

*Н. А. Виноград*

## НАУЧНЫЕ ЭКСКУРСИИ НА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ КАРБОНОВОГО ПЛАТО (ВОСТОК ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Санкт-Петербургский государственный университет,  
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Рассмотрены уникальные природные гидрогеологические объекты востока Ленинградской области — резерват Урья-Канжая природного парка «Вепский лес» и карстовая долина р. Рагуши. Описаны общие геолого-гидрогеологические условия территории, приведены результаты гидрогеологических исследований, выполненных на кафедре гидрогеологии СПбГУ. Даются рекомендации по организации научных экскурсий на данные объекты как для студентов, проходящих учебную практику по гидрогеологии, так и для туристов, не имеющих специальной подготовки. Библиогр. 5 назв. Ил. 5. Табл. 2.

*Ключевые слова:* гидрогеологические объекты, подземные воды, научные экскурсии.

*N. A. Vinograd*

## SCIENTIFIC FIELDTRIPS TO THE HYDROGEOLOGICAL SITES OF THE CARBONIFEROUS PLATEAU (EAST OF LENINGRAD REGION)

St Petersburg State University,  
7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

The unique natural hydrogeological sites of the eastern part of Leningrad region are described: the Urya-Kanzhaya river valley in the natural park the “Vepsian Forest” and karst valley of the river Ragusha. General geology and hydrogeology of the sites and results of hydrogeological investigation of the Department of Hydrogeology of St. Petersburg University are presented. Advice on the organization of scientific field trips for students on hydrogeology and other tourists are given. Refs 5. Figs 5. Tables 2.

*Keywords:* hydrogeological sites, groundwater, scientific field trips.

Восток Ленинградской области — регион, обладающий немалыми природными богатствами. Несмотря на увеличивающуюся техногенную нагрузку, на территории сохранились уникальные природные объекты, интересные в гидрогеологическом отношении. Проведенное ранее их гидрогеологическое изучение позволяет не только развивать экологический туризм, но и организовывать научные экскурсии для студентов, проходящих учебную практику по гидрогеологии.

### Природные и геолого-гидрогеологические условия

**Климат.** Климат района умеренно-континентальный. Для него характерны короткое влажное лето с невысокими температурами и холодная сухая зима. Среднегодовая температура воздуха около +3.8°C. Среднемесячные температуры июля +17.8°C, января — –8.9°C (по данным метеостанции г. Тихвина) [1].

Среднегодовое количество осадков 650–800 мм, большая часть которых приходится на теплое время: июль, август, сентябрь. Испарение составляет около 300 мм в год. Преобладание атмосферных осадков над испарением, высокая влажность воздуха и относительно низкие температуры способствуют заболачиванию [1]. Устойчивый снежный покров формируется в период с первой декады октября до последней декады декабря, обычно с конца ноября до начала декабря. Средняя

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2017

мощность снежного покрова — 60 см, продолжительность его сохранения достигает 110–120 дней и более. Сход снега и разрушение льда происходят до конца апреля и обычно завершаются в начале мая.

Характерной особенностью климата является высокая влажность воздуха. Среднегодовая относительная влажность воздуха около 80%. Высокая влажность при умеренных температурах обуславливает низкий уровень испарения. В районе преобладают ветры небольших скоростей юго-западного направления, средняя скорость ветра — 3 м/с, зимой преобладают ветры южных направлений, летом — западные [1].

Наиболее благоприятные условия для посещения природных объектов района складываются в летне-осенний период, с июня по октябрь.

**Рельеф.** Восточную часть Ленинградской области занимают северные оконечности Валдайско-Онежской возвышенности, представленные Тихвинской грядой и Вепсовской возвышенностью. С запада возвышенность ограничена Карбоновым уступом. Абсолютные отметки поверхности Земли на изученной территории — 150–250 м. Крупные структурные черты рельефа — Карбоновое плато и Карбоновый уступ относятся к унаследованным дочетвертичным. Рельеф современной поверхности формировался в четвертичное время в результате неоднократных наступлений мощных ледниковых покровов [2], сформировавших холмистый и камовый рельеф. На протяжении всего плато сильно развиты карстовые формы рельефа. Они проявляются в виде пустот различной формы и величины. Карст представлен многочисленными воронками, ложбинами, карстовыми долинами, оврагами, понорами, источниками, речками и озерами, создающими на отдельных участках характерный карстовый ландшафт. На территории преимущественно развит погребенный известняковый карст, но местами имеются открытые карстопоявления (например, русло р. Рагуши).

**Гидрография.** Гидрографическая сеть района представлена многочисленными реками, ручьями и озерами. Озера исследуемого участка — ледникового и карстового происхождения. Здесь встречаются озера, занимающие площадь свыше 1,5 км<sup>2</sup>. Они имеют неправильную форму и заполняют понижения между холмами. Встречаются также ложбины, вытянутые озера, находящиеся в древних долинах: Капшозеро имеет длину 15 км при ширине 300 м, Долгозеро длиной 9,5 км шириной 200 м, Пашозеро длиной 10 км и шириной до 800 м. Питание озер — смешанное, в основном за счет атмосферных осадков. Озера очень часто соединены между собой реками, которые также имеют смешанное питание с преобладанием атмосферного. Питание рек имеет ярко выраженное сезонное разделение. В меженный период на 80–100% питание определяют подземные воды. Некоторые реки питаются подземными водами через многочисленные источники (р. Урья, Канжая). В период весеннего снеготаяния питание осуществляется тальми водами. Русла рек извилистые, сильно меандрирующие. Берега рек обрывистые, крутые, нередко достигают 80 м в высоту (р. Рагуша). Болота в основном верхового и переходного типа занимают 20% территории.

**Геологическое строение.** В структурно-тектоническом плане Карбоновое плато расположено на стыке юго-восточного склона Балтийского щита и северо-западного крыла Московской синеклизы, сложено комплексом осадочных пород, залегающих под четвертичными отложениями на архейско-протерозойском

кристаллическом фундаменте. В строении осадочного чехла принимают участие породы рифея, венда, кембрия, ордовика, девона и карбона, перекрытые четвертичными отложениями различного генезиса, которые в исследуемом районе распространены практически повсеместно. Мощность осадочного чехла — около 600 м. Самые молодые дочетвертичные отложения представлены терригенно-карбонатными породами нижнего карбона (тульский, алексинский, михайловский, веневский, тарусский, стешевский и протвинский горизонты) и среднего карбона (верейский, каширский, подольский горизонты). Разнообразны литологический состав и мощности четвертичных отложений. На большей части территории они представлены образованиями различных стадий валдайского ледниковья: ледниковыми, флювиогляциальными, озерно-болотными и озерно-ледниковыми отложениями. Современные четвертичные породы имеют в основном аллювиальное, оловое, озерное и болотное происхождение.

**Гидрогеологические условия.** В гидрогеологическом отношении Карбоновое плато находится в пределах северо-восточной окраины Ленинградского артезианского бассейна второго порядка, близ его границы с Московским артезианским бассейном, проводимой по главному водоразделу между водосборными бассейнами Балтийского и Каспийского морей (Тихвинская гряда). И Ленинградский, и Московский артезианские бассейны входят в Среднерусский артезианский бассейн первого порядка Восточно-Европейской гидрогеологической области [3]. Водосборные площади подземного и поверхностного стока практически совпадают. Большая часть осадочной толщи в различной степени обводнена. Мощность зоны пресных вод составляет 200–250 м [3].

В четвертичных отложениях залегает 6 водоносных горизонтов и 4 водоупорных локально водоносных слоя. Водовмещающие породы в основном представлены современными аллювиальными и болотными отложениями (al Q<sub>IV</sub>, p Q<sub>IV</sub>), а также ледниковыми (gl Q<sub>III</sub>), озерными (l Q<sub>III</sub>) и флювиогляциальными (fgl Q<sub>III</sub>) отложениями преимущественно валдайского ледниковья. Сложены эти слои в основном рыхлыми породами — водоносными песками и супесями. Воды безнапорные, мощность зоны аэрации от 0,5 до 6 м [4]. По составу воды пресные, мягкие, гидрокарбонатные натриевые и кальциево-натриевые.

В дочетвертичных отложениях выделяется 12 водоносных горизонтов и комплексов, но мы рассмотрим подземные воды только двух каменноугольных (каширско-подольский C<sub>2</sub>k<sub>3</sub>+pd и веневско-протвинский C<sub>1</sub>vn-pr) водоносных комплексов, развитых в районе резервата «Урья—Канжая» природного парка «Вепский лес» и долине р. Рагуши.

Мощность каширско-подольского горизонта изменяется от 0,5 до 5 м. Преобладающая мощность горизонта 20–30 м. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми и закарстованными известняками, доломитами и доломитизированными известняками. По условиям циркуляции воды горизонта — трещино-карстово-пластовые. Пополнение запасов подземных вод происходит путем инфильтрации атмосферных осадков через водопроницаемые четвертичные отложения и инфлюации через карстовые воронки. Водообильность горизонта высокая, но меняется в зависимости от степени трещиноватости и закарстованности. Воды горизонта пресные с минерализацией 140–600 мг/л и общей жесткостью 3,0–4,8 мг-экв/л. Воды гидрокарбонатные кальциевые, реже магниевые-кальциевые [4].

Водовмещающими отложениями веневско-протвинского водоносного комплекса нижнего карбона являются чередующиеся карбонатные и песчано-глинистые породы, разделенные водоупорными песчано-глинистыми отложениями. Верхним водоупором служат суглинки валдайского ледниковья и глинистые отложения среднего карбона, а нижним — песчано-глинистые породы. Водообильность горизонта в целом высокая. Воды веневско-протвинского комплекса трещинно-карстово-пластовые, пресные (минерализация составляет 200–300 мг/л), мягкие и умеренно жесткие, гидрокарбонатные магниево-кальциевые [4].

**Режим грунтовых вод.** Подземные воды района образуют сложную взаимосвязанную напорно-безнапорную систему. Водораздельное пространство является основной областью питания. Коллекторами подземного стока служат преимущественно карбонатные горизонты каменноугольного возраста. По мере выхода этих горизонтов на дочетвертичную поверхность трещинно-карстовые воды теряют свой напор и разгружаются в долинах рек, ручьев и подошве Карбонового уступа. Значительную долю в разгрузке составляет родниковый сток. Основные запасы трещинно-карстовых вод формируются за счет инфильтрации и особенно инфильтрации атмосферных осадков в течение теплого периода через водопроницаемый четвертичный чехол и многочисленные карстовые формы. Важную регулирующую роль в восполнении запасов играют крупные карстовые озера и широко развитые торфяно-болотные массивы.

В зимний период питание за счет подземных вод отсутствует. При этом наблюдается снижение уровня воды в колодцах и уменьшение дебита родников. В начале весны основные запасы талых вод на водораздельных участках стекают в реки и озера, а в западной части Карбонового плато — в карстовые пустоты. Этот период сопровождается интенсивными паводками на реках и озерах и резким подъемом уровня воды в колодцах. В летнее время только незначительная часть осадков поступает в почву на питание подземных вод, так как они интенсивно испаряются. В осенний период большая часть осадков поступает на инфильтрацию в почву, меньшая часть их расходуется на испарение. Здесь также наблюдаются переувлажнение почвы и сильное развитие верховых болот, обеспеченных близко подходящими к поверхности глинистыми ледниковыми отложениями. Повышенная влажность благоприятно влияет на питание водоносных горизонтов, которые залегают на небольшой глубине.

### Гидрогеологические объекты

Водные объекты, в особенности выходы подземных вод, с давних времен привлекали внимание туристов и исследователей. Геолого-гидрогеологические условия Карбонового плато способствуют карстообразованию и возникновению интереснейших эколого-гидрогеологических объектов — группы высокодебитных родников резервата «Урья—Канжая» и карстовой долины р. Рагуши (рис. 1).

### Резерват «Урья—Канжая» природного парка «Вепский лес»

«Вепский лес» (природный парк) — особо охраняемая природная территория регионального значения площадью 190 тыс. га, образована в 1999 г. Прави-

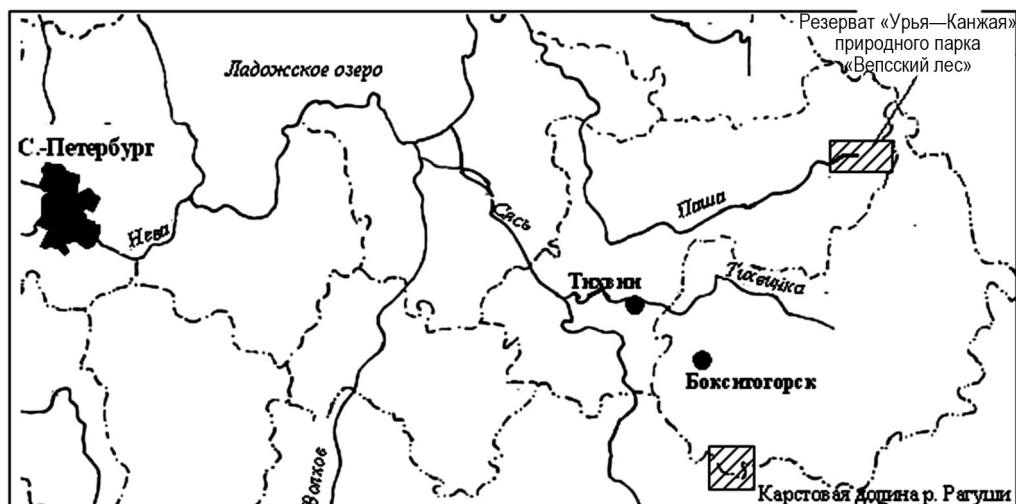


Рис. 1. Расположение гидрогеологических объектов

тельством Ленинградской области. Основные задачи природного парка: охрана уникальной природы этих мест, сохранение, изучение и возрождение вепсской культуры, создание условий для туризма и отдыха на живописной, экологически чистой территории, проведение научных исследований и организация экологического воспитания населения и посетителей парка.

Парк находится на северо-западе Восточно-Европейской равнины в пределах Ильменско-Волховской низменности и северной части Валдайской возвышенности, именуемой Тихвинской грядой. Основные геоморфологические элементы рельефа дочетвертичных пород — Девонская равнина, Карбоновое плато и его уступ, различающиеся геологическим строением и гидрогеологическими условиями, обуславливающими водообеспеченность территории. Ресурсы поверхностных вод довольно значительны — повсеместно распространены болота и озера разных размеров и формы [5].

В связи с изменением условий хозяйствования за последние годы существенно увеличилась антропогенная нагрузка на территорию, что привело к ухудшению общего экологического состояния региона, в том числе и водных ресурсов. В этой связи особое значение приобретает изучение качества и режима подземных вод, используемых для централизованного и местного водоснабжения. Исследования кафедры гидрогеологии СПбГУ 1999–2007 гг. в основном проходили в восточной части района, на территории Карбонового плато, в верховьях рек Паши и Капши.

Плато сложено мощной толщей известняков и песчано-глинистыми пачками нижнего и среднего карбона. Граница между Девонской равниной и Карбоновым плато проходит по Карбонному уступу, практически не выраженному в современном рельефе, за исключением района поселка Пашозеро, где и проводились работы. Этот уникальный в гидрогеологическом отношении участок носит название резерват «Урья—Канжая» и расположен в южной части природного парка (рис. 2). В пределах резервата и к западу от него, на участке Пашозеро — Лукино, в долине р. Урьи разгружается группа высокодебитных источников карстовой природы, экс-

платирующих в основном воды каширско-подольского водоносного комплекса, возможно, совместно с веневско-протвинским. На участке речной долины длиной около 4 км обнаружены 12 карстовых родников. В ходе работ проведены описание около 20 водопунктов (родники, колодцы, скважины), замеры дебитов, отбор проб подземных и поверхностных вод, глазомерная съемка участка в масштабе 1:10000, режимные и метеорологические наблюдения. На рисунке показаны только наиболее значимые водопункты, описание которых позволяет охарактеризовать гидрогеологические условия участка.

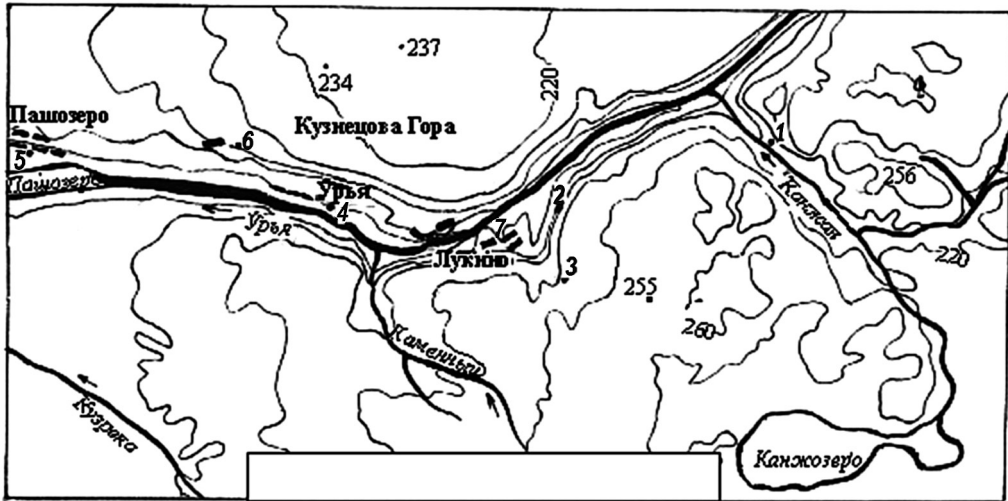


Рис. 2. Расположение точек опробования по маршруту Пашозеро — Лукино — долина р. Канжаи

Точки опробования: 1 — правый берег р. Канжаи; 2 — источник «Малый Каскад»; 3 — источник «Большой Каскад»; 4 — родник, дер. Урья; 5 — колодец, пос. Пашозеро; 6 — колодец, дер. Кузнецова Гора; 7 — колодец, дер. Лукино

Наибольшим дебитом характеризуется источник Гугойя («Большой Каскад») — более 500 л/с (рис. 3). Дебиты других источников более низкие и составляли от 0.55 до 52.7 л/с. Замеры производились объемным и гидрометрическим методами. На трех источниках были поставлены режимные наблюдения (дебит замерялся ежесуточно в летнее время). Зафиксированы существенные колебания дебитов в зависимости от количества осадков. Отбор проб на сокращенный макрокомпонентный анализ производился из всех водопунктов, на микрокомпонентный анализ — выборочно. В табл. 1 представлены данные химического анализа, выполненного на кафедре гидрогеологии СПбГУ в 2004 г.

Источник «Большой Каскад» расположен на южной окраине дер. Лукино. Его выход приурочен к отметке 172.1 м [2], он имеет самый большой расход воды (70 % от расхода всех родников вместе взятых), который составляет около 0.5 м<sup>3</sup>/с. Этот источник представляет собой нисходящий групповой родник, выходящий из светло-желтых известняков с признаками карста и натечными оранжево-бурыми железистыми образованиями. Родник используется в питьевых целях жителями деревни, а также рыбофермой для разведения мальков форели.



Рис. 3. Родник Гугойя (Большой Каскад). Фото А. Н. Воронова

Довольно низкая минерализация и жесткость воды связаны, по-видимому, с большой ролью поверхностного стока в формировании химического состава воды:

$$M_{0.17} \frac{HCO_3 82}{Ca 54 Mg 44} Fe_{общ.} 0.5 pH 7.5.$$

К северу от «Большого Каскада», ближе к урезу р. Урьи, расположен еще один живописный родник «Малый Каскад», характеризующийся большим значением минерализации и общей жесткости, но гораздо более низким дебитом (около 50 л/с):

$$M_{0.31} \frac{HCO_3 78 SO_4 14}{Ca 51 Mg 27 (Na + K) 22} Fe_{общ.} 0.0014 pH 7.5.$$

Таблица 1. Макрокомпонентный состав подземных вод

	«Большой Каскад»			«Малый Каскад»			Родник, дер. Урья		
	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	экв-%	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	экв-%	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	экв-%
Na+K	1.15	0.05	2.22	21.16	0.92	11.17	7.7	0.33	3.49
Ca	24	1.20	53.24	42.08	2.10	25.48	56	2.79	29.13
Mg	12.16	1.00	44.47	13.37	1.10	13.35	20	1.65	17.15
Cl	4.26	0.12	5.34	12.03	0.34	4.12	5.96	0.17	1.75
SO <sub>4</sub>	13.99	0.29	13.95	28	0.58	7.07	12	0.25	2.60
HCO <sub>3</sub>	112.24	1.84	81.78	195.2	3.20	38.82	268.4	4.40	45.86
<b>М общ.</b>	167.8			311.84			370.06		
жест.общ.		2.20			3.20			4.44	
жест.карб.		1.84			3.20			4.40	
жест.некарб.		0.36			0.00			0.04	
клас. Валяшко	Сульфатные, магн. подтип			Сульфатные, натр. подтип			Сульфатные, натр. подтип		

	Родник, правый берег р. Канжай			Колодец, пос. Пашозеро			Колодец, дер. Кузнецова Гора			Колодец, дер. Лукино		
	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	экв-%	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	экв-%	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	экв-%	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	экв-%
Na+K	29.2	1.27	13.04	23	1.00	15.28	26.45	1.15	6.81	20.4	0.89	47.74
Ca	48	2.40	24.60	33	1.65	25.16	86.17	4.30	25.45	12.02	0.60	32.27
Mg	14.58	1.20	12.32	7.6	0.63	9.55	36.46	3.00	17.75	4.86	0.40	21.51
Cl	3.01	0.08	0.87	8.5	0.24	3.66	25.56	0.72	4.27	12.03	0.34	18.26
SO <sub>4</sub>	37.9	0.79	8.10	30.45	0.63	9.69	25.51	0.53	3.14	13.99	0.29	15.67
HCO <sub>3</sub>	244	4.00	41.07	146.4	2.40	36.66	439	7.19	42.58	73.2	1.20	64.55
<b>М общ.</b>	376.69			248.95			639.15			136.5		
жест.общ.		3.59			2.27			7.30			1.00	
жест.карб.		3.59			2.27			7.19			1.00	
жест.некарб.		0			0			0.10			0.00	
клас. Валяшко	Карбонатные			Карбонатные			Сульфатные, натр. подтип.			Карбонатные		



В целом состав воды этого родника типичен для рассматриваемой группы источников в долине р. Урьи, найденных ниже по течению, на правом берегу, вдоль дороги Пашозеро — Лукино в дер. Урье:

$$M_{0.37} \frac{HCO_3 92}{Ca 58 Mg 34} pH 7.4.$$

Практически все исследованные родники характеризуются гидрокарбонатным магниевым-кальциевым или кальциевым составом, околонейтральными значениями pH, умеренной жесткостью воды. По классификации Н. А. Валяшко, воды — сульфатного типа, натриевого подтипа.

На Кузнецовой Горе, где расположен водораздел и область питания грунтового водоносного горизонта, наблюдается сравнительно высокая минерализация вод (до 640 мг/дм<sup>3</sup>) и более высокая жесткость воды (до 7.3 мг-экв/дм<sup>3</sup>):

$$M_{0.64} \frac{HCO_3 85}{Ca 50 Mg 36} Fe_{общ.} 0.0076 pH 6.9.$$

В среднем течении родникового стока вода становится более мягкой, а вокруг некоторых выходов родников присутствует бурый налет железа. У подножия Кузнецовой горы в некоторых точках отбора обнаружены повышенные концентрации алюминия, бария, кадмия, марганца, почти все источники содержат концентрации железа, превышающие нормы СанПиН для питьевых вод. Превышение норм, очевидно, обусловлено естественным составом подземных вод и вмещающих пород. Изменение минерализации и жесткости воды обусловлено, вероятно, тем, что на данном участке происходит разгрузка нескольких водоносных комплексов, приуроченных не только к нижне- и среднекаменноугольным известнякам, но и к четвертичным отложениям.

Воды четвертичных отложений более мягкие, имеют меньшую минерализацию и жесткость, карбонатного типа по классификации Н. А. Валяшко.

Колодец, дер. Пашозеро:

$$M_{0.25} \frac{HCO_3 73 SO_4 19}{Ca 51 (Na + K) 31 Mg 19};$$

колодец, дер. Лукино:

$$M_{0.14} \frac{HCO_3 64 Cl 18}{(Na + K) 48 Ca 32 Mg 20}.$$

Примером смешения вод каменноугольных и четвертичных отложений являются низкодебитные родники по берегам р. Канжаи — левого притока р. Урьи, впадающие в нее выше дер. Лукино.

Родник на правом берегу р. Канжаи:

$$M_{0.38} \frac{HCO_3 82 SO_4 16}{Ca 49 (Na + K) 26 Mg 25} Fe_{общ.} 0.0043 pH 7.6.$$

Несмотря на довольно высокие жесткость и минерализацию, характерные для вод карбонатных известняков, катионный состав смешанный, и, по классификации Н. А. Валяшко, вода относится к карбонатному типу.

В целом по результатам статистической обработки данных опробования родников, приуроченных к карбонатным породам, обнаружена тесная корреляционная связь между минерализацией и общей жесткостью воды ( $r = 0,82$ ) и минерализацией и содержанием иона кальция ( $r = 0,93$ ). Это, скорее всего, свидетельствует о том, что химический состав подземных вод формируется в результате растворения карбонатных пород инфильтрационными водами. Значимой статистической связи между дебитами родников и их общей минерализацией не выявлено, следовательно, все родники данной площади характеризуются сходным процессом формирования химического состава воды, примерно одинаковым временем контакта вода—порода, а их дебиты определяются размером водосборной площади и скважностью вмещающих пород. Исключение составляют воды родника Большой Каскад, характеризующиеся гораздо меньшими минерализацией и общей жесткостью благодаря большей доле поверхностного стока в формировании химического состава воды.

Интерес представляет и динамика развития карста в регионе. Из-за значительных перепадов высот карстовые процессы отличаются большой активностью. Происходит разрушение обрыва, родники активно врезаются в рельеф, образуя овраги, повреждающие дороги и сельскохозяйственные угодья. Необходимо определение скорости развития карстовых процессов и разработка охранных мер, оценка влияния карста на химический состав подземных вод, так как при размыве известняков и доломитов воды насыщаются микрокомпонентами, концентрация которых иногда превышает допустимые нормы.

Обычно для организации экскурсионной программы арендуется автобус. Поездка двухдневная, в первый день осуществляется переезд в г. Тихвин, проводится экскурсия по городу. Ночевка возможна в местной гостинице. Во второй день экскурсанты следуют по маршруту Тихвин—Пашозеро—Лукино, после проведения маршрута выезжают обратно в Санкт-Петербург. Осмотр источников можно организовать по нескольким программам, выбор которых будет зависеть от степени гидрогеологической подготовки экскурсантов, желаемой продолжительности маршрута, сезона года и погодных условий. Например, для студентов гидрологов и гидрогеологов предлагается маршрут Пашозеро — Лукино — долина р. Канжаи. В ходе маршрута изучается порядка 10 водопунктов, проводятся пробоотбор, замеры рН, Eh, УЭП поверхностных и подземных вод портативными приборами, дебитов источников поплавковым и объемным методами, рассказывается о макрокомпонентном составе подземных и поверхностных вод и сравниваются состав воды источников разного дебита и условий формирования. Обсуждаются общие гидрогеологические условия района и развитие карстовых процессов. По возвращении из поездки студенты-гидрогеологи выполняют лабораторный химический анализ макрокомпонентного состава воды.

Упрощенный вариант этого маршрута можно рекомендовать и для детских экологических экспедиций. Для экскурсантов, не имеющих гидрогеологической подготовки, продолжительность маршрута уменьшается, главное внимание уделяется осмотру источников «Большой Каскад» и «Малый Каскад», рассказывает-

ся в основном об общих природных условиях района, роли карстовых процессов в формировании рельефа и химического состава подземных вод, экологических проблемах района. Подчеркивается, что сохранение уникальных природных объектов на территории природного парка «Вепсский лес» является общей задачей ученых-экологов, туристов и всех, кто заботится о природе.

### Карстовая долина р. Рагуши

Другой интересный карстовый район находится на юго-востоке Ленинградской области, в Бокситогорском районе. Это удивительный природный объект — р. Рагуша. Река служит хорошим примером проявления карстовых процессов. Она берет начало из Никулинского озера, расположенного в Новгородской области. Ее длина составляет 42 км. На всем протяжении реки характер долины неоднократно меняется. Низкие, заболоченные в верхнем течении берега к низовьям сменяются высокими обрывами, сложенными известняками. Трециноватые известняки создают благоприятные условия для развития карстовых процессов. Наиболее примечательным является участок сухого русла протяженностью от 800 м до 2 км в зависимости от метеоусловий.

В начале сухого русла реки, заваленного обломками известняков, обнаружено несколько отверстий — поноров, куда уходит вода Рагуши (рис. 4).



Рис. 4. Место исчезновения реки, 2007 г. Фото автора

На месте исчезновения состав воды р. Рагуши сохраняет черты поверхностных болотных вод: очень мягкая, ультрапресная, сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая:

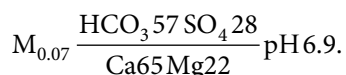
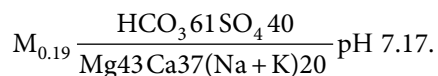


Таблица 2. Макрокомпонентный состав воды р. Рагуша

Компо- ненты	Место исчезновения реки			Место выхода из-под сухо- го русла на поверхность			Водопад		
	мг/дм <sup>3</sup>	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	экв-%	мг/ дм <sup>3</sup>	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	экв-%	мг/ дм <sup>3</sup>	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	экв-%
Na+K	2.69	0.12	12.79	12.30	0.54	19.63	4.09	0.18	3.04
Ca	12.00	0.60	65.44	20.00	1.00	36.61	60.00	2.99	51.12
Mg	2.40	0.20	21.58	14.40	1.18	43.46	32.40	2.67	45.51
Cl	4.97	0.14	15.32	7.81	0.22	8.08	5.33	0.15	2.57
SO <sub>4</sub>	12.34	0.26	28.08	53.50	1.11	40.87	21.50	0.45	7.64
HCO <sub>3</sub>	31.72	0.52	56.81	85.40	1.40	51.35	322.08	5.28	90.12
<b>М общ.</b>	<b>66.12</b>	<b>1.83</b>		<b>193.41</b>	<b>5.45</b>		<b>445.40</b>	<b>11.71</b>	
жест.общ.		0.80			2.18			5.66	
жест.карб.		0.52			1.40			5.28	
жест. некарб.		0.28			0.78			0.38	
клас. Валяшко	Сульфатные, маг.п.			Сульфатные, натр.п.			Сульфатные, натр.п.		

Примерно через 2 км река вновь выходит на поверхность, вытекая из нескольких понор разных размеров (рис. 5). Пройдя по подземному руслу, вода на месте выхода приобретает более высокую минерализацию, увеличивается общая жесткость, заметно возрастает содержание гидрокарбонатов и сульфатов магния:



В табл. 2 приводятся результаты химического анализа вод р. Рагуши в местах ее исчезновения под сухое русло и выхода на поверхность, а также подземных вод, разгружающихся в долину реки. Анализ выполнен на кафедре гидрогеологии СПбГУ в 2007 г.



Рис. 5. Выход реки на поверхность, 2007 г. Фото автора

Ниже по течению долина образует каньон с очень крутыми бортами, достигающими местами высоты 80 м. Наличие каньона свидетельствует, что глубинная эрозия приостановилась, а долина разрабатывается в ширину, образуя крутые склоны и плоское дно. На всем протяжении склоны каньона сложены террасами. Нижнюю террасу образуют почти вертикальные обрывы желто-серых известняков. Верхняя терраса имеет более пологий склон, заросший лесом и кустарником. На склонах встречаются многочисленные пещеры. На некоторых участках стены известняков прорезают струи живописных ручьев-водопадов. Химический состав воды водопадов характерен для водоносных горизонтов, приуроченных к известнякам:

$$M_{0.45} \frac{HCO_3 90}{Ca51Mg46} pH 7.62.$$

Воды пресные, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, умеренно жесткие (общая жесткость 5.66 мг-экв/дм<sup>3</sup>).

Карст р. Рагуши представлен понорами и воронками овальной и округлой формы, которые обнаруживаются в сухом русле реки и в лесу по бортам речной долины. Диаметр этих карстовых образований в основном 0.5–2.5 м, глубина 0.4–3 м. Самые крупные воронки встречены на правом берегу реки.

Экскурсионный маршрут рассчитан на 1–2 дня. Двухдневный маршрут предусматривается с заездом в г. Тихвин, осмотром города и ночевкой в гостинице. Второй день — отъезд на р. Рагушу по маршруту Тихвин — Бокситогорск — дорога на Половное. Выход в речную долину у моста, далее маршрут вверх и вниз по сухому руслу к месту исчезновения реки и ее выходу на поверхность. При наличии времени и благоприятных погодных условиях можно посетить водопады в бортах речной долины, осмотреть крупные карстовые воронки. В ходе маршрута экскурсанты знакомятся с общими гидрогеологическими условиями участка, узнают о природе карста, наблюдают карстовые проявления на местности. Студентам-гидрогеологам дополнительно рассказывается об особенностях химического состава речной воды, предлагается провести замеры pH, Eh, УЭП поверхностных и подземных вод портативными приборами и сравнить результаты. Подчеркивается, что широкое развитие карста на изучаемой территории обуславливает необходимость дальнейшего изучения химического состава карстовых подземных вод, скорости выноса материала и режима карстовых водопроявлений.

## Литература

1. Попова Т. А., Березкина Л. И., Бычкова И. А., Леонтьева Е. В., Семенова Н. Н., Шубина М. А. Природный парк «Вепский лес». СПб., Вести, 2005. 344 с.
2. Миронов Д. П. Гидрологические исследования в резервате «Урья — Канжая» // Резерват «Урья — Канжая» Природного парка «Вепский лес». СПб., 1998. С. 13–20.
3. Атлас гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР. М.: ВСЕГИНГЕО, 1983. 183 с.
4. Гидрогеология СССР. Т. 3. Ленинградская, Псковская и Новгородская области / отв. ред. И. К. Зайцев. М.: Недра, 1967. 326 с.
5. Воронов А. Н., Князев С. В. Карстовые родники Вепского леса — главное украшение Природного парка // Экскурсии в геологию. Т. 2. СПб.: Эпиграф, 2003. С. 190–197.

**Для цитирования:** Виноград Н. А. Научные экскурсии на гидрогеологические объекты карбонатного плато (восток Ленинградской области) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2017. Т. 62. Вып. 1. С. 31–44. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.103.

## References

1. Popova T.A., Berezkina L.I., Bychkova I.A., Leontyeva E.V., Semenova N.N., Shubina M.A. *Prirodnyi park "Vepsskii les"* [The "Vepssky Les" nature park]. St. Petersburg, Vesti Publ., 2005. 344 p. (In Russian)
2. Mironov D.P. [Hydrological research in the "Urya — Kanzhaya" nature reserve]. *Rezervat "Ur'ia — Kanzhaia" Prirodnogo parka "Vepsskii les"* [The "Urya — Kanzhaya" nature reserve of the "Vepssky Les" nature park]. St. Petersburg, 1998, pp. 13–20. (In Russian)
3. *Atlas gidrogeologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh kart SSSR* [Atlas of the hydrogeological and engineering geological maps of the USSR]. Moscow, 1983. (In Russian)
4. *Gidrogeologiya SSSR. T. 3. Leningradskaia, Pskovskaia i Novgorodskaia oblasti* [Hydrogeology of the USSR. Vol. 3. Leningrad, Pskov and Novgorod regions]. Ed. by I.K. Zaytsev. Moscow, Nedra Publ., 1967. 325 p. (In Russian).
5. Voronov A.N., Knyazev S.V. [Karst springs of the "Vepssky Les" is a main decoration of the nature park]. *Ekskursii v geologiiu* [Excursions in geology]. Vol. 2. St. Petersburg, Epigraf Publ., 2003, pp. 190–197. (In Russian).

**For citation:** Vinograd N. A. Scientific fieldtrips to the hydrogeological sites of the Carboniferous Plateau (east of Leningrad Region). *Vestnik SPbSU. Earth Sciences*, 2017, vol. 62, issue 1, pp. 31–44. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.103.

Статья поступила в редакцию 1 ноября 2016 г.

Статья рекомендована в печать 1 марта 2017 г.

### Контактная информация

Виноград Наталия Анатольевна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;  
n.vinograd@spbu.ru; nv.70@hotmail.com

Vinograd Natalia A. — PhD, Associate Professor; n.vinograd@spbu.ru; nv.70@hotmail.com