

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НИЖНЕЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА р. ТОМИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-05-93112-НЦНИЛ_a).

Рассмотрены гидрогеологические особенности нижней части бассейна р. Томи с подробным описанием основных водоносных горизонтов и комплексов, их мощности, состава, водопроницаемости, состава вод и т.п. Особое внимание уделено условиям питания и разгрузки подземных вод. Благодаря проведенному анализу гидродинамического режима вод в естественных условиях до начала эксплуатации Томского и Северского водозаборов и в настоящее время выявлены основные тенденции его изменения под влиянием антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: водоносные горизонты и комплексы; питание подземных вод.

Территория исследования расположена в пределах нижней части бассейна р. Томи (рис. 1), приуроченной к области сочленения двух крупных гидрогеологических структур: Западно-Сибирского артезианского бассейна и Кольвань-Томской складчатой зоны. По условиям залегания, циркуляции, питания и разгрузки в районе выделяются два гидрогеологических этажа со свободным и затрудненным водообменом, разделенные мощным водоупором верхнемелового-среднепалеогенового возраста мощностью от 0 до 50 м [1].

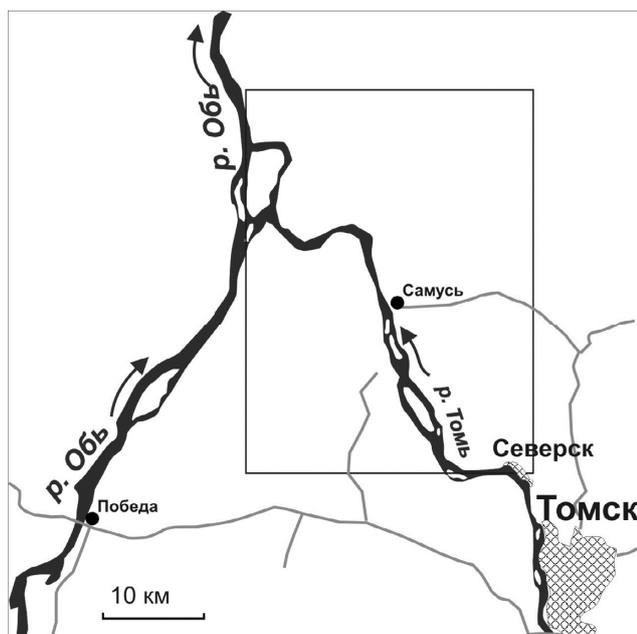


Рис. 1. Район исследований гидрогеологических условий

Зона свободного водообмена подразделяется на два водоносных этажа. Верхний этаж сложен рыхлыми мезозойско-кайнозойскими отложениями, содержащими пластово-поровые воды. Нижний этаж – складчатый фундамент палеозойских образований, представленный осадочными вулканогенными и метаморфическими породами, обводненными преимущественно в верхней трещиноватой зоне, представлен водонесными зонами нижнего – среднего карбона и верхнего девона.

На исследуемой территории распространены следующие водоносные комплексы: неоген-четвертичных отложений; палеогеновых отложений; верхнемеловых отложений и трещиноватой водоносной зоны палеозойских образований (рис. 2).

Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений включает в себя гидравлически взаимосвязанные водоносные горизонты озерно-болотных отложений, отложений пойм рек; надпойменных террас, древних ложбин стока и аккумулятивных равнин.

Комплекс распространен повсеместно в пределах Обь-Томского междуречья и на правом берегу р. Томи. В кровле водоносного комплекса лежат глины, суглинки, золотые пески. Мощность перекрывающих глинистых отложений изменяется от 3–10 м в поймах р. Томи до 60–70 м на Обь-Томском водоразделе. В подошве водоносного комплекса залегают чаще всего глины олигоценных отложений новомихайловской, реже – лагертотомской свиты, а в юго-восточной части района – глинистые продукты выветривания палеозойских образований. Водоносные отложения представлены песками, гравийно-галечниковыми отложениями, супесями мощностью от 15 до 45 м. Воды безнапорные или слабонапорные в случае, когда в кровле лежат водоупорные отложения. Величины напоров изменяются от первых до 30 м. Водообильность водовмещающих отложений неравномерна (особенно для террасового комплекса) и зависит от мощности водовмещающих пород, их проницаемости и гранулометрического состава. Коэффициенты водопроницаемости составляют до 2 000 м²/сут [2].

Воды голоценовых озерно-болотных отложений развиты на поймах рек, террасах, ложбинах стока и водоразделах. Сложены они торфом, илами, илистыми суглинками мощностью до 6 м, характеризуются низкой водоотдачей [2]. Глубина залегания болотных вод на повышенных участках не достигает 1 м, на пониженных они заливают пространства между кочками или образуют мелкие озерки площадью до первых десятков квадратных метров. Местами разобщенные заболоченные участки укрупняются, соединяются между собой и образуют болота значительных размеров. Кровля отложений сложена маломощными (2–3 м) слабопроницаемыми суглинками, которые являются хотя и слабым, но все же водоупором для болотных вод, образующих верховодку. Ниже суглинков залегают преимущественно песчаные и гравийно-галечниковые аллювиальные отложения с прослоями глины и суглинков, неравномерно развитых по территории. Все это определяет достаточно высокую водообильность этих отложений: по данным А.А. Лукина (Томский политехнический университет), значения коэффициента фильтрации колеблются от 0,5 до 14 м/сут, удельные дебиты скважин составляют 0,03–35 л/с, водопроницаемость достигает 400 м²/сут.

Водовмещающие породы водоносного горизонта пойменных отложений р. Томи первой и второй

надпойменных террас сложены песками и гравийно-галечниковыми отложениями.

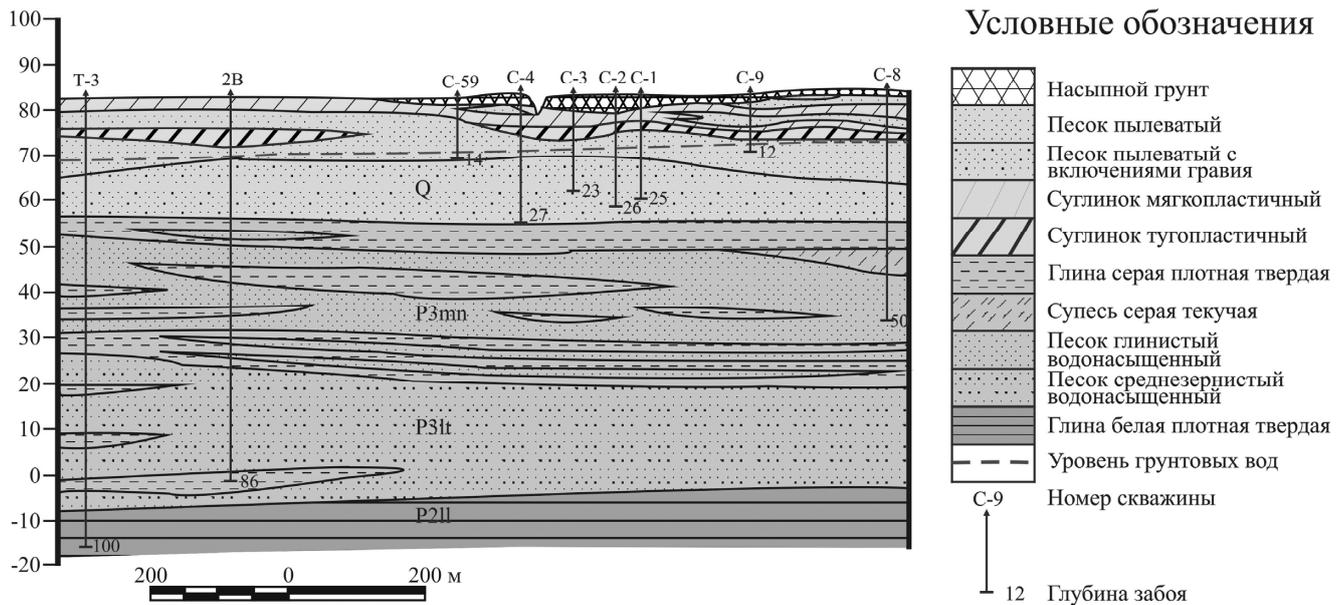


Рис. 2. Гидрогеологический разрез Северского водозабора, по А.А. Лукину

Первая надпойменная терраса имеет ограниченное распространение в виде небольших по площади останцев. Водовмещающими породами являются пески и гравийно-галечниковые отложения, залегающие в подошве слоя. Верхняя часть разреза террасы представлена преимущественно суглинками и глинами, которые в виде отдельных прослоев и линз встречаются и в водоносном слое. Мощность водовмещающих пород колеблется от 5 до 20 м.

Отложения второй надпойменной террасы р. Томи на территории исследований распространены широко. Водовмещающие породы – песок в верхней части разреза и гравийно-галечниковые отложения подошвы слоя мощностью до 30 м. Песчано-гравийно-галечниковая толща представляет единый водоносный горизонт. Воды безнапорные, зеркало грунтовых вод находится на глубинах от 0 до 25 м на возвышенных участках надпойменных террас. Водообильность зависит от мощности водовмещающих пород, их проницаемости и гранулометрического состава. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,009 до 3,3 л/с. Коэффициент проницаемости изменяется от 127 до 3 370 м²/сут [2].

Водоносный горизонт отложений древних ложбин стока развит на территории исследования и четко вырисовывается в рельефе по вытянутым в юго-западном направлении формам болот, песчаных грив и межгривных понижений. Водовмещающие породы сложены песчано-валунно-галечниковыми отложениями мощностью от 10 до 20 м, перекрыты глинами, илами, торфяниками и суглинками. Глубина залегания кровли водовмещающих пород варьирует от 10 до 35 м. Горизонт значительно обводнен, удельные дебиты скважин составляют от 0,3 до 13 л/с. Воды напорные, величина напора достигает 30 м.

По химическому составу воды рассматриваемого комплекса гидрокарбонатные, иногда хлоридно-гидрокарбонатные, натриево-кальциевые, магниевые,

кальциевые, чаще всего умеренно жесткие. Среда вод нейтральная и слабощелочная. Минерализация изменяется в среднем от 0,1 до 0,6 г/л.

Водоносный комплекс палеогеновых отложений является основным источником централизованного водоснабжения г. Томска и частично г. Северска. Данный комплекс приурочен к отложениям новомихайловской, юрковской и кусковской свит, сложенных песками, алевритами, глинами с прослоями бурых углей и лигнитов.

По Ю.В. Макушину (ОАО «Томскгеомониторинг»), воды новомихайловской, юрковской и кусковской свит находятся в тесной гидравлической связи и образуют единый гидродинамический комплекс, изолированный от неоген-четвертичного комплекса глинами, алевритами и лигнитами лагернотомской и новомихайловской свит мощностью от 1–3 м до 65–70 м. Однако на отдельных участках, преимущественно на поверхности поймы р. Томи и ее надпойменных террас, перекрывающие отложения отсутствуют, и через песчаные литологические «окна» происходит перетекание вод из первого от поверхности водоносного комплекса в эксплуатируемый. Мощность водовмещающих пород варьирует от 10 до 100 м, глубина залегания – от 40 до 125 м от поверхности.

Подошвой комплекса на большей части территории являются аргиллитоподобные глины люлинворской свиты, выклинивающиеся в юго-восточной части Обь-Томского междуречья и на правобережье р. Томи, на отдельных площадях – глины сымской или симоновской свит. Вблизи границы выклинивания песчаных отложений палеогена подошвой комплекса служит преимущественно глинистая кора выветривания палеозойских образований.

Воды комплекса повсеместно напорные, величина напора изменяется от 13 до 90 м. Уровни подземных вод в пределах водоразделов устанавливаются на глубинах от 28 в средней части междуречья до 40 м – в

северной. Наиболее обводнены песчаные отложения юрковской свиты, наименее – пески новомихайловской и кусковской свит. В долине р. Томи, где пески продуктивной толщи более промыты и отсортированы, водообильность отложений возрастает, здесь удельные дебиты подавляющего большинства скважин превышают 1 л/с, достигая 3,5–6,5 л/с. Величины коэффициентов водопроницаемости находятся в прямой зависимости от мощности водоносных отложений и их фильтрационных свойств и изменяются в очень широких пределах от 100–200 на водораздельном пространстве до 1 000–4 000 м²/сут в долине р. Томи и древних ложбин стока. Величины коэффициентов пьезопроводности комплекса изменяются от $1,0 \cdot 10^4$ до $5,4 \cdot 10^6$ м²/сут и характеризуют работу комплекса в условиях упругой фильтрации.

По химическому составу подземные воды палеогенового комплекса в основном пресные гидрокарбонатные, реже хлоридные, смешанного с преобладанием магниево-кальциевого и натриевого катионного состава с минерализацией от 0,2 до 0,9 г/л, умеренно-жесткие.

Водоносный комплекс меловых отложений объединяет водоносные горизонты *симоновской* и *сымской* свит. Данный комплекс широко распространен в пределах характеризуемого района, отсутствуя лишь в юго-восточной части Обь-Томского междуречья. В кровле комплекса на большей площади его распространения лежат глины люлинворской свиты, выклинивающиеся в южной части междуречья и на правобережье р. Томи, и на отдельных участках – глины сымской и симоновской свит. Мощность перекрывающих глин изменяется от 6 до 17 м. В подошве мелового комплекса залегают практически непроницаемые глины илекской свиты, вблизи границы выклинивания мелового комплекса – глины коры выветривания палеозойских образований. Общая мощность водоносного комплекса увеличивается по мере его погружения и изменяется от 20 до 285 м. Мощность водовмещающих отложений составляет 150–160 м, уменьшаясь в юго-восточной части междуречья до 14 м и менее. Воды напорные, величины напоров изменяются от 70 до 210 м.

По химическому составу воды мелового водоносного комплекса в среднем пресные с минерализацией до 2 г/л, чаще 0,4–0,9 г/л, гидрокарбонатные с переходом в гидрокарбонатно-хлоридные, кальциево-магнелиевые и кальциево-натриевые, реже – натриевые.

Подземные воды **трещиноватой водоносной зоны палеозойских образований** распространены повсеместно, выходя на дневную поверхность на правом берегу р. Томи и резко погружаясь в северном и северо-западном направлениях. В кровле палеозойских образований почти повсеместно развита кора выветривания, которая отсутствует под руслом р. Томи и на северо-западе района. Отложения палеозоя представлены глинистыми сланцами и песчаниками. Верхняя зона мощностью 20–80 м трещиновата и обводнена. Удельные дебиты достигают 0,4 л/с, величина напора – 250–410 м. Значения коэффициентов водопроницаемости также изменяются в широких пределах от 0,07 до

363 м²/сут на водоразделах (в среднем 45 м²/сут) и от 0,7 до 518 м²/сут в долинах рек (в среднем 82 м²/сут).

Условия питания и разгрузки подземных вод. Основную роль в питании подземных вод всех водоносных горизонтов и комплексов играет инфильтрация атмосферных осадков. Согласно Ю.В. Макушину, в пределах водоразделов абсолютные отметки уровней этажно залегающих водоносных комплексов закономерно уменьшаются сверху вниз, обеспечивая нисходящую фильтрацию подземных вод. В направлении р. Томи разности абсолютных отметок уровней воды в первом от поверхности и нижезалегающих водоносных горизонтах существенно уменьшаются, местами достигая отрицательных значений, что обеспечивает восходящее движение подземных вод. Вблизи р. Томи динамика изменения уровней грунтовых вод полностью определяется сезонными колебаниями уровней речных вод. В период половодья уровни воды в реке превышают уровни подземных вод в аллювиальном водоносном горизонте, что приводит к смене направления фильтрационного потока. В это время река, вместо области разгрузки, становится областью питания грунтовых вод.

Анализ карты гидроизопьез, построенной на основе данных ОАО «Томскгеомониторинг» в 2010 г. [3], свидетельствует о том, что в уровнях поверхностей *неоген-четвертичного водоносного комплекса* достаточно явно отражается главенствующая роль местного площадного питания (рис. 3).

Структура уровенной поверхности подземных вод в пределах Обь-Томского междуречья характерна для потоков, получающих инфильтрационное питание с образованием водораздела подземных вод и радиальным направлением их движения в сторону основных областей разгрузки – рр. Обь и Томь. Сформировавшийся под влиянием инфильтрации водораздел подземных вод неоген-четвертичного водоносного комплекса проходит примерно по центральной части междуречья с юга на север. Максимальные абсолютные отметки уровней подземных вод достигают 130 м на юге района исследований, минимальные – в р. Томи, являющейся основной областью разгрузки, и меняются от 76 м на юге района исследований до 68 м в его северной части.

Дренирующее влияние Томского и Северских водозаборов за время своего функционирования привело к снижению уровня подземных вод неоген-четвертичного водоносного комплекса со смещением изолиний в сторону водораздела и к образованию депрессионной воронки: на 2008 г. максимальная сработка уровня подземных вод четвертичного комплекса составляла 4,1 м [4].

Структура фильтрационного потока водоносных горизонтов *палеогенового комплекса* в целом аналогична структуре неоген-четвертичного комплекса, но имеет более сглаженные черты. Радиально расходящийся в естественных условиях (до 1973 г.) фильтрационный поток был существенно нарушен работой Томского водозабора. Это особенно заметно проявилось на участках, примыкающих к водозаборным линиям.

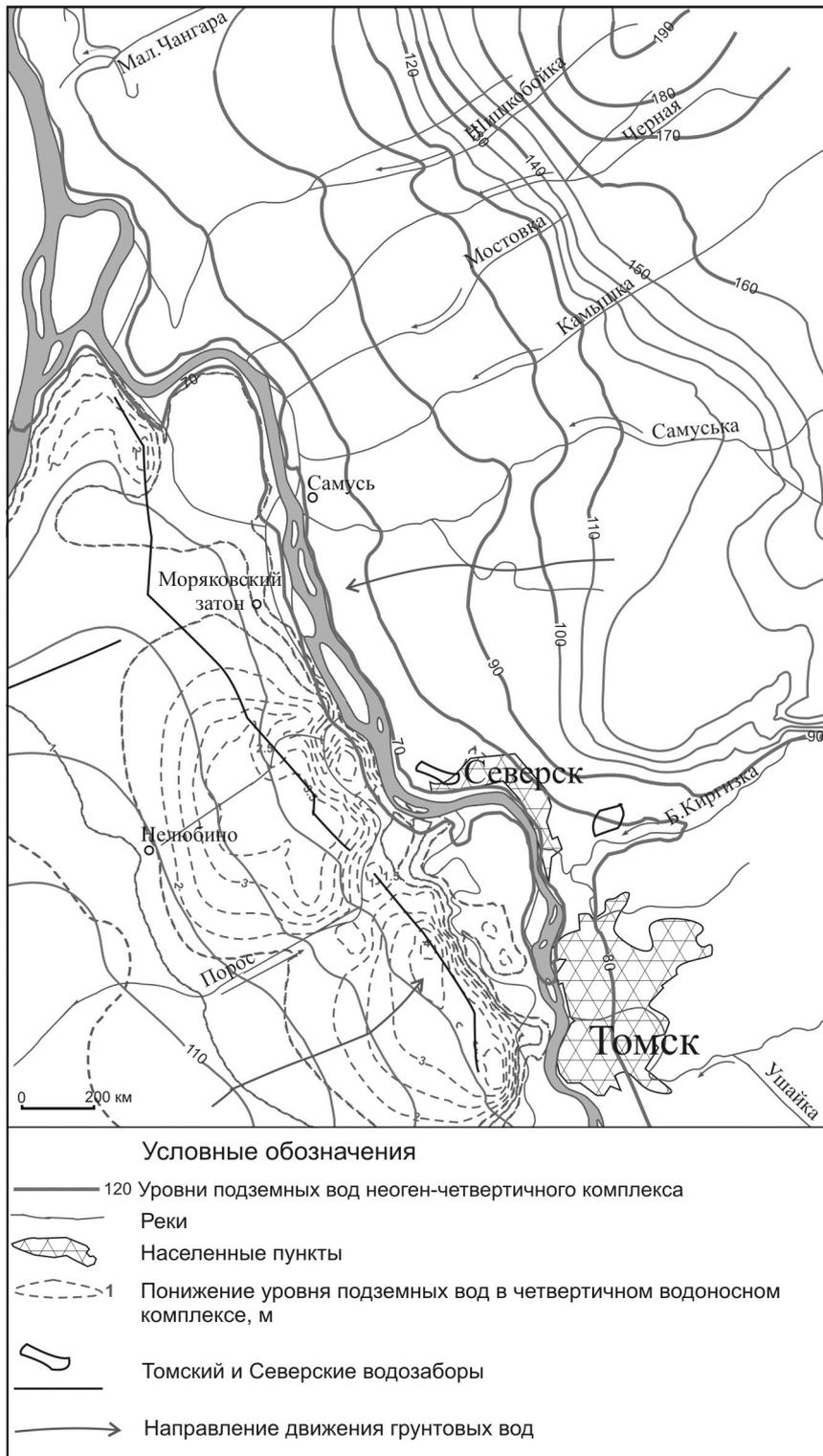


Рис. 3. Карта гидроизогипс неоген-четвертичного водоносного комплекса на 2010 г. Карта построена О.С. Наймушиной на основе данных авторов статьи, А.А. Лукина [6] и ОАО «Томскгеомониторинг» [3]

Так, до 1973 г. на новомихайловский и юрковский водоносные горизонты дренающее влияние оказывали только Северские водозаборы, в результате чего образовались локальные воронки депрессии на правом берегу р. Томи, ограниченные замкнутыми изолиниями гидроизопьез с абсолютными отметками 72 м (Водозабор № 1) и 73 м (Водозабор № 2). Работа Томского водозабора вызвала снижение уровней в эксплуатируе-

мом водоносном комплексе, что привело к смещению осевой линии разгрузки, особенно в северной его части, внутрь междуречья. Минимальные отметки уровней к 2010 г. сформировались практически вдоль всей второй линии водозаборного ряда со значениями 73–74 м (максимальное понижение уровня по разным данным составляет от 9,5 до 14 м). За счет снижения уровней в эксплуатируемых водоносных горизонтах в до-

лине р. Томи образовалась достаточно обширная зона депрессии, в пределах которой уровни подземных вод залегают практически горизонтально [3–5].

Снижение уровней подземных вод в эксплуатируемом палеогеновом водоносном комплексе существенно не повлияло на положение границы между областью питания и разгрузки, но привело к росту отрицательной разности уровней в области разгрузки.

Так, если в 1973 г. максимальные значения отрицательных разностей ограничивались достаточно узкой полосой вдоль русла р. Томи, то в 2010 г. эта зона существенно расширилась в сторону Обь-Томского междуречья и захватила уже практически вторую и третью линии Томского водозабора.

По данным ОАО «Томскгеомониторинг», увеличение разности отметок неизбежно привело к определенной интенсификации перетока солоноватых вод из верхнемелового водоносного комплекса снизу вверх и, как следствие, к повышению минерализации воды в отдельных эксплуатационных скважинах, особенно на северном окончании второй линии водозабора.

Таким образом, многолетняя эксплуатация Томского и Северских водозаборов привела к снижению уровней подземных вод эксплуатируемого палеогенового и неоген-четвертичного водоносных комплексов с образованием в них депрессионных воронок, существенно изменив условия их питания и разгрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гидрогеология СССР*. Т. XVI: Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области) / под ред. В.А. Нуднера и др. М.: Недра, 1970. 368 с.
2. *Мокренко В.Д., Герасимов В.Я.* Гидрогеологические условия Обь-Томского междуречья // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1974. Вып. 9. С. 22–29.
3. *Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2010 г.*: информационный бюллетень / под ред. В.А. Льготина и др. Томск: Томскгеомониторинг, 2011. Вып. 7. 144 с.
4. *Состояние геологической среды (недр) Сибирского федерального округа в 2008 г.*: информ. бюллетень / под ред. В.А. Льготина. Томск: Томскгеомониторинг, 2009. Вып. 5. 166 с.
5. *Попов В.К., Серяков С.В.* Природно-техногенные условия экологизации землепользования урбанизированных территорий // Вестник науки Сибири. 2012. № 1. С. 10–16. URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/182>
6. *Шварцев С.Л., Лукин А.А.* О некоторых спорных проблемах Томского водозабора // Обской вестник: науч.-практ. журн. Томск, 1999. № 3–4. С. 126–131.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 13 апреля 2012 г.