

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Т. И. Прожорина, Н. И. Якунина, Т. В. Нагих

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 12 января 2017 г.

Аннотация: Без предварительной очистки сбросы поверхностного стока в периоды выпадения дождя или таяния снега могут негативно отразиться на качестве природных вод. В работе дана сравнительная оценка результатов химического анализа поверхностного талого и дождевого стоков с селитебных территорий г. Воронежа с нормативами для сброса сточных вод в водные объекты. Предложена установка очистных сооружений для очистки талых и дождевых сточных вод с селитебных территорий и промышленных площадок непосредственно перед выпусками ливневой городской канализации в Воронежское водохранилище.

Ключевые слова: селитебные территории, поверхностный сток, талый сток, дождевой сток, фоновая зона, химический анализ, приоритетные загрязняющие вещества, предельно-допустимые концентрации объектов рыбохозяйственного значения.

Abstract: Without preliminary cleaning, discharges of surface runoff during periods of rain or snow melt can adversely affect the quality of natural waters. The article gives a comparative assessment of the results of the chemical analysis of surface melting and rainwater runoff from the residential areas of Voronezh with the norms for the discharge of sewage into water bodies. The authors propose to install the treatment facilities for the purification of melt and rain sewage from residential areas and industrial sites just before the storm water discharge into the Voronezh reservoir.

Key words: residential areas, surface runoff, melt runoff, rain runoff, background zone, chemical analysis, priority pollutants, maximum permissible concentration of fishery facilities.

Основными источниками загрязнения водных объектов считаются бытовые и производственные загрязненные сточные воды, очистке и обезвреживанию которых в настоящее время уделяется большое внимание. Сброс в водоемы без предварительной очистки сточных вод этих категорий в нашей стране запрещен.

Однако существует достаточно большая по объему категория сточных вод с городских застроенных территорий, до настоящего времени в большинстве случаев не подвергающаяся очистке перед сбросом, но оказывающая при этом существенное влияние на гидрохимическое состояние водоемов. К этой категории сточных вод относятся талые и дождевые сточные воды.

Сбросы в водные объекты загрязнений через выпуски ливневой канализации городов имеют эпизодический характер, но могут значительно изменить химический состав воды в периоды вы-

падения дождя или таяния снега. Во время ливня в водный объект с поверхностным стоком попадает масса взвешенных веществ, в 10 раз превышающая массу загрязнений, направляемую на станцию очистки бытовых стоков в течение суток.

Результаты многочисленных анализов поверхностных стоков, поступающих в Воронежское водохранилище, показывают, что превышение ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения наблюдается по 3-8 из 10 контролируемых показателей. Причем наиболее часто регистрируются превышения допустимых значений по нефтепродуктам (100 % проб), железу (100 % проб) и аммонии (90 % проб), что позволяет выделить их как основные селитебные загрязнители, наиболее сильно влияющие на качество поверхностных вод в пределах города. Высокое содержание нефтепродуктов и железа существенно деформирует водную экосистему и опасно для человека. Поэтому необходимо уделять особое внимание вопросам снижения их концентрации [6].

Характеристика точек отбора проб поверхностного стока

№ пробы	Название пробы	Места отбора проб	Адрес взятия пробы
1	Фон	«Условно чистая» городская зона	Санаторий им. М. Горького
2	Жилая ЧС	Частный сектор, преимущественно одноэтажная жилая застройка	переулок Печатников д. 5
3	Жилая ЦИ	Центральная историческая часть города, включая общественно-деловую застройку и старую 5-тиэтажную застройку	Центрально-административная часть г. Воронежа, Кольцовский сквер.
4	Жилая СП	Кварталы с современной многоэтажной застройкой	ул. Бакунина, д. 45 (ЖК «Три Богатыря»)
5	Транспортная	Одна из главных магистралей г. Воронежа	ул. Плехановская, д. 35

Основными загрязняющими компонентами поверхностного стока, формирующегося на селитебных территориях, являются продукты эрозии почвы, смываемые с газонов и открытых грунтовых поверхностей, пыль, бытовой мусор, вымываемые компоненты дорожных покрытий и строительных материалов, хранящихся на открытых складских площадках, а также нефтепродукты, попадающие на поверхность водосбора в результате неисправностей автотранспорта и другой техники [7].

Цель данной статьи заключается в исследовании влияния поверхностного стока с селитебных территорий на загрязнение Воронежского водохранилища на основе изучения химического состава талого и дождевого стоков.

Для отбора проб поверхностного стока с селитебных территорий города Воронежа были выбраны 5 точек: из них 3 точки – в селитебных зонах с разным характером застройки; 1 точка – в транспортной зоне и 1 – фоновая проба. В качестве фонового участка берутся территории, испытывающие минимальное воздействие на природную среду. В данном случае целесообразным является выделение такой территории в «условно чистой» зоне города Воронежа, удаленной от негативного воздействия автотранспорта и промышленных предприятий, как территория санатория им. М. Горького (таблица 1).

Всего было отобрано и проанализировано 15 проб поверхностного стока с различных селитебных территорий города Воронежа, по 5 проб в зимний, весенний и осенний периоды 2015 года.

Химический анализ приоритетных загрязняющих веществ в пробах поверхностного стока про-

водился на базе аттестованной (свидетельство № 217.001/11) эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета с применением следующих методов анализа: титриметрический (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты); потенциометрический (рН); колориметрический (общее железо, аммонийный азот, нитриты и нитраты); весовой (взвешенные вещества); флуориметрический (нефтепродукты); расчетный (общая минерализация) [8].

На основании исследований химического анализа проб поверхностного стока были получены следующие результаты.

В пробах *талого стока*, отобранных в период снеготаяния 02.03.2015 года, установлено, что из 12 контролируемых показателей, 8 превышают уровень ПДК в несколько раз. Так, например, содержание общего железа выше ПДК от 2,2 (в транспортной зоне) до 4,4 раза (жилая ЧС), аммонийного азота от 3,7 (жилая ЧС) до 11,08 раза (жилая СП), нитритов от 4,48 (фон) до 51,88 раза (транспортная зона), нитратов от 2,7 (жилая СП) до 12,79 раза (транспортная зона), хлоридов от 1,1 (жилая ЧС) до 3,21 раза (транспортная зона), общей минерализации от 1,1 (жилая СП) до 2,7 раза (транспортная зона), нефтепродуктов от 4,1 (фон) до 73,26 раза (транспортная зона).

Следует отметить, что в пробе талого стока транспортной зоны содержится значительное количество взвешенных веществ (2477,5 мг/л), что превышает фоновую пробу в 58 раз.

В пробах *весеннего дождевого стока*, отобранных 09.04.2015 года, наблюдается превышение уровня ПДК в несколько раз по 6 исследуемым

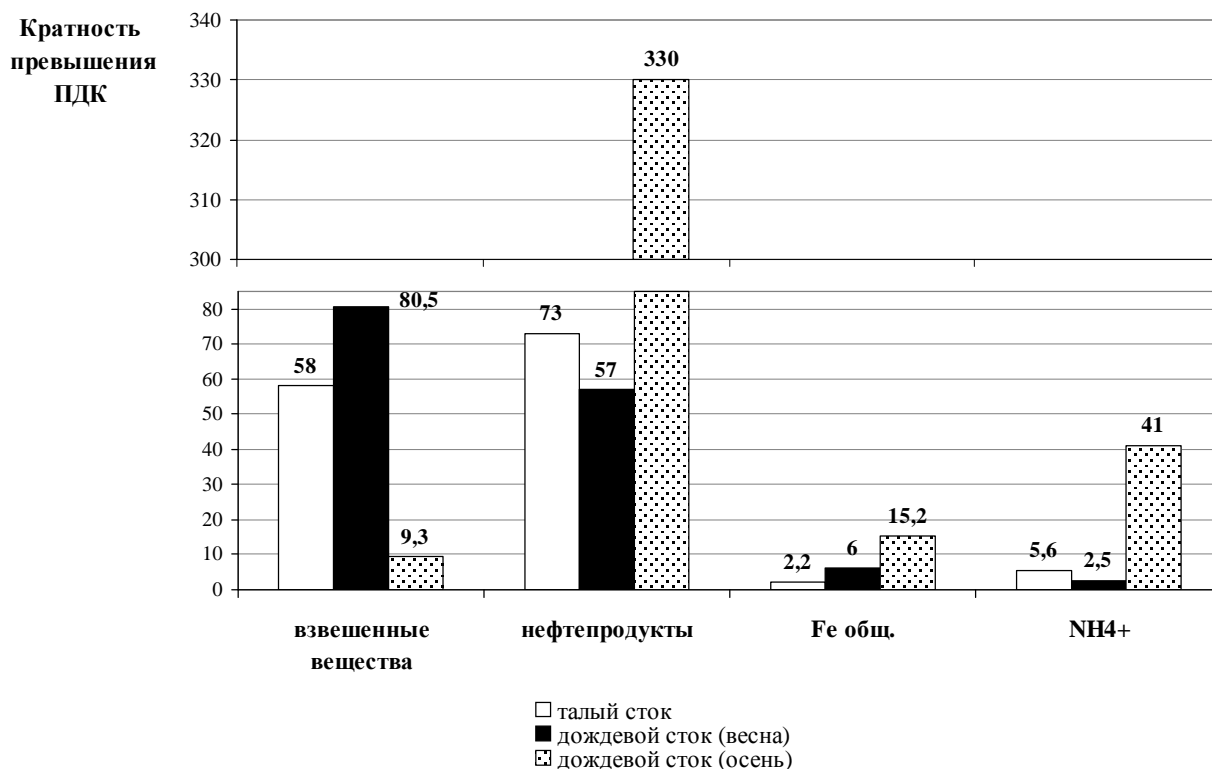


Рис. Зависимость кратности превышений ПДК между тремя видами стоков по основным загрязняющим веществам (для транспортной зоны)

компонентам. Так, например, содержание общего железа выше ПДК от 2,6 (фон) до 10,4 (жилая ЧС), аммонийного азота от 1,04 (жилая ЦИ) до 2,5 (транспортная зона), нитритов от 7 (фон) до 63,1 (транспортная зона), нитратов от 1,04 (жилая ЦИ) до 1,72 (жилая СП), нефтепродуктов от 2,5 (фон) до 57,4 (транспортная зона).

В пробах весеннего дождевого стока жилой СП и транспортной зоны обнаружено значительное превышение по взвешенным веществам в 95 и 80 раз соответственно.

В пробах *осеннего дождевого стока*, отобранных 26.10.2015 года, наблюдается превышение уровня ПДК в несколько раз по 7 исследуемым компонентам: например, содержание общего железа от 3,5 (жилая ЦИ) до 19,5 (жилая ЧС); аммонийного азота от 20,9 (фон) до 41,3 (транспортная зона); нитритов от 48,8 (фон) до 199,5 (транспортная зона); нитратов от 3,67 (фон) до 7,4 (жилая ЧС); нефтепродуктов от 14,2 (фон) до 330 (транспортная зона); общей минерализации в 1,13 раза (транспортная зона).

В пробах осеннего дождевого стока с жилой СП и транспортной зоны обнаружено значительное превышение по взвешенным веществам в 8,73 и 9,29 раз соответственно.

Сравнивая результаты анализа *весеннего и осеннего дождевого стока* установили, что уровень превышения ПДК для осеннего стока практически на порядок выше, чем в весеннем стоке. Это объясняется осенней засухой – за август и сентябрь 2015 года в Воронежской области выпало всего 9 мм осадков при норме 89 мм (по данным «ВЕСТИ – Воронеж» от 20.11.15 г.). В результате на поверхности почвы скопилось большое количество разнообразных загрязняющих веществ. Исключение составляют значения взвешенных веществ в исследуемых пробах по отношению к фону. В осеннем стоке: 8,73 раза (проба № 4) и 9,29 раза (проба № 5) в весеннем стоке: 95 раз (проба № 4) и 80 раз (проба № 5). Однако это связано с тем, что фоновые значения осеннего стока увеличились в 11 раз по сравнению с весенним стоком (700 мг/л и 62,5 мг/л соответственно).

На основании полученных данных, была построена зависимость кратности превышений ПДК между тремя видами стоков по основным загрязняющим веществам. В качестве примера приняты значения самой загрязненной транспортной зоны (проба № 5) (рис.).

Из диаграммы видно, что концентрация большинства веществ гораздо выше в осеннем дожде-

вом стоке, чем в талом стоке или в весеннем дождевом. Так, например, содержание нефтепродуктов в осеннем дождевом стоке превышает уровень ПДК в 330 раз, а в талом и весеннем дождевом стоках в 73 и 57 раз соответственно; общего железа в осеннем дождевом стоке превышает уровень ПДК в 15,2 раза, а в талом и весеннем дождевом стоках 2,2 и 6,0 соответственно; азотистых соединений (NH_4^+) в осеннем дождевом стоке больше ПДК в 41 раз, а в талом и весеннем дождевом стоках 5,6 и 2,5 соответственно.

Однако следует отметить, некоторые нюансы.

1. В талом стоке наблюдаются превышения по содержанию хлоридов (пробы № 2, № 4, № 5), хотя в дождевых стоках они отсутствуют. Это объясняется обработкой дорог противогололедными материалами, например, песчано-солевой смесью.

2. Во всех стоках не прослеживается четкой зависимости по содержанию взвешенных веществ. Это объясняется изменением фоновых значений взвешенных веществ в каждом конкретном случае. Так, например, фон для талого стока составляет 42,0 мг/л; фон для весеннего дождевого стока составляет 62,5 мг/л; фон для осеннего дождевого стока равен 700 мг/л.

Из приведенных данных видно, что самое значительное загрязнение по взвешенным веществам (транспортная зона) наблюдается в осеннем дождевом стоке, которое превысило в 16,7 и 10,7 раза по сравнению с талым и весенним дождевым стоком соответственно.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Поверхностный сток является причиной загрязнения Воронежского водохранилища, так как основные компоненты его химического состава в несколько раз превышают ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

2. По степени загрязнения поверхностный сток можно расположить в следующий убывающий ряд: **осенний сток > талый сток > весенний сток.**

3. По степени загрязнения поверхностного стока с селитебных территорий города Воронежа их можно расположить в следующий убывающий ряд: **транспортная зона > жилая СП > жилая ЦИ > жилая ЧС > фоновая зона.**

Анализ результатов контрольных мероприятий, проводимых на территории города Воронежа в период с 2011 по 2013 годы [1, 3, 4, 5], показал, что, несмотря на принимаемые меры по устранению негативного влияния хозяйственной деятельности на поверхностный сток, экологический

ущерб, причиняемый водным объектам поверхностным стоком, все более возрастает. Причиной тому является развитие автотранспорта, применение антигололедных смесей на дорогах населенных пунктов, а также органических и минеральных удобрений на полях – с одной стороны, и отсутствие адекватных этому процессу мер по его перехвату и очистке – с другой. Только усилением штрафных и исковых санкций эту проблему не решить.

Работа системы отвода и очистки поверхностного стока с территории города должна обеспечивать качество воды в водных объектах-водоприемниках, соответствующее требованиям санитарных норм. При невозможности строительства в городе большого количества очистных сооружений необходимой эффективности и производительности одним из направлений достижения требований санитарных норм по качеству воды в открытых водных объектах является снижение уровня загрязненности в месте формирования и поступления поверхностных вод в систему.

Таким образом, решение данной проблемы – это установка очистных сооружений для очистки талых и дождевых сточных вод с селитебных территорий и промышленных площадок непосредственно перед выпусками ливневой городской канализации в водные объекты.

Авторами работы был изучен большой ассортимент установок, предлагаемых для очистки поверхностного стока, и предпочтение отдано установке типа «Ливень» отечественного производителя фирмы «Водопроект Гидрокоммунводоканал» города Санкт-Петербург, которые выпускаются в двух модификациях – производительностью на 20 и 50 м³/час, т.е. соответственно «Ливень УСН-20» и «Ливень УСН-50». Они являются блочно-модульными установками и состоят из трех блоков – приемного резервуара, водоочистного модуля и отстойника промывных вод. Сооружения изготавливаются из металла. Приемный резервуар закапывается на 2 м ниже уровня лотка трубы ливневой канализации. Он имеет отстойную зону для задержания песка. Вода из него подается в водоочистный блок с помощью насоса. Водоочистный модуль включает в себя песчаный фильтр, блок адсорбционных фильтров, резервуар промывной воды и насос для промывки песчаного фильтра. Очищаемая вода проходит две ступени фильтрования, после чего поступает в резервуар промывной воды, из которого перетекает на сброс. Песчаный фильтр периодически промывается очищенной водой.

Параметры очистки стоков на установках «Ливень»

Показатели	Концентрация после очистки, мг/л
Взвешенные вещества	< 10
Нефтепродукты	< 0,3

Включение и отключение промывного насоса и насоса исходной воды осуществляется автоматически по датчикам уровня, поэтому постоянного присутствия обслуживающего персонала на очистных сооружениях не требуется. Все насосы – погружные. Водоочистной модуль может устанавливаться как в подземном, так и в наземном положении. Он имеет «мокрое» и «сухое» отделение, в котором расположены задвижки. Вода от промывки песчаного фильтра сбрасывается в отстойник промывных вод, в котором происходит накопление загрязнений. Периодически осадок из отстойника откачивается илососной машиной.

Установка монтируется «под ключ». Качество очищенной воды позволяет сбрасывать ее в сеть дождевой канализации. Нефтепродукты, содержащиеся в дождевом стоке, задерживаются с помощью полимерного сорбента. Емкость сорбента позволяет заменять его не чаще, чем раз в год при условии отсутствия аварийных разливов нефтепродуктов. Система автоматики установки включает в себя управление насосом исходной воды, насосом промывной воды и автоматической задвижкой. Основные параметры установки приведены в таблице 2.

Предлагаемая схема имеет ряд преимуществ: 1) напорный режим работы очистных сооружений обеспечивает постоянное качество очистки, благодаря равномерности подачи поступающих сточных вод; 2) многоступенчатая схема очистки и наличие автоматизированной системы промывки песчаных фильтров гарантируют надежную работу сооружений, а наличие регулирующего резервуара защищает внутриплощадочную сеть дождевой канализации от затопления в период сильного дождя; 3) благодаря надежной системе предварительной очистки, адсорбционные фильтры могут работать без регенерации не менее 1,5 лет при отсутствии аварийных разливов нефтепродуктов; 4) для сбора задержанных нефтепродуктов применяется высокоэффективный и дешевый полимерный отечественный сорбент, подлежащий регенерации отжимом; 5) мощность электрооборудования очистных сооружений, за исключением насоса промывной воды, не превышает 2 кВт; 6) насос

промывной воды, обеспечивающий долгий безрегенерационный период работы очистных сооружений, имеющий мощность 5 кВт, включается на 5 мин не чаще 1 раза в сутки в период дождей; 7) благодаря автоматизации работы очистных сооружений достигается простота эксплуатации, на АЗС не возникает необходимости введения в штат обслуживающего персонала, вывоз образующегося осадка возможно осуществлять по договору [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитический доклад о состоянии защиты населения Воронежской области от возникновения экстремальных природных и техногенных ситуаций и террористической деятельности. – Воронеж : Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Воронежской области, 2011. – С. 9-10.
2. Водопроект-Гипрокоммунводоканал г. Санкт-Петербург – URL: <http://waterandecology.fis.ru/catalog/299> (дата обращения 21.05.2016 г.).
3. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2011 году. – Воронеж, 2012. – 95 с.
4. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2012 году. – Воронеж, 2013. – 87 с.
5. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2013 году. – Воронеж, 2014. – 107 с.
6. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2014 году. – Воронеж : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2015. – 108 с.
7. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий его выпуска в водные объекты. – Москва : НИИ ВОДГЕО, 2006. – 62 с.
8. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды : учебное пособие / Т. И. Прожорина [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2010. – 304 с.

REFERENCES

1. Analiticheskiy doklad o sostoyanii zashhity naseleniya Voronezhskoj oblasti ot vozniknoveniya ehkstremaal'nykh prirodnykh i tekhnogennykh situatsij i terroristicheskoj deyatel'nosti. – Voronezh : Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere prirodopol'zovaniya po Voronezhskoj oblasti, 2011. – S. 9-10.

2. Vodoproekt-Giprokommunvodokanal g. Sankt-Peterburg – URL: <http://waterandecology.fis.ru/catalog/299> (data obrashheniya 21.05.2016 g.).

3. Doklad o gosudarstvennom nadzore za ispol'zovaniem prirodnykh resursov i sostoyaniem okruzhayushhej sredy Voronezhskoj oblasti v 2011 godu. – Voronezh, 2012. – 95 s.

4. Doklad o gosudarstvennom nadzore za ispol'zovaniem prirodnykh resursov i sostoyaniem okruzhayushhej sredy Voronezhskoj oblasti v 2012 godu. – Voronezh, 2013. – 87 s.

5. Doklad o gosudarstvennom nadzore za ispol'zovaniem prirodnykh resursov i sostoyaniem okruzhayushhej sredy Voronezhskoj oblasti v 2013 godu. – Voronezh, 2014. – 107 s.

6. Doklad o gosudarstvennom nadzore za ispol'zovaniem prirodnykh resursov i sostoyaniem okruzhayushhej sredy Voronezhskoj oblasti v 2014 godu. – Voronezh : Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka po Voronezhskoj oblasti, 2015. – 108 s.

7. Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territorij, ploshhadok predpriyatij i opredeleniyu uslovij ego vypuska v vodnye ob"ekty. – Moskva : NII VODGEO, 2006. – 62 s.

8. EHkologo-analiticheskie metody issledovaniya okruzhayushhej sredy : uchebnoe posobie / T. I. Prozhorina [i dr.]. – Voronezh : Istoki, 2010. – 304 s.

Прожорина Татьяна Ивановна

кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, т. 8-920-414-95-49, E-mail: coriandre@rambler.ru

Якунина Надежда Ивановна

магистрант экологии и природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8-915-542-67-98, E-mail: nadezhda.yakunina.93@yandex.ru

Нагих Татьяна Владимировна

бакалавр экологии и природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8-980-241-57-27, E-mail: nagih-tanya@mail.ru

Prozhorina Tat'jana Ivanovna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-920-414-95-49, E-mail: coriandre@rambler.ru

Yakunina Nadezhda Ivanovna

Master of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-915-542-67-98, E-mail: nadezhda.yakunina.93@yandex.ru

Nagikh Tat'jana Vladimirovna

Bachelor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-980-241-57-27, E-mail: nagih-tanya@mail.ru