \text{ кг/м}^3$) местами присутствует не только известь, как описано выше, но и более тяжелый гипс ($2200\text{--}2400 \text{ кг/м}^3$). Гипсоносные глины там, как правило, старше по возрасту мергелистых глин и мергелей. Они имеют плотность от 2200 до 2500 кг/м^3 , а их залежи в мергелистых глинах и мергелях также имеют линзообразную форму.

Всего в Курганской области выявлено около 45 залежей с содержанием гипса в $5\text{--}10\%$ и более, но запасы их невелики, например, на трех (неподалеку от с. Куртамыш) – Долговской залежи площадью в 30 га – 13 тыс. т , на Телегинской залежи площадью 20 га – 4 тыс. т , а на Хмелевской площадью в 30 га – всего 1 тыс. т .

В более древних (мезозой, палеозой и древнее) толщах первично глинистых пород тоже местами имеются лишённые органических остатков известняк и гипс либо ангидрит, которые занимают огромные площади (в тысячи и более квадратных километров) при мощности пластов в десятки и более метров. При этом, учитывая, что химический гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) отличается от ангидрита (CaSO_4) только молекулами воды, т.е. ангидрит при наличии доступа к нему воды становится гипсом ($2200\text{--}2400 \text{ кг/м}^3$), увеличивая свой объем в среднем на 30% , а иногда на $60,3\%$, то в плане первичного вещества в цепочке «ангидрит–гипс» приоритет следует отдавать ангидриту (2960 кг/м^3). Отметим, что разновидностями гипса являются также алебастр, представляющий собой тонкозернистый агрегат, а также селенит – тонковолокнистый агрегат с шелковистым блеском, встречающийся по соседству с Верхнекамским калийным месторождением в Кунгурском районе. Плотность ангидрита – $2930 \text{ (кг/м}^3)$, тогда как плотность гипса – $2300 \text{ (кг/м}^3)$. Ангидрит или безводный сульфат кальция в силу своих гигроскопических свойств является отличным влагопоглотителем, в качестве чего находит свое использование в хозяйственных целях. Плотность мирабилита – $1490 \text{ (кг/м}^3)$.

Возвращаясь к анализу спонтанного метаморфоза кайнозойских глин в Курганской области, а также в Челябинской области и в более южных засушливых районах Южного Урала и северного Казахстана, П.А. Корольков указывал [7, с. 102], что при смещении на юг помимо возрастания содержания извести и гипса в глинах вода многих озер и болот становится соленой, реже мирабилитовой ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) и еще реже содовой ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Многочисленные исследователи установили, что поваренная соль, мирабилит и сода в этих болотах и озерах выщелочены из горных пород в относительно более возвышенных окрестностях болот и озер. В рамках данной работы не следует в этом контексте исключать и влияние на минералогенез нарастания сухости климата с запада на восток. Так, единственное в УрФО крупное месторождение мирабилита в Курганской области расположено в Петуховском районе – оз. Медвежье. Запасы мирабилита там по категории С1 на 2009 г. оценивались в 516 тыс. т, составляя до 2% запасов Российской Федерации. При этом содержание Na_2SO_4 в мирабилите составляет 44%.

Однако, если происхождение мирабилита, соды и поваренной соли в болотах и озерах понятно, то вопрос о происхождении этих солей в почве и в подпочвенных породах остается открытым и поныне. Если в середине XX в. среди геологов имелось мнение о том, что наличие соли свидетельствует о присутствии былых морей, то ныне, вероятно, истоки происхождения таких солей следует искать в кибернетическом действии гравикокомпенсации для изостатического выравнивания дневной поверхности. С позиций обеспечения наилучшей компенсации момента инерции Земли на ее поверхностях ниже уровня моря эффективней будет компенсация массы с ростом минералосодержащих куполов, а на возвышенных территориях – с заполнением депрессий озерами и телами речных систем. Следует отметить, что для более крупных геоформных образований – океанов, континентов, морей, островов и горных систем к сходным выводам пришли еще в конце XIX в. А.А. Тилло [13], А. Ромье [20], а позднее – Б.Л. Личков [11].

Библиографический список

1. Вернадский В.И. Труды по радиогеологии. М.: Наука, 1997. 319 с.
2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 2001. 376 с.
3. ВСЕГЕИ. Георесурсы. URL: <http://www.vsegei.ru/ru/info/georesource/> (дата обращения: 01.07.2017).
4. Дзэнс-Литовский А.И. Соляные купола и полосчатость каменной соли // Природа. 1937. №8. С. 39–50.
5. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007. 459 с.
6. ИАЦ «Минерал». URL: <http://www.mineral.ru> (дата обращения: 01.07.2017).
7. Корольков П.А. Спонтанный метаморфизм минералов и горных пород // Вопросы превращений в природе. Концентрация и рассеяние. Ереван: Изд-во «Айастан», 1971. С. 93 – 96.
8. Литовский В.В. Гравиогеография, проблемы инфраструктуры и размещения производительных сил. Гл. 3. // Теоретико-географические основы формирования доминантного урало-арктического пространства и его инфраструктуры (для задач формирования многофункционального базисного опорного внутреннего и континентального моста России по оси «Север-Юг»). М.: ГЕОС, 2016. С. 143–225.
9. Литовский В.В. Теория потока и некоторые ее приложения к экономической теории и проблемам размещения производительных сил // Журнал экономической теории. 2011. №2. С. 94–103.
10. Литовский В.В. Мировые минеральные ресурсы: калийные соли Прикамья и фундаментальные проблемы геобиогенеза. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос.ун-та путей сообщения, 2008. 162 с.
11. Личков Б.Л. О чертах симметрии Земли, связанных с ее гравитационным полем, тектоникой и гидрогеологией // Земля во Вселенной. М.: Мысль, 1964. С. 156–171.
12. Петрищев В.П., Чибилев А.А., Ахмеденов К.М., Рамазанов С.К. Особенности формирования ландшафтов Индерского солянокупольного района (Прикаспийская впадина) // География и природные ресурсы. 2011. №2. С.79–84.
13. Тилло А.А. Распределение материалов на поверхности земного шара // Изв. ИРГО. СПб., 1887. Т. 23, вып. 6. С. 750–753.
14. Чудинов Н.К. О природе окраски калийных солей палеозоя // Минералы изверженных горных пород и руд Урала. Л.: Наука, 1967. С. 118–130.

15. Чудинов Н.К. Методы количественной оценки пиковых и фоновых процессов эволюции в практике решения проблемы генезиса природных газов и нефти // Проблемы соленакопления. Т.2. Новосибирск: Наука, 1977. С. 292–301.
16. GIS-Lab. Открытые данные Лаборатории. URL: <http://gis-lab.info/qa/geology-geophysics-open-data-sources.html> (дата обращения: 01.07.2017).
17. Kervran C. Louis. Transmutations naturelles non radioactives. Paris: Maloine, 1963. 164 p.
18. Kervran C. Louis. Preuves en géologie et physique de transmutations à faible énergie. Paris: Maloine, 1973. 186 p.
19. Open Map Mineral. Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации. URL: <https://openmap.mineral.ru/> (дата обращения: 01.07.2017).
20. Romieux A. Relations entre la déformation actuelle de la croûte terrestre et les densités moyennes des terres et des mers // Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences. 1890. Vol. 111. P. 994–996.

References

1. Vernadskiy V.I. (1997), *Trudy po radiogeologii*, Nauka Publ., Moscow, Russia.
2. Vernadskiy V.I. (2001), *Himicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruzeniya*, Nauka Publ., Moscow, Russia.
3. VSEGEI. Georesursy, available at: <http://www.vsegei.ru/ru/info/georesource/> (Accessed 1 July 2017).
4. Dzents-Litovskiy A.I. (1937), “Solyanyye kupola i poloschatost kamennoy soli”, *Priroda*, no.8. pp.39–50.
5. Eremin N.I. (2007), *Nemetallicheskiye poleznyye iskopayemyye*. Moscow State University Publ, Akademkniga Publ., Moscow, Russia.
6. IAC «Mineral, available at: <http://www.mineral.ru> (Accessed 1 July 2017).
7. Korol'kov P.A. (1971), “Spontannyj metamorfizm mineralov i gornyh porod”, *Voprosy prevrashchenij v prirode. Koncentraciya i rasseyaniye*, «Ajastan», Erevan, Armenia, pp. 93 – 96.
8. Litovskiy V.V. (2016), “Graviogeografiya. problemy infrastruktury i razmeshcheniya proizvoditelnykh sil”, *Teoretiko-geograficheskiye osnovy formirovaniya dominantnogo uralo-arkticheskogo prostranstva i ego infrastruktury (dlya zadach formirovaniya mnogofunktsionalnogo bazisnogo opornogo vnutrennego i kontinentalnogo mosta Rossii po osi «Sever-Yug»)*, GEOS, Moscow, Russia, pp.143 – 225.
9. Eremin N.I. (2007), *Nemetallicheskiye poleznyye iskopayemyye*. Moscow State University Publ, Akademkniga Publ., Moscow, Russia.
10. Litovskiy V.V. (2008), *Mirovye mineral'nye resursy: kalijnye soli Prikam'ya i fundamental'nye problemy geobiogeneza*. Ural.gos.un-t putej soobshcheniya Publ., Ekaterinburg, Russia.
11. Lichkov B.L. (1964), “O chertah simmetrii Zemli, svyazannyh s ee gravitacionnym polem, tektonikoj i gidrogeologiej”, *Zemlya vo Vselennoj*. Mysl' Publ., Moscow, Russia. pp.156-171.
12. Petrishchev V.P., CHibilev A.A., Ahmedenov K.M., Ramazanov S.K. (2011), “Osobennosti formirovaniya landshaftov Inderskogo solyanokupol'nogo rajona (Prikaspijskaya vpadina)”, *Geografiya i prirodnye resursy*, no.2, pp. 79-84.
13. Tillo A.A. (1887), “Raspredelenie materialov na poverhnosti zemnogo shara”, *Izv. IRGO*. SPb., Vol.23 (6). pp.750-753.
14. CHudinov N.K.(1967). “O prirode okraski kalijnyh solej paleozoya”, *Mineraly izverzhennyh gornyh porod i rud Urala*. Nauka Publ., Leningrad, URSS. pp.118-130.
15. CHudinov N.K.(1977). “Metody kolichestvennoj ocenki pikovyh i fonovyh processov ehvolucii v praktike resheniya problemy genезisa prirodnyh gazov i nefti”, *Problemy solenakopleniya*. T.2. Nauka Publ., Novosibirsk, URSS. pp.292-301.
16. GIS-Lab. Otkrytye dannye Laboratorii. available at: <http://gis-lab.info/qa/geology-geophysics-open-data-sources.html> (Accessed 1 July 2017).
17. Kervran C. Louis (1963), *Transmutations naturelles non radioactives*. Maloine Publ., Paris, France.
18. Kervran C. Louis (1973), *Preuves en géologie et physique de transmutations à faible énergie*. Maloine Publ., Paris, France.
19. Open Map Mineral (Interaktivnaya ehlektronnaya karta nedropol'zovaniya Rossijskoj Federacii), available at: <https://openmap.mineral.ru/> (Accessed 1 July 2017).
20. Romieux A. (1890), “Relations entre la déformation actuelle de la croûte terrestre et les densités moyennes des terres et des mers”, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, Vol. 111, pp. 994-996.

Поступила в редакцию: 10.07.2017

Сведения об авторе**Литовский Владимир Васильевич**

доктор географических наук, заведующий сектором размещения и развития производительных сил, Институт экономики, Уральское отделение Российской академии наук; Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29

About the author**Vladimir V. Litovsky**

Doctor of Geographical Sciences, Head of Sector of Productive Forces Distribution and Territorial Planning, Institute of Economics, The Ural Branch of RAS; 29, Moscow st., Ekaterinburg, 620014, Russia

e-mail: vlitovskiy1@yandex.ru; vlitovskiy@rambler.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Литовский Ю.Ю. Гравиогеография соленых озер Урала и сопредельных территорий: III. Особенности геохимии и генезиса // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №4(47). С.11–20. doi 10.17072/2079-7877-2018-4-11-20

Please cite this article in English as:

Litovskiy V.V. Gravity geography of salt lakes of the Ural mountains and adjacent areas: III. Features of geochemistry and genesis // Geographical bulletin. 2018. №4(47). P. 11–20. doi 10.17072/2079-7877-2018-4-11-20