

Rybalova O.*PhD, Associate Professor Department of Labour Protection and technogenic and ecological safety National University of Civil Defense of Ukraine***Artemiev S.***PhD, Associate Professor Department of Labour Protection and technogenic and ecological safety National University of Civil Defense of Ukraine***ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ****Рыбалова О.В.***кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры охраны труда и техногенно-экологической безопасности Национального университета гражданской защиты Украины***Артемьев С.Р.***кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры охраны труда и техногенно-экологической безопасности Национального университета гражданской защиты Украины***Abstract**

A new approach is proposed for determining the danger level of recreational water use based on monitoring data of the surface waters qualitative state and medical statistics on the current epidemiological situation in the region. The application of the proposed methodology allows to determine the rivers list which can lead to an increase in infectious diseases due to their recreational use. The proposed method can be used to determine the attractive areas for the ecological tourism development.

Аннотация

Предлагается новый подход к определению уровня опасности рекреационного водопользования на основе данных мониторинга о качественном состоянии поверхностных вод и медицинской статистики о современной эпидемиологической ситуации в регионе. Применение предложенной методики позволяет определить перечень рек, рекреационное использование которых может привести к увеличению инфекционной заболеваемости. Предложенный метод может быть использован для определения территорий привлекательных для развития экологического туризма.

Keywords: Population health risk, surface waters, recreational water use, infectious diseases

Ключевые слова: риск для здоровья населения, поверхностные воды, рекреационное водопользование, инфекционная заболеваемость

ВВЕДЕНИЕ

Проблема установления причинно-следственных связей между состоянием окружающей среды и здоровьем населения является одной из ведущих среди социальных задач, а опыт ее решения в развитых странах мира доказывает ее актуальность и необходимость включения в систему государственного управления природоохранной деятельностью.

Определение взаимосвязи между состоянием окружающей среды и возникновением заболеваемости довольно сложная задача, так как на здоровье населения влияет большое количество факторов. На увеличение заболеваемости населения влияет не только неудовлетворительное качественное состояние окружающей среды, но и профессиональные факторы, качество жизни, социальные факторы и т.п. На протяжении жизни человек подвергается воздействию целого набора веществ, которые поступают в организм с воздухом, водой, пищей, сигаретным дымом и т.п.. Оценить их комбинированное влияние на здоровье человека чрезвычайно трудно, так как

между веществами существуют взаимодействия, которые усиливают или ослабляют их общее влияние.

В работе [1] представлены исследования загрязнения септических резервуаров в скважинах водоснабжения населения, проживающего в районе Лагомар города Макаэ. В исследуемом районе проживает малообеспеченное население, нет систем очистки сточных вод и общественного водоснабжения, что увеличивает риск увеличения заболеваний, связанных с плохой экологической обстановкой. Наличие фекальных колиформ во всех образцах, включая образец обработанной воды, указывает на риск для здоровья местного населения.

Влияние качественного состояния поверхностных вод и водно-болотных угодий на увеличение инфекционных заболеваний исследовано в работе [2]. Обоснована необходимость учитывать ландшафт, пространственные границы и межграничные взаимодействия в проектах развития водных ресурсов, а также альтернативные методы обеспечения водой человеческих потребностей.

Для прогнозирования ожидаемого негативного воздействия на экосистему в результате развития урбанизации и индустриализации в районе Хелван в

Египте были проведены исследования почвы, растений и поверхностных вод [3]. Полученные результаты показали, что неорганические элементы (Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn) вызовут серьезные проблемы с безопасностью, как для водных организмов, так и для почвенных микроорганизмов. Влияние этих загрязнителей на здоровье человека было рассчитано с использованием ежедневного потребления съедобных растений. Значения индекса опасности показали, что концентрации Cr могут вызвать серьезные проблемы для здоровья людей; особенно детей.

Авторы работы [4] разработали модели оценки токсикологических рисков для острого и хронического воздействия загрязняющих веществ с целью оповещения общественности об уровне опасности возникновения заболеваний, связанных с рекреационной деятельностью в водоемах, которые содержат цианотоксины. На основе этой модели была проведена классификация озер в соответствии с уровнем риска для здоровья населения.

Наиболее эффективным современным подходом к установлению связи между состоянием окружающей природной среды и здоровьем населения в определенном регионе или городе является методология оценки экологического риска.

Согласно подходу EPA USA определяется отдельно канцерогенный и неканцерогенный риск для здоровья населения [5]. Для каждого загрязняющего вещества рассчитывается средняя пожизненная ежедневная доза в зависимости от концентрации загрязнителя в контактной среде. Для оценки канцерогенного риска для каждого загрязняющего вещества рассчитываются показатели риска с учетом вероятности получения ракового заболевания в случае приема единичной дозы отдельно для взрослого населения и для детей.

Канцерогенный риск считается приемлемым при значениях 10^{-4} - 10^{-6} и на этом уровне, как правило, устанавливаются гигиенические нормативы.

Риск развития неонкологических заболеваний определяется коэффициентом опасности (HQ) на основе кратности превышения референтной (безопасной) дозы. При комбинированном влиянии химических веществ определяется индекс опасности (HI) как сумма коэффициентов опасности для отдельных загрязняющих веществ.

Считается, что вероятность развития вредных эффектов возрастает пропорционально увеличению HQ. В работе [6] предложена классификация уровней опасности в зависимости от величины HI.

Необходимо отметить, что американская система мониторинга поверхностных вод очень отличается от украинской, и для большинства загрязняющих веществ (БПК₅, ХПК, минерализация, хлориды, сульфаты и т.п.) отсутствуют референтные дозы. Адаптация американской методики определения риска для здоровья населения представлена в работе [7]. Авторами предложены референтные концентрации (RfC) при хроническом пероральном попадании загрязняющих веществ в организм человека при купании в поверхностных водоемах.

В соответствии с методом EPA USA определение индекса опасности получить нераковое заболевание (HI) дает возможность определить наибольший риск заболеваемости по отдельным системам и органам человека. Но перечень болезней, который предлагается этим методом, подлежит уточнению, так как известно, что при использовании некачественных поверхностных вод для рекреации

наиболее распространенными заболеваниями являются острые кишечные заболевания, сальмонеллез, дизентерия, вирусный гепатит и лептоспироз.

Следовательно, методы определения опасности рекреационного водопользования требуют усовершенствования, что является актуальной задачей, особенно при сложившейся сложной эпидемиологической ситуации во многих регионах страны.

Целью нашей работы является определение уровня опасности рекреационного водопользования на примере водных объектов Харьковской области.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Метод оценки потенциального риска для здоровья населения [8] основан на логарифмической зависимости уровней влияния загрязняющих веществ и позволяет их интегрировать, так как представляет вероятностную характеристику появления рефлекторных реакций организма и других вредных эффектов. Под оценкой потенциального риска здоровью населения понимается процесс анализа данных мониторинга о состоянии окружающей среды для определения количественной вероятности неблагоприятного влияния на здоровье вредных факторов окружающей среды.

Преимуществом этой методики является то, что основой оценки потенциального риска для здоровья населения является гигиенический подход. Соблюдение норматива предельно допустимой концентрации (ПДК) гарантирует отсутствие неблагоприятных для здоровья эффектов, а его превышение может вызвать вероятность (риск) увеличения заболеваемости населения.

Оценка потенциального риска здоровью населения вычисляется отдельно в зависимости от качества атмосферного воздуха; качества питьевой

воды; качества водных объектов; качества грунта; качества продуктов питания; уровня шума; радиационного загрязнения территории; электромагнитного излучения.

Потенциальный риск для здоровья населения при рекреационном водопользовании определяется на основе уравнения [8]:

$$Prob = -2 + 3,32 \times \lg \frac{C}{\hat{I} \hat{A} \hat{E}}, \quad (1)$$

где

C - концентрация вещества в водном объекте, мг/л;

ПДК – предельно-допустимая концентрация для водных объектов рекреационного водопользования, мг/л.

Значение Prob связано с вероятностью (риском) согласно закону нормального вероятностного распределения.

Потенциальный риск здоровью населения при комплексном влиянии загрязняющих веществ оценивается по правилу умножения вероятностей, где как множитель выступают не величины риска здоровью, а значение, которые характеризуют вероятность его отсутствия [8]:

$$Risk_{\text{н\acute{o}i}} = 1 - (1 - Risk_1) \times (1 - Risk_2) \times \dots \times (1 - Risk_n), \quad (2)$$

где

$Risk_{\text{н\acute{o}i}}$ - потенциальный риск комплексного влияния загрязняющих веществ;

$Risk_1, \dots, Risk_n$ - потенциальный риск влияния каждого отдельного загрязняющего вещества.

При трактовке полученных величин потенциального риска здоровью населения пользуются следующей ранговой шкалой (табл.1) [6].

Таблица 1

Характеристика потенциального риска здоровью населения

Risk	Класс	Характеристика риска
<0,1	1	незначительное влияние на здоровье населения
0,1 – 0,19	2	слабое влияние, предельные хронические эффекты
0,2 – 0,59	3	значительное влияние, тяжелые хронические эффекты
0,6 – 0,89	4	большое влияние, тяжелые острые эффекты
0,9 – 1,0	5	очень большое влияние на здоровье населения

В соответствии с методикой оценки потенциального риска для здоровья населения определено качественное состояние малых рек Харьковской области. На рис.1 представлено ранжирование водотоков Харьковской области по значению потенциального риска для здоровья населения.

Как показали расчеты потенциального риска для здоровья населения наибольший уровень опасности рекреационного водопользования рек Роганка, Большой Бурлук и Карамушкина (рис.1).

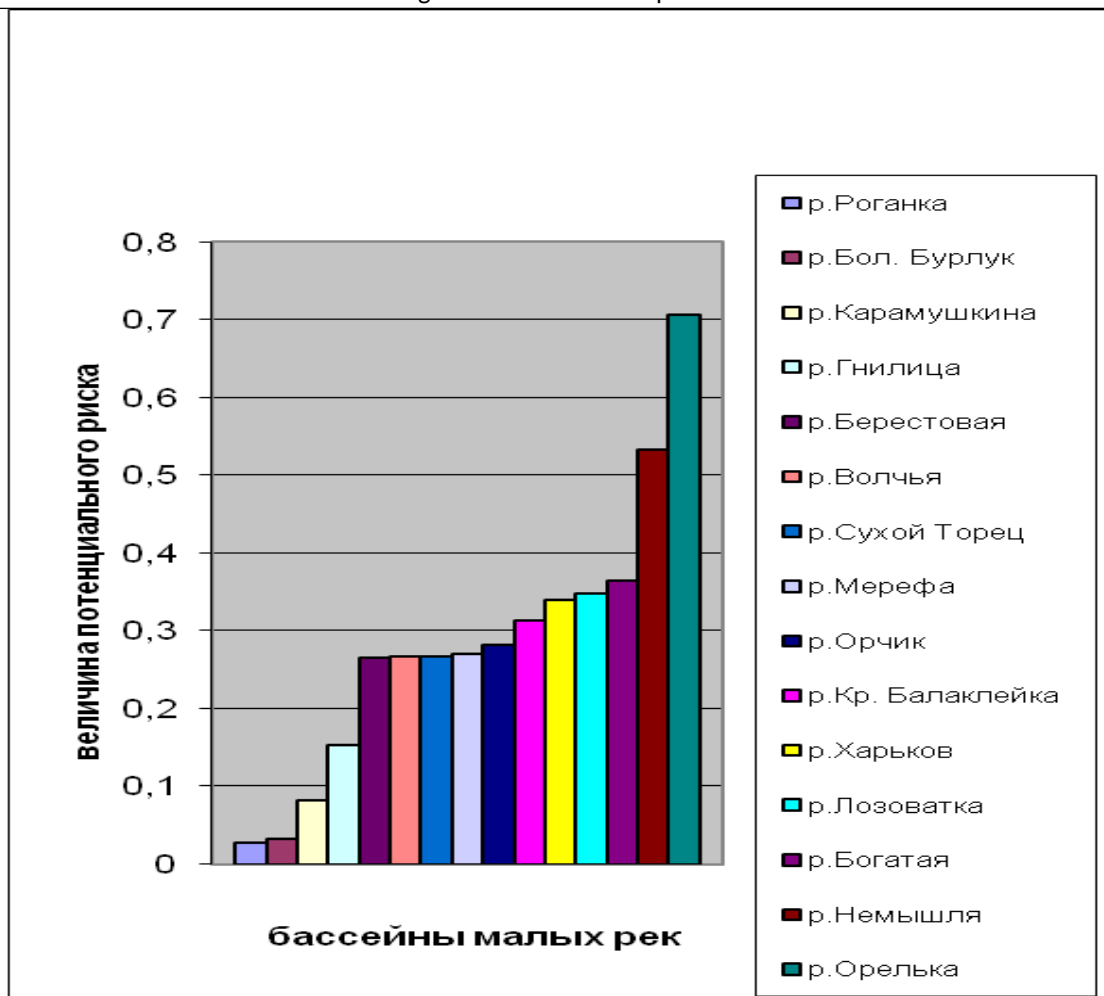


Рис.1 Ранжирование малых рек Харьковской области по величине потенциального риска для здоровья населения

Существенным недостатком этого метода является то, что показатель потенциального риска здоровью населения можно использовать лишь как интегральный показатель степени загрязнения компонентов окружающей среды, так как этим способом не рассматривается заболеваемость населения, а только вероятность появления рефлекторных реакций (ощущение раздражения, неприятного запаха и т.п.).

При рекреационном использовании водных объектов, прежде всего, могут возникнуть инфекционные заболевания. Однако причиной инфекционной заболеваемости может быть не только купание в водных объектах, но также некачественное питание или употребление питьевой воды, которая не отвечает санитарно-гигиеническим нормам. По-

этому при исследовании заболеваемости предлагаем рассчитывать весовые коэффициенты отдельно для питьевого водоснабжения (L_1), состояния водных объектов (L_2) и продуктов питания (L_3) отношением проб, которые превышают ПДК ($K_{1,2,3}$) к общему количеству анализируемых проб ($n_{1,2,3}$), по формулам:

$$P_{\text{т}}(3) = \frac{K_{1,2,3}}{n_{1,2,3}} \quad (4)$$

$$L_1 + L_2 + L_3 = 1$$

Расчет весовых коэффициентов для оценки инфекционной заболеваемости в Харьковской области представлен в табл.2.

Оценка превышения нормативов питьевого водоснабжения, продуктов питания и состояния водных объектов Харьковской области

Наименование районов	Весовой коэффициент для водоснабжения L_1	Весовой коэффициент для водных объектов L_2	Весовой коэффициент для продуктов питания L_3
Балаклеяский	44,84	11,69	43,47
Барвенковский	11,53	86,78	1,69

Близнюковский	18,10	79,92	1,98
Богодуховский	3,43	89,09	7,48
Боровской	36,62	22,93	40,45
Валковский	15,74	82,48	1,78
Великобурлукский	37,13	44,56	18,31
Волчанский	45,85	15,87	38,28
Двуречанский	30,92	49,98	19,10
Дергачевский	25,68	69,32	5,00
Зачепиловский	32,03	58,33	9,63
Змиевской	49,30	41,53	9,17
Золочевский	43,00	51,86	5,14
Изюмский	52,15	17,08	30,77
Кегичевский	20,76	56,91	22,33
Коломакский	38,18	59,01	2,81
Красноградский	62,63	25,97	11,40
Краснокутский	12,20	76,14	11,66
Купянский	48,55	33,20	18,26
Лозовской	44,49	23,88	31,63
Нововодолажский	32,19	44,63	23,18
Первомайский	41,24	14,37	44,39
Печенежский	32,76	65,52	1,72
Сахновщинский	12,99	85,13	1,88
Харьковский	33,77	54,85	11,39
Чугуевский	13,95	79,45	6,60
Шевченковский	51,97	32,15	15,88
г.Харьков	7,51	84,29	8,20
Всего	32,12	52,03	15,84

Анализ данных табл.2 показывает, что наибольшее влияние на развитие инфекционных заболеваний оказывает рекреационное водопользование (52,03%) (рис.2).

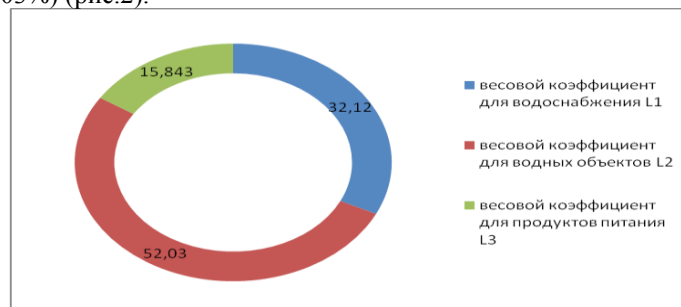


Рис.2 Весовые коэффициенты влияния питьевого водоснабжения (L_1), состояния водных объектов (L_2) и продуктов питания (L_3) на увеличение инфекционной заболеваемости

Таблица 3

Оценка показателя безопасности рекреационного водопользования в Харьковской области

Наименование районов	Обобщенный индекс заболеваемости I_g	весовой коэффициент для водных объектов L_2	Показатель безопасности рекреационного водопользования $SIRW$
Балаклеяский	0,0010	29,28	0,00029
Барвенковский	0,0008	25,02	0,00019
Близнюковский	0,0008	36,12	0,00028
Богодуховский	0,0009	66,90	0,00062
Боровской	0,0013	20,47	0,00026
Валковский	0,0009	57,05	0,00054
Великобурлукский	0,0008	4,59	0,00004
Волчанский	0,0006	17,27	0,00010
Двуречанский	0,0009	52,05	0,00046
Дергачевский	0,0006	29,41	0,00018
Зачепиловский	0,0008	18,39	0,00014
Змиевской	0,0007	42,17	0,00029
Золочевский	0,0007	18,35	0,00013
Изюмский	0,0025	44,70	0,00114
Кегичевский	0,0006	7,33	0,00004
Коломакский	0,0002	1,42	0,00000
Красноградский	0,0007	8,15	0,00005
Краснокутский	0,0007	84,29	0,00061
Купянский	0,0026	35,96	0,00093
Лозовской	0,0018	29,37	0,00054
Нововодолажский	0,0010	1,35	0,00001
Первомайский	0,0016	4,60	0,00007
Печенежский	0,0006	63,80	0,00036
Сахновщинский	0,0008	1,03	0,00001
Харьковский	0,0006	55,29	0,00033
Чугуевский	0,0018	56,13	0,00103
Шевченковский	0,0011	70,36	0,00077
г. Харьков	0,0008	65,43	0,00049
Харьковская область	0,0008	33,80	0,00026

Ранжирование районов Харьковской области по показателю безопасности рекреационного водопользования позволило идентифицировать территории, благоприятные для развития экологического туризма.

Водные объекты, которые небезопасно использовать в целях рекреации нуждаются во внедрении следующих мероприятий:

- разработки комплекса инженерно-технических, природоохранных, санитарно-эпидемиологических мероприятий по уменьшению риска возникновения инфекционных заболеваний и защиты населения от влияния их последствий;

- подготовки научно-обоснованного прогноза последствий возможных чрезвычайных ситуаций эпидемиологического характера;

- осуществление постоянного наблюдения за состоянием водных объектов, которые отнесены к 4 и 5 классу качества по вышеприведенной классификации (табл.1) и запрет их использования в рекреационных целях.