

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

© Подоль С.Р., Попова З.И.  
УДК: 556.531.4 (282.256.1)

**ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ  
ОЗЕР РЯЗАНСКОЙ МЕЩЕРЫ**

*С.Р. Подоль, З.И. Попова*

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,  
ул. Свободы, 46, 390000, г. Рязань, Российская Федерация

Определены основные гидрохимические показатели некоторых озер Рязанской Мещеры, в том числе озер Ласковской группы, расположенной в непосредственной близости от областного центра. Все озера сформировались в специфических эколого-геохимических условиях полесских ландшафтов. Они характеризуются широким распространением водно-ледниковых и древнеаллювиальных песчаных отложений, своеобразным сочетанием хвойных лесов с заболоченными пространствами, сравнительно малой антропогенной нагрузкой. В результате исследований установлен факт чрезвычайно малой общей минерализации озерных вод и соответственно выявлены низкие концентрации основных макро- и микроэлементов. На этом фоне выделяется большое присутствие железа в озерных водах, что связано с общим геохимическим фоном. Признаки загрязнения, в том числе и бытовыми стоками, в исследованных озерах не обнаружены.

*Ключевые слова:* гидрохимические показатели, озера, природные воды, макроэлементы, микроэлементы, геохимические условия, экологическое состояние.

---

**THE ECOLOGICAL-HYDROCHEMICAL CONDITION  
OF THE RYAZAN MESHCHERA LAKES**

*S.R. Podol, Z.I. Popova*

Ryazan State University named for S. Yesenin,  
Svobodi 46, 390000, Ryazan, Russian Federation

Identifies the main hydro-chemical parameters of some lakes of the Ryazan Meshchera, including lakes Laskowski, located in the immediate vicinity of the centre. All lakes are of glacial origin and were formed in specific environmental and geochemical conditions of Polesie landscapes. They are characterized by widespread fluvioglacial and ancient alluvial sand deposits, a kind of combination of coniferous forests with marshy areas, a relatively small anthropogenic load. The research established that extremely low TDS water of all lakes, and respectively detected very small concentrations of major macro – and micronutrients. Against this background, a large presence of iron in lake water, which is related to the geochemical background. The signs of pollution, including domestic sewage, in the studied lakes was not detected.

*Keywords:* hydrochemical indicators, lakes, natural water, macroelements, microelements, geochemical conditions, ecological conditions.

Озера широко распространены по всей территории Мещерской низменности. Они встречаются и на междуречьях, и в долинах рек.

Большинство озер приурочено к Центральной низине Мещеры, которая была ложбиной стока талых вод Московского ледника. Здесь выделяется несколько групп озер, имеющих ледниковое происхождение. К таковым относятся термокарстовые озера, образованные в результате вытаивания огромных линз льда в грунте, после ухода ледника. Аналогичное происхождение имеют и котловины озер, относящихся к Ласковской группе. Все эти озера имеют небольшую глубину, обычно не более 2 м. Некоторые озера Мещеры имеют карстовое происхождение, с чем связана их значительная глубина. К этой генетической группе относится озеро Белое (д. Белая) в Клепиковском районе [1].

Озера Мещеры развиваются в специфических эколого-геохимических условиях, которые определяются несколькими факторами. Доминирующими среди них можно считать широкое распространение водно-ледниковых и древне-аллювиальных песков, а также обширных заболоченных пространств с активным торфонакоплением. Песчаные отложения крайне бедны минеральными компонентами, особенно кальцием, магнием, микроэлементами. Вместе с тем, развитие болотного процесса предопределяет вынос в озера большого количества органического вещества [2].

В условиях постоянной смены на водосборных территориях озер окислительного режима восстановительным происходит активная мобилизация больших масс железа. В окислительных условиях, характерных для песчаных гряд и холмов, железо активно мигрирует в составе органо-минеральных комплексов, образованных железом с весьма подвижными и агрессивными фульвокислотами лесной подстилки и почвенного гумуса. Переходу железа в растворимую двухвалентную форму способствует периодически

возникающий восстановительный режим в почвах весной и при большом количестве осадков летом. Значительные массы железа в растворимой форме вовлекаются в горизонтальную миграцию при участии рек, протекающих через заболоченные пространства. Так, реки Бужа и Пра содержат в каждом литре (в среднем за год) 3,29 мг и 2,36 мг общего железа соответственно. При смене восстановительного режима вновь окислительным железом выпадает в осадок в виде ржаво-бурой окиси. Устья рек и озера представляют собой геохимические барьеры, «ловушки», где происходит активная аккумуляция железа. Его высокая концентрация в совокупности с большим количеством органического вещества придает воде буро-коричневый цвет [2].

Интерес к оценке эколого-геохимического состояния озер Мещеры определяется, помимо специфических условий развития, их рекреационной функцией, а также удаленностью от очагов интенсивного антропогенного воздействия. Геохимические показатели этих объектов можно отнести к эталону природного «фона», свободного от промышленного и сельскохозяйственного загрязнения. Настоящая работа является продолжением ранее опубликованных исследований авторов по оценке геохимических особенностей основных биогеоценозов Мещеры [3].

#### **Материалы и методы**

Основная цель нашего исследования – изучение эколого-геохимического состояния озер Мещеры на примере Ласковского, Сегденского, Уржинского, Белого (у деревни Белозерье) и Белого (у деревни Белое). С этой целью мы производили отбор проб воды. Пробы отбирались на расстоянии 1 м от берега. В образцах воды определялись следующие показатели: pH, общая минерализация, жесткость, содержание аммиака, сульфатов, хлоридов, фосфатов, а также некоторых макро-и микроэлементов (кальция, магния, железа, меди, цинка, хрома и свинца). Пробы были отобраны в сентябре 2015 г., в период небольшого подъема уровня

воды, связанного с осадками и уменьшением испарения. Гидрохимические показатели воды определялись с применением различных методов: потенциметрического, комплексометрии, фотоэлектроколориметрии, титриметрического, атомно – абсорб-

ционного, в соответствии с общепринятыми методиками. Все лабораторные исследования были произведены в аккредитованной лаборатории химического анализа РГУ имени С.А. Есенина. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица

**Эколого-гидрохимические показатели воды исследованных озер**

Показатели	рН	Общая минерализация		Азот аммония		Азот нитритный		Азот нитратный		Сульфаты		Хлориды		Фосфаты (по фосфору)		Общая жесткость		Кальций		Магний		Медь		Хром		Цинк		Свинец		Железо общее	
		мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	моль-экв/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>							
оз. Белое 2 (д.Белое)	6,81	3	0,13	0,016	2,8	16	10,28	0,06	0,50	8,0156	1,2152	0,00030	0,00188	0,0663	0,00087	0,32															
оз. Белое 1 (д.Белозерье)	6,69	35	0,42	0,019	3,9	12	8,86	0,06	0,60	12,0234	2,4304	0,00092	0,00108	0,1218	0,00163	0,40															
оз. Сегденское	6,47	17	0,16	0,006	2,1	4	9,92	0,08	0,50	4,0078	3,6456	0,00023	0,00114	0,0534	0,00055	0,75															
оз. Уржинское	6,72	19	0,57	0,011	3,2	11	10,64	0,03	0,60	12,0234	4,8608	0,00365	0,00026	0,0899	0,00089	1,2															
оз. Ласковское	7,12	23	0,19	0,005	2,4	5	12,40	0,17	0,95	6,0117	7,8988	0,0016	0,00063	0,1964	0,00065	0,28															
ПДК	6,5-8,5	1000	0,39	0,02	40	100	300	0,2	6-9	140	85	1,0	0,001	1,0	0,03	0,1															

**Результаты и их обсуждение**

Озера Белое (д. Белозерье) и Белое (д. Белое) расположены в Клепиковском районе Рязанской области, находится соответственно к югу и северу от озера Велико-го. Для этого района характерны торфяно-болотные ландшафты сосновых лесов. Озе-

ро Белое у деревни Белозерье имеет термокарстовое происхождение и типичную для озер этого типа небольшую глубину: средняя составляет 1,2-1,5 м, максимальная – 3,4 м. Дно озера устилают мощные толщи сапропеля. Сапропели малозольные (34%), бедные кальцием, алюминием и микроэле-

ментами [4]. Второе озеро Белое относится к генетическому типу карстовых озер, котловина которого была частично обработана ледником. Его глубина достигает 56 м, по описаниям дайверов, в восточной части озера глубина может быть еще больше. В мелководной, литоральной зоне озера дно сложено чистым песком, местами с галькой, в сублиторальной – буроватым илом с примесью песка, в пелагической части – бурым и черным илом [5].

Ласковская группа озер расположена вблизи деревни Ласково, в южной части Мещерской низменности. Группа образована Уржинским, Сегденским, Черненьким и Ласковским озерами, с термокарстовыми котловинами. Глубина их до 2 м, на дне значительная толща сапропеля, берега зарастают, что свидетельствует об активных процессах заболачивания [1].

Реакция рН воды всех исследованных озер слабощелочная и варьирует в нешироких пределах, от 6,69 до 7,12. Это хороший показатель, учитывая то, что подзолистые и болотные почвы водосборных территорий имеют кислую реакцию (рН 4-5), а в процессе минерализации лесных подстилок выделяется большое количество очень агрессивных фульвокислот.

Обращает на себя внимание очень низкая общая минерализация воды в озерах, ниже 40 мг/дм<sup>3</sup>. Причем, в ряду исследованных озер резко выделяется карстовое озеро Белое, минерализация его вод всего 3 мг/дм<sup>3</sup>. Эти данные хорошо согласуются с другими исследованиями природных вод полесских регионов.

Общая жесткость воды тоже крайне низкая, из-за малого присутствия катионов. Она составляет менее 1,0 моль-экв/дм<sup>3</sup>, что в 10 раз ниже ПДК.

Азот в исследованных пробах воды содержится преимущественно в аммонийной форме. Наибольшие показатели аммонийного азота, превышающие ПДК, зафиксированы в озерах Уржинском и Белом у д. Белозерье. Это связано, скорее всего, с бытовым загрязнением. Отметим, что в озере Ласковском, находящимся

ближе всего к городу Рязани, этот показатель невысокий. Концентрации азота нитритного и нитратного находятся в пределах допустимых. Причем, азот в форме нитратов содержится в очень малом количестве, менее 4,0 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации фосфатов везде ниже ПДК в 3 и более раз. Обращает на себя внимание очень низкое содержание сульфатов и хлоридов. Меньше всего сульфатов в Ласковском и Сегденском озерах, всего 5 мг/дм<sup>3</sup> и 4 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Это является следствием особенностей геохимического фона территории, который характеризуется крайне малыми концентрациями сульфат-иона в природных водах, почвообразующих породах и почвах. Все исследованные водоемы имеют очень невысокое содержание такого важного биогенного элемента, как фосфор, что также можно отнести к геохимической специфике ландшафтов Мещеры [6, 7].

Почвообразующие породы и почвы Мещерской низменности бедны микроэлементами, в том числе имеющими большое физиологическое значение для живых организмов. Так, недостаток меди в почвах отрицательно влияет на синтез белков, поскольку медь участвует в процессе фотосинтеза и способствует усвоению растениями азота. Содержание меди в пробах воды находится на уровне «следов» (тысячные и десятитысячные доли мг/л). «Следовые» концентрации характерны также для цинка и свинца.

К важным эколого-геохимическим показателям относится содержание в природных водах кальция и магния. Основным источником их поступления в озера Мещерской низменности принято считать грунтовый и поверхностный сток, поскольку эти химические элементы в условиях кислой среды активно выщелачиваются из почв. Однако почвообразующие породы Мещеры крайне бедны минералами-носителями кальция и магния. Это отражается и на содержании анализируемых элементов в озерных водах. В исследуемых образцах кальция и магний обнаружены в очень малых концентрациях (единицы мг/дм<sup>3</sup>).

Как отмечалось выше, основной геохимический процесс в ландшафтах Мещеры – активная миграция железа в почвах и природных водах. Концентрации железа в исследованных озерах значительные: максимальные обнаружены в озере Уржинское ( $1,20 \text{ мг/дм}^3$ ), минимальные – в Ласковском ( $0,28 \text{ мг/дм}^3$ ). Это существенно влияет на органолептические показатели воды (цвет, запах, вкус) и делает ее мало пригодной для питья.

#### Выводы

Гидрохимические показатели воды в исследованных озерах отражают природ-

ные процессы, характерные для Мещерского полесья. Следствием этих процессов являются малая минерализация воды при большом содержании железа. По причине удаленности от очагов промышленного и сельскохозяйственного загрязнения, мещерские озера можно отнести к эталону природного «фона», что важно для оценки экологического состояния других озер. При сравнении клепиковских озер и озер ласковской группы, расположенной близко к областному центру, не выявлены существенные отличия, влияющие на качество воды.

*Конфликт интересов отсутствует.*

#### Литература

1. Водорезов А.В., Кривцов В.А. Озера. В кн.: Природа Рязанской области. Рязань: РГУ имени С.А. Есенина, 2008. С. 184-190.
2. Подоль С.Р. К вопросу геохимии ландшафтов полесий Русской равнины // Вестник Рязанского государственного педагогического университета имени С.А. Есенина. 2001. №1(6). С.109-116.
3. Подоль С.Р., Попова З.И. Распределение и динамика химических элементов в сосновых биогеоценозах Мещерского полесья // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2015. №2. С. 87-92.
4. Крештапова В.Н. Редкие, рассеянные и другие малые элементы в торфяных месторождениях Русской платформы. В кн.: Изучение торфяного сырья и сапропеля. М.: Недра, 1970. С. 117-148.
5. Комаров М.М. Озеро Белое – уникальный природный объект на территории Рязанской области // Вестник Рязанского университета им. С.А. Есенина. 2013. №4(41). С. 6-25.
6. Авессаломова И.А., Дьяконов К.Н. Геохимические аспекты осушительной мелиорации в долинно-зандровых

ландшафтах Мещеры // Вестник МГУ. Серия 5. 1983. №1. С. 11-16.

7. Анненская Г.Н., Мамай И.И., Цесельчук Ю.Н.; Солнцева Н.А., ред. Ландшафты Рязанской Мещеры и возможности их освоения. М.: МГУ, 1983. 245 с.

#### References

1. Vodorezov AV, Krivcov VA. Oзера [Lakes]. In: *Priroda Rjazanskoj oblasti [The nature of the Ryazan region]*. Ryazan: Russian State University named after S.A. Esenin. Ryazan: RGU named after S.A. Esenin; 2008. P. 184-190.
2. Podol' SR. K voprosu geohimii landshaf-tov polesij Russkoj ravniny [On the question of landscape geochemistry POLESIE of Russian plains]. *Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni S.A. Esenina [Bulletin of the Ryazan State Pedagogical University named after S.A. Esenin]*. 2001; 1(6): 109-116.
3. Podol' SR, Popova ZI. Raspredelenie i dinamika himicheskikh jelementov v sosnovykh biogeocenoazah Meshherskogo poles'ja [Distribution and dynamics of chemical elements in pine woodland Biogeocenoses Meshcherskiy]. *Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akade-*

- mika I.P. Pavlova [I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald]. 2015; 2: 87-92.*
4. Kreshtapova VN. Redkie, rassejannye i drugie malye jelementy v torfjanyh mes-torozhdenijah Russkoj platform [Rare scattered and other small items in the peat deposits of Russian platform]. In: *Izuchenie torfjanogo syr'ja i sapropelja [The study of raw peat and sapropel].* Moscow: Nedra; 1970. P. 117-148.
  5. Komarov MM. Ozero Beloe – unikal'nyj prirodnyj ob#ekt na territorii Rjazanskoj oblasti [White Lake – a unique natural site in the territory of Ryazan Region]. *Vestnik Rjazanskogo universiteta im. S.A. Esenina [Bulletin of the Ryazan State Pedagogical University named after S.A. Esenin].* 2013; 4 (41): 6-25.
  6. Avessalomova IA, D'jakonov KN. Geohimicheskie aspekty osushitel'noj melioracii v dolinno-zandrovyyh landshaftah Meshhery [Geochemical aspects of drainage reclamation in the valleys and outwash landscapes Meshchery]. *Vestnik MGU. Serija 5 [Vestnik MGU. Series 5].* 1983; 1: 11-16.
  7. Annenskaja GN, Mamaj II, Cesel'chuk JuN.; Solnceva N.A. ed. *Landshafty Rjazanskoj Meshhery i vozmozhnosti ih osvoenija [Ryazan Meshchery landscapes and opportunities for their development].* Moscow: Moscow State University; 1983. 245 p.

---

Подоль С.Р. – к.геогр.н., доцент кафедры физической географии и методики преподавания географии Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина.

E-mail: caleidoskop-ryazan@yandex.ru

Попова З.И. – к.фарм.н., доцент кафедры химии Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина.

E-mail: z.popova@rsu.edu.ru