

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЮ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ БОЛЬШОГО КAVKAZA (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНА)

М.А. Абдуев

Азербайджанский государственный педагогический университет,
Институт Географии Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку

Для оценки антропогенного воздействия на территорию водосбора вводится коэффициент антропогенного давления (К), представляющий собой отношение энергопотребления на единицу площади в данной стране к соответствующему среднемировому показателю. Среднее значение коэффициента антропогенного давления для исследуемых территорий получилось равным $-2,58$. Для определения функциональной связи между коэффициентами антропогенного давления и плотностью населения, исследуемые данные были подвергнуты регрессионному анализу. Выявлено, что 3,7 % исследуемых рек подвержено слабой, 33,3% – умеренной и 63% – значительной степени антропогенной нагрузке. По индексу загрязнения речные воды отнесены, в основном, к умеренно загрязненным и загрязненным (III и IV класс).

***Ключевые слова:** коэффициент антропогенного давления, плотность населения, корреляционная зависимость, экологическое состояние, плотность поголовья скота, коэффициент антропогенизации.*

Введение

В последние десятилетия внимание к процессам на водосборах во многом обусловлено неудовлетворительным экологическим состоянием водных объектов. Стало очевидным, что оно зависит не только от сброса в реки сточных вод, но и от разнообразных видов хозяйственной деятельности в пределах речных бассейнов, влияющих на изменение стока. Известно, что качество воды рек связано с природными факторами и антропогенным давлением. Антропогенное давление на окружающую среду, в том числе и на природные воды, постоянно возрастает. На реках Азербайджана это давление включает водозабор из рек и подземных водоносных горизонтов, сброс в водные объекты промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых сточных вод, уменьшение лесистости, распашку земель, инженерное преобразование природных ландшафтов при градостроительстве, создании социальной инфраструктуры и т.д.

Любые современные технологии, призванные, так или иначе, использовать природные ресурсы, направлены на перестройку окружающей среды, потребление биомассы и первичной биологической

продукции. В результате применения технологий происходит деформация окружающей среды, возникают локальные, региональные и глобальные ее нарушения. Так как в основе любой технологии лежит потребление энергии, то удельное потребление энергии (на единицу площади территории страны) может быть использовано с достаточной степенью надежности как показатель антропогенного воздействия на экосистемы, оценки роли хозяйственной деятельности в их разрушении.

Материал и методика

Для оценки антропогенного давления на территорию водосбора вводится *коэффициент антропогенного давления* (К), представляющий собой отношение энергопотребления на единицу территории в данной стране к среднемировому. Система расчета коэффициента антропогенного давления (К) для речных бассейнов Большого Кавказа основана на использовании рекомендованной методики [4, 9]. При расчете (К) учитывались следующие показатели: площадь водосбора; плотность населения для сети водосборных площадей рассматриваемой территории (выделялась по топографической карте масштаба 1 : 200 000 (табл. 1)). Коэффициенты антропогенного давления, рассчитываемые по данным об энергопотреблении, связаны с плотностью населения. Чем больше численность населения и выше его потребности, тем больше затрачивается энергии в процессе использования технологии для получения продуктов потребления. Коэффициент антропогенного давления (К) получен отнесением величины энергетической мощности на единицу площади к средней мощности на единицу площади.

Для проведения статистического анализа исследуемых данных значения плотности населения в различных бассейнах были приведены к безразмерному виду:

$$ПН^* = ПН_б / ПН_{ст}$$

где: ПН* - безразмерная плотность населения в данном бассейне; ПН_б – плотность населения в данной бассейне; ПН_{ст} – плотность населения в Азербайджане (106 чел./км²). Для определения функциональной связи между коэффициентами антропогенного давления и плотностью населения, исследуемые данные были подвергнуты регрессионному анализу. В качестве переменных при анализе были использованы прологарифмированные значения К и безразмерная плотность населения ПН*. Расчет производился для 27 речных бассейнов Большого Кавказа. Причем среднее энергопотребление для исследуемых территории получилось равным 1600 квт. час на человека.

Для оценки экологического состояния на речных водосборах использованы данные по плотности населения (*n*, чел/км²) и поголовью скота (животных/км²), лесистости, и коэффициент антропогенизации водосбора, сброс сточных вод в реки [1].

Результаты и обсуждение

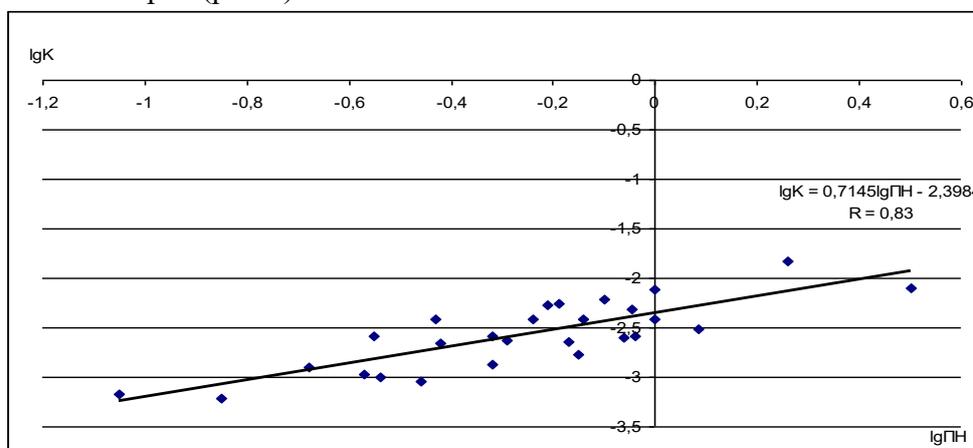
Значения IgK изменяются в пределах: от $-1,83$ для Сумгайтчай до $-3,22$ для Дашагылчай. Среднее значение коэффициента антропогенного давления для исследуемых территорий равно $-2,58$ (табл.1).

Т а б л и ц а 1

Коэффициент антропогенного давления на территории речных бассейнов Большого Кавказа

Название рек	Площадь, км ²	Население, тыс. чел.	Плотность населения, чел./км ² ПН	$ПН^* = ПН_{\text{б}} / ПН_{\text{ст}}$	$IgПН^*$	Коэффициент антропогенного давления IgK	Вычисленный IgK	Отклонение, %
Кусарчай	694	42710	62	0,58	-0,24	-2,42	-2,57	-6
Куручай	220	9544	43	0,41	-0,39	-3,07	-2,69	+14
Кудиялчай	799	85845	107	1,0	0	-2,12	-2,40	-12
Агчай	239	12138	51	0,48	-0,32	-2,87	-2,63	+9
Карачай	417	12140	29	0,27	-0,57	-2,97	-2,80	+6
Чагаджукчай	288	8882	31	0,29	-0,54	-3,00	-2,79	+7
Вельвеличай	628	14048	22	0,21	-0,68	-2,90	-2,88	0
Шабранчай	203	15053	74	0,7	-0,15	-2,77	-2,51	+10
Девечичай	239	22959	96	0,91	-0,04	-2,59	-2,43	+6
Гильгилчай	800	7608	10	0,09	-1,05	-3,17	-3,15	0
Атачай	347	25080	72	0,67	-0,17	-2,65	-2,52	+5
Сумгайтчай	1751	334000	191	1,80	0,26	-1,83	-2,20	-17
Пирсаатчай	2280	88330	39	0,37	-0,43	-2,41	-2,70	-11
Агчай	572	54839	96	0,90	-0,046	-2,31	-2,42	-5
Гирдыманчай	727	17889	25	0,24	-0,062	-2,60	-2,45	+6
Геокчай	1770	143293	84	0,79	-0,10	-2,22	-2,46	-10
Турианчай	1840	125047	68	0,64	-0,19	-2,25	-2,53	-11
Алиджанчай	1010	29865	30	0,28	-0,55	-2,58	-2,79	-8
Белоканчай	320	34426	108	1,02	0,086	-2,51	-2,46	+2
Катехчай	620	24650	40	0,38	-0,42	-2,66	-2,70	-1
Талачай	410	43464	106	1,0	0	-2,41	-2,40	0
Мухахчай	572	43206	76	0,72	-0,14	-2,42	-2,41	0
Курмукчай	562	28664	51	0,48	-0,32	-2,59	-2,63	-2
Шинчай	480	26058	54	0,51	-0,29	-2,63	-2,62	0
Кишчай	265	88578	334	3,15	0,5	-2,10	-2,35	-11
Дашагылчай	292	4237	15	0,14	-0,85	-3,22	-3,01	+7
Агричай	1810	118873	66	0,62	-0,21	-2,27	-2,55	-11

Для иллюстрации приводим выявленное нами количественное соотношение между логарифмами значений безразмерной плотности населения и логарифмами коэффициентов антропогенного давления бассейнов рек (рис.1).



Р и с. 1. Зависимость коэффициента антропогенного давления (К) от безразмерной плотности населения (ПН*)

Полученная корреляционная зависимость имеет вид:

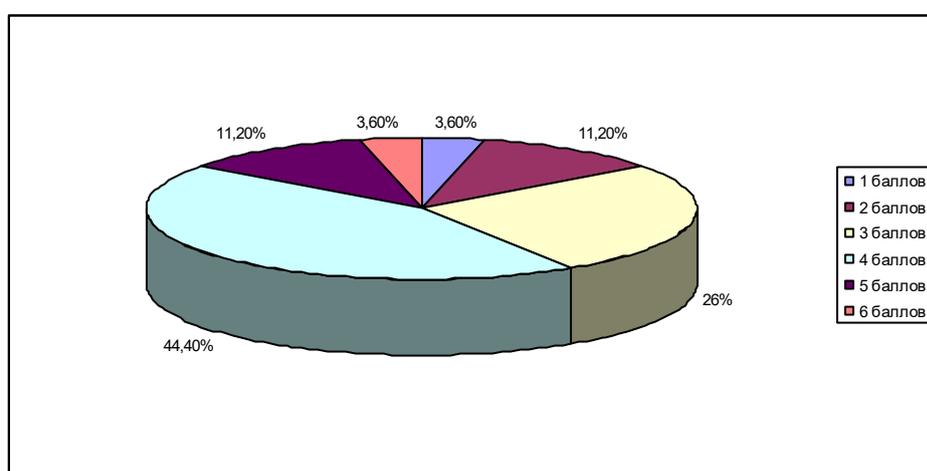
$$\lg K = 0,7145 \lg \text{ПН} - 2,3984$$

Расчеты (табл.1) показали, что отклонения вычисленных величин от фактических вполне допустимы. В 74% случаев ошибка расчета составляет менее $\pm 10\%$, а в 26% случаев $\pm 11-17\%$.

В принципе, любой водный объект и его водосбор – это единая природная система. При оценке территории водосборного бассейна следует учитывать гидролого-климатические показатели (речная сеть, режим осадков и снеготаяния), показатели расселения (наличие крупных городов, соотношение сельского и городского населения, его плотность) и производственно-хозяйственные показатели (уровень развития, а также характер промышленного и сельскохозяйственного производства, наличие промышленных предприятий и способы использования земельных ресурсов). Антропогенное давление на водные объекты особенно сильно проявляется в последнее десятилетие в бассейнах малых рек в промышленно развитых и сельскохозяйственных регионах. Влияние антропогенных факторов на формирование химического состава речного стока малых рек становится сопоставимым с природными геохимическими и биологическими процессами, а в районах интенсивного хозяйственного освоения даже определяющим [5].

Для оценки экологического состояния рек используется система экспертных баллов [2]. При $n < 5$ чел/км² (1 балл) – экологическое состояние рек практически не зависит от этого вида антропогенных нагрузок. При $n = 5...24$ чел/км² (2 балла) – потребительские свойства водных ресурсов

начинают снижаться под влиянием жизнедеятельности населения. Дальнейшее ухудшение ситуации соответствует $n = 25 \dots 49$ (3 балла), $n = 50 \dots 99$ (4 балла), $n = 100 \dots 149$ (5 баллов) и $n > 150$ чел/км² (6 баллов). В бассейне р. Сумгайтчай плотность населения составляет менее 5 чел/км², поэтому экологическое состояние в этом бассейне оценено в 1 балл (3,6%). Несмотря на то, что г.Сумгаит находится в этом бассейне, его влиянию больше подвержено Каспийское море. В связи с этим, население, проживающее в этом городе, не вошло в данный бассейн. В бассейне рек Вельвеличай, Гильгилчай и Дашагылчай плотность населения изменяется в пределах 5...22 чел/км², а экологическое состояние соответствует 2 баллам. К этой категории относится 11,2 % от всех изучаемых бассейнов. Из исследованных речных бассейнов 26% оценено в 3 балла. К ним относятся речные бассейны Пирсаатчай, Гирдыманчай, Алинджанчай, Катехчай, Гарачай, Куручай и Чагаджукчай (рис. 2).



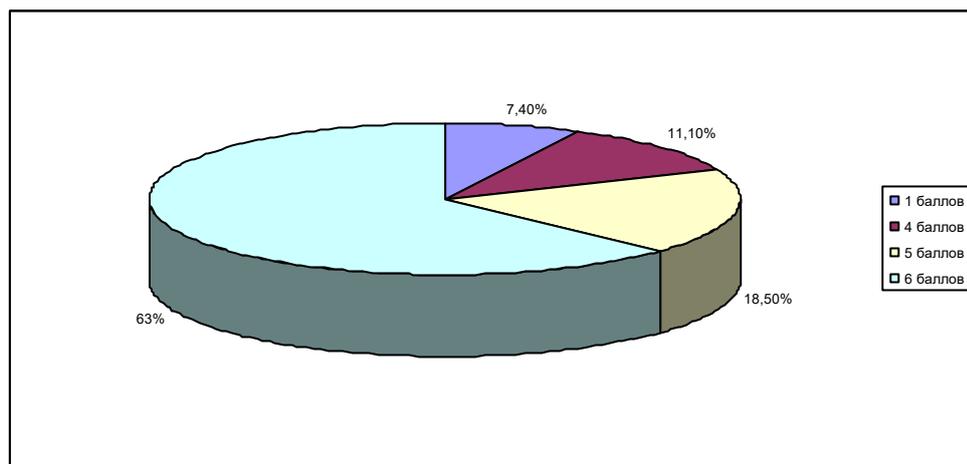
Р и с. 2. Оценка экологического состояния речных бассейнов по плотности населения

Экологическое состояние большинства речных бассейнов (44,4 %) оценено в 4 балла. 11,2 % речных бассейнов оценено в 5 баллов, к ним относятся Кудиалчай, Белоканчай и Талачай. Максимальные антропогенные нагрузки (6 баллов) наблюдаются в бассейнах рек Кишчай, составляя 3,6 % от всех изученных бассейнов (табл. 2).

Оценка антропогенных нагрузок

Название рек	Антропогенные нагрузки (баллы)					Сумма баллов	Интенсивность антропогенной нагрузки	
	Плотность населения	Плотность животных	Лесистость	Антропо-генизация	Сточные воды		степень	класс
Кусарчай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Куручай	3	5	+1	3	3	15	умеренная	III
Кудиалчай	5	6	+1	3	3	18	значительная	IV
Агчай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Гарачай	3	4	+1	3	3	14	умеренная	III
Чагаджукчай	3	5	+1	3	3	15	«---»	III
Вельвеличай	2	4	+1	3	3	13	умеренная	III
Шабранчай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Девечичай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Гильгилчай	2	2	+1	3	3	11	умеренная	III
Атачай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Сумгаитчай	1	2	+1	3	3	10	слабая	II
Пирсаатчай	3	6	+1	3	3	16	значительная	IV
Ахсучай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Гирдыманчай	3	5	+1	3	3	15	умеренная	III
Геокчай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Турианчай	4	6	+1	3	3	17	«---»	IV
Алиджанчай	3	5	+1	3	3	15	умеренная	III
Белоканчай	5	6	-1	3	3	16	значительная	IV
Катехчай	3	5	-1	3	3	13	умеренная	III
Талачай	5	6	-1	3	3	16	значительная	IV
Мухахчай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Курмукчай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Шинчай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV
Кишчай	6	6	+1	3	3	19	«---»	IV
Дашагылчай	2	4	+1	3	3	13	умеренная	III
Агричай	4	6	+1	3	3	17	значительная	IV

Воздействие животноводства на качество речных вод зависит от поголовья скота, приходящегося на 1 км² водосбора [7]. Слабое (< 15), незначительное (15...25), значительное (26...40), умеренное (41...100), сильное (101...150), очень сильное (> 150 голов/км²). Снижение потребительских качеств водных ресурсов под влиянием этого фактора соответствует 1, 2, 3, 4, 5 и 6 баллам антропогенной нагрузки соответственно (рис. 3). В бассейнах изученных рек плотность поголовья скота составляет 19...690 голов/км² (2...6 балла. табл.2). В бассейнах рек Гильгилчай и Сумгаитчай экологическое состояние оценено в 2 балла.



Р и с. 3. Оценка экологического состояния речных бассейнов по плотности поголовья скота

В речных бассейнах Гарачай, Вельвеличай и Дашагылчай экологическое состояние соответствует 4 баллам. Большинство изученных речных бассейнов (63%) отличается высокой плотностью животных и там экологическое состояние соответствует 6 баллам (табл. 2).

Лесные ресурсы влияют на многолетние изменения годового и сезонного стока воды, взвешенных наносов, растворенных веществ. Вырубка лесов и лесовосстановление сопровождаются нарушением зональных особенностей миграции тяжелых металлов вследствие изменения рН в почвенных растворах. Влияние этого вида антропогенных нагрузок на малые реки оценить достаточно сложно [2]. Оно может быть учтено в первом приближении на основе балльной оценки. В начале 20 века лесистость в Азербайджане¹ достигала 35 % [8]. Это значение может быть принято в качестве фонового (0 баллов). Если лесистость менее 35 %, экспертная оценка позитивного влияния леса на изменение стока соответствует –1 баллу. Если лесистость более 35%, негативное воздействие принимается равным +1 баллу. На территории исследуемых бассейнов лишь у 6% рек (Катехчай, Белоканчай и Талачай) лесистость более 35 %. Поэтому в пределах этих речных бассейнов влияние леса на изменение стока соответствует 1 баллу (табл. 2).

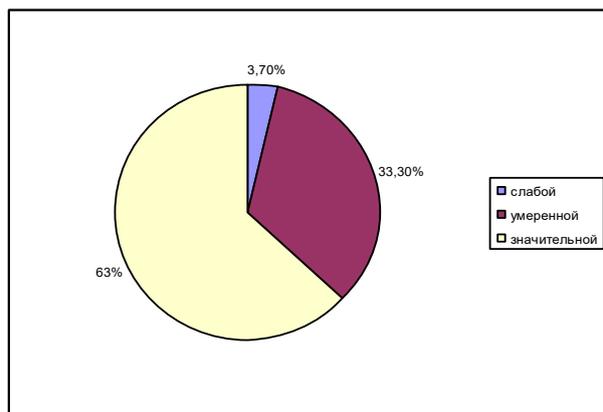
Сброс сточных вод в реки достаточно велик. Вклад сточных вод в антропогенную нагрузку оценен с использованием двух показателей:

¹ 2015 г. – 13,8%. См. Доклад о человеческом развитии 2016. Человеческое развитие для всех и каждого/ Пер. с англ.; Программа развития ООН.- М.: Изд-во «Весь мир», 2017. – 284 с. URL: http://www.hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2016_report_russian_web.pdf. (открыть с.264-268 – Информационная панель «Устойчивое развитие», см. строка Азербайджан, 78 место)

отношение условной приведенной массы загрязняющих веществ, которые поступают в реку со сточными водами, к объему годового стока рек и условного объема сточных вод (с учетом степени очистки), приходящихся на 1 м^3 речного стока [7]. Почти все исследованные реки в большей или меньшей степени подвергаются влиянию сбросов сточных вод. К сожалению, по всем рекам таких данных нет. Н.И. Алексеевский в связи с отсутствием данных о количестве сточных вод, сбрасываемых в каждую реку, предлагает оценить влияние этого вида антропогенных нагрузок от 2 до 5 баллов [2]. Учитывая вышесказанное, автору представляется, что влияние этого вида антропогенной нагрузки можно оценить в среднем в 3 балла (табл. 2).

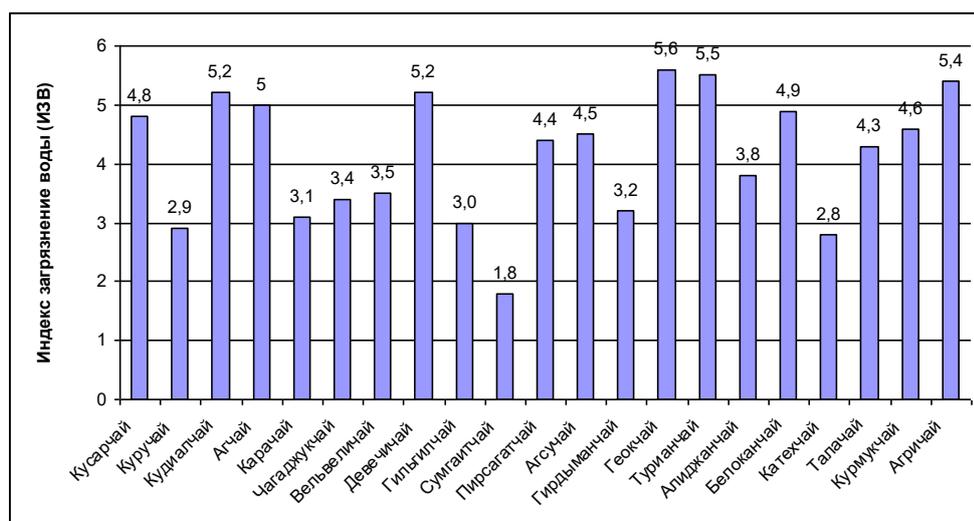
Сток, качество поверхностных и подземных вод зависят также от степени антропогенизации. С возрастанием степени антропогенизации увеличивается сток взвешенных наносов и растворенных веществ. Коэффициент антропогенизации (k) менее 0,2 соответствует природному фону состояния водосборов и принимается в 1 балл. Дальнейшее ухудшение ситуации соответствует $k = 0,2 \dots 0,4$ (2 балла), $k = 0,41 \dots 0,60$ (3 балла), $k = 0,61 \dots 0,80$ (4 балла) и $k > 0,81$ (5 баллов) [2]. По данным Б.А. Будагова и Я.А. Гарибова, антропогенизация территории Азербайджана в соответствии с вертикальной зональностью изменяется от устья до истока рек [3]. То есть, с повышением рельефа коэффициент антропогенизации водосбора уменьшается. В нижних течениях рек $k = 0,8 \dots 0,9$, в средних – $k = 0,3 \dots 0,6$, а в верхних – $k = 0,1 \dots 0,2$. Учитывая это положение, значения коэффициента антропогенизации водосборов в среднем можно принять равным 0,5. Это соответствует 3-х балльной антропогенной нагрузке (табл. 2).

Интегральное изменение состояния рек соответствует сумме экспертных баллов ($СБ$) по каждому виду антропогенных нагрузок. В первом приближении можно считать, что при $СБ < 5$ антропогенное воздействие отсутствует. Классы слабой, умеренной и значительной антропогенной нагрузки можно выделять при $СБ = 5 \dots 10$; $11 \dots 15$; $16 \dots 20$ баллов соответственно. Проведенное нами исследование показывает, что в пределах изучаемых водосборов сумма экспертных баллов изменяется от 10 до 19 баллов. Таким образом, выявлено, что 3,7% изученных рек находятся в условиях слабой, 33,3% – умеренной и 63 % – значительной антропогенной нагрузки (рис. 4).



Р и с. 4. Оценка экологического состояния речных бассейнов по антропогенной нагрузке

Химическое загрязнение рек оценено по индексу загрязнения воды (ИЗВ) [6]. Оно обуславливает различие в классах качества воды. По индексу загрязнения речные воды подразделяются на слабо загрязненные (II класс), умеренно загрязненные (III класс), загрязненные (IV класс) и сильно загрязненные (V класс).



Р и с. 5. Значение индекса загрязнения воды (ИЗВ) для рек Большого Кавказа

В целом, воды изученных рек относятся к III и IV классу (умеренно загрязненные и загрязненные) качества по ИЗВ с использованием ПДК санитарно-гигиенических нормативов. Сильно загрязненные воды (V класс) не входили в состав объектов исследования (рис. 5).

Список литературы

1. Абдуев М.А. Рекогносцировочная оценка состояния речных бассейнов Азербайджана по антропогенной нагрузке // Гидрометеорология и экология. Алматы, 2010, №2. – С.55–61.
2. Алексеевский Н.И. и др. Малые реки и экологическое состояние территории. // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30. – №5. – С. 586–595.
3. Будагов Б.А., Гарибов Я.А. Основные направления антропогенизации природных ландшафтов // Конструктивная география Азербайджанской Республики (на азерб. языке). – Баку: Элм. – 2000. – С. 158–170.
4. Владимиров А.М. Экологические аспекты использования и охраны водных ресурсов (вод суши) / А.М. Владимиров, В.Г. Орлов, В.М. Сакович. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 1997. –126 с.
5. Коскин С. С. и др. Экологическое состояние и мониторинг водных объектов; охрана пресных вод от загрязнения и истощения // VI Всероссийский гидрологический съезд. Пленарные доклады. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2008. – С. 58–65.
6. Методические указания по формализованной комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госком по гидрометеорологии, 1988. –10 с.
7. Скорняков В.А. Учет распределения антропогенных факторов и антропогенных нагрузок при оценке качества воды. Проблемы гидрологии и гидроэкологии. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – Вып.1. – С. 238–261.
8. Халилов М.Я. Антропогенные изменения и восстановление растительного покрова // Конструктивная география Азербайджанской Республики. (на азерб. языке). – Баку: Элм. – 2000. – С. 131–157.
9. Фрумин Г.Т. Связь между антропогенным давлением на водосборные бассейны озер и водохранилищ и качеством их вод. Экологическая химия, 1999. № 8. – С.101–105.

ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC PRESSURE ON THE TERRITORY OF THE RIVER BASINS OF THE GREAT CAUCASUS (WITHIN AZERBAIJAN)

Abduyev M.A.

Azerbaijan State Pedagogical University
Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Baku

To estimate the anthropogenic pressure on the territory columbine introduced anthropogenic pressure coefficient (K), representing the ratio of energy consumption per unit territory in the country to the world average. The average value of anthropogenic pressure coefficient for the studied areas turned out well -2.58. To

determine the functional relationship between the coefficients of anthropogenic pressure and density of the population under study data were subjected to regression analysis. It was found that 3.7% of the studied rivers subject weak, 33.3% moderate and 63% largely anthropogenic load. According to the index of pollution river water attributed mostly to moderately polluted and polluted (III and IV class).

Keywords: *anthropogenic pressure ratio, population density, correlation, environmental conditions, stocking density, coefficient antropogenizatsii.*

Об авторе:

АБДУЕВ Магамед Абду оглы – доктор географических наук, зав. кафедрой общей географии, Азербайджанский государственный педагогический университет, Институт Географии Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку, e-mail: abduyevm@gmail.com