

УДК 556:543.312

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАВНИННОЙ Р. СОК (БАССЕЙН НИЖНЕЙ ВОЛГИ)

© 2010 Л.А. Выхристюк¹, Т.Д. Зинченко¹, Е.В. Лаптева²

¹Институт экологии Волжского бассейна РАН, tdzl@mail333.com

²Министерство природопользования лесного хозяйства и охраны окружающей среды Самарской области

Поступила 27.07.2009

В работе используются разные методологические подходы к оценке качества воды и донных отложений равнинной реки в зависимости от интенсивности и видов антропогенной нагрузки на разные участки. По степени загрязнения воды и количеству в ней загрязняющих веществ выделены три зоны: верховые→приусьевой участок→среднее течение. Отмечена удовлетворительная сходимость использованных методов при оценке экологического состояния реки. Установлено, что р. Сок слабо подвержен антропогенному воздействию, относится в основном к слабо загрязненным водотокам с относительно удовлетворительной экологической ситуацией. Обосновывается выделение эталонного участка равнинной реки по комплексу показателей при мониторинговых исследованиях экологического состояния речной сети Среднего и Нижнего Поволжья.

Ключевые слова: река, антропогенная нагрузка, качество воды и донных отложений, экологическая ситуация.

Принцип речного бассейна является основополагающим в системе мониторинга текущих вод. В его основе лежит описание экологического статуса водных объектов на основе результатов исследования речного бассейна в целом. Согласно принятой Европейским Союзом Рамочной водной директивы (WED), достижение удовлетворительного состояния воды для речного бассейна должно осуществляться таким образом, чтобы меры в отношении поверхностных вод, были согласованными и скоординированными [21]. Выделение речного бассейна происходит на основании идентификации и типологизации отдельных водных объектов. Экологический статус устанавливается на основании данных комплексной характеристики отдельных водных объектов и суммирования результатов мониторинга [13], в результате чего определяется их экологическое состояние, что служит основой для управления речным бассейном. Следует учитывать определяющий фактор в зависимости от экологического статуса реки или речного бассейна в целом. Он выявляется по отношению к эталонным створам и рекам. Этапонные створы (reference sites) реки - одно из необходимых и ключевых понятий в системе мониторинга поверхностных вод. Под речным эталонным створом (участком) понимают гидроморфологические, биологические,

физико-химические условия на нарушенных участках реки [21]. Региональные створы, о которых идет речь в настоящем исследовании, представляют собой участки реки в относительно гомогенном регионе со сходным типом местообитания. Для разработки основных принципов создания сети эталонных створов в Европейском Сообществе в рамках WFD был создан специальный проект REFCONMD, в рамках которого регламентируются основные требования к сети эталонных створов с учетом специфики той или иной страны ЕС. Процесс создания сети эталонных створов состоит из нескольких фаз: дифференциация речного бассейна; определение сети эталонных створов; установление эталонных показателей; специфика эталонных показателей для оценки экологического статуса речного бассейна. При исследовании р. Сок - первая фаза - это дифференциация бассейна равнинной реки первого порядка.

Вторая фаза - выбор участков (створов) реки, которые относятся к эталонным. При отборе таких створов выделяются основные требования - типичность створов для данной реки или бассейна по своим физико-химическим и гидроморфологическим характеристикам и отсутствие антропогенной трансформации на данных участках. Согласно А. Buffagni и др. [24] требования к выбору эталонных створов должны включать неповрежденные участки реки одного и того же типа, расположенные на слабо урбанизированных участках, при отсутствии точечного или диффузного загрязнения, имеющие естественные гидрологические и биологические условия.

Исходя из знаний об экологической ситуации равнинных рек бассейна Нижней Волги

Выхристюк Людмила Александровна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатория экологии малых рек. Зинченко Татьяна Дмитриевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая той же лабораторией. Лаптева Елена Владимировна, консультант управления рационального использования водных ресурсов.

[12], выбор эталонных створов в р. Сок, был преднамеренным [21]. Целью исследований являлось установление эталонных створов реки с учетом гидрохимических показателей, включающих типичность основных абиотических характеристик и использование различных параметров (метрик), широко используемых в последние годы для оценки экологического состояния равнинных рек бассейна Средней и Нижней Волги.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОСБОРНОЙ ПЛОЩАДИ

Река Сок берет начало на западных склонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, впадает в Саратовское водохранилище. Водоток относится к рекам 1-го порядка и находится под влиянием подпорных вод водохранилища. Бассейн реки занимает территорию двух областей (Оренбургской и Самарской) и республики Татарстан; большая часть водосбора (93%) расположена в пределах Самарской области.

Река Сок единственный из средних притоков бассейна Саратовского водохранилища, согласно классификации Р.А. Нежиховского [17], который не зарегулирован, протекает по естественному руслу и слабо подвержен антропогенному воздействию.

Основные гидрографические и гидрологические данные представлены в табл. 1.

Водосбор реки представляет собой волнистую равнину, расчлененную долинами притоков, балками и глубокими оврагами, между которыми расположены высокие и узкие кряжи - увалы с покатыми и часто террасированными склонами. *Верхний участок* водосборного бассейна - система массивных плосковершинных "столовых", а местами узких гребневидных междуречий, вершины которых располагаются на высоте от 180-250 до 300 м над уровнем моря. *Средний и нижний участки* имеют более спокойный характер рельефа. Это волнисто-увалистая, нередко всхолмленная местность. На всей территории бассейна широко распространены карстовые формы рельефа: воронки, впадины различных размеров и глубин.

В формировании рельефа существенную роль играют коренные породы пермской системы: известняки, доломиты и песчаники казанского яруса и пестроцветные мергели, глины и известняки татарского яруса. На поверхности водоразделов возвышаются «шишки» (шиханы), т.е. эрозионные останцы высотой до 100 м, сложенные устойчивыми к разрушению породами. Элювий пермских отложений является почвообразующей породой в бассейне р. Сок.

Русло реки извилистое, на отдельных участках разделяющееся на рукава. Преобладающая ширина реки 23-35 м, наибольшая (до 100 м) - в устьевой части, минимальная (0,5 м) - в истоке. Глубина реки изменяется в широких пре-

делах от 0,2-0,5 м в верховье до 2-5 м на осадочном протяжении. Берега русла в основном крутые, местами обрывистые, достигающие 2-3 м высоты. Речное дно относительно ровное, преимущественно песчаное. Гидрографическая сеть бассейна широко развита. В реку впадает 91 приток. Наиболее крупным является Кондурча, площадь водосбора которого 4360 км³, длина 294 км.

Таблица 1. Гидрографические и гидрологические параметры р. Сок

№	Основные показатели	Значения
1	Географические координаты положения бассейна	Исток: 52°45' в.д., 54°13' с.ш. Устье: 50°06' в.д., 53°30' с.ш.
2	Средняя высота бассейна над уровнем моря, м	140
3	Площадь бассейна реки, км ²	11 870
4	Количество притоков	91
5	Уклон реки, %	0,6
6	Длина реки, км	375
7	Ширина реки, м в верховье в устьевой части	0,5 до 100
8	Глубина: в верховье, м в устьевой части	0,3-0,5 2-5
9	Скорость течения (межень), м/с	0,2-0,4
10	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	15-33 (устье)
11	Среднегодовая мутность, г/м ³ в верховье в устьевой части	7,9 12,3
12	Годовой объем сточных вод, поступающих в реку, млн. м ³ /год в среднем за 2001-2007 гг. диапазон в том числе загрязненных в среднем за 2001-2007 гг. диапазон	15,36 11,99-16,59 4,20 2,80-7,18
13	Масса загрязняющих веществ, поступающих в реку со сточными водами, т/год в среднем за 2001-2007 гг. диапазон	1929,2 878,36-5982,73

Питание р. Сок происходит в основном за счет стока, формирующегося в бассейне реки (атмосферные осадки, накопившиеся в снежном покрове, и дождевые, а также подземные воды, поступающие из водоносных горизонтов осадочной толщи). Водный режим реки и ее

притоков характеризуется высоким весенним половодьем, редкими и невысокими летними и осенними паводками и продолжительной летне-осенней и зимней меженью [1, 19, 23].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования базируются на данных комплексного обследования р. Сок, полученных сотрудниками лаборатории экологии малых ИЭВБ РАН в 1998-1999 гг. на ключевых участках реки и в результате детальной съемки в летнюю межень (наиболее жесткий по водности период) 2007 г. Пробы воды и донных отложений отобраны на 14 станциях, расположенных по длине реки от истока до устья (рис. 1) с учетом морфологических и гидрологических особенностей участков, интенсивности антропогенного воздействия на них:

- участок *верхнего течения* реки (ст. 4, 5), находящийся под воздействием поверхностного рассредоточенного стока;
- участок *среднего течения* реки (ст. 6-11), принимающий сточные воды от точечных источников;
- участок *нижнего течения* (ст. 12-14), испытывающий влияние потока загрязняющих

веществ, поступающего с выше расположенного участка реки и подпорных менее минерализованных водных масс Саратовского водохранилища.

Исследовались следующие показатели воды: минерализация, макрокомпонентный состав, биогенные и органические вещества, составляющие газового режима (рН, растворенный кислород), микроэлементы. Химический состав донных отложений (микроэлементы, органическое вещество, фенолы, СПАВ) изучался на ключевых станциях в верховье, среднем и нижнем течении. Анализы выполнены аккредитованной лабораторией ООО «Центр мониторинга водной и геологической среды» г. Самара.

Привлечены данные наблюдений за химическим режимом реки, водопотреблением и водоотведением госстатотчетов предприятий по ф. 2 тп «водхоз» за 2000-2004 гг. А также материалы НИИ гигиены и экологии человека ГОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» за июль 2007 г. [18] и Института Средволгогипроводхоз [3].

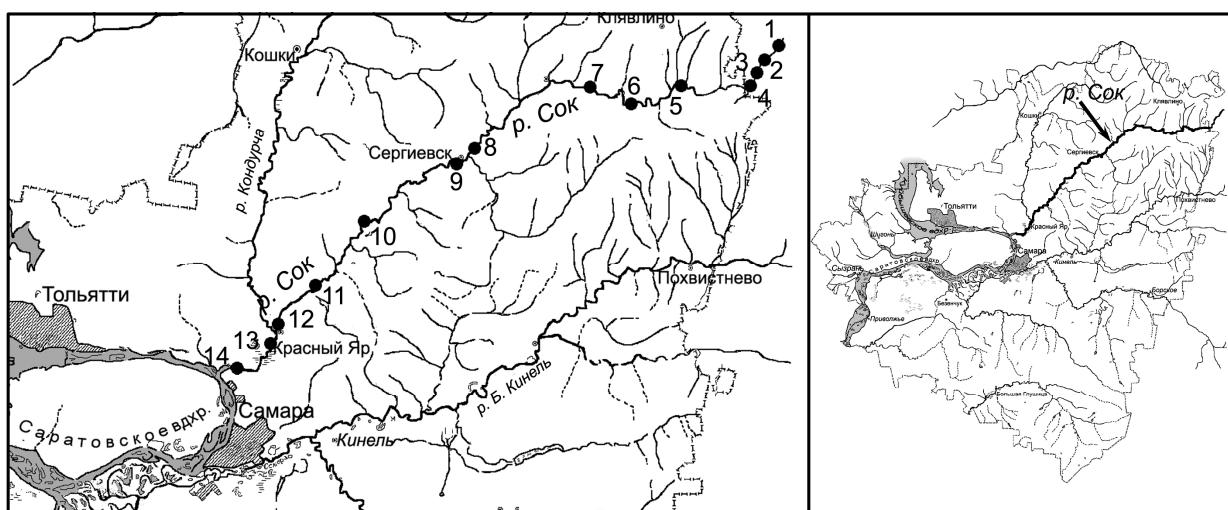


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб на р. Сок

Экологическое состояние участков реки оценивалось по следующим параметрам: величине техногенной нагрузки, качеству воды, критериям оценки экологической обстановки и индексу экологического состояния (ИЭС) водного объекта по гидрохимическим показателям.

Для расчета антропогенной нагрузки применена методика, предложенная В.А. Скорняковым [22] для малых и средних рек. Качество воды определялось по Индексу загрязнения воды (ИЗВ) [4]. В основу оценки экологического состояния реки с учетом качества воды и донных отложений взят нормативный документ «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления чрезвычайной эко-

логической ситуации и зон экологического бедствия» [15] и Индекс экологического состояния (ИЭС) водного объекта по гидрохимическим показателям [5, 8].

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА

Проблема влияния хозяйственной деятельности на качество воды малых и средних рек приобрела большую остроту в регионах с высокой плотностью населения. Небольшие речные бассейны весьма чувствительны к антропогенной нагрузке и, несмотря на достаточно высокую способность к самоочищению воды, отвечают на эту нагрузку негативными изменениями, которые проявляются в ухудшении ка-

чества воды. К сожалению, до сих пор слабо изучены так называемые «диффузные» или «рассредоточенные» источники загрязнения природных вод, такие как сток с территорий сельскохозяйственных полей, сельских населенных пунктов, садово-огородных участков. Определение их роли в загрязнении затруднено из-за резко выраженной неустойчивости во времени и отсутствием четкой локализации поступления загрязнителей [2]. В настоящее время отведение сточных вод (СВ) в водные объекты рассматривается одним из основных фактором формирования качества воды. Особое значение оно имеет для малых и средних рек в силу небольших расходов и объемов воды в них [11, 22]. Не следует забывать, что «антропогенные факторы, которые в последние годы по значимости становятся сопоставимыми с природными, влияют на химический состав вод как в результате непосредственного сброса сточных вод и неорганизованных стоков так и вследствие глобальных изменений окружающей среды и климата» [16]. В этой связи исследование типичной равнинной реки Волжского бассейна приобретает особую актуальность.

Река Сок как и большинство водных объектов Самарской области находится под воздействием точечных (техногенная нагрузка) источников, несущих со сточными водами токсические загрязнители, и рассредоточенных (поверхностный сток от сельского населения, земледелия, животноводства и рекреационной деятельности), поставляющих биогенные компоненты (азот и фосфор), которые в значительной степени обуславливают потенциальную возможность эвтрофирования водотока.

По сравнению с другими реками Самарской области исследуемый водоток в меньшей степени подвержен воздействию точечных источников сбросов сточных вод (табл. 2).

Таблица 2. Сброс сточных вод (СВ) и загрязняющих веществ (ЗВ) в некоторые реки Самарской области в 2006 г.

Река	СВ, млн. м ³ /год	ЗВ, т/год
Кривуша	40,60	8744,5
Чапаевка	9,85	12206,3
Сок	2,85	972,5

Основной техногенный поток сточных вод и загрязняющих веществ в р. Сок идет от мелких промышленных предприятий областного и районного масштаба и с коммунально-бытовыми стоками городов и поселков.

Общий объем сточных вод, сбрасываемых в реку, в среднем за период 2001-2007 гг. составил 15,36 млн.м³/год, из них загрязненных вод (требующих очистки) - 4,20 млн. м³/год. Межгодовая динамика объемов СВ невелика, колеблется в пределах 11,99-16,59 млн.м³/год. За

исследуемый период в общем количестве сточных вод произошло снижение (в 2,4 раза) загрязненных стоков, что связано с уменьшением доли неочищенных и недостаточно очищенных вод (табл. 3). Значительно (в 6,8 раза) снизилось и количество загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами (рис. 2, табл. 4).

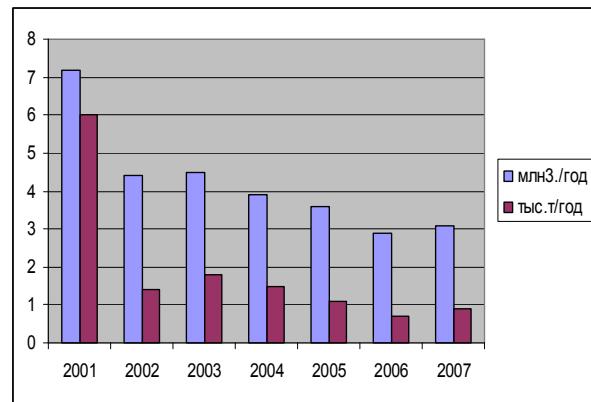


Рис. 2. Многолетняя динамика сброса загрязненных сточных вод (млн. м³/год) и загрязняющих веществ (тыс. т/год) в р. Сок

Приоритетными компонентами, сбрасываемыми в реку со сточными водами, являются сульфаты, хлориды, органическое вещество (БПК₅) и биогенные соединения (азот нитратный и аммонийный, общий фосфор). Фенолы, пестициды, микроэлементы (медь, цинк, никель, хром, кадмий, марганец) в стоках не обнаружены.

Таблица 3. Межгодовая динамика водопотребления и сброса сточных вод в р. Сок (млн. м³/год)

Год	Водо-потребление	Общий сброс сточных вод	Сброс загрязненной воды			Нормативно-числовой
			всего	БО*	НО**	
2001	34,59	16,20	7,18	3,38	3,80	9,44
2002	33,93	16,59	4,42	0,36	4,05	12,17
2003	42,80	16,50	4,48	0,40	4,07	12,02
2004	40,13	15,90	3,88	0,41	3,48	12,02
2005	33,36	11,99	3,56	0,42	3,13	8,44
2006	40,04	14,87	2,85	0,28	2,56	12,02
2007	37,19	15,08	3,05	0,44	2,62	12,02

Примечание: * БО- без очистки; ** НО – недостаточно очищенных.

Р. Сок эксплуатируется не только как приемник сточных вод, но также служит источником водопотребления на поливные цели, хозяйствственно-бытовое и промышленное водоснабжение. В динамике потребления воды за рассматриваемый период наблюдается значительный рост объема воды (табл. 3), используемой в народном хозяйстве - с 0,73,6 млн м³/год (данные за 1998 г.) до 4,12-4,97 млн м³/год (2005 -2006 гг.).

Согласно классификации водотоков [22] (табл. 5, 6), базирующейся на системе балльной оценки вклада различных факторов антропогенного воздействия, выполнен расчет двух показателей (S_G и S_v), характеризующих степень техногенного влияние ЗВ на качество воды рек:

1. Показатель (S_G), характеризующий условную массу ЗВ сточных вод, поступающих в реку

$$S_G = G_{c.b.}/TQ_{cp}, \text{ г}/\text{м}^3, \text{ где}$$

$G_{c.b}$ - условная (приведенная) масса ЗВ, т/год; $G_{c.b} = \Sigma(G_i/\text{ПДК}_i)$, где G_i годовая масса;

Таблица 4. Межгодовая динамика сброса загрязняющих веществ (ЗВ) со сточными водами в р. Сок (т/год)

Вещество	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
БПК полн	140	40	60	50	30	30	30
Сульфаты	3890	880	1060	860	600	600	520
Хлориды	1900	420	470	460	302	240	230
Фосфор общ.	7,00	8,0	7,59	6,60	19,55	5,04	3,00
Азот аммон.	9,43	6,92	7,37	5,91	5,06	5,05	5,59
Азот нитрат.	33,71	35,15	144,45	87,02	98,59	91,05	87,89
Железо общ.	1,46	1,01	0,95	0,86	0,65	0,55	0,76
Азот нитрит.	0,58	0,30	0,60	0,68	0,97	0,41	0,61
СПАВ	0,54	0,59	0,60	0,54	0,41	0,42	-
Итого	5982,73	1391,97	1751,56	1471,61	1055,65	972,52	878,36

Таблица 5. Балльная оценка условной массы загрязняющих веществ и условного объема сточных вод

$S_G, \text{ г}/\text{м}^3$	$S_v, \text{ л}/\text{м}^3$	Баллы	$S_G, \text{ г}/\text{м}^3$	$S_v, \text{ л}/\text{м}^3$	Баллы
<0,01	<1	1	10-50	100-250	6
0,01-0,1	1-10	2	50-100	250-500	7
0,1-0,5	10-25	3	100-500	500-750	8
0,5-1	25-50	4	500-1000	750-1000	9
1-10	50-100	5	>1000	>1000	10

Таблица 6. Определение категории реки по степени антропогенной нагрузки

Сумма баллов	Категория реки по степени нагрузки	Характеристика интенсивности антропогенной нагрузки	Сумма баллов	Категория реки по степени нагрузки	Характеристика интенсивности антропогенной нагрузки
				IV	V
<5	I	Очень слабая	15-20	IV	Значительная
5-10	II	Слабая	20-30	V	Большая
10-15	III	Умеренная	>30	VI	Чрезвычайно большая

i-го ЗВ (в тоннах), ПДК_i – предельно допустимая концентрация этого вещества в воде ($\text{мг}/\text{дм}^3$); Q_{cp} - средний годовой расход воды в реке, $\text{м}^3/\text{с}$; T - 31,56.10⁶ с.

2. Показатель (S_v) - условный объем сточных вод, приходящихся на кубометр речного стока

$$S_v = (c_{c.b.}/TQ_{cp}) \cdot 10^3, \text{ л}/\text{м}^3, \text{ где}$$

$V_{c.b.}$ - условный объем сточных вод (млн. м^3), равный $5V_{б.о.} + V_{н.о.} + 0,2\text{нор.ч.}$ – годовые объемы СВ соответственно без очистки, недостаточно очищенные и нормативно чистые.

Техногенная нагрузка на бассейн реки составляет $S_G = 1,19 \text{ г}/\text{м}^3$ (5 баллов) и $S_v = 61,3 \text{ л}/\text{м}^3$ (5 баллов) (см. табл. 5). По сумме баллов р. Сок попадает в основном в разряд водотоков со слабой интенсивностью техногенной нагрузки (табл. 6). Распределение ее по участкам неравномерно; основная доля (92%) сосредоточена в средней части реки (табл. 7).

Таблица 7. Изменение интенсивности техногенной нагрузки по длине р. Сок

Участок реки	S_v		S_G		Категория реки по степени нагрузки	Интенсивность нагрузки
	л/ м^3	балл	г/ м^3	балл		
Верхнее течение	0	0	0	0	I	очень слабая
Среднее течение	56,4	5	1,1	5	III	умеренная
Нижнее течение	4,9	2	0,09	2	II	слабая

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Гидрохимический фон реки Сок формируется, главным образом, за счет поступления химических веществ с притоками, поверхностным

стоком и в результате выщелачивания выстилающих речную долину осадочных пород. На фоновые гидрохимические показатели оказывают влияния последствия хозяйственной деятельности на водосборе.

Воды р. Сок нейтральные и слабощелочные (рис. 3). Крайние значения изменения концентраций водородных ионов лежат в пределах 6,82-8,60. Наиболее низкий водородный показатель (преобладание $pH=7,00$) характерен для района непосредственного сброса сточных вод в реку; в верхнем и нижнем течении вода характеризуется слабо-щелочной реакцией.

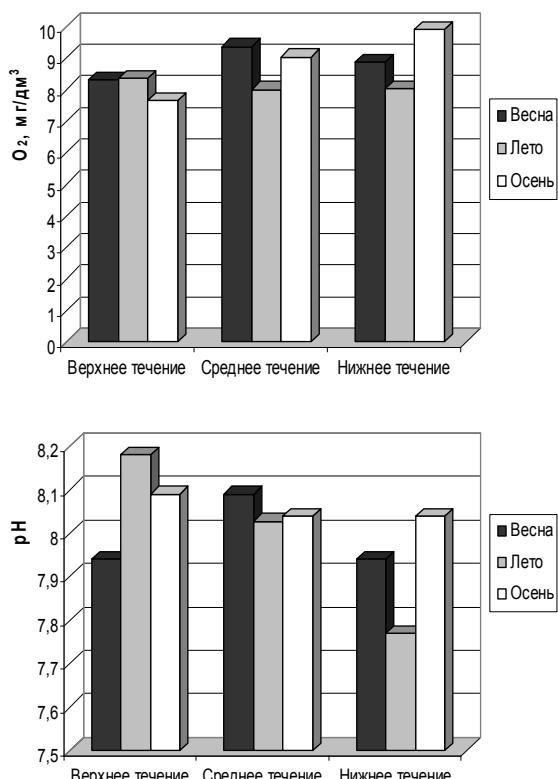


Рис. 3. Сезонная динамика растворенного кислорода и показателя активной реакции воды р. Сок

По величине общей минерализации (321-970 мг/дм³) р. Сок - пресный водоток с наибольшими ее значениями (800-977 мг/дм³) в среднем течении реки (табл. 8) как результат влияния сбросов неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод промышленно-коммунального происхождения. Содержание и соотношение макрокомпонентов, характеризующих минерализацию, определяется, прежде всего, структурными особенностями пород береговой зоны и подстилающими дно водотока породами, а также характером техногенного воздействия на реку. По солевому составу вода р. Сок в верхнем и нижнем течении относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция, в среднем течении преобладают сульфаты, среди катионов выделяется Са, за ним следует Na+K.

Соответственно росту минерализации изменяется и жесткость воды. На верхнем участке реки вода характеризуется как жесткая (6,0-8,6 мг-экв/дм³), на среднем в районе ниже сбросов стоков – переходит в разряд очень жесткой (11,0-13,0 мг-экв/дм³). В приусտевой части вода смягчается до 4,6-6,8 мг-экв/дм³ за счет разбавления подпорными водами Саратовского водохранилища.

Растворенный кислород в водах реки находится в пределах, благоприятных для существования и развития гидробионтов, что характерно для равнинных рек Среднего Поволжья. Концентрация растворенного кислорода (насыщение кислородом по данным 90-х годов и 2007 г. не падала ниже 74%), соответствует требованиям, предъявляемым к относительно чистым водам, и только в районе непосредственного влияния сточных вод процент насыщения кислородом речных вод снизился до 36%.

Таблица 8. Макрокомпонентный состав р. Сок

Участок реки	Компонент, мг/дм ³						Сумма ионов
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
Верхнее течение	105,4		29,1	26,0	19,0	178,0	206,3
Среднее течение	168,0	38,0	48,6		34,0	392,5	241,0
Нижнее течение	77,0	43,7	23,0	32,7	98,2	175,3	922,1
							563,8

Определенного тренда в изменении содержания O_2 по длине реки не выявлено; отмечена относительно невысокая вариабельность концентрации кислорода (рис. 3.). Сезонная динамика содержания O_2 характеризуется незначительными отклонениями, которые на различных участках составляют 2-5%.

Биогенные вещества (соединения азота и фосфора), присутствующие в природных водах, играют существенную роль в процессах, протекающих в водотоках, особенно при зарегулировании рек. Чрезмерное накопление биогенных соединений может привести к качественной деградации водного объекта [20]. Степень насыщенности воды основными биогенными элементами (фосфор, азот) природного и антропогенного генезиса, наряду с абиотическими факторами (климатические, гидродинамические и морфологические), определяют развитие фитопланктона, что важно для оценки трофического статуса водотоков.

Концентрация фосфатов в умеренно загрязненной воде р. Сок изменяется в широких пределах - от 0,054 до 0,820 мг/дм³. Преобладают величины менее 0,120 мг/дм³. В среднем течении на участке, находящемся под непосредственным влиянием сточных вод, отмечается превышение нормативного показателя (ПДК) Р-Ро₄ в 3,4-4,1 раза (табл. 9, рис. 4). Незначительное превышение (1,5-2,0 ПДК) наблюдается в приустьевой части реки, что возможно объясняется поступлением обогащенных фосфатами вод выше расположенного участка реки.

По содержанию фосфатов в воде по W.D. Taylor и др. [25], река Сок относится к водотокам эвтрофного типа, хотя при высоких скоростях течения типичные признаки эвтрофирования водотока не отмечены, что свидетельствует об отсутствии необходимости применения этой классификации для незарегулированных равнинных рек.

Таблица 9. Средние концентрации (2000-2000 гг.) фосфатного фосфора (мг/дм³) в воде р. Сок

Сезон	Участок реки		
	Верхнее течение	Среднее течение*	Нижнее течение
Весна	0,074	0,200/0,760	0,109
Лето	0,086	0,160/0,371	0,210
Осень	0,087	0,177/0,483	0,110

*- Перед чертой – выше сброса СВ, за чертой – ниже сброса СВ.

Таблица 10. Распределение концентраций форм азота в воде различных участков р. Сок за вегетационный период 2000-2004 гг.

Участок реки	Нитритный азот, мг/дм ³		Нитратный азот, мг/дм ³		Аммонийный азот, мг/дм ³	
	Диапазон колебаний	Среднее значение	Диапазон колебаний	Среднее значение	Диапазон колебаний	Среднее значение
Верхнее течение	0,014-0,083	0,022	1,20-2,90	1,98	0,19-0,30	0,20
Среднее течение*	0,010-0,018 0,020-0,120	0,015 0,036	0,90-1,80 1,09-10,40	1,41 3,17	0,21-0,36 0,52-2,18	0,29 0,97
Нижнее течение	0,009-0,030	0,018	0,23-1,43	0,62	0,00-0,56	0,27

• - в числителе – выше сброса СВ, в знаменателе – ниже сброса СВ.

Содержание органического вещества (по ХПК) в водах реки имеет широкий диапазон величин - от 10,25 до 21,82 мг О/дм³ (с преобладающими значениями ниже ПДК). Некоторое повышение концентраций общего органического вещества до 1,2-1,5 ПДК в среднем и нижнем течении реки - результат влияния хозяйствственно-бытовых сточных вод (рис. 4, табл. 11).

Величины лабильной фракции органического вещества (БПК₅) в большинстве случаев не достигают 2 мг/дм³, что характерно, по классификации С.М. Драчева [10], для достаточно

Изменение содержания в воде минеральных форм азота (нитритный, нитратный и аммонийный азот) носит достаточно сложный характер, в целом, сохраняя ту же тенденцию, что и для фосфатного фосфора: ярко выраженный рост концентраций триады азота на участке воздействия сточных вод при относительно низких значениях в верховье и приустьевой части реки (табл. 10, рис. 4).

Содержание минеральных форм азота в воде не превышало нормативных уровней, за исключением среднего течения. Высокое содержание азотистых соединений (N-NO₂ выше ПДК в 1,8-6 раз, N-NH₄ – в 2,2-5,6 раза и N-NO₃ – в 1,1 раза) в средней части реки - результат постоянного их притока в реку со сточными водами точечных и диффузных источников.

Процентное соотношение NH₄/NO₃, позволяющее в определенной степени судить о процессе минерализации азота [18], свидетельствует о разной степени активности реки к самоочищению на отдельных ее участках. В верховье и в среднем течении, выше стока СВ, это соотношение не превышает 23%, что говорит об относительно благоприятных условиях минерализации азота. Нижняя часть среднего течения и приустьевой участок относятся к области замедленной интенсивности процессов самоочищения водотока (отношение NH₄/NO₃ достигает 40-44%).

чистых водоемов. Незначительное ухудшение воды наблюдается в весенне-осенний сезоны в нижнем течении реки (табл. 12).

Таблица 11. Концентрации органического вещества в воде р. Сок (мг О/дм³) (июль 2007 г.)

Участок реки	ХПК	
	Среднее значение	Диапазон колебаний
Верхнее течение	11,31	10,25-12,47
Среднее течение	19,86	11,54-21,01
Нижнее течение	17,75	14,54-21,82

Из неспецифических органических соединений исследовались нефтепродукты и фенолы, содержание которых не достигают ПДК. В верхней и средней части водотока концентрации нефтепродуктов находятся в пределах 0,01-0,05 мг/дм³, в нижней - 0,04-0,09 мг/дм³. И только на участке непосредственного воздействия сточных вод отмечено повышенное их количество - 0,085 мг/дм³ (1,7 ПДК). Фенольные

соединения в незначительных количествах 0,0005-0,0008 мг/дм³ обнаружены в низовье реки

Приоритетными загрязняющими веществами, накапливающимися в воде на всем протяжении р. Сок и превышающие в разной степени нормативные показатели, являются медь, железо, марганец и нитритная форма азота.

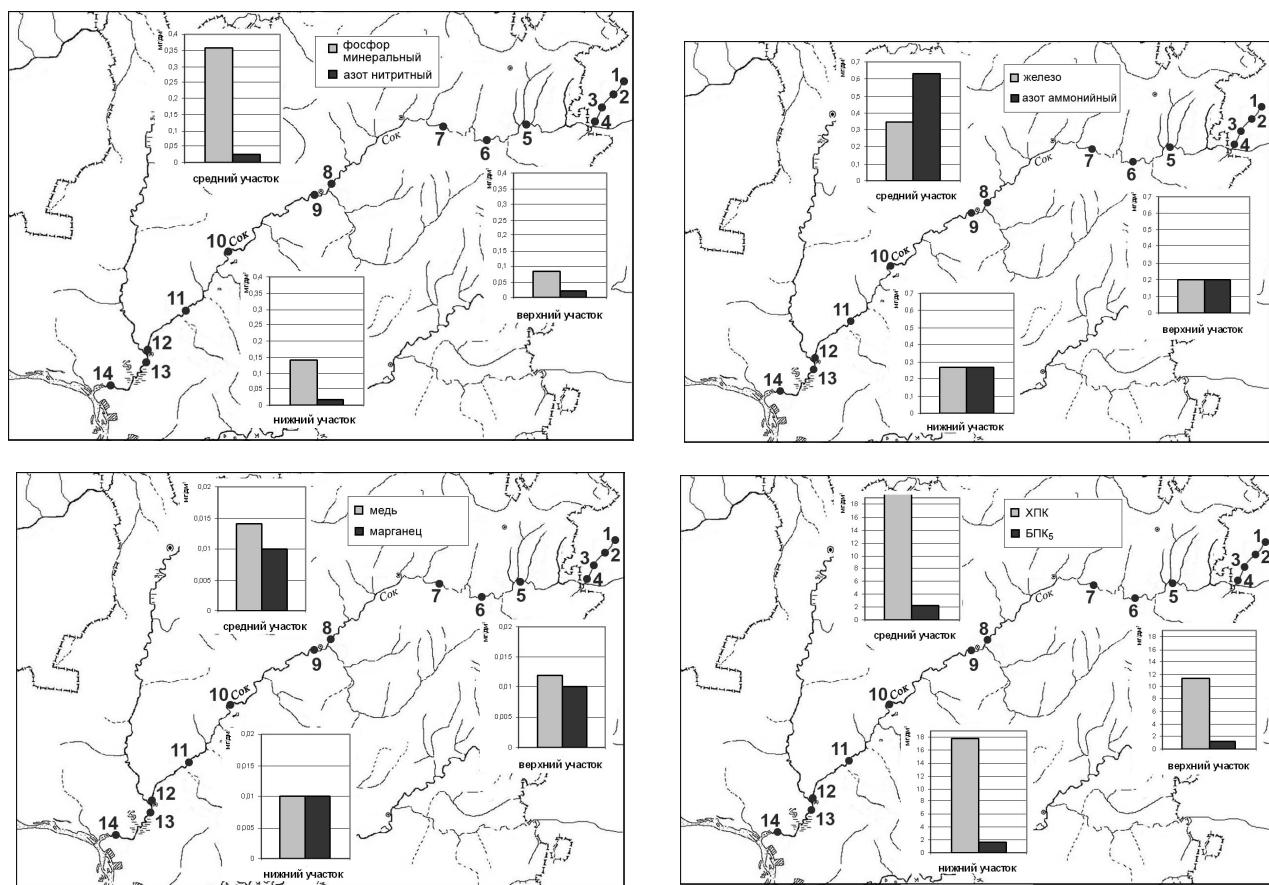


Рис. 4. Пространственная динамика концентрации химических компонентов в воде р. Сок

Таблица 12. Величина БПК₅ (мг/дм³) в воде разных участков р. Сок

Участок реки	Весна		Лето		Осень	
	Среднее значение	Диапазон изменения	Среднее значение	Диапазон изменения	Среднее значение	Диапазон изменения
Верхнее течение	1,73	1,41-2,34	1,42	1,20-1,64	1,53	0,90-1,86
Среднее течение	1,44	1,05-1,22	1,34	1,39-1,84	1,43	0,70-1,82
Нижнее течение	2,08	1,90-2,58	2,09	0,90-3,90	1,23	1,10-1,40

Таблица 13. Качество воды р. Сок

Показатели	Участок реки		
	Верхнее течение	Среднее течение	Нижнее течение
ИЗВ	1,0	3,47	2,46
Класс качества воды	II	IV	III
Характеристика воды	чистая	загрязненная	умеренно загрязненная
Основные загрязняющие вещества (в ПДК)	Cu (12), Fe (2), N-NO ₂ (1,1), Mn (ПДК)	Cu (14), Fe (3,5), P-PO ₄ (1,8), N-NH ₄ (1,6), ХПК (1,3), БПК ₅ (1,2), N-NO ₂ (1,2), Mn (ПДК), фенолы (ПДК)	Cu (10), Fe (2,7), ХПК (1,2), НПР (1,2), Mn (ПДК), Zn (ПДК), фенолы (ПДК)

Таблица 14. Сравнительная характеристика экологического состояния р. Сок, выполненная разными методами

Методы	Верхнее течение	Среднее течение	Нижнее течение
ИЗВ	чистая	загрязненная	умеренно загрязненная
ИЭС	относительное экологическое благополучие	чрезвычайная экологическая ситуация	относительное экологическое благополучие
Критерии..., 1992	относительно удовлетворительная экологическая ситуация	напряженная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная экологическая ситуация

На среднем и нижнем участках число ЗВ, концентрации которых выше или равны ПДК, возрастает за счет фосфатов, аммонийного азота, органического вещества (ХПК, БПК₅), нефтепродуктов (НПР), фенолов и цинка (табл. 13). В целом качество воды р. Сок, оцениваемое по индексу загрязнения (ИЗВ) на основе комплекса выше указанных контролируемых показателей, наиболее превышающих ПДК, характеризуется как умеренно загрязненная и загрязненная [4] (табл. 13), что обусловлено условиями формирования стока на водосборе и степени антропогенного воздействия на разные участки водоток.

Ухудшение состояния воды в среднем течении - результат влияния точечных источников загрязнения. В зоне подпора (устьевая часть реки) некоторое повышение качества воды, обусловлено не столько характером антропогенной нагрузки, сколько изменением гидрологического режима, обуславливающего разбавление речных вод водохранилищами. Подобная картина изменения качества водных масс по длине реки (табл.14) получена с использованием индекса экологического состояния рек по гидрохимическим показателям (ИЭС), ранее успешно применяемого для оценки качества вод рек Волжского бассейна [5, 8] и использования нормативных критериев оценки экологической обстановки водных объектов [15].

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Донные отложения р. Сок, как продукт седиментации минеральной и органической составляющих взвешенного материала, обогащены целым рядом химических соединений, которые в процессе обмена ими в системе «водо-донные отложения» могут оказывать в разной степени негативное влияние на качество воды реки.

В равнинной р. Сок грунты представлены разнотипными осадками и в разной степени обогащены органическим веществом. В верхнем участке в составе грунтов преобладают в основном каменисто-галечно-песчаные осадки. Средний участок имеет пестрое покрытие дна: в русловой части - илисто-песчаные и глинистые отложения, в прибрежье - песчаные грунты с присутствием растительных остатков. В приустьевой части распространены заиленные пески и черные илы. Илисто-песчаные и илистые отложения, обладающие более высокими сорбционными способностями к депонированию химических веществ (чем мельче осадок, тем выше его сорбционная способность), содержат более высокие концентрации органических веществ и элементов-токсикантов.

Как следует из таблицы 15, грунты реки аккумулируют значительные количества органических веществ и железа, в меньшей степени - марганца и нефтепродуктов. Уровень содержания других токсических загрязнителей относительно не высок.

Таблица 15. Содержание химических веществ в заиленных грунтах р. Сок

Загрязняющее вещество	Содержание, мг/кг с.г.*		Загрязняющее вещество	Содержание, мг/кг с.г.*	
	Диапазон колебаний	Среднее значение		Диапазон колебаний	Среднее значение
Органическое вещество (ХПК)**	34400-90400	49547	Медь	1,4-15,5	7,2
Железо	10000-15000	11967	аСПАВ**	4,6-11,2	7,0
Марганец	250-680	411	Свинец	0,4-7,5	3,2
Нефтепродукты**	31,0-161,3	112,5	Фенолы**	0,0-1,0	0,24
Цинк	2,2-31,5	11,0	Кадмий	0,01-0,2	0,10

Примечание. * с. г. - сухой грунт, ** - по: [18].

Наиболее загрязнен практически всеми исследуемыми компонентами средний участок реки, подверженный непосредственному влиянию сбросов сточных вод. Значения коэффи-

циентов донной аккумуляции (КДА) илистых отложений реки свидетельствуют, в основном, об удовлетворительной экологической ситуации речных грунтов, за исключением органиче-

ского вещества, железа, марганца и нефтепродуктов, содержание которых создают в осадках напряженную и чрезвычайную экологическую ситуацию (табл. 16).

По сравнению с ранее изученными равнинными реками Самарской области [6, 7, 9, 12, 14], р. Сок в меньшей степени подвержена антропогенному воздействию. Верховье реки практически не испытывает техногенного пресса (точечные источники отсутствуют) и отно-

сится к относительно чистым водотокам (II класс) с удовлетворительной экологической ситуацией, в среднем течении – экологическая ситуация напряженная, качество воды IV класса (загрязненная). Нижний участок реки находится под влиянием менее минерализованных водохранилищных водных масс, что способствовало, несмотря на техногенный сброс сточных вод, созданию здесь относительно удовлетворительной экологической ситуации.

Таблица 16. Экологическое состояние донных отложений среднего и нижнего течения р. Сок

Загрязняющее вещество	КДА	Экологическая ситуация	Загрязняющее вещество	КДА	Экологическая ситуация
Органическое вещество	$5,0 \cdot 10^4$	Чрезвычайная	Медь	0,7·10	Относительно удовлетворительная
Железо	$1,2 \cdot 10^4$	Чрезвычайная	аСПАВ	0,7·10	Относительно удовлетворительная
Марганец	$4,1 \cdot 10^2$	Напряженная	Свинец	0,3·10	Относительно удовлетворительная
Нефтепродукты	$1,1 \cdot 10^2$	Напряженная	Фенолы	0,02·10	Относительно удовлетворительная
Цинк	$1,1 \cdot 10$	Относительно удовлетворительная	Кадмий	0,01·10	Относительно удовлетворительная

Учитывая проведенный анализ комплекса различных гидрофизических, гидрологических и гидрохимических показателей и применяемых методик, а также их сравнение с аналогичными метриками для разных выбранных участков (в верхнем, среднем и нижнем течении) реки и ее водосборного бассейна, можно констатировать, что в качестве эталонного может выступать верхнее течение равнинного водотока (ст. 1-4). Априори установленный район исследования соответствует всем предъявляемым требованиям к выбору эталонного речного участка. Предложенная спецификация эталонных показателей может служить адекватной оценкой экологического статуса водного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова Э.В., Выхристюк Л.А., Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д., и др. / Ред. Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. // Экологический паспорт р. Сок. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. 117 с.
2. Бойченко В.К., Эйфор Л.О., Ланцов В.Ф., Дмитриева Н.Г., Букреева О.П., Шимина Н.П. К вопросу о загрязнении и самоочищении воды в малой реке // Водные ресурсы. 1986. № 2. С. 102-110.
3. Водохозяйственные балансы рек первого порядка Самарской области (ВХБ). Река Сок. Самара, 2005. 111 с.
4. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. М., 1986. 5 с.
5. Выхристюк Л.А., Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. Комплексная оценка экологического состояния равнинных рек в условиях антропогенных воздействий // Научные аспекты экологических проблем России: Тр. Всерос. конф. - М.: Наука, 2001. - С. 370-375.
6. Выхристюк Л.А., Ромашкова Ю.А. Роль химического состава воды и донных отложений в оценке экологического состояния // Биоиндикация эколо-
- гического состояния равнинных рек. М.: Наука. 2008. С. 145-164.
7. Выхристюк Л.А., Цыкало В.А., Лаптева Е.В. Антропогенное воздействие на бассейн р. Чапаевка // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука. 2008. С. 137-145.
8. Гелашивили Д.Б., Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Карапанова А.А. Интегральная оценка экологического состояния водных объектов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Изв. Самар. НЦ РАН. - 2002. - Т. 4, - № 2. - С. 270-275.
9. Головатюк Л.В., Зинченко Т.Д. Формирование трофической структуры сообществ зообентоса при антропогенной трансформации рек бассейна Нижней Волги // Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек. Астрахань, 2004. С 56-57.
10. Драчев С.М. Борьба с загрязнением рек и водохранилищ промышленными бытовыми стоками. М.: Наука, 1964. 275 с.
11. Заславская М.Б., Захарова Е.А. Влияние антропогенных факторов на изменение химического состава речных вод // Проблемы гидрологии и гидроэкологии. М., 1999. Вып. 1. С. 171-188.
12. Зинченко Т.Д. Бассейн Средней и Нижней Волги: краткая характеристика равнинных рек // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / Под ред. О.В. Бухарина и Г.С. Розенберга. - М.: Наука, 2007. - С. 14-24.
13. Зинченко Т.Д. Методологический подход к проведению мониторинговых исследований природных гидросистем (на примере Волжского бассейна) – Чтения памяти В. Я. Леванидова, вып. 4. 2008. Владивосток. - С. 25-30.
14. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Водотоки и водоемы Самарской области: Общая характеристика. Реки. /Голубая книга Самарской области: Редкие и охраняемые гидробиоценозы / под ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберга и д.б.н. С.В. Саксонова. - Самара: СамНЦ РАН, 2007. – С. 22-29.
15. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утв. Минприроды РФ 30.XI-92.

16. *Моисеенко Т.И., Н.А. Гашкина, Л.П. Кудрявцева, С.С. Сандимиров.* Зональные особенности формирования химического состава вод малых озер на территории Европейской части России // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 2. С. 163-180.
17. *Нежиховский Р.А.* Наводнение на реках и озерах. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 184 с.
18. Оценка эколого-гигиенического состояния в рамках санитарной охраны малых рек // Отчет о научно-исследовательской работе. Самара, 2007.135 с.
19. Почвы Куйбышевской области. Куйбышевское книжное изд-во, 1985. 390 с.
20. *Самарина В.П.* Пространственно-временная изменчивость биогенных веществ в воде р. Оскол. Водные ресурсы. 2008. Т. 35., № 3. С. 364-369.
21. *Семенченко В.П.* Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: «Орех», 2004. -124 с.
22. *Скорняков В. А.* Учет распределения природных факторов и антропогенных нагрузок при оценке качества воды в реках // Проблемы гидрологии и гидроэкологии. М, 1999. Вып. 1. С. 238-262.
23. *Устинова А.А., Матвеев В.И., Ильина Н.С.* Бассейновый принцип изучения природных систем (на примере рек Среднего Поволжья) // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы: Тез. докл. Международной научн. конфер. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. С. 209.
24. *Buffagni A. et al.* A Europe-wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: AQEM Project and its importance for southern Europe (with special emphasis on Italy) // J. Limnol., 2001.Vol. 60(1). P. 39-48.
25. *Taylor W.D., Lambou V.W., Williams L.R., Hern S.C.* Trophic state of lakes and reservoirs // Technical Report E-80 - 3.U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. 1980. 25 p.

INTEGRATED ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF THE LOWLAND RIVER SOK (THE LOW VOLGA RIVER BASIN)

©2010 L.A. Vykhristyuk¹, T.D. Zinchenko¹, E.V. Lapteva²

¹Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, Togliatti

²Ministry of nature management of forestry and environmental protection of Samara region, Samara,

In the article different methodological approaches to estimation of water and bottom deposits quality of the lowland river depending on intensity and types of anthropogenic load are used. According to both water contamination level and contaminants content 3 major zones are distinguished: upper river – river mouth region – middle flow. Satisfactory convergence of the applied methods in estimating the river ecological state is marked. It's revealed that the river Sok is insignificantly exposed to anthropogenic impact and can be referred to lightly contaminated waterways with relatively satisfactory ecological situation. There's given the ground of marking the reference region of lowland river by integrated indices while monitoring ecological state of the river net in the Middle and Low Volga river basin.

Key words: *lowland river, anthropogenic load, bottom sediments and water quality, ecological status*

Vykhristyuk Lyudmila Aleksandrovna, PhD, senior staff scientist of laboratory of small rivers ecology. *Zinchenko Tatiana Dmitrievna*, Doctor of Biology, head of the laboratory. *Lapteva Elena Vladimirovna*, consultant of department of rational use of water resources.