



**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ  
ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ЭКОЛОГИИ**

*1354078*

**Вологда-2004**

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОВЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА НА ВОСТОКЕ НЮКСЕНСКОГО РАЙОНА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

*Балашова Екатерина, 10 класс,  
Нюксенский район*

*Руководители – Н. А. Федотовская*

*(Леваишская школа),*

*Т. В. Попова*

*(Бобровская школа),*

*М. А. Полуянова*

*(Красавинская школа)*

*Научные консультанты –*

*д.г.-м.н, проф. Д. Ф. Семенов,*

*Л. Г. Шестакова*

**Введение.** Данная работа является продолжением изучения карстовых форм рельефа, проводимого с 1999 г. членами районного экологического лагеря «Карст» на территории восточной части Нюксенского района Вологодской области.

*Актуальность* исследований состоит в том, что в краеведческой литературе есть только единичные упоминания о наличии в данной местности карстовых форм. Необходимость изучения процессов карстообразования, которые происходят в настоящее время, очевидна в связи с развитием района. Карстовые территории располагаются вблизи населенных пунктов, поэтому важно знать, угрожают ли им провалы.

В связи с этим, *целью* исследования является изучение и сравнение площадного распространения карстовых форм на участке водораздела рек Сухоны, Правой Сученьги, Леваша, Б. Бобровка, Ускалы.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- провести морфометрические исследования воронок и провалов;
- оценить интенсивность карстовых процессов, протекающих на изучаемых территориях;
- определить категорию устойчивости территорий;
- установить функциональную зависимость между диаметром и глубиной воронок;
- выявить влияние карста на природные комплексы.

При решении поставленных задач, мы использовали следующие методы:

- обзор литературных данных для выяснения имеющихся научных разработок и изысканий по изучаемой проблеме,
- результаты полевых исследований межшкольной экспедиции района с целью получения необходимых сведений для планирования дальнейшей работы;
- опрос местных жителей для выяснения хронологии образования воронок и провалов;

– метод статистической и математической обработки информации для расчета показателей и установления тенденций зависимости.

### Содержание исследования

**Сравнение площадного распространения карстовых форм.** Интенсивность карстовых процессов мы оценивали по следующим показателям:

1. Показатель плотности (P).
2. Коэффициент закарстованности ( $K_k$ ).
3. Показатель устойчивости закарстованности ( $P_1$ ).
4. Показатель вероятности поражения карстом.
5. Показатель объема воронок.

Эти показатели определяли на конкретных участках водоразделов рек Сухоны, Леваш, Правой Сученьги, Бобровки и Ускалы, которые выбраны нами для изучения по следующим причинам: именно здесь встречается большое количество карстовых образований; они находятся на доступном расстоянии от места стоянки лагеря. Были выделены два карстовых поля – Левашское и Бобровское.

Чтобы найти показатель плотности (P), мы воспользовались формулой

$$P = n/S_1,$$

где n – количество карстовых форм рельефа;  $S_1$  – площадь изучаемой территории.

На выбранной для изучения территории, наметили промаркировали ее границы, провели глазомерную маршрутную съемку и нанесли на маршрутную карту все встречающиеся на нашем пути воронки и провалы. Обработав результаты, получили следующие данные (табл. 1)

**Таблица 1.** Площади карстовых проявлений

Карстовое поле	Площадь изучаемого участ-ка, км <sup>2</sup>	Количество карстовых форм, ед.
Левашское	0,83212	58
Бобровское	1,2	20

Рассчитали показатель плотности

$$P_1 = 58/0,832125 = 69,7 \text{ ед/км}^2.$$

$$P_2 = 20/1,2 = 16,7 \text{ ед/км}^2.$$

Следовательно, на одном квадратном километре находится 69,7 единицы карстовых форм в Левашской и 16,7 единицы в Бобровской группе. Плотность карстовых форм рельефа Левашской группы в 4 раза больше, чем Бобровской группы.

Для более детального изучения распространения карста необходимо знать коэффициент закарстованности ( $K_k$ ), который рассчитывается

по формуле:

$$K_k = S_{\text{воронки}} \setminus S_1$$

где  $S_{\text{воронки}}$  – площадь, занятая карстовыми формами  $m^2$ , а  $S_1$  – площадь всего изучаемого участка. Площадь, занятую карстовыми формами рельефа, мы определяли по замерам параметров воронок.

$$K_1 = 0,067 / 0,832125 = 0,08 \text{ (Левашская группа)}$$

$$K_2 = 0,0084 / 1,2 = 0,007 \text{ (Бобровская группа)}$$

Коэффициент закарстованности Левашской группы в 11 раз превосходит аналогичный показатель для Бобровской группы.

Показатель устойчивости закарстованности территории ( $P_1$ ) выражается количеством карстовых воронок ( $n$ ), возникающих в год на одном  $км^2$  площади.

$$P = n / T \cdot S$$

Мы обнаружили, что за 2 года образовалось только три воронки в районе наблюдений около р. Леваш и две в районе д. Бобровское за 1 год, следовательно:

$$P_1 = 3 / 2 \cdot 0,823125 = 1,23 \text{ (Левашская группа)}$$

$$P_2 = 2 / 1 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ (Бобровская группа)}$$

По показателю устойчивости закарстованности все территории делятся на пять классов устойчивости (Г.А. Максимович, 1961).

Таблица 2. Показатели устойчивости закарстованности территории

Класс устойчивости	Класс устойчивости территории	$P_1$	$T$
1	Устойчивые	$> 0,01$	$> 100$
2	Слабоустойчивые	$0,01 - 0,1$	$100 - 10$
3	Неустойчивые	$0,1 - 1$	$10 - 1$
4	Весьма неустойчивые	$1 - 10$	$1 - 0,1$
5	Катастрофические	$< 10$	$< 0,1$

**Вывод:** Изучаемая нами территория относится к четвертому классу устойчивости: при  $P_1 = 1,23$  (Левашская группа) и  $P_2 = 2,4$  (Бобровская группа), по категории устойчивости принадлежит к участкам недостаточной устойчивости, т.е. процессы карстообразования могут продолжаться и в дальнейшем.

Показатель объема воронок ( $g$ ), образующихся за 1 год на площади в один  $км^2$  – это отношение объема образовавшихся воронок к площади изучаемого участка. Он вычисляется по формуле:

$$g = V / (S \cdot t)$$

где  $V$  – объем образовавшихся воронок,  $m^3$ ,  $S$  – площадь изучаемого участка  $m^2$ ,  $t$  – промежуток времени наблюдения,  $дн$ .

$$g = 68 / 0,832125 = 81,7 \text{ (Левашская группа)}$$

$$g = 21 / 1,2 = 17,5 \text{ (Бобровская группа)}$$

**Вывод:** таким образом, все показатели для изучаемых территорий сходны. Это объясняется тем, что они находятся на небольшом расстоянии друг от друга (5-10 км).

### **Диаметр карстовых воронок как индикатор их глубин**

В современной литературе опубликованы данные, подтверждающие связь между диаметром и глубиной карстовых воронок. В процессе работы мы попытались определить некоторые закономерности развития равнинного карста, в частности, выявить существование зависимости между диаметром ( $d$ ) карстовых воронок и провалов и их глубиной ( $h$ ): является ли диаметр карстовой воронки морфологическим признаком ее глубины. Если представить, что такая зависимость существует, то она, естественно, так или иначе должна быть осложнена различными моментами и факторами, а поэтому может быть различным образом затуманена сочетанием многообразных литологических, гео- и морфоструктурных условий.

Для этих целей мы выбрали два участка. Карстующейся толщей участков являются пермские отложения верхнего отдела татарского яруса Северодвинской свиты, представленные известняками, мергелями, гипсами. Участки лежат в пределах Бобровского вала Бобровской локальной структуры. На каждом участке были измерены обнаруженные воронки и провалы ( Левашская группа – 33, Бобровская группа – 20). Данные замеров для каждого (диаметр воронки и ее глубина) наносились на график (рис. 1, 2). По вертикальной оси откладывались значения глубины, а по горизонтальной – диаметры воронок. Таким образом, судя по графикам связь  $h = f(d)$  существует. Степень выраженности связи  $h = f(d)$  наилучшим образом может дать коэффициент корреляции  $r$ , который, к тому же, позволит найти корреляционное уравнение зависимости  $h(d)$ , показать, с какой степенью вероятности нанесенные точки соотносятся к аппроксимирующей их прямой линии.

Для наших целей использован коэффициент корреляции, вычисленный по формуле:

$$r = \frac{d \cdot h - d \cdot \bar{h}}{\sigma h \cdot \sigma d}$$

где  $d \cdot h$ ,  $d$ ,  $h$  – средние значения;  $\sigma h$ ,  $\sigma d$  – средние квадратичные отклонения  $h$  и  $d$ ,  $r$  – линейный коэффициент корреляции,  $r$  может принимать значения от  $-1$  до  $1$ , т.е. может быть положительным и отрицательным. Следовательно, его расчет позволяет определить не только тесноту, но и направление связи между изучаемыми признаками. Если коэффициент корреляции положителен – связь прямая, отрицателен – связь обратная. Чем он ближе к единице, тем теснее связь, чем ближе к нулю, тем слабее связь.

В результате произведенных вычислений для каждого из участков получены необходимые данные (табл 3):

Таблица 3. Коэффициенты корреляции

Участок	$\bar{d}$	lim d	$\bar{h}$	limh	Корреляционное уравнение связи $h = f(d)$	r
Левашская группа – находится на водоразделе реки Леваш и реки Бобровки, волнистая равнина. Карстующиеся породы залегают на глубине 60 м, представлены мергелями, известняками, ангидритами с прослоями доломитов пермского возраста. Перекрыты мелкозернистым песком и песчано-глинистыми образованиями.	44,33	2,9 - 191	5,8	0,8 - 18	$h = 2,7 + 0,07d$	0,62
Бобровская группа – находится на водоразделе реки Бобровки и реки Ускалы, волнистая равнина. Карстующиеся породы залегают на глубине 6 - 40 м., представлены алевролитами, мергелями, доломитами, ангидритами пермского возраста. Перекрыты суглинками с гравием и галькой, мелкозернистым песком.	27	3 - 52	5,76	1,2 - 10,1	$h = 0,008+0,207d$	0,67

Графики показывают, что в Левашской группе много воронок небольшого диаметра и высоты. Это, как правило, молодые воронки, их возраст от 1 до 20 лет. Примерно такое же количество воронок, имеющих диаметр от 50 до 90 м, и преобладающую глубину до 10 м, хотя есть воронки и с глубиной 15-18 м. Коэффициент корреляции для Левашской группы 0,62. Он показывает, что зависимость между диаметром и глубиной есть, но вероятность ее невелика – всего 38%. Велик и разброс показателей.

В Бобровской группе преобладают воронки диаметром от 18 до 40 м при глубине от 2,5 до 10 м. Коэффициент корреляции здесь выше – 0,67. Глубина залегания карстующихся пород Бобровской группы воронок составляет 6 м, а в районе Левашской группы 40-60 м, что подтверждают разрезы скважин. Поэтому воронки Бобровской группы мельче; глубина залегания карстующихся пород влияет на установление функциональной зависимости между диаметром и глубиной. Точки (Бобровская группа) расположены более плотным полем относительно аппроксимирующей их прямой. Следовательно, чем меньше глубина залегания карстующихся пород, тем четче прослеживается связь между диаметром и глубиной воронок (рис. 1, 2).

Наблюдаемые группы воронок находится на площади, сложенной озерно-ледниковыми отложениями Московского оледенения, которые представлены песками, глинами, суглинками, местами – мореной с галькой, гравием и валунами, которые лежат на абсолютных отметках 103 - 150 м. На глубине 6 - 40 - 60 м и глубже располагаются сульфатные породы. Характерен интенсивный карстогенез.

Карст на востоке Вологодской области развивался с мезозоя, когда территория освободилась из-под уровня моря и возникли формы подземного карста. В кайнозое процессы карстообразования замедлились вследствие перекрытия пермских карстующихся пород четвертичными гляциальными комплексами. В голоцене после ухода ледника карстовые процессы оживились из-за влажного климата и небольшой мощности четвертичных отложений на отдельных территориях подземный карст, начинает проявляться на поверхности. Активизация связана также с линиями тектонических разломов, по которым происходит движение отдельных блоков земной коры. Тектонические структуры на территории Нюксенского района испытывают поднятие (Бобровский вал), что способствует оживлению карстовых процессов (левобережье Сухона расположено в зоне Кондаского поднятия, а правобережье – в зоне Бобровского поднятия) Вследствие значительного превышения над базисом денудации карст в основном средней глубины, а правильные воронки лежат в песках и глинистых отложениях. Глубина провалов (воронок) колеблется от 0,8 до 18м (максимальные), средние показатели около 6м и их амплитуда от 0,8-18 (Левашская группа), от 1,2-10,1 (Бобровская группа). Отмечено, чем глубже воронка, тем больший диаметр соответствует ей. Это заключение может быть описано уравнением:  $h = 2,7 + 0,07d$  (Левашская группа)  $h = 0,008 + 0,207d$  (Бобровская группа), однако степень их точности невелика, так как коэффициент корреляции имеет значения:  $r = 0,62$  (Левашская группа),  $r = 0,67$  (Бобровская группа).

#### *Выводы:*

1. При условии равнинной морфоструктуры и достаточно неглубоком залегании карстующихся пород, диаметр карстовой воронки с известной степенью точности может служить одним из морфологических признаков глубины воронки.

2. Эта зависимость наиболее четко прослеживается при относительно неглубокой карстовой морфоскульптуре.

#### **Влияние карста на природные комплексы**

В районе расположения карстовых форм рельефа произрастают ельники-черничники, которые располагаются на более плодородных дренированных почвах; эти особенности в условиях избыточного увлажнения и создают карст.

На интенсивность карстообразования оказывает значительное влияние и хозяйственная деятельность человека. Замечено, что значительное количество воронок и провалов в районе п. Леваш образовалось в период проведения там лесоразработок.

При флористическом обследовании мы увидели интересную закономерность и взаимосвязь геологического строения изучаемой территории

с видовым составом произрастающей на ней растительности. Известковые породы (известняки, доломиты и ангидриты), слагающие данную территорию, близко подходят к дневной поверхности. В этих условиях почвообразующие материнские породы, на которых развиваются высоко плодородные карбонатные почвы, богаты известью. По известковым почвам наиболее далеко на север заходят элементы широколиственных лесов, растения южного распространения: вяз шершавый, липа мелколистная, которые обнаружены в окрестностях поселка Леваш.

С карбонатными почвами связано наличие растений, занесенных в Красную Книгу: башмачок настоящий, калипсо луковичная, а также очень редкое для нашей области растение, находящееся за пределами ареала своего распространения – адонис сибирский.

Большое количество озер в данном районе способствует формированию микроклиматов: более влажный воздух, понижение температуры летом в жаркий день, повышенная температура зимой.

Отрицательная роль карста заключается в том, что в результате довольно большой площади его распространения в окрестностях п. Леваш, д. Бобровское, д. Вострое идет изъятие земель из сельскохозяйственного пользования. В 60-е годы при образовании множества провалов на сельхозугодиях бывшего колхоза им. Калинина изымались из севооборота большие площади пашни.

В лесу происходят вывалы леса. На той территории, которую мы исследовали, выпало из лесопользования, по нашим подсчетам, около 30 000 кв. м. леса. А сколько еще провалов на неисследованной территории? Этот факт нуждается в дальнейшем изучении. Местные жители отмечают, что образующиеся провалы уменьшают количество и площадь грибных и ягодных мест.

Процессы карстообразования влияют на состояние полотна автодороги Тотьма-Великий Устюг, т. к. вблизи ее образуются воронки, которые строителям приходится заваливать грунтом.

### **Заключение**

В течение лета 2002 года мы увеличили площадь изучаемой территории, сравнили морфометрические показатели воронок двух регионов. За пять лет накопили вполне достаточный уникальный фактический материал, который может служить основой для присвоения данной территории статуса охраняемого объекта. Это может быть первый в районе гидролого-геоморфологический заказник, который будет служить выполнению рекреационных, эколого-просветительских и научных задач. Предполагается в 2005 г. в летний период сделать здесь остановку туристического маршрута «На родину Деда Мороза», где экскурсанты будут удивляться богатству и разнообразию нашей северной флоры и фауны, любоваться изумительной красотой и чистотой карстовых озер.



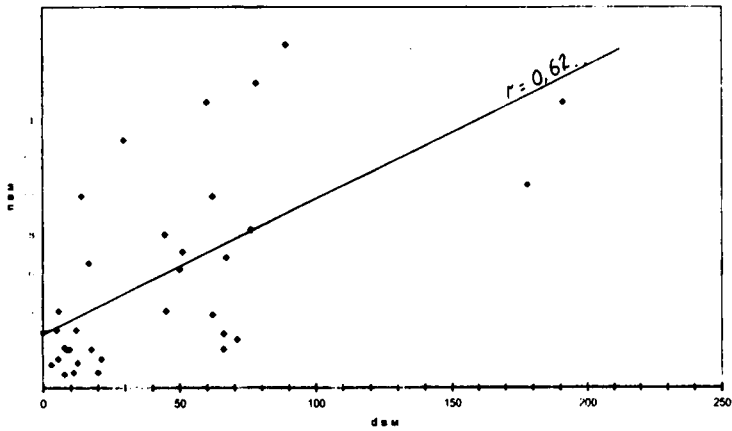


Рис. 1. Зависимость глубины воронок от их диаметра (Левашская группа)

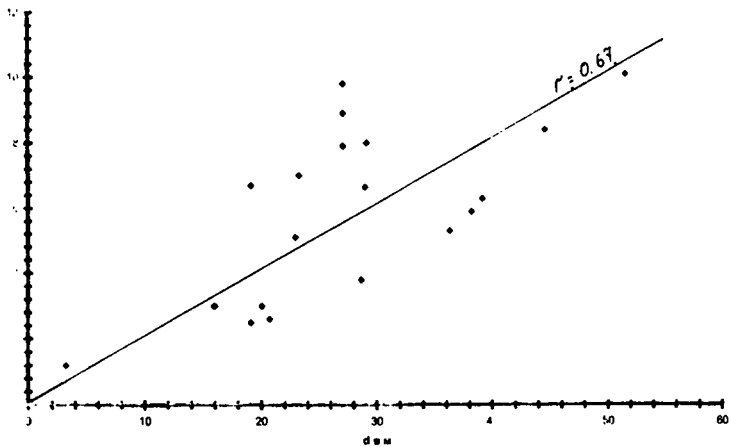


Рис. 2. Зависимость глубины воронок от их диаметра (Бобровская группа)