

Таблица. Зависимость удаления аммонийного азота от доли введённого двойного суперфосфата (осреднённые показатели)

№ п/п	рН исходной пробы	Концентрация Ионов $\text{NH}_4^+$ , мг/л	Доля $\text{MgO}$		рН после введения $\text{MgO}$	Доля $\text{PO}_4^{3-}$		рН после отстаивания	Концентрация ионов $\text{NH}_4^+$ , мг/л	*Эффективность удаления ионов $\text{NH}_4^+$ %
			Стехиометрическая	Весовая		Стехиометрическая	Весовая			
Т.1	7,0	1190	1	2	7,0	0,34	4,5	7,0	840	27
										30
										33
Т.2	7,0	1244	2,55	5,1	9,2	0,84	11	8,45	317	72,5
										75
										77,5
Т.3	7,0	1200	2,5	5	9,2	1,0	13	7,76	216	80,5
										82
										83,5
Т.4	7,0	1200	2,5	5	9,25	1,2	15,7	7,62	187	84,5
										85,5
										88

\*Численные данные эффективности удаления ионов  $\text{NH}_4^+$  из сточной воды указаны по результатам проведённых опытов

2. Обработанные стоки хорошо осветляются. При этом в осадок выпадает магний-аммоний ортофосфат  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  - комплексное минеральное удобрения, широко используемое под все сельскохозяйственные культуры.
3. Для извлечения аммония требуется значительное количество реагентов, однако эти реагенты, обогащённые аммонием, практически полностью могут быть извлечены и в дальнейшем использованы в качестве более ценного минерального удобрения.

Проведенные исследования - поисковые. Они не позволяют определить оптимальные параметры процесса предварительной физико-химической обработки стоков животноводческих комплексов. Необходимы дополнительные углублённые исследования для уточнения оптимальных величин рН, доз реагентов, определения необходимых стадий процесса и возможности их объединения в одном сооружении, величин снижения ХПК, БПК, БПК<sub>полн</sub>, фильтруемости осадка, выяснения степени негативного влияния на процесс ионов железа, алюминия и кальция.

УДК 628.162

**Хижняк В., Магрель Л., Брылка Е., Пойта Л.Л., Волкова Г.А.**

## БУДУТ ЛИ ОБРАЗЦЫ ЧИСТОЙ ВОДЫ ДЕМОНСТРИРОВАТЬСЯ В ЭКОТУРИСТИКЕ

### ВЕДЕНИЕ

Беловежская Пуца, как биосферный заповедник, является важнейшим в масштабе Европы образованием не только с точки зрения дендрологического, флористического и фаунистического составов, но и по своей гидрологической функции. Ведь только в треугольнике: Михалово-Беловежа-

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Фридлянд М.Е. Экологические проблемы республики Беларусь и пути их решения. – Мн., 1999. – 47с.
2. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф., Фридлянд М.Е. Состояние природной среды Беларуси и пути её улучшения (справочное пособие). Мн.: Минский экологический совет, 2000. – 52с.
3. Павлюченко М.М., Терентьев В.М., Продан Е.А. и др. Полифосфаты и минеральное питание растений. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 231 с.
4. Кочетков В.Н. Фосфорсодержащие удобрения. – М.: Химия, 1982. – 400с.
5. Петербургский А.В. Система применения удобрений. – М.: Колос, 1984. – 272с.
6. Продан Е.А., Самускевич В.В. Стабильность и реакционная способность фосфорных солей. Мн.: Наука и техника. 1994г.
7. Факеев А.А., Хомутова Т.В., Быковская А.С. и др. Методы получения и очистки фосфатов элементов П группы периодической системы Д.И.Менделеева: Обзор информ. Сер. «Реактивы и особо чистые вещества». – М.: НИИТЭХИМ, 1983. – 68с.

Клещчеле (700 км) в 6-8 пушчанских гминах (административных округах Польши), находится 24 истока малых и средних рек – Нарева, Наревки, Супрасла, Нуржеса, Буга и др. От режимов охраны этих зон водопроявления, которыми занимается не только водное, но и лесное хозяйство, зависит судьба чистоты вод огромного трансевропейского региона.

*Хижняк В., Магрель Л., Брылка Е., профессора Политехнического института в Белостоке, Польша.*

*Пойта Л.Л., доцент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Волкова Г.А., к.т.н., доцент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, 224017, БрГТУ, г. Брест, ул. Московская, 267.*

*Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика*

О несомненно высоком качестве и чистоте вод Суваляского Приозерья, в которое входит Вигиерский природный заповедник, можно судить по разным косвенным показателям. Так, на 15000 га ВПЗ – 61% приходится на лесные массивы; 19% – на поверхностные воды (реки и озёра); 20% – на сельскохозяйственные угодья, которые также функционируют в экологическом режиме.

В природе отсутствуют абсолютно чистые среды. Природная вода также не является абсолютно чистой. Она содержит коллоидные растворы солей и механические примеси.

Основным средством для оценки качества воды является химический и бактериологический анализы, позволяющие отвечать на большую часть главных требований:

- по физическим свойствам – вода должна быть прозрачной, бесцветной, освежающего вкуса и без запаха;
- по химическим – не содержать растворённых веществ, превышающих уровень, установленный ГОСТами;
- по санитарно – химическим - не содержать соединений, вредных для здоровья (Cu, Pb, As и др.);
- по биологическим – быть свободной от болезнетворных микроорганизмов.

Однако любая вода из натуральных источников или водопровода имеет свои особенные характеристики, совпадающие с общими требованиями только в общих чертах. Это означает, что достаточно трудно определить единые оптимальные границы качества воды.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Была исследованы водные объекты Вигиерского Природного Гидробиологического заповедника.

В Польше среди главных гидрохимических анализов воды определяют и анализируют температуру (опт: 8-10°C), запах, рН (6,5–8,5), жесткость, содержание NO<sub>3</sub> (50 мг/л), фосфор (0,5 мг/л), железо (0,2 мг/л).

Активная реакция воды - оценивается по данным рН, то есть содержанию ионов H<sup>+</sup>, точнее – гидроксония H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, обладающего очень малыми размерами (1,35 Å, в сравнении, например с Ca<sup>2+</sup> – 10Å) и, поэтому, высокой активностью. Основным источником H<sup>+</sup> является угольная кислота и её реакции диссоциации. Для поверхностных вод с малым содержанием двуокиси углерода характерна слабощелочная реакция (рН 7,5–8,5). Другими важными источниками H<sup>+</sup> в водах являются гумусовые вещества почв (в болотных водах), и гидролиз солей тяжёлых металлов (сульфатов Fe, Al, Cu, Zn, Pb и др.).

#### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Источниками кислотности вод могут быть сероводородная кислота (H<sub>2</sub>S) и её соли, гидрохимическое равновесие которых изучать и оценивать достаточно трудно. Появление H<sub>2</sub>S в подземных водах не является редкостью; оно связано не только с органическими превращениями белковых веществ и жизнедеятельностью бактерий, но и неорганическими процессами. Ведь H<sub>2</sub>S является постоянным спутником вулканических газов.

Для объяснения случаев повышенной кислотности подземных вод, вероятно, недостаточно опираться на процессы, связанные с распадом органических веществ, которые также имеют отношение к загрязнению вод соединениями азота.

Азот - в водах среди микрокомпонентов встречается в виде ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), нитритных (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) и нитратных (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Все ионы азотной кислоты связаны между собой и могут переходить из одной формы в другую.

Повышенное содержание аммиака (0,2 - 0,5 мг/л) в неглубоких подземных водах может свидетельствовать о наличии органического загрязнения. Концентрации аммиака до 100 мг/л часто наблюдаются в нефтяных водах.

Обнаружение совместного присутствия в воде ионов NO<sub>2</sub><sup>-</sup> и NH<sub>4</sub><sup>+</sup> -свидетельствует о недавнем загрязнении вод. Ион NO<sub>3</sub><sup>-</sup> является конечным продуктом окисления азотистых

веществ в воде и указывает на её старое загрязнение. В зонах затруднённого водообмена (плотные глины) и застойного водного режима нитраты (NO<sub>3</sub>) разлагаются с выделением свободного азота.

В Польше в опытах на озере Варпно (западная граница, возле Штецина), при бурении донных осадков была определена кислотность илов и вод, отобранных в поверхностных слоях (0-20 см, рН 6,7–7,0) и на глубинах (с 70см, рН 1,4-2,2) [10]. Эта схема профильного распределения рН илов и вод точно совпадает с реакцией грунтовых приповерхностных (рН 6,7-7,5) и шахтных вод (на глубинах 500 м–1 км, рН 2-3) в Донбассе [10].

В 1985-1988 годах в республиках бывшего СССР, а также Польше, Чехословакии, Болгарии стали активно прорабатываться проблемы охраны природы и обсуждаться факты усиления загрязнения природных вод нитратами. Под сомнением оказалась эффективность применяемых всех агрохимических мероприятий. Разнобой в сведениях о глубине проникновения нитратов в почвы, грунты, воды ни к чему не привел, хотя было написано много научных статей.

По данным гидрохимической съемки 1985-1988 гг. верхнего водоносного горизонта Северной Молдавии в 50% из тысячи опробованных водоисточников (колодцев) содержание нитратов выносило от 50 до 3200 мг/л. Воды такой кондиции обнаруживаются во всём нижнем Приднестровье и Нижнем Припрутьи на глубинах 1-5 метров в полосе шириной 5-10 км вдоль рек. На некоторых водозаборах той зоны воды уже квалифицируются как гидрокарбонато-нитратные.

Вода для технических целей имеет другую гидрохимическую специфику. В сахарном производстве она должна иметь минимальную минерализацию, поскольку присутствие солей затрудняет варку сахара. В пивоваренном – в воде не может присутствовать гипс CaSO<sub>4</sub>, препятствующий брожению солода; в винокуренном – нежелательно присутствие CaCl<sub>2</sub> и MgCl<sub>2</sub>, задерживающих развитие дрожжей.

В системах охлаждения и при производстве искусственного волокна вода должна быть незначительной жесткости (около 0,64 мг/экв.-л) и как можно более низкой температуры (8-16°). В фотохимическом, бумажном, текстильном производствах не допускается применения вод, содержащих Fe, Mn, SiO<sub>2</sub>, радиоактивные вещества. Поэтому, почти 75% предприятий Германии эксплуатируют подземные водозаборы, перекрытые водонепроницаемыми глинами, защищающими воду от загрязнения

Польша – край с наименьшими запасами воды в Европе. Здесь почти 40% площади испытывает дефицит воды, необходимой для коммунальных и хозяйственных целей. В расчёте на 1 жителя здесь количество потребляемой воды составляет 1475,0 м<sup>3</sup>/год, что меньше, чем на 1 жителя Египта - края пустынной территории [1].

Подземные воды в Польше эксплуатируются со следующих геологических слоев:

- с четвертичных пород – 64,9 %
- с третичных пород – 10,6 %
- с карбона – 13,5 %
- из юрских отложений – 11,0 %.

Качество эксплуатируемых вод находится в следующих параметрах:

- воды 1 класса 60,5 %
- воды 2 класса – 13,5 %
- воды третьего класса – 27,0

Однако замечены отклонения в качестве вод:

- воды 1 класса составляют 57,9 — 67,9 % общего объёма добычи;
- воды 2 класса – 10,0 – 18,3 %;
- воды 3 класса 20,4 – 29,7 % – т.е. 30 % питьевых вод имеют нелучшие показатели качества. Особенно это касается вод повышенной кислотности, вод 2–3 классов качества и загрязнения нитратами.

Таблица 1. Сбалансированная пропорция ионов солей в экологически чистой воде

№ п/п	Ионное соотношение	Пропорция допустимого содержания	Соотношение ионов <sup>+) </sup>
1	$K^+ > NH_4^+$	1,0/0,5	2/1
2	$Na^+ > NH_4^+$	200 / 0,5	400/1
3	$Zn^{2+} > Cu^+$	3,0/1,0	3/1
4	$Pb^{4+} > Hg^{2+}$	0,01 /0,001	10/1
5	$Mo^{6+} > Se^{6+}$	0,25 /0,001	250/1
6	$Br^{7+} < Mn^{7+}$	0,01 /0,05	5/1
7	$Co^{8+} > Ni^{8+}$	1,0/0,02	50/1
8	$Fe^{8+} > Al^{3+}$	0,2 / 0,2	1/1
9	$Cl^- = SO_4^{2-} > NO_3^-$	250/50	5/1
10	$Se^{6+} < Cr^{6+}$	0,01/0,05	5/1
1-10	Соотношение 19 ионов в экологически чистой воде		73,1/1

<sup>+)</sup> Меньшее содержание иона равно 1.

Появление нежелательных химических соединений в питьевых водах принято связывать с искусственно создаваемыми факторами. Между тем повышенный фон кислотности вод может быть также вызван факторами объективными, трудно управляемыми и прогнозируемыми, например, газовыми диффузиями земли, постоянно сопровождающими её тектоническую активность.

Интересно наблюдать и изучать случаи поверхностного проявления глубинных геознергетических процессов, которые периодически затухают и возобновляются в разных циклах тектогенеза и магматизма, отражаются в рельефе и геологических формациях [2,3], почвенном покрове [4], торфяниках [5,4], речной сети [6]. Реки особенно чутко реагируют на любые проявления тектонических движений. В картографии анализ линияментов рек является основным при изучении поверхностей выравнивания [6]. Теория кольцевых разломов убедительно объясняет ряд явлений неотектоники и динамичной геологии. В Польше идеи кольцевой разломной геотектоники принимаются спокойно [7], хотя всё же появляются попытки запроектировать ими отдельные геологические явления [8].

Вернадский В.И. в 1932 году выделял по химизму 485 видов вод, которые были сгруппированы в 3 класса: атмосферные, поверхностные, подземные. Вся эта масса вод с разными гидрохимическими характеристиками находится в природном круговороте. Если потребности вод превышают предложение – воды откачивают из разных скважин и глубин, смешивают и подают в разводящие сети. Все микро- и макрокомпоненты вод должны быть равновесными и равнозначными в данных гидрогеологических и почвенно-географических условиях, укладываться в серии близких гидрохимических комбинаций (промежуточных вод), описываемых линейной функцией вида [9]:

$$Y = ax + b;$$

где **x** и **y** – содержание 2-х компонентов в данном объёме воды;

**a** и **b** – постоянные параметры, общие для пары смешивающихся вод или для всех групп вод.

Позднее эта схема смешивающихся вод была дополнена условиями выпадения солей в осадок, а также условиями изменения гидрохимических показателей воды при гидролизе солей тяжёлых металлов. При этом можно ожидать в водах:

- изменение pH;
- растворимость входящих в них солей;
- выполнение некоторыми гидрохимическими солями функций химических катализаторов;
- изменение концентрации некоторых солей в воде на физико-химической основе ионного синергизма и антаго-

низма; возникновение нового типа вод (чаще всего – непригодных для питья).

К этим, трудно прогнозируемым ситуациям добавляются собственные нерешённые проблемы гидрохимии и гидрогеологии, например:

- трудность объяснения взаимных зависимостей ионов  $HCO_3^-/CO_3^{2-}$  с pH воды;
- трудность моделирования механизмов перехода вод из связанного состояния в водоносных грунтах – в свободное;
- трудность объяснения факта – значительного присутствия ионов калия в атмосферных водах и малого – в подземных;
- определения количественной роли участия  $Al(OH)_3$  в создании кислотности воды;
- трудность объяснения факта обнаружения вод с наибольшим разнообразием микроэлементов в районах, связанных с выветриванием гранитов; определения гидрохимических индикаторов чистоты вод в районах распространения торфяников, газоносных месторождений и др.

Каждая из перечисленных проблем вносит свой информационный вклад в невозможность уверенного объяснения смысла "экологически чистая вода" (ЭЧВ). По нашему мнению суждение о ЭЧВ – это суждение о сложившейся природной пропорции солей в воде при отсутствии признаков её техногенного преобразования и при общей пригодности её для питья в сыром виде. Сбалансированность ионных соотношений в воде можно оценивать на основании сравнения ионных пар, их фактического и допустимого содержания (табл. 1). Так близкие по сорбционной активности, валентности и молекулярному весу катионы Na и  $NH_4^+$  должны находиться в пропорции 400/1. Подобными пропорциями можно контролировать ионные отклонения и соотношения других пар химических элементов в воде.

Если в воде среднее соотношение десяти самых важных ионных пар составляет 50-100/1, то такую воду можно квалифицировать как экологически чистой; если: 150-200/1 – то такая вода считается обычной водопроводной, пригодной по действующим технологиям в водопроводном хозяйстве. Минеральные воды, естественно, имеют более широкие пропорции ионов (до 300-500 /1).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Может ли быть экологически чистой природная среда – лес, почва, воздух, поверхностные воды и „неэкологический” профиль водоносных пород, в которые попадают загрязнения, находящиеся за 1000 км от их источника? Ведь средние размеры артезианских бассейнов как

раз составляют в диаметре 500-1000 км. Даже в природных заповедниках могут быть чистые воздух, почва, растительные продукты, поверхностные воды (в реках), но непригодные для питья подземные воды. Поэтому, так важна ответственность разных краёв, регионов, областей за рациональное использование и охрану своих природных ресурсов.

2. Открываем водопродные краны в Мацковей Руде, Буде Русской, Новой Деревне (территория Вигиерского Природного Гидробиологического заповедника). Из крана льётся прозрачная вода с опалесценцией масляных пятен на поверхности. Вот красноречивый ответ на вопрос, вынесенный в заголовок статьи.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Woźniak M. Środowisko i gospodarka jego zasobami. Cz. 1. Podręcznik. Poznań, 2002, – str. 69–104.
2. Орлова А.В. Подвижная мозаика планеты. Изд-во Недра М.: 1981.
3. Gold Tomas. Gorąca podziemna biosfera. Wyd. Zakład Poligraficzny Tęcza. Warszawa, 1999.
4. Chiźniak W. Morfogeneza struktur glebowych w świetle fizyki procesów termodynamicznych i autofalowych. Roczniki Ochrona Środowiska. Tom 3 Ś-PTNOŚ, Koszalin, 2001, – 191–205.
5. Reklama PI Geologicznego: „Skąły magmowe i metamorficzne”. Schematy rysunków przekrojów ziemi. 1999, Warszawa, – str. 26–27.
6. Берлянт А.М. Карта рассказывает. Пособие для учителей. Изд. Просвещение, М: 1978, – стр. 31–40.
7. Tektonika Polski. Aut. Dadlez R., Jaroszewski W. Wyd. PWN. 1994.
8. Фриш В.А. Торфяная тектоника. Изв. Всес. Геогр. Об-ва, 1978, № 2, – стр. 14–19.
9. Посохов Е.В. Общая гидрогеохимия. Изд-во Недра. Ленинград, 1975, – 208 с.
10. Niedźwiedski M., Protasowski M., Poleszczuk G. Zakwaszenie osadów dennych jeziora Nowowarpieńskiego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Zeszyt 456 (1998), str. 273-276.